



**QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC**



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações



Brasil 2020

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

JAIR MESSIAS BOLSONARO

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

MARCOS CESAR PONTES

SECRETÁRIO EXECUTIVO

LEONIDAS DE ARAÚJO MEDEIROS JÚNIOR

SECRETÁRIO DE PESQUISA E FORMAÇÃO CIENTÍFICA

MARCELO MARCOS MORALES

DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

SÁVIO TÚLIO OSELIERI RAEDER

COORDENADOR-GERAL DE CIÊNCIA DO CLIMA E SUSTENTABILIDADE

MÁRCIO ROJAS DA CRUZ

ANDRÉA NASCIMENTO DE ARAÚJO – COORDENADORA-GERAL SUBSTITUTA

EQUIPE TÉCNICA DO MCTI

DIRETOR NACIONAL DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

MÁRCIO ROJAS DA CRUZ

COORDENADORA NACIONAL DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

LIDIANE ROCHA DE OLIVEIRA MELO

COORDENADORA TÉCNICA DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

DANIELLY GODIVA SANTANA MOLLETA

SUPERVISORES DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

DIOGO VICTOR SANTOS

MAURO MEIRELLES DE OLIVEIRA SANTOS

RÉGIS RATHMANN

ANALISTAS TÉCNICOS DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

ALEXANDRE GROSS

GIOVANNA LUNKMOSS DE CHRISTO

MAYRA BRAGA ROCHA

RENATA PATRÍCIA SOARES GRISOLI

ROBERTA ZECCHINI CANTINHO

ANALISTA DE COMUNICAÇÃO DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

JUSSARA PECCINI

TRADUTORA DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

MARIANE ARANTES ROCHA DE OLIVEIRA

ASSISTENTES DO PROJETO DA QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL

CELENA REGINA SOEIRO DE MORAES SOUZA

MARIA DO SOCORRO DA SILVA LIMA

SANDRA TELMA MACIEL DE LIMA

EQUIPE TÉCNICA DA COORDENAÇÃO-GERAL DE CIÊNCIA DO CLIMA E SUSTENTABILIDADE

ANDRÉA NASCIMENTO DE ARAÚJO

ANTÔNIO MARCOS MENDONÇA

BRUNO XAVIER DE SOUSA

DANIELLA GONÇALVES MATTAR

MARCELA CRISTINA ROSA ABOIM RAPOSO

RICARDO ROCHA PAVAN DA SILVA

RICARDO VIEIRA ARAÚJO

RODRIGO HENRIQUE MACEDO BRAGA

SONIA REGINA MUDROVITSCH DE BITTENCOURT

SUIÁ KAFURE DA ROCHA

EQUIPE ADMINISTRATIVA DA COORDENAÇÃO-GERAL DE CIÊNCIA DO CLIMA E SUSTENTABILIDADE

KEDILEY MÁRCIO DE SOUSA

PABLINY RODRIGUES SANTOS

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

ESPLANADA DOS MINISTÉRIOS, BLOCO E

TELEFONE: 55 (61) 2033-7923

PÁGINA ELETRÔNICA: <https://www.gov.br/mcti/pt-br>

CEP: 70.067-900 – Brasília – DF

B823q

Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica.

Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima / Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

620 p.: il.

ISBN: 978-65-87432-18-2

1. Mudanças climáticas – Política governamental – Brasil. 2. Redução de gases do efeito estufa – Política governamental – Brasil. 3. Gases do efeito estufa. I. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. II. UNFCCC. III. Título.

CDU 551.583

APRESENTAÇÃO

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) – cuja visão institucional consiste em “ser protagonista do desenvolvimento sustentável do país por meio da Ciência, Tecnologia e Inovação” – coordena as atividades do Governo Brasileiro com vistas ao cumprimento do seu compromisso de relato periódico à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, no acrônimo em inglês), por meio de informações atualizadas sobre diversas iniciativas no âmbito da agenda climática nacional. Para tanto, o MCTI executa um projeto de cooperação técnica internacional que capta recursos internacionais, provenientes do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, no acrônimo em inglês), e conta com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para sua implementação.

No cumprimento dessa obrigação de relato à UNFCCC, o país submeteu três edições anteriores do documento da Comunicação Nacional em 2004, 2010 e 2016. Além da submissão de três Relatórios de Atualização Bienal em 2014, 2017 e 2019.

A fim de assegurar a submissão de uma nova Comunicação Nacional pelo país, até dezembro do corrente ano, foram desenvolvidos subsídios técnico-científicos a partir de dados oficiais nacionais, bem como por meio de parcerias e contratações estabelecidas, que contabilizaram o envolvimento direto de mais de 400 especialistas de 217 instituições de renome. Como parte do processo de garantia de qualidade, os principais documentos técnicos desenvolvidos foram objeto de consulta pública a especialistas não envolvidos diretamente nos estudos.

Os cinco capítulos desta quarta edição da Comunicação Nacional da Convenção do Clima foram estruturados de maneira a atender às orientações e diretrizes de elaboração das Comunicações Nacionais dos países em desenvolvimento, definidas por meio da Decisão 17/CP.8. São eles: Cap. 1. Circunstâncias Nacionais; Cap. 2. Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa; Cap. 3. Impacto, Vulnerabilidade e Adaptação à Mudança do Clima; Cap. 4. Medidas para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima; e Cap. 5. Outras Informações Relevantes para Atingir os Objetivos da Convenção no Brasil.

Desta forma, conclui-se mais um relevante passo na coordenação da participação brasileira nos processos relacionados aos arranjos de transparência sob a UNFCCC e à estrutura fortalecida de transparência para ação e apoio sob o Acordo de Paris.

Marcos Cesar Pontes

Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovações

Autores

Andréa Nascimento de Araújo

Alexandre Gross

Danielly Godiva Santana Molleta

Carlos Germano Ferreira Costa

Lidiane Rocha de Oliveira Melo

Régis Rathmann

Susian Christian Martins

Colaboradores

Gustavo Luedemann

Jussara Peccini

Karen de Oliveira Silverwood-Cope

Kátia Marzall

Luis Fernando Badanhan

Márcio Rojas da Cruz

Nelcilândia P. de Oliveira Kamber

Paulo Cezar Rotella Braga

Ricardo Vieira Araújo

Roberta Zecchini Cantinho

Instituições envolvidas

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

Banco Central do Brasil

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da ESALQ/USP

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Eletrobras

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Empresa de Pesquisa Energética

Fórum Brasileiro de Mudança do Clima

Fundação Getúlio Vargas

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Instituto Nacional de Meteorologia

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Agência Internacional de Energia (International Energy Agency)

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Ministério das Relações Exteriores

Ministério de Minas e Energia

Ministério do Meio Ambiente

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

Petrobras

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

Serviço Florestal Brasileiro

Coordenação Técnico-Científica da Rede CLIMA para o Inventário Nacional

Eduardo Delgado Assad

Coordenação Técnico-Científica da Rede CLIMA para os setores do Inventário Nacional

Adriana Marlene Moreno Pires – setor Resíduos

Carolina Burle Schmidt Dubeux – setor Energia

Emilio Lèbre La Rovere – setor Energia

Mercedes Maria da Cunha Bustamante – setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

Stoécio Malta Ferreira Maia – setor Agropecuária

Pontos focais da Rede CLIMA para análises subsetoriais do Inventário Nacional

Ademir Fontana

Alexandre Berndt

Ana Paula C. Packer

Bruno José Rodrigues Alves

Cristiano Alberto de Andrade

Jean Pierre Henry Balboud Ometto

Josiléia Acordi Zanatta

Luiz Marcelo Brum Rossi

Marcos Antonio Vieira Ligo

Rosana Clara Victoria Higa

Walkyria Bueno Scivittaro

Autores

Ademir Fontana

Adriana Marlene Moreno Pires

Adriano Venturieri

Afonso Henrique de Jesus

Aguinaldo José de Paula

Aldair de Souza Medeiros

Alexa de Godoy Vargas

Alexandre Berndt

Alexandre Lima Ferreira

Alfredo José Barreto Luiz

Amanda Elias Alves

Ana Claudia Pereira

Ana Flavia de Freitas

Ana Paula C. Packer

Ana Paula C. M. Cavalcante

Ana Vitória da Luz Frasca

Augusto Fernandes

Bárbara Zimbres

Bernardo Friedrich T. Rudorff

Bettina Maria Denardi

Bruno Bordron

Bruno José Rodrigues Alves

Camila B. B. Parra Krahembuhl

Carlos Eduardo Rocha Araújo

Carolina Burle Schmidt Dubeux

Carolina Lima Marques

Caroline Regina Silva

Charles Baldi

Claudia Pozzi Jantalia

Claudio Joaquim M. Gesteira Neto

Cristian Damaceno Back

Cristiano Alberto de Andrade

Daniel Alves de Aguiar

Daniel Fontana Oberling

Daniel Machado de Oliveira

Daniel Marcellos Calçado

Daniel Neves Schmitz Gonçalves

Danielly Godiva Santana Molleta

Danilo Francisco Trovo Garofalo

Débora Ferreira

Djonathan Goulart

Edilaine Cristina de Oliveira

Eduardo Reis Rosa

Elias Gomes de Almeida

Eliza Rosário G. M. de Albuquerque

Emilio Lèbre La Rovere

Enrique Mario Riegelhaupt

Fabio Luis Henrique

Fabrcio Firmino de Faria

Fernando Frizeira Paternost

Fernando Vieira Cesário

Francisca Rocha de Souza Pereira

Frans Germain Corneel Pareyn

Gabriel Augusto Hinrich Rodrigues

Gabriel Bertani

Gabriel da Silva Lemos

Gabriel Henrique P. de M. Ribeiro

Gabriel Hertz Cabral

George Antonio Magalhães Froes

George Vasconcelos Goes

Gilvan S. de Andrade

Giovanna Cavalcanti de Carvalho

Giovanna Ferrazzo Napolini

Giovanna Lunkmoss de Christo

Guilherme Vanz dos Santos

Heberton Henrique Dimas de Barros

Henrich Hasenack

Henrique Costa Tavares

Ianaê Tadei Martins

Índiara Elis Rodrigues França

Iris Roitman

Isadora Mendes de Moraes Soares

Jackson Sionato

Jacqueline Freitas

Jean Pierre Henry Balboud Ometto

Jimmy A. H. Linares

Joel Risso

José Luiz Vieira da Cruz Filho

José Mauricio Brandão Quintão

José Salomão Oliveira Silva

José Tadeu de Oliveira Lana

Josiléia Acordi Zanatta

Leandro Maracahipes

Leonardo da Silva Ribeiro

Luiz Eduardo Vicente

Luiz Felipe Poli Schramm

Luiz Marcelo Brum Rossi

Marcelo Gomes da Silva

Marciano Saraiva

Marcio de Almeida D'Agosto

Marco Aurélio Virtuoso

Marcos Antonio Vieira Ligo

Marcos Fernando Glück Rachwal

Marcos Rosa

Maria Erika Picharillo

Marília Gabriela Lopes da Silva

Marília Ieda da S. Folegatti Matsuura

Marina Marly Dalla Betta

Matheus Julio Pereira

Matheus Luis Caron

Mauro Lúcio Rodrigues de Assis

Mauro Meirelles de Oliveira Santos

Mayra Braga Rocha

Mercedes Maria da C. Bustamante

Michele Cotta Walter

Michely Ferreira Santos de Aquino

Moisés Pereira Galvão Salgado

Nelson M. Serruya

Nicolas de Pieri Moreira

Nilson Clementino Ferreira

Nilza Patrícia Ramos

Osvaldo Machado R. Cabral

Pamela Moser

Priscila Domingues Colturato

Priscila Grützmacher

Rafael Cardão Augusto

Renata Patrícia Soares Grisoli

Renzo Solari

Ricardo Antônio Almeida Pazianott

Ricardo Antônio Binotto Dupont

Roberta Zecchini Cantinho

Roberto de Aguiar Peixoto

Rodrigo Ayres Padilha

Rodrigo da Silveira Nicoloso

Rodrigo Rafael Souza de Oliveira

Rosana Clara Victoria Higa

Rosane Maria Morales Guidotti

Sandra Furlan Nogueira

Stoécio Malta Ferreira Maia

Tássia Faria de Assis

Tassio Koiti Igawa

Thaise da Silva Rodrigues

Thiago Rezende Lima do Carmo

Vinicius Silveira Miranda

Vitor Yukio Kondo

Walkyria Bueno Scivittaro

William Wills

Wilson Anderson Holler

Colaboradores

Alana Galbiatti dos Santos

Alberto Baêta dos Santos

Alexandre Camargo Coutinho

Alexandre Lima de F. Teixeira

Alexandre Santos Avelino

Aline Bressan

Amanda Prudêncio Lemes

Ana Carolina B. do Canto

Ana Laura C. Trindade

Ana Linhares

Andre Luis Lima

Andrea Ramos

Antonio Carlos Florido

Beata Eموke Madari

Benisio Jose da S. Filho

Bernardo F. A. de Brito

Bruno José Rodrigues Alves

Camila Adas

Carlos Alberto Perdigão Pessoa

Carlos Augusto de M. Gomide

Carlos Roberto Sanquetta

Carmen Brandão Reis

Carolina Burle Schmidt Dubeux

Célio Bartole Pereira

Cimélio Bayer

Ciniro Costa Junior

Ciro Marino

Claudia de Paula Rezende

Claudia Pozzi Jantalia

Claudinei Caldeira Henn

Cláudio Almeida

Claudio Crespo

Dalton Valeriano

Daniel Moraes de Freitas

Daniel Rume Casagrande

Daniella Flávia Villas Boas

Daniilo Francisco Trovo Garofalo

Denise Kronemberger

Diego de Paula Toledo

Diógenes Del Bel

Domingos Savio Campos Paciullo

Eduardo Delgado Assad

Eleneide Doff Sotta

Eliani Maciel Lima

Elmo Clarck Gomes

Elza Maria da Silveira Ramos

Fabiana Villa Alves

Fábio Nogueira de Avelar Marques

Felipe Barcellos e Silva

Fabiana Villa Alves

Felipe Cronemberger

Felipe Klein Soares

Fernanda Romero

Fernanda Sampaio

Fernando Araldi

Fernando Carlos Becker

Fernando Luiz Zancan

Fernando Ribeiro

Fernando Tibau

Francisco de Assis

Gabriel Lui

Gabriela Otero

Gian Gomes Marques

Giacomo Grassi

Giovana Maranhão Bettiol

Giuseppe Cernicchiaro Palermo

Gonzalo Visedo

Guilherme C Abdala

Guilherme Gonçalves

Hélinah Cardoso Moreira

Humberto Mesquita-Junior

Ingrid Person

Ivone Batista

Giuseppe Cernicchiaro Palermo

João Antonio Moreira Patusco

João dos Santos Vila da Silva

João Pedro M. D. de Oliveira

José Alberto da Mata Mendes

José Ribeiro da Silva Neto

José Roberto Lima

José Rodrigues

Josiléia Acordi Zanatta

Joyce Maria Guimarães Monteiro

Julia Zanin Shimbo

Julio José Centeno da Silva

Jussara Peccini

Karina Araújo Sousa

Laura Alexandra Romero

Lauseani Santoni

Leandro Sannomiya Sakamoto

Leonardo Barbosa Gomes

Louise Glech E. de Figueiredo

Luciana Temponi

Luciane Garavaglia

Lucila Caselato

Luis Fernando Badanhan

Luis Fernando Stone

Luis Paulo de O. Araujo

Luiz Eduardo Oliveira e Cruz de Aragão

Luiz Gonzaga Alves Pereira

Luiz Marcelo Brum Rossi

Luz Selene Buller

Magda Aparecida de Lima

Manoel Messias

Marcelo Augusto C. Rocha

Marcelo dos Santos Cremer

Marcelo Gomes da Silva

Marcelo Henrique Otenio

Marcelo Pereira Bales

Marcia Thais de M. Carvalho

Marcio Veloso

Marcio Zanuz
Marcos Fernando G. Rachwal
Marcos Gonçalves Visgueiro
Marcos Lima Campos do Vale
Maria Elizabeth M. Carlos
Maria Luisa Pimenta
Mariana Silva
Mariane Crespolini
Marina Marques Dalla Costa
Mateus Dala Senta
Maurício Francisco H. Junior
Mayra Jéssica Soares Gomes
Mellissa A. Soler da Silva
Nalin Srivastava
Octavio Oliveira
Osmira Fátima da Silva
Philip M. Fearnside
Priscilla Cardoso Ferreira
Renata de Sousa Candido
Regina Freitas Fernandes
Renata Patricia Soares Grisoli
Ricardo Brochado A. da Silva
Robert de Oliveira Macedo
Robert Michael Boddey
Rodrigo Antônio de Souza
Rodrigo da Silveira Nicoloso
Rogério A. S. Matos
Rogério Egewarth
Rômulo Menezes
Rosana Clara Victoria Higa
Sabrina do Couto de Miranda
Sandro Federici
Sara Meireles
Segundo Urquiaga
Sergio Luis da Silva Cotrim
Sérgio R. Ayrimoraes Soares
Sílvia Yonamine
Simone Aparecida Vieira
Simone Vianna
Stoécio Malta F. Maia
Tathiana Almeida Seraval
Thais Antolini Veçozzi
Thais Dias Gonçalves
Thelma Krug
Thiago Cândido dos Santos
Valéria Lima
Valmir de Moraes
Victor Gomes Simão
Victor Salek Bosso
Wadh Neto
Wilma Machado
Wilson Anderson Holler

Instituições envolvidas

Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA)
Agência Nacional de Águas
Agência Nacional de Aviação Civil
Agência Nacional de Mineração
Agência Nacional do Petróleo
Agrosatélite Geotecnologia Aplicada Ltda.
ArcPlan
Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
Associação Brasileira da Indústria de Panificação e Confeitaria
Associação Brasileira da Indústria Química
Associação Brasileira de Cerâmica
Associação Brasileira de Cimento Portland
Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes
Associação Brasileira de Normas Técnicas
Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
Associação Brasileira do Alumínio
Associação Brasileira do Carvão Mineral
Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas Ciclomotores Motonetas Bicicletas e Similares
Associação Brasileira dos Produtores de Cal
Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola
Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico
Associação Nacional da Indústria Cerâmica
Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
Associação Nacional de Transportes Públicos
Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento
Associação Plantas do Nordeste
Automotive Business
Biolaw Consultoria Ambiental
Centro Clima/COPPE/UFRJ
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Centro de Pesquisa da Comissão Europeia (JRC)
Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco do Paraiba
Companhia Nacional de Abastecimento
Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC)

Coordenação-Geral de Proteção da Camada de Ozônio/MMA
Departamento de Controle do Espaço Aéreo
Departamento Nacional de Trânsito
Embrapa – Agrobiologia
Embrapa – Arroz e Feijão
Embrapa – Cerrados
Embrapa – Clima Temperado
Embrapa – Florestas
Embrapa – Gado de Leite
Embrapa – Informática Agropecuária
Embrapa – Meio Ambiente
Embrapa – Pecuária Sudeste
Embrapa – Solos
Embrapa – Suínos e Aves
Embrapa – Amazônia Oriental
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
Empresa de Pesquisa Energética
Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Fundação COPPETEC
Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
Fundação Eliseu Alves
Fundação Nacional do Índio
Fundação SOS Mata Atlântica
Corporação Alemã para Cooperação Internacional (German Corporation for International Cooperation)
Instituto Aço Brasil
Instituto Agrônomo de Campinas
Instituto Avaliação
Indústria Brasileira de Árvores
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Instituto Brasileiro do Vinho
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
Instituto de Energia e Meio Ambiente
Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Instituto Federal de Alagoas
Instituto Mauá de Tecnologia
Instituto Nacional de Meteorologia
Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Instituto Nacional de Tecnologia
Instituto Rio Grandense do Arroz
Instituto SOS Pantanal
Itaipu Binacional - Divisão de Engenharia de Manutenção Elétrica
k2 Arcondicionado
MapBiomass
Methanum Resíduo e Energia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Ministério de Desenvolvimento Regional
Ministério de Minas e Energia
Ministério do Meio Ambiente
Mitsidi PROJETOS
Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO)
Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)
Petrobras
Plantar Carbon
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético
Rima Industrial S.A.
SAE Brasil
Secretaria Nacional de Saneamento do MDR
Sementes Oeste Paulista
Serviço Florestal Brasileiro
Sindicato da Indústria de Refrigeração, Aquecimento e Tratamento de Ar do Estado da Bahia
Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores
Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)
Superintendência de Seguros Privados
The Cement Sustainability Initiative
Transparent World & Global Forest Watch
Tupinambás Amazônia Ltda
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales
Universidade de Brasília
Universidade de Campinas
Universidade Estadual de Goiás
Universidade Federal de Alagoas
Universidade Federal de Goiás
Universidade Federal de Lavras

Universidade Federal de Pelotas
Universidade Federal de Pernambuco
Universidade Federal do Mato Grosso
Universidade Federal do Paraná
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Vallourec & Mannesmann Tubes, V & M do Brasil (VM Tubes)
Volkswagen
World Steel Association (WSA)

Coordenação Técnico-Científica da Rede CLIMA para os estudos de Impacto, Vulnerabilidade e Adaptação

José Antônio Marengo Orsini
Marcel Bursztyn

Pontos focais da Rede CLIMA para análises por Segurança

André Frossard Pereira de Lucena – Energética
Daniel Andrés Rodriguez – Hídrica
Saulo Rodrigues Pereira Filho – Socioambiental
Stoécio Malta Ferreira Maia – Alimentar

Autores

Alexandre Gross
Alfredo Ribeiro Neto
Alisson Flávio Barbieri
André Frossard Pereira de Lucena
André Luiz de Carvalho
Andrea Sobral de Almeida
Beatriz Fátima Alves de Oliveira
Bruno Moreira de Carvalho
Carlos Esteban Delgado Noriega
Dan Gandelman
Daniel Andrés Rodriguez
Danielly Godiva Santana Molleta
Diego Jatobá dos Santos
Diogo Victor Santos
Edmo José Dias Campos
Eveline María Vásquez Arroyo
Fábio Teixeira Ferreira da Silva
George Ulquim Pedra
Gilvan Sampaio de Oliveira
Ismael Henrique Silveira
José Antônio Marengo Orsini
Leticia Cotrim da Cunha
Leticia Magalar Martins de Souza
Leticia Palazzi Perez
Lincoln Muniz Alves
Luciano Jorge Serejo dos Anjos
Ludmila da Silva Viana Jacobson
Marcel Bursztyn
Marco Aurélio Pereira Horta
Mariana Mocassim Vale
Moacyr Cunha de Araújo Filho
Patrícia Fernanda do Pinho

Paulo Antunes Horta Júnior
Ricardo de Camargo
Sandra de Souza Hacon
Saulo Rodrigues Pereira Filho
Sonia Maria Viggiani Coutinho
Stoécio Malta Ferreira Maia
Vânia Rosa Pereira
Washington Leite Junger
Yaci Gallo Alvarez

Colaboradores

Adrian David Gonzáles Chaves
Alexandre Koberle
Aline Souza Magalhães
Ana Paula Cunha
Ana Paula Soares
André Rodrigues Gonçalves
Andréa Nascimento de Araújo
Adriana Brito da Silva
Annelys Machado Schetinger
Antonio Divino Moura
Antônio Fernando Härter Fetter Filho
Antônio Henrique da Fontoura Klein
Carlos Augusto Guimarães Júnior
Caroline Milhorance
Catarina de Oliveira Buriti
Chou Sin Chan
Daniel de Castro Victoria
David Montenegro Lapola
Diego José Chagas
Donald Rolfe Sawyer
Edson Paulo Domingues
Eduardo Delgado Assad
Eduardo Valente Canina
Eduardo Amaral Haddad
José Eduardo B. A. Monteiro
Eduardo Sávio P. R. Martins
Elisângela Broedel
Enio Bueno Pereira
Erica F. Campos
Francisco d'Albertas G. de Carvalho
Francisca de Assis de Souza Filho
Felipe Odorizi de Mello
Gabriel Constantino Blain
Giampaolo Queiroz Pellegrino
Graziela Luzia da Costa
Isabel Gouveia Mauricio Ferreira
Jean Pierre Henry Balboud Ometto

José Teixeira Filho
Jurandir Zullo Junior
Jussara Peccini
Karen Medeiros Gonçalves
Kátia Marzall
Liana Oighesntein Anderson
Lidiane Melo
Lucas Mikozs
Luciano Mattar
Luz Adriana Cuartas
Marcela Cristina Rosa Aboim Raposo
Marcelo Guatura B. da Silva
Márcio Rojas da Cruz
Marcus André Fuckner
Mariane Assis Dias
Mariane Moreira Ravanello
Michael França
Moara Almeida Canova Teixeira
Natalie Unterstell
Nathália Carvalho
Neilton Fidelis da Silva
Orlando Fernandes C. Costa
Oswaldo dos Santos Lucon
Pedro Ivo Mioni Camarinha
Pedro Rua Rodriguez Rochedo
Peter Mann de Toledo
Regina Célia dos Santos Alvalá
Régis Rathmann
Ricardo Vieira Araújo
Rodrigo Henrique Macedo Braga
Rodrigo Fávero Clemente
Rômulo Simões Cezar Menezes
Santiago Viana Cuadra
Saulo Aires de Souza
Sérgio Margulis
Sílvia Midori Saito
Teresa Luísa Lima de Carvalho
Thiago Cavalcante Simonato
Vinícius Fortes Farjalla

Instituições envolvidas

Adapta Sertão
Agência Nacional de Águas
Agência Nacional de Energia Elétrica
Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Associação Brasileira de Psicologia
Banco Central do Brasil
Banco Mundial

Cemig
Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV
Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECM/WF)
Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres
Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data
Climate Prediction Center/ National Oceanic and Atmospheric Administration
Coalizão Brasil, Clima, Florestas e Agricultura
Companhia Nacional de Abastecimento
Confederação Nacional da Indústria
Confederação Nacional de Municípios
Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável
Conservação Internacional
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Empresa de Pesquisa Energética
Fazenda Tupã
Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação
Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas
Fundação Boticário
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
Fundação Nacional do Índio
Fundação Oswaldo Cruz
Governo do Estado de Pernambuco
Governo do Estado de Santa Catarina
Governo do Estado de São Paulo
Governo do Estado do Acre
Governo do Estado do Rio de Janeiro
Governo do Estado do Rio Grande do Sul
Governos Locais pela Sustentabilidade
Indústria Brasileira de Árvores
Instituto Agronômico
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
Instituto de Estudos Avançados da USP
Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
Instituto Ethos
Instituto Federal de Alagoas

Instituto Internacional para Sustentabilidade (IIS)
Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
Instituto Nacional de Meteorologia
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Instituto Sociedade, População e Natureza
Instituto Socioambiental
Instituto Trata Brasil
International Energy Agency
Met Office – Reino Unido
Millennium Ecosystem Assessment
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Ministério da Cidadania
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
Ministério da Economia
Ministério da Infraestrutura
Ministério da Saúde
Ministério de Minas e Energia
Ministério do Desenvolvimento Regional
Ministério do Meio Ambiente
Núcleo de Ensino Profissionalizante da Amazônia
Operador Nacional do Sistema Elétrico
Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO)
Organização Mundial da Saúde (OMS)
Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia
Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)
Prefeitura Municipal de Extrema/MG
Prefeitura Municipal de Fortaleza/CE
Prefeitura Municipal de Palmas/TO
Prefeitura Municipal de Porto Seguro/BA
Prefeitura Municipal de Recife/PE
Prefeitura Municipal de Salvador/BA
Prefeitura Municipal de Santos/SP
Prefeitura Municipal de São Paulo/SP
Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro/RJ
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
Rede Brasil do Pacto Global
Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais
Rede de Desenvolvimento Humano
Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário da Casa Civil da Presidência da República
Serviço Florestal Brasileiro
Serviço Geológico do Brasil
SOS Mata Atlântica

Talanoa Solutions

The Lancet Commissions

União da Indústria de Cana-de-Açúcar

Universidade de Brasília

Universidade de São Paulo

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Universidade Estadual de Campinas

Universidade Federal da Bahia

Universidade Federal da Paraíba

Universidade Federal de Alagoas

Universidade Federal de Minas Gerais

Universidade Federal de Pernambuco

Universidade Federal de Santa Catarina

Universidade Federal do Ceará

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Universidade Federal Fluminense

Universidade Federal Rural da Amazônia

University of Leicester

Waycarbon

World Wildlife Fund (WWF-Brasil)

WorldClim

WRI Brasil

Autores

Danielly Godiva Santana Molleta

Diogo Victor Santos

Carlos Germano Ferreira Costa

Régis Rathmann

Sonia Maria Viggiani Coutinho

Susian Christian Martins

Colaboradores

Eleneide Doff Sotta

Fernanda Sampaio

Giovanna Lunkmoss de Christo

José Antônio Marengo Orsini

Karen de Oliveira Silverwood-Cope

Kátia Marzall

Marcel Bursztyn

Marcela Cristina Rosas Aboim Raposo

Nelcilândia P. de Oliveira Kamber

Paulo Cezar Rotella Braga

Instituições envolvidas

Agência Nacional das Águas

Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de
Desastres Naturais

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico
e Tecnológico

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Fórum Brasileiro de Mudança do Clima

Fundação Getúlio Vargas

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Ministério da Agricultura, Pecuária e
Abastecimento

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Ministério das Relações Exteriores

Ministério do Meio Ambiente

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

Programa das Nações Unidas para o
Desenvolvimento

Serviço Florestal Brasileiro

Autores

Alexandre Gross
Danielly Godiva Santana Molleta
Carlos Germano Ferreira Costa
Lidiane Rocha de Oliveira Melo
Régis Rathmann
Susian Christian Martins

Colaboradores

Adriano Santhiago de Oliveira
Andréa Nascimento de Araújo
Clarisse Elizabeth Fonseca Cruz
Eduardo Lunardelli Novaes
Eleneide Doff Sotta
Elvison Nunes Ramos
Fernanda Coelho de Souza
Fernanda Sampaio
Giampaolo Pellegrino
Gustavo Mozzer
Hugo do Valle Mendes
Isis Smidt Lara Resende
Joaquim Alvaro Pereira Leite
Jose Nilton de Souza Vieira
Josue Neto
Karen de Oliveira Silverwood-Cope
Kátia Marzall
Larissa Carolina Loureiro Villarroel
Leopoldo Penteado Butkiewicz
Luis Fernando Badanhan
Luiz Carlos Campos
Marcelo Donnini Freire
Marcia Catarina David
Márcio Lopes Correa
Marcus Cesar Ribeiro Barreto
Marcus Henrique Morais Paranaguá
Marta Lisli Ribeiro Morais Giannichi
Mayra Braga Rocha
Nelcilândia P. de Oliveira Kamber
Nubia Elizabeth de Santana e Silva
Paulo Cezar Rotella Braga
Raquel Breda
Ricardo Vieira Araújo
Ronan Luiz da Silva
Tania Jardim

Instituições envolvidas

Agência Brasileira de Cooperação
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e
Abastecimento
Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Ministério da Economia
Ministério do Meio Ambiente
Ministério de Minas e Energia
Ministério das Relações Exteriores
Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
Programa das Nações Unidas para o
Desenvolvimento

SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

4CN – Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

AAC – Aquífero Alter do Chão

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ABCM – Associação Brasileira do Carvão Mineral

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química

ABLV – Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida

ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal

ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Calcário

AFD – Agência Francesa de Desenvolvimento

AFN – Arquipélago de Fernando de Noronha

AFOLU – (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*) Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

AgriTempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico

AICHI – Metas Nacionais de Biodiversidade

AIE – Agência Internacional de Energia

AM – Amazonas

ANA – Agência Nacional de Águas

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

AND – Autoridade Nacional Designada

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

ANN – *Artificial Neural Networks*

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

APA – Área de Proteção Ambiental

APIB – Articulação dos Povos Indígenas do Brasil

APP – Área de Preservação Permanente

AQUIPESCA – Aquicultura e Pesca

AR4 – (*Fourth Assessment Report*) Quarto Relatório de Avaliação do IPCC

AR5 – (*Fifth Assessment Report*) Quinto Relatório de Avaliação do IPCC

ARPA – Programa Áreas Protegidas da Amazônia

ASD – Área Suscetível à Desertificação

ASPSP – Arquipélago de São Pedro e São Paulo

ATCM – (*Antarctic Treaty Consultative Meeting*) Reuniões Consultivas do Tratado da Antártica

ATER – Assistência Técnica e Extensão Rural

AUC – *Area Under the Curve*

AUR – Áreas de Uso Restrito

BACEN – Banco Central do Brasil

BAU – (*Business-As-Usual*) Sem inovação

BEI – Banco Europeu de Investimento

BEIS – (*Department for Business, Energy & Industrial Strategy*) Departamento para Negócios, Energia e Estratégia Industrial do Reino Unido

BEN – Balanço Energético Nacional

BESM – Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre

BEU – Balanço de Energia Útil

BHSF – Bacia do rio São Francisco

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

BIMTRA – Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo

BIOMAR – Biotecnologia Marinha

BIRD – Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

BM – Banco Mundial

BMUB – (*Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit*) Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza, Construção e Segurança Nuclear da Alemanha

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BPC – Benefício de Prestação Continuada

BrOA – Rede Brasileira de Pesquisa em Acidificação dos Oceanos

BUR – (*Biennial Update Report*) Relatório de Atualização Bienal

BVJ – Benefício Variável Jovem

C – Carbono

CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina ou Cancun Adaptation Framework

Caisan – Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CAR – Cadastro Ambiental Rural

CBD – Convenção Sobre a Diversidade Biológica

CBH – Comitês de Bacias Hidrográficas

CBPG – Comitê Brasileiro do Pacto Global

CCST – Centro de Ciência do Sistema Terrestre do INPE

CDB – Convenção da Diversidade Biológica

CDO – *Climate Data Operators*

CE – Ceará

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável

CEC – Comitê de Elaboração de Cenários

Cedeplar – Centro de Desenvolvimento e Planejamento regional

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais

CGEMSP – Coordenação-Geral de Emergências em Saúde Pública

CGVAM – Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental

CMIP – Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados

CMVP – Certificado Profissional de Monitoramento e Verificação

CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres

CEPED – Centro de estudos e pesquisas em desastres

CERs – Certificados de Emissões Reduzidas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CF – Constituição Federal ou Código Florestal

CF₄ – Tetrafluorometano

CGCL – Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade do MCTI

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CGH – Centrais de geração hidrelétricas

CGU – Controladoria Geral da União

CH₄ – Metano

CHESF – Companhia Hidrelétrica de São Francisco

CHF₃ – Trifluorometano

CHIRPS – Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations

CI – Conservação Internacional

CIEVS – Centro de informações Estratégicas em Vigilância em Saúde

CIM – Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima

CNCD – Comissão Nacional de Combate à Desertificação

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CNM – Confederação Nacional dos Municípios

CNPCT – Comissão Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CNs – Comunicações Nacionais

CNUDM – Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar

CO – Monóxido de Carbono

CO₂ – Dióxido de Carbono

CO_{2e} – Dióxido de Carbono Equivalente

COFA – Comitê Orientador do Fundo Amazônia

COIAB – Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento

CONABIO – Conselho Nacional de Biodiversidade

CONACER – Comissão Nacional do Programa Cerrado Sustentável

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONANTAR – Comissão Nacional para Assuntos Antárticos

CONAPA – Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas

CONAREDD+ – Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal

CONAVEG – Comissão Nacional para Recuperação Nativa

CONPET – Programas de Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural

Consea – Conselho Nacional de Segurança Alimentar

COP – Conferência das Partes da UNFCCC

COP – Comunicação de Perdas

CPC/NOAA – Climate Prediction Center from the National Oceanic and Atmospheric Administration

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE

CR – Convenção de Ramsar

CRA – Cota de Reserva Ambiental

CT – Câmaras Temáticas

CTA – *Classification Tree Analysis*

CTAM – Coordenação de Transparência de Ações em Mudança do Clima

CTCN – Centro e Rede de Tecnologia para o Clima

CTIBC – Comitê Técnico da Indústria de Baixo Carbono

DAC – Doenças cardiovasculares

DAR – Doenças respiratórias

DATASUS – Sistema Único de Saúde do Brasil

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DDA – doenças diarreicas agudas

DEPPC – Departamento de Políticas e Programas de Ciências

DETER – Sistema de Detecção do Desmatamento na Amazônia Legal em Tempo Real

DMAF – Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima

DPMC – Departamento de Políticas em Mudança do Clima

DSASTE – Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública

EAD – Educação à Distância

EAESP – Escola de Administração Pública e de empresas da FGV

ECA – *European Climate Assessment project*

ECMWF – *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*

EEA – *European Environment Agency*

EEGM – Mecanismo de Garantia de Financiamento de Eficiência Energética

ELETRORAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A

Emater – Empresa de Assistência Técnica Rural

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMEP – European Monitoring and Evaluation Programme

ENA – Energia natural afluyente

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

ENCTI – Estratégias Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação

ENREDD+ – Estratégia Nacional para REDD+

EOR – (*Enhanced Oil Recovery*) Recuperação Avançada de Petróleo

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ES – Espírito Santo

ESCOs – Empresas de Serviços de Conservação de Energia

ESF – Estratégia Saúde da Família

ETR/ETM – Relação entre evapotranspiração real e máxima

EUA – Estados Unidos da América

EVO – Organização de eficiência e avaliação

FAO – (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

FAOSTAT – *Food and Agriculture Organization Statistics*

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FBMC – Fórum Brasileiro de Mudança do Clima

FBN – Fixação biológica de nitrogênio

FDA – *Function Discriminant Analysis*

FE – Fator de emissão

FGVces – Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FIFA – Federação Internacional de Futebol

Fipe – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

Fiona – Floresta Nacional

FMI – Fundo Monetário Internacional

FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

FNDF – Fundo Nacional do Desenvolvimento Florestal

FNMC – Fundo Nacional sobre Mudança do Clima

FONPLATA – Fundo de Desenvolvimento Financeiro da Bacia do Prata

FP – Florestas Plantadas

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

FUNBIO – Fundo Brasileiro para a Biodiversidade

FUNDEB – Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação

FURG – Universidade Federal de Rio Grande

GA – Grupo de Acompanhamento do Conselho das Cidades

GAAM – Grupo de Avaliação Ambiental do PROANTAR

GAM – Generalized Additive Models

GBIF – Global Biodiversity Information Facility

GBM – Generalized Boosted Models

GCF – (*Green Climate Fund*) Fundo Verde do Clima

GCM – *General Circulation Model*

GDR – Graus Dia de Resfriamento

GEE – Gases de efeito estufa

GEF – (*Global Environment Facility*) Fundo Global para o Meio Ambiente

GIDES – Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais

GIZ – (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) Agência de Cooperação Alemã

GLM – *Generalized Linear Models*

GO – Goiás

GOOS Brasil – Sistema Brasileiro de Observação dos Oceanos e Estudos do Clima

GT – Grupo de Trabalho

GTP – (*Global Temperature change Potential*) Potencial de aumento de Temperatura Global

GTTm – Grupo Técnico Temático para o Monitoramento do PNA

GWL – (*Global Warming Level*) Nível de Aquecimento Global

GWP – (*Global Warming Potential*) Potencial de Aquecimento Global

HCFCs – hidrofluorclorocarbonos

HFCs – hidrofluorcarbonos

HNO₃ – ácido nítrico

Ibama – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

ICMS – Imposto sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual, intermunicipal e de comunicação

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH – Indicador de Desenvolvimento Humano

IDSUS – Índice de desempenho do sistema único de saúde

IE – (*included elsewhere*) Incluída em Outro Local

IES Brasil – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de GEE

IFC – Corporação Financeira Internacional

IIED – Instituto Internacional pelo Meio Ambiente e Desenvolvimento

IKI – Iniciativa Internacional sobre Mudança do Clima

iLP – Integração lavoura-pecuária

iLPF – Integração Lavoura Pecuária Floresta

Incra – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INCT – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

INPA – Instituto Nacional de Pesquisas Ambientais

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

INPUT – Iniciativa para o Uso da Terra

IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia

IPCA – Índice Nacional de Preço ao Consumidor

IPCC – (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPCC-NGGIP – Programa Nacional de Inventários de Gases de Efeito Estufa do IPCC

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

iPF – Integração pecuária-floresta

IPPU – Processos Industriais e Uso de Produtos

ISH – Índice de Segurança Hídrica

ISHmc – Índice de Segurança Hídrica no contexto da mudança do clima

IT – Instituições Tecnológicas

IVA – Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação

IVU – Índice de Vulnerabilidade Urbana

IVUexp – Índice de Vulnerabilidade Urbana com fator de exposição

JBIC – Banco Japonês para a Cooperação Internacional

JRC – Centro de Pesquisa da Comissão Europeia

KfW – Banco de Desenvolvimento Alemão

LBA – Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia

LOAS – Lei Orgânica de Assistência Social

LPVN – Lei de Proteção à Vegetação Nativa

LULUCF – (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

M&V – Monitoramento e Verificação

MacroZEE – Macrozoneamento Ecológico-Econômico

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MARS – *Multiple Additive Regression Splines*

Matopiba – Extensão geográfica que recobre parcialmente os territórios dos estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

MC – Mudança do Clima

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MD – Ministério da Defesa

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

MDI – Modelo Computacional de Decisão de Investimentos

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

ME – Ministério da Economia

MEC – Ministério da Educação

MG – Minas Gerais

MGB-IPH – Modelo Hidrológico de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

MI – Ministério da Integração Nacional

MinC – Ministério da Cultura

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MPDG – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão

MRE – Ministério das Relações Exteriores

MRV – Mensuração, Relato e Verificação

MS – Ministério da Saúde

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

MUT – Mudança do Uso da Terra

MVC – Dicloroetano e Cloreto de Vinila

N – Nitrogênio

N₂O – Óxido Nitroso

NA – (*not applicable*) Não Aplicável

NAMAs – (*Nationally Appropriate Mitigation Actions*) Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas

NDB – Novo Banco de Desenvolvimento

NDC – (*Nationally Determined Contribution*) Contribuição Nacionalmente Determinada

NE – (*not estimated*) Não Estimada

NF₃ – Trifluoreto de Nitrogênio

NH₃ – Amônia

NMVOC – Outros Compostos Orgânicos Voláteis não Metânicos

NO – (*not occurring*) Não Ocorre

NOx – Óxidos de Nitrogênio

OBT – Coordenação Geral de Observação da Terra

OCIS – Onda Curta Incidente na Superfície

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMM – Organização Meteorológica Mundial

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONGs – Organizações não governamentais

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

ONU – Organização das Nações Unidas

Ox – Fator de Oxidação

PAA – Programa de Aquisição de Alimentos

PACS – Programa de Agentes Comunitários de Saúde

PAE – Plano para Ações Emergenciais do Paraná

PAF-ZC – Plano de Ação Federal para a Zona Costeira

PAM – Produção Agrícola Municipal

PAN – Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção

PAP – Plano Agrícola e Pecuário

PAS – Plano Amazônia Sustentável

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PCH – Pequena Usina Hidroelétrica

PCS – Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado (Programa Cerrado Sustentável)

PCTs – Povos e Comunidades Tradicionais

PD&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PDE – Plano Decenal de Energia

PEE – Programa de Eficiência Energética

PEGC – Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PFCs – Perfluorcarbonos

PFFPMCG – Programa Fapesp de Pesquisa sobre Mudança Climática Global

PGPM – Bio-Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade

PGTAs – Planos de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas

PGZC – Plano de Gestão da Zona Costeira

PIB – Produto Interno Bruto

PISF – Projeto de Integração do Rio São Francisco

PLANAFE – Plano Nacional de Fortalecimento das Comunidades Extrativistas e Ribeirinhas

PLANAPO – Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica

PLANAVEG – Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa

PLANO ABC – Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura

PlanSab – Plano Nacional de Saneamento Básico

PLANSAN – Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

PLATAFORMA ABC – Plataforma Multi-institucional de Monitoramento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa

PMABB – Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros

PMDBBS – Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite

PMGC – Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro

PNA – Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNADC – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua

PNAE – Programa Nacional de Alimentação Escolar

Pnapo – Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica

Pnater – Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural

PNE – Plano Nacional de Energia

PNGATI – Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas

PNGC – Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

PNLI – Plano Nacional de Logística Integrada

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNPCT – Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Povos Indígenas e Comunidades Tradicionais

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

PNPSB – Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSAN – Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

POLANTAR – Política Nacional para Assuntos Antárticos

PoMuC – Programa Políticas sobre Mudança do Clima

PPCDAM – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia

PPCerrado – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado

PPG-Mar – Formação de Recursos Humanos em Ciências do Mar

PPPs – Parcerias Público Privadas

PR – Paraná

PRA – Programa de Regularização Ambiental

PRADAs – Projetos de Recomposição de Área Degradada e Alterada

Proagro – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

Proagro mais – Programa Garantia da Atividade Agropecuária da Agricultura Familiar

Proálcool – Programa Nacional do Alcool

PROANTAR – Programa Antártico Brasileiro

PROAREA – Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial

PROCEL – Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica

PROCOSTA – Programa Nacional para Conservação da Linha Costa

PRODES – Sistema de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal

PROESF – Programa de Expansão e Consolidação da Saúde da Família

PROGESTÃO – Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas

Proinfa – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

PRONAMP – Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural

PRONATEC- Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego

Proveg – Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa

PSA – Pagamento por Serviços Ambientais

PSF – Programa Saúde da Família

PSMC – Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima

PSR – Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural

PSRM – Plano Setorial para os Recursos do Mar

Q90 – Vazão mínima esperada em 90% do tempo (ano hidrológico)

QA – (*Quality Assurance*) Garantia de Qualidade

QC – (*Quality Control*) Controle de Qualidade

RCP – (*Representative Concentration Pathway*) Trajetória Representativa de Concentração

RDS – Reserva de Desenvolvimento Sustentável

REDD – Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação

REDD+ – Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal

Rede CLIMA – Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais

Redeh – Rede de Desenvolvimento Humano

REF – Cenário de Expansão de Referência

REMLAC – Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira

Renovabio – Política Nacional de Biocombustíveis

RESEX – Reservas Extrativistas

Reurb – Regularização Fundiária Urbana

REVIMAR – Avaliação, Monitoramento e Conservação da Biodiversidade Marinha

RF – Random Forest

RL – Reserva Legal

RM – Região Metropolitana

RMBE – Região Metropolitana de Belém

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

RR – Risco relativo

S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SAF – Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo ou Sistemas Agroflorestais

SAIN – Secretaria de Assuntos Internacionais

SAP – Sistema de Alerta Precoce de Secas e Desertificação

SAR/ANAC – Superintendência de Aeronavegabilidade

SAR – (*Second Assessment Report*) Segundo Relatório de Avaliação do IPCC

Scenagri – Simulador de Cenários Agrícolas

SDI – Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação

SDM – *Spatial Durbin model*

SEAF – Seguro da Agricultura Familiar

SECIRM – Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

SEDEC – Secretaria Nacional de Defesa Civil

SEPEF – Secretaria de Pesquisa e Formação Científica

SF₆ – Hexafluoreto de Enxofre

SFB – Serviço Florestal Brasileiro

SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas

SIAGED – Sistema Interativo de Análise Geoespacial

SiCAR – Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural

Sicor – Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SIGABC – Sistema de Governança do Plano ABC

SIGERCO – Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro

SILA – Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SIN – Sistema Interligado Nacional

SIN-ABC – Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SINIMA – Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente

SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões

SISAN – Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional

SisVuClima – Sistema de Vulnerabilidade Climática

SMA-ZC – Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira

SMCF – Secretaria de Mudança do Clima e Florestas

SMMARE – Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções das Emissões de Gases de Efeito Estufa

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

SNIRH – Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SOMAI – Sistema de Observação e Monitoramento da Amazônia Indígena

SPD – Sistema de Plantio Direto

SPEI – Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração

SPU – Secretaria de Patrimônio da União

SSA – Segurança Socioambiental

SUAS – Sistema Único de Assistência Social

Sudene – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

SUS – Sistema Único de Saúde

SWL – (*Specific Warming Level*) Níveis Específicos de Aquecimento

TAU – Termo de Autorização de Uso Sustentável

TCN – Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

TFT – (*thin film transistor*) transistor de película fina

TI – Territórios Indígenas

Tier – Abordagem metodológica

TODA – Tratamento de Dejetos Animais

UC – Unidade de Conservação

UHE – Usina Hidroelétrica

UNCCD – Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação

UNFCCC – (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar

USDA – (*United States Department of Agriculture*) Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

USP – Universidade de São Paulo

UST – Unidades de Suporte Técnico

UTE – Usinas termelétricas

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura

VBP – Valor Bruto de Produção

VIARS – Vulnerabilidade-Impactos-Adaptação-Resiliência-Sustentabilidade

VIGIAGUA – Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano

VSWI – Índice integrado de secas

WBGT – Temperatura do bulbo úmido

WEI – (*Water Exploitation Index*) Índice de Exploração de Água

WG – grupo de trabalho

ZARC – Zoneamento Agrícola de Risco Climático

ZC – Zona costeira

ZEE – Zona Econômica Exclusiva

ZEEC – Zoneamento Ecológico Econômico Costeiro

ZEIS – Zonas Especiais de Interesse Social

SUMÁRIO COMPLETO

1 CIRCUNSTÂNCIAS NACIONAIS 26

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO BRASIL 28

1.1.1 Vegetação, Recursos Florísticos e Ecossistemas Costeiros **30**

1.1.2 Fauna **36**

1.1.3 Recursos Hídricos **36**

1.2 CLIMAS DO BRASIL 38

1.2.1 Climatologia de Precipitação e Temperatura **39**

1.2.2 Extremos Climáticos **39**

1.3 CIRCUNSTÂNCIAS ESPECIAIS 42

1.3.1 Regiões com Ecossistemas Frágeis **42**

1.3.2 Ilhas Marítimas e Nível do Mar em Regiões Costeiras **44**

1.3.3 Desertificação **47**

1.4 PRIORIDADES DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL E REGIONAL 49

1.4.1 Desenvolvimento Social **49**

1.4.2 Circunstâncias Econômicas, Agrícolas e Energéticas **60**

1.5 ARRANJOS INSTITUCIONAIS RELEVANTES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO NO BRASIL 62

1.5.1 Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima **63**

1.5.2 Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da

Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo

Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (CONAREDD+) **65**

1.5.3 Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa **66**

1.5.4 Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) **67**

1.5.5 Coordenação-Geral de Mudanças Climáticas e Meio Ambiente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) **68**

1.6 POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (PNMC) E CONTRIBUIÇÃO NACIONALMENTE DETERMINADA (NDC) DO BRASIL AO ACORDO DE PARIS 69

1.7 ARRANJOS INSTITUCIONAIS PARA ELABORAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES NACIONAIS EM BASES PERMANENTES 73

1.7.1 Dificuldades Financeiras, Técnicas e de Capacitação para a Elaboração da Comunicação Nacional **78**

2 INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA 80

2.1 INTRODUÇÃO 82

2.1.1 Arranjos Institucionais para Elaboração do Inventário **86**

2.1.2 Planejamento e Gerenciamento do Inventário **87**

2.1.3 Metodologia e Principais Fontes de Informação **89**

2.1.4 Procedimentos de Controle e Garantia de Qualidade **91**

2.1.5 Análise de Incertezas **91**

2.2 EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO BRASIL 93

2.2.1 Emissões de CO₂ **98**

2.2.2 Emissões de CH₄ **99**

2.2.3 Emissões de N₂O **101**

2.2.4 Emissões de HFCs, PFCs e SF₆ **102**

2.2.5 Gases de Efeito Estufa Indireto **103**

2.3 SETOR ENERGIA (1) 105

2.3.1 Aspectos Metodológicos do Setor **107**

2.3.2 Atividades de Queima de Combustíveis (1.A) **115**

2.3.3 Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis (1.B) **116**

2.4 SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (2) 117

2.4.1 Aspectos Metodológicos do Setor **119**

2.4.2 Indústria Mineral (2.A) **124**

2.4.3 Indústria Química (2.B) **125**

2.4.4 Indústria Metalúrgica (2.C) **127**

2.4.5 Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D) **128**

2.4.6 Indústria Eletrônica (2.E) **129**

2.4.7 Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da

Camada de Ozônio (2.F) **129**

2.4.8 Fabricação e Uso de

Outros Produtos (2.G) **130**

2.4.9 Outros (2.H) **131**

2.5 SETOR AGROPECUÁRIA (3) 132

2.5.1 Aspectos Metodológicos do Setor **138**

2.5.2 Fermentação Entérica (3.A) **146**

2.5.3 Manejo de Dejetos (3.B) **147**

2.5.4 Cultivo de Arroz (3.C) **148**

2.5.5 Solos Manejados (3.D) **149**

2.5.6 Queima de Resíduos Agrícolas (3.F) **150**

2.5.7 Calagem (3.G) **151**

2.5.8 Aplicação de Ureia (3.H) **152**

2.6 SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS (4) **153**

- 2.6.1 Aspectos Metodológicos Gerais do Setor **155**
- 2.6.2 Floresta (4.A) **162**
- 2.6.3 Agricultura (4.B) **163**
- 2.6.4 Campo e Pastagem (4.C) **165**
- 2.6.5 Área Alagada (4.D) **168**
- 2.6.6 Assentamento (4.E) **169**
- 2.6.7 Outras Terras (4.F) **170**
- 2.6.8 Produtos Florestais Madeireiros (4.G) **172**

2.7 SETOR RESÍDUOS (5) **173**

- 2.7.1 Aspectos Metodológicos do Setor **175**
- 2.7.2 Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) **178**
- 2.7.3 Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B) **179**
- 2.7.4 Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos (5.C) **180**
- 2.7.5 Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) **181**

3 IMPACTOS, VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA 182

3.1 CONTEXTO E ABORDAGEM **184**

Abordagem Integradora **184**

3.2 MUDANÇA DO CLIMA NO BRASIL **186**

- 3.2.1 Programa de Modelagem Climática no Brasil **186**
 - Modelos Climáticos Globais **186**
 - Modelagem Regional no Brasil **187**
- 3.2.2 Clima Atual **189**
 - Principais Tendências Observadas **190**
- 3.2.3 Projeções Climáticas **192**
 - Projeções do Modelo Regional Eta **194**
 - Projeções do Projeto HELIX **197**

3.3 IMPACTOS E VULNERABILIDADES **204**

- 3.3.1 Impactos Observados **207**

3.4 SEGURANÇA HÍDRICA **210**

- 3.4.1 Contexto **210**
 - Conceituação **210**
 - Relevância da Segurança Hídrica para o País e para a Adaptação **210**
 - Governança na Segurança Hídrica **210**
- 3.4.2 Impactos e Vulnerabilidades da Segurança Hídrica **214**
 - Cadeia de Impactos **214**
 - Avaliação de Impactos-chave **216**
- 3.4.3 Principais Resultados na Segurança Hídrica **223**

3.5 SEGURANÇA ENERGÉTICA **225**

3.5.1 Contexto **225**

- Conceituação **225**
- Relevância da Segurança Energética para o País e para a Adaptação **226**
- Governança na Segurança Energética **228**

3.5.2 Impactos e Vulnerabilidades da Segurança Energética **229**

- Cadeia de Impactos **229**
- Avaliação de Impactos-chave **232**

3.5.3 Principais Resultados na Segurança Energética **241**

3.6 SEGURANÇA ALIMENTAR **244**

3.6.1 Contexto **244**

- Conceituação **244**
- Relevância da Segurança Alimentar para o País e para a Adaptação **245**
- Governança na Segurança Alimentar **248**

3.6.2 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Alimentar **250**

- Cadeia de Impactos **250**
- Avaliação de Impactos-chave **253**

3.6.3 Principais Resultados na Segurança Alimentar **265**

3.7 SEGURANÇA SOCIOAMBIENTAL **267**

3.7.1 Contexto **267**

- Conceituação **267**
- Relevância da Segurança Socioambiental para o País e para a Adaptação **268**
- Governança na Segurança Socioambiental **270**

3.7.2 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Socioambiental: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos **273**

- Cadeia de Impactos: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos **273**
- Avaliação de Impactos-chave na Segurança Socioambiental: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos **276**

3.7.3 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Socioambiental: Desastres, Migrações e Saúde **293**

- Cadeia de Impactos: Desastres, Migrações e Saúde **293**
- Avaliação dos Impactos-chave na Segurança Socioambiental: Desastres, Migrações e Saúde **295**

3.7.4 Principais Resultados na Segurança Socioambiental **315**

3.8 ADAPTAÇÃO NO CONTEXTO DAS SEGURANÇAS **317**

3.8.1 Opções de Adaptação **317**

- Segurança Hídrica **319**
- Segurança Energética **321**

Segurança Alimentar **324**

Segurança Socioambiental **327**

3.8.2 Inergias e "Trade-offs" entre Opções de Adaptação **330**

- Segurança Hídrica com as demais Seguranças **330**
- Segurança Energética com as Demais Seguranças **331**
- Segurança Alimentar com as Demais Seguranças **332**
- Segurança Socioambiental com as Demais Seguranças **332**

4 MEDIDAS PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA 336

4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS, PROGRAMAS, PROJETOS E OUTRAS INICIATIVAS PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA **338**

4.1.1 Código Florestal **339**

4.1.2 Estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF) **341**

4.1.3 Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) **342**

4.1.4 Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) **344**

4.1.5 Plano Nacional de Adaptação (PNA) **345**

4.1.6 Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) **346**

4.1.7 Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia **347**

4.1.8 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) **348**

4.1.9 Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) **349**

4.1.10 Programa Políticas sobre Mudança do Clima (PoMuC) **351**

4.1.11 Projeto 'Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)' **353**

4.1.12 Projeto CITInova **355**

4.1.13 Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES) **356**

4.1.14 Projeto PMR Brasil **358**

4.2 INICIATIVAS E INVESTIMENTOS PARA PROMOÇÃO DE AÇÕES DE MITIGAÇÃO **359**

**5 OUTRAS INFORMAÇÕES RELEVANTES
PARA ATINGIR OS OBJETIVOS DA
CONVENÇÃO NO BRASIL 364**

**5.1 INICIATIVAS DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE AS
QUESTÕES RELATIVAS À MUDANÇA DO CLIMA 366**

5.1.1 Sistema Integrado de Informações
do Plano Setorial para Consolidação de
uma Economia de Baixa Emissão de
Carbono na Agricultura (SIN-ABC) **366**

5.1.2 Sistema de Registro Nacional
de Emissões (SIRENE) **367**

5.1.3 Sistema de Vulnerabilidade
Climática (SisVuClima) **369**

5.1.4 Sistema Modular de Monitoramento
e Acompanhamento das Reduções
das Emissões de Gases de Efeito
Estufa (SMMARE) **370**

**5.2 FORMAÇÃO DE CAPACIDADES
EM MUDANÇA DO CLIMA 372**

5.2.1 AdaptaBrasil MCTI **372**

5.2.2 AdaptaCLIMA **373**

5.2.3 Capacitação em Construção de
Cenários de Mitigação e Projeções
de Emissões de GEE e Impactos
Climáticos no Brasil **374**

5.2.4 Centro Nacional de
Monitoramento e Alertas de Desastres
Naturais (CEMADEN) **377**

5.2.5 EducaClima **378**

5.2.6 Fórum Brasileiro de Mudança
do Clima (FBMC) **379**

5.2.7 Instituto Nacional de
Ciência e Tecnologia (INCT) para
Mudanças Climáticas **380**

5.2.8 Instituto Nacional de
Pesquisas Espaciais (INPE) e as
Mudanças Climáticas **383**

5.2.9 Painel Intergovernamental sobre
Mudança do Clima (IPCC) **384**

5.2.10 Programa Antártico
Brasileiro (Proantar) **386**

5.2.11 Programa de Grande Escala da
Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) **388**

5.2.12 Programa de Monitoramento
Ambiental dos Biomas Brasileiros **390**

5.2.13 Programas de Educação em
Conservação de Energia Elétrica
e Uso Racional de Derivados de
Petróleo e Gás Natural **391**

5.2.14 Projeto 3E - Transformação
do Mercado de Eficiência
Energética no Brasil **394**

5.2.15 Rede Brasileira de Pesquisa
sobre Mudanças Climáticas
Globais (Rede CLIMA) **397**

**5.3 NECESSIDADES TECNOLÓGICAS, FINANCEIRAS
E DE CAPACITAÇÃO, RELATIVAS AO ATINGIMENTO
DOS OBJETIVOS DA CONVENÇÃO NO BRASIL 399**

5.3.1 Cooperação para Obtenção
de Recursos e Realização de
Atividades de Capacitação **406**

REFERÊNCIAS 408

APÊNDICES 444

APÊNDICE I – SÉRIE HISTÓRICA DE
EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
POR GÁS E POR SETOR, 1990 A 2016 **444**

APÊNDICE II – PRINCIPAIS IMPACTOS E
VULNERABILIDADES NAS SEGURANÇAS
HÍDRICA, ENERGÉTICA, ALIMENTAR
E SOCIOAMBIENTAL **608**

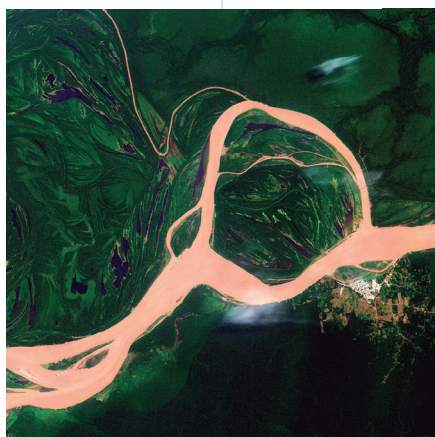
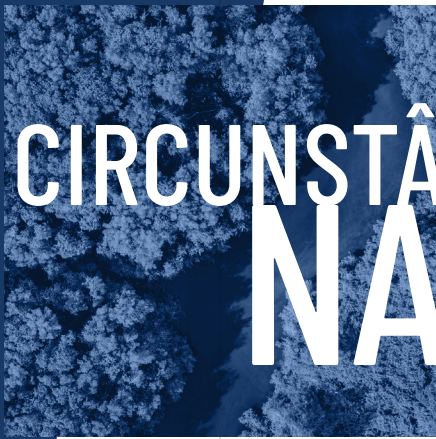


De cima para baixo, da esquerda para a direita: Natã Romualdo – Pexels • Divulgação – Pexels • Otton Barros – DSP/OBT/INPE ©

Claire Thibault – Pexels • Kaique Rocha – Pexels • Thiago Jayrassu – Pexels

CAPÍTULO 1





CIRCUNSTÂNCIAS NACIONAIS

QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO DO BRASIL

A REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL localiza-se na América do Sul e ocupa quase metade do território do continente, situando-se entre os paralelos de 5°16'20" de latitude norte e 33°45'03" de latitude sul e os meridianos de 34°47'30" e 73°59'32" oeste (BRASIL, 2016). Ocupa a quinta posição no ranking dos maiores países do planeta em tamanho, ficando atrás da Rússia, do Canadá, da China e dos Estados Unidos (IBGE, 1994). É banhada pelo Oceano Atlântico ao longo de aproximadamente 8.500 km de sua costa leste e compartilha mais de 15.700 km de fronteiras terrestres com todos os países da América do Sul, exceto o Chile e o Equador (Figura 1.1). Especificamente, faz fronteira com o Uruguai ao sul; Argentina, Paraguai e Bolívia a sudoeste; Peru a oeste; Colômbia a noroeste; e Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa ao norte (IBGE, 1994; BRASIL, 2016). Engloba uma ampla gama de paisagens tropicais e subtropicais, incluindo zonas úmidas, savanas e planaltos, além de conter a maior parte da bacia do rio Amazonas, que possui o maior sistema fluvial e a floresta tropical mais extensa do planeta (IBGE, 1994; MMA, 2019a) (Quadro 1.1).

Quadro 1.1

Informações relevantes sobre o Brasil.¹

Fonte: Atualizado de Brasil (2017) e IBGE (2020).

PARÂMETROS	CARACTERÍSTICAS
TERRITÓRIO	Área total de 8.510.295,914 km ² ; dividida em cinco regiões político-administrativas – Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste; composta de 26 estados e o Distrito Federal (sede do governo e dos poderes Executivo, Legislativo e Judiciário) e 5.570 municípios.
CLIMA	Cinco regiões climáticas: Equatorial (Norte), Tropical (a maior parte do território), Semiárido (Nordeste), Tropical de Altitude (Sudeste) e Subtropical (Sul).
BIODIVERSIDADE	Seis biomas ² : Amazônia (49,5%), Cerrado (23,3%), Mata Atlântica (13%), Caatinga (10,1%), Pantanal (1,8%) e Pampa (2,3%).
COBERTURA DE VEGETAÇÃO NATIVA	País possui 84% da Amazônia e 60% do território preservados.
ÁREAS PROTEGIDAS	Áreas protegidas correspondem a 30,68% do território, sendo 18,1% Unidades de Conservação e 12,48% Terras Indígenas, além de 26,62% de Unidades de Conservação em áreas marinhas. O país conta com mais de 2.000 unidades de conservação terrestres, correspondendo a quase 18% do território brasileiro.
RECURSOS HÍDRICOS	O país possui cerca de 12% da água doce superficial da Terra. 12 bacias hidrográficas garantem recursos hídricos abundantes, mas distribuídos de forma desigual pelo território (ANA, 2019). Atualmente, o principal uso de água no país, em quantidade utilizada, é a irrigação, com mais de 900 m ³ /s.

1 Informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 15 maio 2020.

2 Bioma é conceituado como um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria (IBGE, 2004). Dados de distribuição dos biomas disponíveis em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>

PARÂMETROS

CARACTERÍSTICAS

POPULAÇÃO

212 milhões de pessoas, com aproximadamente 84% de população urbana e 16% de rural³, com maior densidade demográfica na região Sudeste e menor na região Norte.

MATRIZ ENERGÉTICA

O percentual de fontes renováveis na Matriz Energética do Brasil em 2019 foi de 46,1%, montante significativamente superior à média dos países da OCDE de 10,8% e da média mundial de 14,2%. Na matriz elétrica, as fontes renováveis representaram 83% dos energéticos para geração de energia elétrica em 2019, sendo que a média dos países da OCDE nesse mesmo ano foi de 28,5% e a média mundial foi de 26,7%.

A série de censos brasileiros mostrou que a população cresceu quase 20 vezes desde o primeiro recenseamento realizado no Brasil, em 1872 (IBGE, 2010b; BRASIL, 2016). A região Sudeste é a mais populosa do país e a região Centro-Oeste a que apresenta menor população (IBGE, 2017). Entre 2000 e 2010, percebeu-se um aumento do grau de urbanização brasileiro, que foi causado pelo crescimento vegetativo nas áreas urbanas, bem como persistente migração rural-urbana, sobretudo das regiões Norte e Nordeste para a região Sudeste do país (IBGE, 2017).

O país possui uma das maiores zonas costeiras do mundo, a qual constitui uma parcela privilegiada do território brasileiro quanto aos recursos naturais, econômicos e humanos. Todavia, trata-se de uma área onde vive aproximadamente 26,6% da população do Brasil, resultando em uma densidade demográfica onde se destacam alguns grandes centros urbanos, a exemplo das 10 maiores cidades do Brasil, 4 das quais localizadas no litoral (IBGE, 2010). É nessa região que também se localizam 13 das 27 capitais brasileiras (BRASIL, 2010). Esse crescimento populacional e urbano trouxe o desafio de conciliar desenvolvimento econômico com conservação do meio ambiente e inclusão social. Para tanto, o Brasil tem envidado esforços em sustentabilidade e, graças aos investimentos em pesquisa e inovação, teve êxito em aumentar sua produção industrial e agrícola em consonância com o respeito ao meio ambiente e o combate à pobreza, pilares do desenvolvimento sustentável.

³ IBGE. Distribuição percentual da População por situação de domicílio – Brasil – 1980 a 2010. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/populacao/distribuicao-da-populacao-por-situacao-de-domicilio.html>.

1.1.1 Vegetação, Recursos Florísticos e Ecossistemas Costeiros

O Brasil possui uma grande variedade de atributos naturais (solo, relevo, vegetação e fauna), que se integram formando uma composição natural única. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o país possui seis grandes biomas, que, juntos, compreendem uma das maiores biodiversidades do planeta (Figura 1.1).

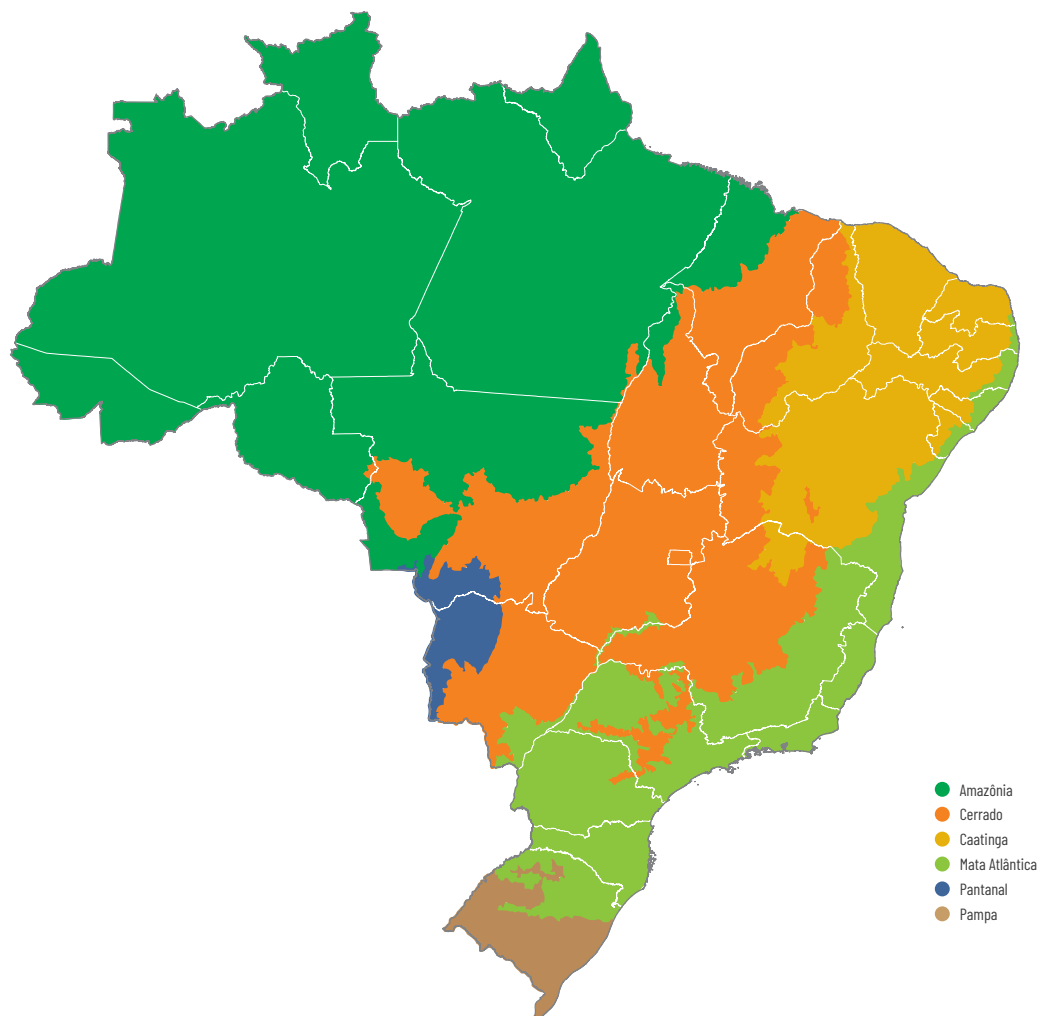


Figura 1.1
Distribuição dos biomas brasileiros no território nacional.

Fonte: adaptado de IBGE (2004).

No Brasil, existem várias formações vegetais, sejam florestais ou campestres, distribuídas conforme características do clima e do relevo. Grande parte do seu território é ocupada pelas formações florestais, sendo constituída pelas florestas ombrófilas e estacionais, comuns sobretudo na Amazônia e na Mata Atlântica (IBGE, 2004). No Cerrado, as formações savânicas são predominantes, mas também ocorrem em outras regiões do país, inclusive na Amazônia. As formações de savanas estépicas ocorrem principalmente na Caatinga nordestina. As formações estépicas correspondem principalmente aos campos do planalto e da campanha, do extremo sul do Brasil, no bioma Pampa, em virtude do clima subtropical. Já as campinaranas ocorrem principalmente na Amazônia, na bacia do rio Negro (IBGE, 2010a). Por fim, a área do Pantanal compreende parte dos estados de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul.

No Quadro 1.2, são apresentadas as principais características desses biomas, bem como dos ecossistemas costeiros.

Quadro 1.2

Principais características dos biomas e ecossistemas costeiros.

Fonte: Baseado em BRASIL (2016).

BIOMAS	AMAZÔNIA	MATA ATLÂNTICA	PAMPA
ÁREA	4.196.943 km ² , equivalentes a 49,5% do território nacional (IBGE, 2004).	O bioma está localizado, principalmente, na faixa litorânea que se estende do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul (IBGE, 2004; MMA, 2009; MMA/IBAMA, 2012). Possui 1,1 milhão de km ² (13% do território brasileiro), constituindo-se na segunda maior floresta tropical do continente sul-americano.	Possui uma área de 178.000 km ² e representa 2,3% do território brasileiro (CSR/IBAMA, 2011a).
ESTADOS ABRANGIDOS	Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, todos em totalidade; e partes de Rondônia (98,8%), Mato Grosso (54%), Maranhão (34%) e Tocantins (9%) (IBGE, 2004).	Seus limites originais contemplam áreas em 17 estados (PI, CE, RN, PE, PB, SE, AL, BA, ES, MG, GO, RJ, MS, SP, PR, SC e RS) (IBGE, 2004; MMA, 2019b).	Rio Grande do Sul (RS).
FORMAÇÃO E ECOSSISTEMAS	Sua principal formação são florestas densas e abertas. Apresenta também outros ecossistemas como: florestas estacionais, florestas de igapó, campos alagados, várzeas, savanas, refúgios montanhosos, campinaranas e formações pioneiras.	A Mata Atlântica exibe uma grande diversidade ambiental e seu relevo apresenta grandes variações, com cadeias montanhosas, vales, platôs e planícies (IBGE, 2004; MMA, 2019b).	É um ecossistema campestre com vegetação predominantemente de gramíneas e alguns arbustos espalhados e dispersos. Próximos aos cursos d'água e nas encostas de planaltos, a vegetação torna-se mais densa, com ocorrência de árvores. Os Banhados, áreas alagadas perto do litoral, também fazem parte desse bioma (CSR/IBAMA, 2011a). As paisagens vão de serras a planícies, de morros rupestres a coxilhas.

PANTANAL

151.313 km², o que representa 1,8% do território brasileiro (CSR/IBAMA, 2011b).

Mato Grosso (40,3%) e Mato Grosso do Sul (59,7%) (IBGE, 2004; CSR/IBAMA, 2011b).

O Pantanal é uma região baixa, com relevo plano, localizada no centro da bacia, onde os rios inundam a planície e alimentam um intrincado sistema de drenagem, que inclui extensos lagos, cursos d'água divergentes e áreas de escoamento e inundação sazonal.

CERRADO

2.045.000 km² (23,3% do território brasileiro), ocupando porção central do Brasil (IBGE, 2004).

Sua área contínua ocorre nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, além dos encaves no Amapá, Roraima e Amazonas.

O Cerrado contribui com 14% da oferta hídrica superficial brasileira e chega a alcançar 43% da produção hídrica total do país, excluindo-se a bacia Amazônica. No Cerrado estão nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata). O bioma abriga alguns aquíferos, como o Aquífero Guarani (MMA, 2014a). Os solos predominantes são os Latossolos, que recobrem 46% da área. Além dos Latossolos, ocorrem Neossolos (23,2%), Argissolos (11,9%), Plintossolos (10,2%) e Cambissolos (9,3%) (MMA, 2012; 2014; Embrapa Cerrados, 2018).

CAATINGA

Possui 844.000 km² e representa 10,1% do território nacional (IBGE, 2004).

O bioma estende-se por praticamente todo o estado do Ceará (quase 100%), Rio Grande do Norte (95%), Paraíba (92%), Pernambuco (83%), Piauí (63%) e Bahia (54%), Alagoas (48%) e Sergipe (49%), além de pequenas porções de Minas Gerais (2%) e do Maranhão (1%).

A Caatinga é compreendida por serras e planaltos que formam grandes barreiras geológicas para a ação do vento e de outros fatores, impedindo as chuvas nas regiões mais altas do lado oriental e setentrional das serras e planaltos. É onde se encontra o rio São Francisco, o maior em regime perene dentro da região. Mais de 80% dos solos da Caatinga são rasos e de baixa fertilidade e drenagem com concentrações excessivas de sódio trocável.

ECOSSISTEMAS COSTEIROS

Estende-se por mais de 8.500 km, abrangendo 17 estados e mais de 400 municípios, distribuídos do Norte equatorial ao Sul temperado do país. Inclui ainda a faixa marítima formada por mar territorial, com largura de 12 milhas náuticas a partir da linha da costa, e compreende a plataforma continental marinha e a Zona Econômica Exclusiva - ZEE, que, no caso brasileiro, se alonga até 200 milhas da costa. Além dessa área, conta com mais 900 mil km² em pontos onde a Plataforma Continental vai até um máximo de 350 milhas náuticas segundo a Convenção das Nações Unidas sobre os Direitos do Mar - CNUDM (BRASIL, 2016). Essa área é chamada de Amazônia Azul e inclui as áreas em torno do Atol das Rocas, dos arquipélagos de Fernando de Noronha e de São Pedro e São Paulo e das ilhas de Trindade e Martim Vaz (BRASIL, 2010; 2016).

Apresenta sobreposição territorial com os biomas Amazônia e Mata Atlântica, bem como, em menor escala, com a Caatinga, Cerrado e Pampa, o que a caracteriza como um complexo de ecossistemas contíguos com ambientes de alta complexidade ecológica e de extrema relevância para a sustentação da vida no mar.

Abrange ambientes climáticos variados (Úmido equatorial, Tropical, Semiárido e Subtropical). Apresenta diversificada formação geológica, sendo alimentada por bacias hidrográficas e rios de dimensões e características geográficas diversas, tais como a bacia do rio Amazonas, os rios intermitentes na Região Nordeste, os rios São Francisco, Doce, Jequitinhonha e Paraíba do Sul, as bacias do Atlântico limitadas pela Serra do Mar e a bacia da Lagoa dos Patos (BRASIL, 2016).

BIOMAS**AMAZÔNIA****MATA ATLÂNTICA****PAMPA****VEGETAÇÃO
PREDOMINANTE**

Na maior parte do seu território, abriga a Floresta Ombrófila Densa, vegetação típica de clima úmido. A Floresta Ombrófila aberta é o segundo tipo de vegetação mais comum. Outros tipos existentes: Florestas Semidecíduas, campinas, campinaranas e as savanas relicticas. Possui 2.500 espécies de árvores (ou um terço de toda a madeira tropical do mundo) e 30 mil espécies de plantas (das 100 mil da América do Sul), sendo o maior banco genético do planeta (BRASIL, 2016).

A vegetação é formada por florestas ombrófilas (densa, aberta e mista) e estacionais (semidecíduas e decíduas). Também existem outros ambientes especiais, como formações pioneiras (áreas alagáveis ou várzeas), restingas, mangues, campos rupestres e de altitude, além da floresta ombrófila mista com araucária. Estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil) (MMA, 2019b).

Os campos nativos são as paisagens predominantes, mas ocorrem também outras formações como matas ciliares, matas de encosta, mata de pau-ferro, formações arbustivas, butiazais, banhados, afloramentos rochosos e outros. A gramínea é a vegetação dominante e encontra-se intercalada com as florestas mesófilas, florestas subtropicais (principalmente floresta de araucária) e florestas estacionais.

**CLIMA
PREDOMINANTE**

Temperaturas médias anuais entre 24 °C e 26 °C e índices pluviométricos que variam espacialmente. O total pluviométrico anual excede 3.000 mm em locais como a foz do rio Amazonas, litoral do Amapá e extremo noroeste do Amazonas. Já em corredores de direção oeste/sudeste, que vão de Roraima ao leste do Pará, o total pluviométrico anual varia entre 1.500 mm e 1.700 mm. Por outro lado, algumas partes do sul e do oeste da Amazônia podem enfrentar períodos de até cinco meses com menos de 100 mm de chuva (BRASIL, 2016).

O clima é marcado por estacionalidade climática dupla: a) tropical - chuvas de verão intensas e seguidas de estiagens acentuadas; b) subtropical - seca fisiológica com temperaturas médias inferiores a 15 °C (frio de inverno) e sem a presença do período seco característico (EMBRAPA/REDE-ILPF, 2019). O clima da Mata Atlântica tem ampla variabilidade, devido a sua extensão ao longo da costa brasileira. Possui aspectos que incluem características dos biomas com os quais faz limite: Pampa, Cerrado e Caatinga.

O clima é subtropical úmido. A precipitação média anual varia de 1.200 a 1.600 mm/ano, com temperaturas médias anuais variando de 13 °C a 17 °C, mas há áreas de clima temperado úmido onde as temperaturas ficam entre -3 °C e 18 °C nos meses mais frios e acima de 22 °C no verão. A época mais chuvosa coincide com o verão, diminuindo no período de inverno, entre os meses de abril e setembro. No entanto, a estação seca não é pronunciada, com chuvas bem distribuídas durante o ano, raramente abaixo de 60 mm por mês.

PANTANAL

A vegetação é muito diversificada, havendo exemplares higrófilos (adaptados à umidade), plantas típicas do Cerrado e da Amazônia e, nas áreas mais secas, espécies xerófilas.

O Pantanal está inserido no grupo de clima tropical com estação seca ou clima de savana (e exibe temperaturas médias mensais superiores a 18 °C. O regime pluviométrico no ano apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa que ocorre entre os meses de outubro e março e outra seca entre abril e setembro. O ciclo de alagamento anual abrange 26 ± 7% da área total do bioma (42.700 ± 11.719 km²).

CERRADO

Compreendido por três formações gerais: florestas, savanas e campos. Trata-se de uma paisagem complexa, composta por um mosaico de vegetação, que se distribui em campos de gramíneas até formações florestais, havendo tipos intermediários de vegetação, como florestas estacionais e matas de galeria/ciliares ao longo dos rios.

O clima é caracterizado por duas estações definidas, uma seca entre os meses de maio e setembro e outra chuvosa de outubro a abril. A temperatura média fica entre 22 °C e 23 °C e a precipitação média varia de 1.200 a 1.800 mm (MMA; IBAMA, 2009).

CAATINGA

A vegetação da Caatinga é heterogênea e caracterizada pela presença de florestas de altura reduzida, com a presença de espinhos, microfilia na maioria das espécies, algumas características xerofíticas e presença de estrato herbáceo abundante no período chuvoso. A savana estépica é predominantemente compreendida por árvores baixas e arbustos, que perdem folhas no período seco e com muitas espécies de cactáceas (SFB, 2018). Estima-se que a vegetação da Caatinga é composta por cerca de 930 espécies, sendo 380 endêmicas (BRASIL, 2011; 2016).

O clima predominante é o Tropical semiárido e os índices pluviométricos são extremamente variados – de 240 a 1.500 mm/ano. As precipitações estão concentradas na estação chuvosa, com duração de 3 a 4 meses e com distribuição irregular. As médias anuais de temperatura estão entre 25 °C e 30 °C, com poucas variações, mas podem chegar até 40 °C no verão, com umidade relativa geralmente menor que 50%.

ECOSSISTEMAS COSTEIROS

Não aplicável.

Não aplicável.

1.1.2 Fauna

O Brasil é reconhecido como o país com a maior diversidade biológica do mundo. O número estimado de espécies conhecidas no Brasil, divulgado em 2015 pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) em seu primeiro Catálogo Taxonômico da Fauna Brasileira⁴, é de 118.541 espécies taxonomicamente válidas. O catálogo aponta que 9% de todos os animais do globo estão no Brasil, sendo que 30% das espécies de aves do planeta estão em território brasileiro. Os primeiros resultados desse trabalho de pesquisa divulgados em 2015 envolveram 500 cientistas brasileiros e estrangeiros que catalogaram a biodiversidade da fauna brasileira em 28 categorias. Até o presente momento, dessas espécies, a maioria é de artrópodes (cerca de 85%, quase 94.000 espécies) e cordados (cerca de 10%). As demais espécies representam outros grupos de invertebrados. De forma geral, exceto para alguns filos, o número de espécies da grande maioria excedeu aqueles apresentados em estimativas recentes. Especial destaque são os Annelida (com cerca de 1.600 espécies), os Mollusca (com quase 3.100 espécies válidas conhecidas), as aves (quase 3.000), os peixes ósseos (cerca de 4.400) e os anfíbios (pouco mais de 1.000 espécies). Todavia, o conhecimento sobre a diversidade da fauna brasileira é ainda incompleto. Estima-se que se conheça menos de 10% do total existente.

As unidades de conservação são os instrumentos mais utilizados no Brasil para a conservação da biodiversidade. Um segundo instrumento aplicado no país pelo órgão ambiental vinculado ao MMA, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), utiliza para a conservação das espécies os Planos de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Ameaçadas de Extinção (PAN), elaborados e executados em conjunto com governos estaduais e municipais, universidades e sociedade civil. Atualmente, 545 espécies ameaçadas da fauna estão contempladas em pelo menos um dos mais de 40 PANs em vigor (ICMBio, 2016).

1.1.3. Recursos Hídricos

As principais entradas de água no território brasileiro correspondem à chuva e às vazões de rios procedentes de outros países, cuja ocorrência se concentra na Amazônia. Essa água é utilizada por diferentes atividades econômicas, retorna ao ambiente e sai do território, seja para o Oceano Atlântico, seja para países vizinhos na bacia platina.

A hidrografia do país é dividida em 12 regiões (Figura 1.2), sendo que as bacias atendem a diferentes usos, tais como: irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Atualmente, o principal uso de água no país, em quantidade utilizada, é a irrigação, com mais de 900 m³/s (ANA, 2019).

⁴ Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do?lingua=pt>.

**Figura 1.2**

Distribuição das Regiões Hidrográficas no território nacional.

Fonte: ANA (2017).

O Brasil é um dos países que possuem a maior disponibilidade de água doce do mundo (12% da água doce superficial da Terra), porém os recursos hídricos estão distribuídos de forma desigual no território, espacial e temporalmente. Em média, cerca de 260.000 m³/s de água escoam pelo território brasileiro. Apesar da abundância, cerca de 80% desse total encontram-se na região Amazônica, onde vive a menor parte da população e a demanda

de água é menor. Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600 m³/s ou 30% da vazão média, sendo que 65.617 m³/s correspondem à contribuição da bacia amazônica. Uma parcela desse escoamento é destinada para os diversos usos da água, mesmo nos anos mais secos (ANA, 2019).

O Nordeste brasileiro demanda atenção especial no tocante à oferta de água, particularmente o Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco), que tem 87,8% do seu território no Semiárido (BRASIL, 2016). Os baixos índices de precipitação, a irregularidade do seu regime, temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas (entre 2 °C e 3 °C), forte insolação e altas taxas de evapotranspiração aliadas às características hidrogeológicas, como a relevante presença de rios intermitentes, contribuem para os reduzidos valores de disponibilidade hídrica observados (ANA, 2010).

Em grande parte dos rios, só é possível garantir uma oferta contínua de água com o uso de açudes/reservatórios, já que esses rios naturalmente secam durante os meses de estiagem, tanto devido à baixa pluviosidade quanto à baixa espessura de solo. Em outras regiões, os reservatórios são utilizados para aumentar a garantia de atendimento a demandas contínuas, como o abastecimento humano (ANA, 2017).

Estima-se que a disponibilidade de água subterrânea no Brasil seja em torno de 14.650 m³/s. Da mesma forma como ocorre com as águas superficiais, sua distribuição pelo território nacional não é uniforme, e a produtividade dos aquíferos é variável, ocorrendo em regiões de escassez e outras com relativa abundância. A estimativa mais recente indica cerca de 2,4 milhões de poços no Brasil, dado atualizado em 2017 (IBGE, 2019), com a incorporação de cerca de 1 milhão de poços à estimativa anterior. Desse total, 308 mil estão cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (ANA, 2019).

1.2 CLIMAS DO BRASIL

O Brasil possui climas equatorial, tropical e subtropical. O clima tropical estende-se por 81,4% do território nacional. A principal razão para esse clima estar presente em grande parte do país é decorrente da inexistência de fatores limitantes em relação à altitude, precipitação e temperatura, de forma a impor outras zonas climáticas. O clima semiárido, presente em 4,9% do território nacional, é notavelmente o clima típico do Nordeste do Brasil, com ocorrência basicamente em paisagens onde a precipitação anual cai em média para menos de 800 mm/ano (IBGE, 2017). O clima subtropical cobre 13,7% do território brasileiro, pertinente principalmente à Região Sul, em suas montanhas e planaltos.

O Brasil é um país de dimensões continentais, com grande diversidade de regimes climáticos e de influências sobre seus climas. Uma importante fonte de variabilidade interanual são os eventos El Niño e La Niña. A seguir, são brevemente discutidas duas categorias relevantes do clima que expressam essa diferenciação, quais sejam climatologia da precipitação e temperatura, e extremos climáticos.

1.2.1 Climatologia de Precipitação e Temperatura

Em termos da climatologia de precipitação, o país pode ser dividido em quatro regiões: Amazônia, Nordeste Brasileiro, Porção Central e Sul do Brasil.

No período de 1981 a 2010, a precipitação anual do Brasil variou de aproximadamente 400 a 3.450 mm, com ocorrência de média superior a 3.000 mm no estado do Amazonas e inferior a 850 mm na região semiárida e norte da Bahia. Na porção central do país, as médias anuais de chuva variaram entre 1.050 e 1.800 mm (INMET, 2018).

O ciclo sazonal das chuvas no Brasil é afetado pelas variações interanuais, que podem interferir provocando, por exemplo, a ocorrência de seca durante a estação chuvosa, ou mesmo uma estação chuvosa abundante. Como anteriormente citado, uma importante fonte de variabilidade interanual são os eventos El Niño e La Niña, que também afetam a temperatura.

Com relação à distribuição anual da temperatura média (°C) no Brasil, foram registradas as maiores temperaturas na porção norte das Regiões Norte e Nordeste, chegando em média a valores maiores de 28 °C. Na grande maioria do território das regiões Norte e Nordeste e do estado de Mato Grosso, os valores variaram entre 26-30 °C. As médias variaram entre 22-26 °C em grande parte do Sudeste e dos estados da Bahia, Mato Grosso do Sul e Goiás e do Distrito Federal, com menores valores nas regiões altas dos estados de Minas Gerais e São Paulo, chegando até 18-20 °C. Na maior parte do Sul do Brasil, as médias variaram entre 14-20 °C, com menores valores nas serras (INMET, 2018).

1.2.2 Extremos Climáticos

O impacto de alterações climáticas é tratado como um dos fatores que contribuem para o aumento dos riscos de desastres naturais (MMA, 2016). No Brasil, o processo de expansão urbana, característico dos últimos 60 anos, resultou na concentração de populações mais vulneráveis em áreas espacialmente mais suscetíveis a riscos. Essas populações estão expostas tanto a eventos de ocorrência súbita (como deslizamentos de terra, enxurradas, etc.) quanto a eventos de natureza gradativa (como secas e cheias).

O Brasil apresenta diferentes tipologias de desastres naturais, quase todas relacionadas a eventos hidrometeorológicos e climatológicos, em que a pluviosidade (por excesso ou escassez) é o principal responsável por deflagrar os processos físicos que colocam em risco as populações e suas atividades econômicas.

Entre os eventos registrados no Brasil, alguns exemplos dos extremos climáticos mais importantes observados entre 2014 e 2018 no país são apresentados a seguir, subdivididos por tipologia de evento. Eventos extremos ocorridos nos dez anos anteriores (entre 2004 e 2014) podem ser acessados na Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, no acrônimo em inglês) (BRASIL, 2016).

Para saber mais, consulte o **Capítulo 3**, que trata da perspectiva futura de eventos climáticos extremos no país.

Secas

O Brasil convive com a seca pelas condições climáticas e hídricas do Nordeste. Nos últimos anos, no entanto, brasileiros das regiões Centro-Oeste e Sudeste também passaram a conviver com esse problema.

Segundo o relatório de conjuntura dos recursos hídricos da Agência Nacional de Águas, 48 milhões de brasileiros foram afetados por secas duradouras ou estiagens passageiras entre 2013 e 2016. Nesse período, foram registrados 4.824 eventos de seca com danos à população⁵.

Dados apresentados pelo IBGE, em março de 2018, mostram que, de 2013 para 2015, houve redução dos recursos hídricos renováveis no país. Esse total, que era de 7,4 trilhões de metros cúbicos em 2013, subiu para de 7,6 trilhões de metros cúbicos em 2014 e recuou para 6,2 trilhões em 2015 (IBGE et al., 2018).

A seca que castigou o semiárido brasileiro de 2012 a 2017, em especial o sertão do Nordeste, foi a pior da história já registrada no país. Foram seis anos consecutivos de chuvas abaixo da média, conforme pode ser verificado pelo Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia. O Ceará, estado em pior situação, apresentou chuva média de 516 mm, frente à média mínima histórica de 600 mm (INMET, 2019).

Além do Nordeste, duas grandes crises hídricas recentes mostraram que nenhuma região do país está livre de sofrer com o desabastecimento: a ocorrida na região metropolitana de São Paulo, entre 2014 e 2016, e a do Distrito Federal, que perdurou desde o início de 2017 até meados de 2018, quando a Capital do país viveu regime de racionamento com revezamento entre as regiões administrativas.

Enchentes

As ocorrências de enchentes no Brasil nos últimos anos têm causado muitas perdas de vidas, além de consideráveis perdas econômicas e danos materiais e patrimoniais.

As enchentes urbanas estão relacionadas à degradação ambiental, ao intenso processo de expansão das cidades e às fortes chuvas, que estão se tornando cada vez mais intensas e concentradas (IPCC, 2007).

Por exemplo, a cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana (RMRJ) têm sido castigadas, principalmente durante a estação chuvosa (de novembro a março), por eventos de chuvas intensas que geram grandes transtornos à população. Percebe-se que o clima no município do Rio de Janeiro está se tornando mais úmido. Com base em séries climáticas da RMRJ desde 1960, os totais pluviométricos anuais estão em elevação e eventos de chuvas intensas têm ocorrido com maior frequência. Essa diferença pode estar associada tanto à mudança na circulação em [escala sinótica](#) quanto à circulação local devido ao efeito de ilha de calor urbana (PBMC, 2016).

Escala sinótica

Corresponde a uma grande porção horizontal da atmosfera terrestre, em que ocorrem fenômenos climáticos e meteorológicos de grande escala (como depressões, ciclones e anticiclones).

⁵ O relatório é produzido a cada quatro anos, por isso os dados compreendem o período de 2013 a 2016.

O temporal ocorrido na madrugada de 25/2/2020 no Rio de Janeiro foi o mais volumoso da história da cidade. No período de uma hora foram acumulados 123,6 mm de chuva. Antes, o último recorde de chuva havia sido registrado em 2018, quando em uma única hora choveu 123,2 mm. Ainda em fevereiro de 2020, a cidade de São Paulo registrou a maior chuva acumulada (114 mm) para o mês dos últimos 37 anos. Os eventos causaram deslizamentos, alagamentos, mortes, falta de energia, destruição de infraestruturas, entre outros (INMET, 2019).

Inundações costeiras

Salvador, Bahia

O crescimento acelerado da cidade de Salvador propiciou o surgimento e a ocupação de áreas vulneráveis à ocorrência de riscos de desastres naturais e sociais. Nos últimos anos, marés altas e ressacas também têm destruído barracas de praia e construções na orla da Bahia, em cidades como Prado, Porto Seguro e Valença. Um exemplo foi um evento ocorrido em abril de 2015, em que a maré alcançou 3,30 metros de altura e quase atingiu as construções, que foram protegidas por uma barreira de contenção (PBMC, 2016).

Santos, São Paulo

O litoral paulista concentra ecossistemas e populações com grande exposição e suscetibilidade a riscos ambientais, tais como o aumento do nível do mar, tempestades, enchentes, deslizamentos de terra, escorregamento de encostas e proliferação de doenças por causa de vetores sensíveis à variação no clima.

Somente em 2016, foram registrados dois casos graves de ressaca, que culminaram no fechamento do porto de Santos – um dos mais movimentados do país –, na perda de bens materiais e na destruição de benfeitorias públicas. A região noroeste de Santos sofre inundações durante as [marés de sizígia](#), o que é particularmente problemático durante a temporada de verão, quando as inundações são agravadas com a chuva. Por outro lado, a região leste de Santos tem um complexo sistema de drenagem, construído no início de 1900, que permite o movimento da água das marés e da chuva pelos canais, protegendo essa região contra inundações (ICF-GHK, 2012; SOUSA; GREEN, 2016).

Marés de sizígia

Correspondem às maiores marés altas, em consequência da influência gravitacional das luas nova e cheia.

Cidades da Foz do Vale do Itajaí, Santa Catarina

Entre os dias 28 e 31 de outubro de 2016, uma maré de tempestade (ressaca) atingiu 32 cidades da costa catarinense, segundo registro da Defesa Civil de Santa Catarina (PBMC, 2016). As cidades mais atingidas estavam localizadas na Grande Florianópolis e no litoral norte do estado. O fenômeno se deu pelo deslocamento de um

ciclone extratropical em direção ao mar, aliado a uma alta pressão trazendo ventos provenientes do quadrante sul e, por consequência, maré meteorológica positiva associada à maré de sizígia. Em Balneário Camboriú, o mar invadiu a Avenida Atlântica atingindo também as ruas transversais e imóveis à beira-mar, com depósito de cerca de 2 a 4 mil m³ de areia sobre a avenida. A estação meteorológica do INMET registrou rajadas de até 53,2 km/h (14,8 m/s) na cidade de Itajaí nos dias do evento, com o nível do mar ultrapassando os 2 metros.

1.3 CIRCUNSTÂNCIAS ESPECIAIS

No contexto nacional, sobretudo, deve-se destacar as circunstâncias especiais em relação às regiões de ecossistemas frágeis, ilhas marítimas, nível do mar em regiões costeiras e processo de desertificação, para os quais há demandas e preocupações específicas oriundas dos impactos da mudança do clima.

1.3.1. Regiões com Ecossistemas Frágeis

No Brasil existem oito principais categorias de **áreas frágeis**: topos de morros, encostas e escarpas de serras; nascentes de cursos d'água; margens de cursos d'água, várzeas e leitos inundáveis; lagos, lagoas e lagunas; áreas de recarga de aquíferos; mangues; restingas; e áreas suscetíveis à desertificação (GOMES; PEREIRA, 2011; BRASIL, 2012).

A seguir são destacadas algumas interferências já observadas nessas áreas mais propensas a sofrer os efeitos da mudança do clima no país, com respectiva indicação de medidas de resposta adotadas (Quadro 1.3).

Fragilidade ambiental ou áreas frágeis

Conceito que diz respeito à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, sendo os ecossistemas ou áreas frágeis, porções ou fragmentos importantes, com características e recursos únicos (BRASIL, 2016).

ÁREAS FRÁGEIS	INTERFERÊNCIA	EXEMPLOS DE MEDIDAS DE RESPOSTA ADOTADAS
NASCENTES, MARGENS DE CURSOS D'ÁGUA, VÁRZEAS E LEITOS INUNDÁVEIS	<ul style="list-style-type: none"> • Processos erosivos intensos e geração de passivos ambientais de grande magnitude e de influência regional (GOMES; PEREIRA, 2011). • Extinção de muitos animais, desequilíbrio nas populações, etc. (AGOSTINHO <i>et al.</i>, 1997). • Perdas de biodiversidade e serviços ambientais (RIBEIRO; FREITAS, 2010). 	
LAGOS, LAGOAS E LAGUNAS	<ul style="list-style-type: none"> • Comprometimento de componentes estruturais e processos funcionais, podendo atingir completo desaparecimento (PBMC, 2014a; GOMES; PEREIRA, 2011). 	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades de planejamento de recursos hídricos. • Monitoramento hidrológico.
ÁREAS DE RECARGA DE AQUÍFEROS	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de disponibilidade e qualidade da água subterrânea (ROCHA, 1996). • Redução na recarga em 70% até 2050 das águas subterrâneas no Nordeste (DOLL; FLORKE, 2005). • Variações dos níveis freáticos abaixo daqueles medidos no monitoramento entre 2004 e 2011 no Sistema Aquífero Guarani (MELO, 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhamento e mediação de eventos hidrológicos críticos. • Regulação na análise e na concessão de outorgas de uso da água. • Comunicação social e capacitação de atores do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)⁶.
MANGUES E RESTINGAS	<ul style="list-style-type: none"> • Alteração dos processos de erosão e sedimentação dos cursos d'água, modificando a competição das espécies pelo substrato (RICHERI, 2006). • Aumento do nível médio do mar e, conseqüente aumento da salinidade do estuário, favorecendo a substituição de espécies típicas do manguezal por outras que se adaptam facilmente ao ambiente com maior concentração salínica (PBMC, 2014b). • Alterações nos ciclos de vidas das plantas em ambiente de restinga (ZANI, 2017). 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantação de todas as ações preconizadas no Plano Nacional de Recursos Hídricos, Plano Nacional de Adaptação.
TOPOS DE MORROS, ENCOSTAS E ESCARPAS DE SERRAS	<ul style="list-style-type: none"> • Deslizamentos de terra. 	

Quadro 1.3

Principais interferências às áreas frágeis e algumas medidas de resposta no Brasil.

⁶ Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20151109111952_Mudancas_Climaticas_e_Recursos_Hidricos_Subsidios_ao_PNAMC_2015.pdf

1.3.2 Ilhas Marítimas e Nível do Mar em Regiões Costeiras

O Oceano Atlântico Sul e Tropical e a Zona Costeira brasileira são espaços estratégicos para o desenvolvimento nacional, em face dos seus recursos marinhos vivos e não vivos.

No que se refere às ilhas marítimas, existem dois grupos: i) costeiras; e ii) oceânicas. As ilhas costeiras são as que se encontram apoiadas na plataforma continental que avança para o mar. As oceânicas são as que estão apoiadas no fundo do oceano. Algumas ilhas costeiras abrigam capitais de estados, como São Luís (MA), Vitória (ES) e a ilha de Santa Catarina (onde está a capital, Florianópolis); outras têm grande importância turística, como Itamaracá (PE), Itaparica (BA) e Ilha Grande (RJ), ou se destinam à preservação ecológica, como Abrolhos (BA). Já as ilhas oceânicas brasileiras são quase todas unidades de conservação ou de pesquisa, como o atol das Rocas, o arquipélago de Fernando de Noronha (AFN), arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) e as ilhas de Trindade e Martim Vaz.

A importância estratégica das ilhas oceânicas foi consolidada pela Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), que garante o direito de o Brasil estabelecer Mar Territorial e ZEE ao redor delas. Assim, cabe ao país o direito e o dever exclusivos de explorar, explorar, conservar e gerir os respectivos recursos naturais, que possuem importante valor socioeconômico, científico e ambiental.

O ASPSP é formado por pequenas ilhas rochosas, a cerca de 1.000 quilômetros do litoral do estado do Rio Grande do Norte, e corresponde a Área de Proteção Ambiental (APA), conforme Decreto nº 92.755, de 5 de junho de 1986. Expedições científicas quinzenais contribuem para consolidar a ocupação permanente do arquipélago, requisito indispensável para legitimar o direito à ZEE em torno dele (PSRM, 2016).

A ilha da Trindade e o arquipélago de Martim Vaz constituem a fronteira leste do país. A cadeia Vitória-Trindade representa uma formação única no planeta, composta por cordilheira de montanhas submarinas que conecta a costa central do Brasil à ilha da Trindade e ao arquipélago Martim Vaz. Possui cerca de 30 montes submarinos, sendo que ao menos 10 estão entre 30 e 150 metros de profundidade, funcionando como verdadeiros refúgios para a biodiversidade marinha. A região da cordilheira Vitória-Trindade é reconhecida nacional e internacionalmente como um hot spot. A cordilheira também foi apontada pela Convenção da Diversidade Biológica (CDB) como uma área marinha biologicamente significativa e indicada pelo governo brasileiro durante a Conferência da ONU sobre Oceanos/ODS 14, em junho de 2017, como área prioritária para a proteção dos oceanos e criação de unidades de conservação marinhas.

Privilegiado por seu posicionamento e isolamento geográfico e ao mesmo tempo pela facilidade de acesso aéreo, marítimo e de telecomunicações, Fernando de Noronha constitui ponto importante para o estabelecimento de um centro avançado de observações meteoceanográficas e para estudos ambientais.

O Atol das Rocas constitui a única formação de atol existente no Atlântico Sul, caracterizando-se como importante área de nidificação para aves marinhas tropicais e para a reprodução de tartarugas marinhas (MMA, 2010). A localização geográfica, estratégica e geopolítica das ilhas oceânicas tropicais brasileiras (AFN, ASPSP, ilhas da Trindade e Martim Vaz, além do Atol das Rocas) qualificam esses locais como observatórios naturais do Atlântico Sul e Tropical (Decreto nº 8.907, de 22 de novembro de 2016⁷).

O quadro seguinte lista algumas das principais interferências sobre as ilhas marítimas oceânicas e algumas iniciativas e políticas públicas voltadas para sua preservação (Quadro 1.4).

⁷ Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/decreto/d8907.htm

ILHAS OCEÂNICAS	INTERFERÊNCIAS	MEDIDAS DE RESPOSTA
<ul style="list-style-type: none"> • Atol das Rocas; • Arquipélago de Fernando de Noronha (AFN); • Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP); • Trindade e Martim Vaz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da temperatura das águas superficiais; • Diminuição do fitoplâncton, base de toda a cadeia alimentar; • Mudança nas correntes marinhas; • Aumento médio de 8 cm do nível do mar em função da elevação da temperatura e do degelo no continente antártico; • Aumento da disponibilidade de água no solo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM⁸); • Criação da Estação Científica no AFN; • Programas de Pesquisas Científicas no ASPSP (Proarquipélago⁹) e na ilha da Trindade (Protrindade¹⁰); • Criação da Área de Proteção Ambiental (APA) no entorno do ASPSP (Decreto nº 92.755, de 5 de junho de 1986); • Criação de unidades de conservação federais marinhas em todas as ilhas oceânicas brasileiras (Decretos nº 9.312¹¹ e 9.313¹², ambos de 19 de março de 2018); • Monitoramento climático e meteorológico: Estação Meteorológica da Ilha da Trindade (EMIT).

Quadro 1.4

Interferências às ilhas marítimas oceânicas e algumas iniciativas e políticas públicas relacionadas como medidas de resposta.

Por sua vez, a zona costeira (ZC) brasileira está localizada nas zonas intertropical e subtropical, compreende uma faixa de aproximadamente 8.500 km voltados para o Oceano Atlântico. Tem largura terrestre variável, compreendendo atualmente 395 municípios distribuídos em 17 estados costeiros (macro), abrangendo 16 regiões metropolitanas que se encontram à beira-mar (IBAMA, 2013).

A ZC pode sofrer impactos significativos relacionados à mudança do clima, em função de sua ocupação e urbanização consolidada, associada à dinâmica natural da região (Quadro 1.5). Entre os vetores de mudança nos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil, destacam-se aqueles associados aos desastres naturais e ao aquecimento global (MMA, 2016).

8 O PSRM tem vigência plurianual, constitui um dos desdobramentos da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM), tendo por objetivos conhecer e avaliar as potencialidades do mar, bem como monitorar os recursos vivos, e não vivos, os fenômenos oceanográficos e do clima das áreas marinhas sob jurisdição e de interesse nacional, visando à gestão sustentável e à distribuição justa e equitativa dos benefícios derivados dessa utilização. Mais informações em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm>

9 Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/proarquipelago#producao>

10 Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/protrindade#acompanhamento>

11 BRASIL. Decreto nº 9.312, de 19 de março de 2018. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 de março de 2018.

12 BRASIL. Decreto nº 9.313, de 19 de março de 2018. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 de março de 2018.

Quadro 1.5

Principais interferências nas zonas costeiras e algumas iniciativas e políticas públicas relacionadas como medidas de respostas.

Fonte: Baseado em PBMC (2016); Souza (2010).

INTERFERÊNCIAS

- Elevação do nível relativo do mar que provoca alterações físicas, químicas e biológicas nos ambientes costeiros naturais e antrópicos;
- Aumento da erosão costeira (linha de costa oceânica e estuarina);
- Migração vertical do perfil praial;
- Aumento da frequência, intensidade e magnitude das inundações costeiras;
- Mudanças nos processos sedimentares e consequentemente no balanço sedimentar costeiro;
- Perdas de terrenos naturais e urbanizados;
- Fragmentação e até perda completa de ecossistemas lindeiros à linha de costa oceânica e estuarina/lagunar;
- Migração vertical de espécies e até de ecossistemas inteiros;
- Aumento da vulnerabilidade de pessoas e bens;
- Redução dos espaços habitáveis;
- Salinização do aquífero costeiro e das águas superficiais;
- Comprometimento dos sistemas de saneamento básico (esgoto e água potável);
- Impactos positivos e negativos nas atividades portuárias/retroportuárias;
- Perda de solos férteis;
- Problemas nas atividades agropecuárias, industriais, turísticas e de serviço-comércio;
- Comprometimento dos recursos pesqueiros, da beleza cênica, de potencial turístico;
- Alto custo para manutenção/recuperação/mitigação;
- Problemas de aplicação da legislação ambiental vigente;
- Prejuízos socioeconômicos e perda da qualidade de vida.

MEDIDAS DE RESPOSTA

- Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), instituído pelo Decreto nº 5.377, de 23 de fevereiro de 2005, e suas diversas ações como¹³: Avaliação, Monitoramento e Conservação da Biodiversidade Marinha (REVIMAR); Aquicultura e Pesca (AQUIPECA); Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (REMLAC); Sistema Brasileiro de Observação dos Oceanos e Estudos do Clima (GOOS-BRASIL); Pesquisas Científicas nas Ilhas Oceânicas (ILHAS OCEÂNICAS); Biotecnologia Marinha (BIOMAR); Formação de Recursos Humanos em Ciências do Mar (PPG-Mar); Prospecção e Exploração de Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (PROAREA);
- Plano Nacional de Adaptação (PNA), onde a ZC é um dos 11 setores contemplados na elaboração de diretrizes, ações e metas para adaptação à mudança do clima;
- Outros instrumentos legais: Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC constituído pela Lei nº 7.661, de 16/5/1988; Plano Estadual de Gerenciamento Costeiro – PEGC, Plano Municipal de Gerenciamento Costeiro – PMGC, Sistema de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO, Sistema de Monitoramento Ambiental da Zona Costeira – SMA-ZC, Relatório de Qualidade Ambiental da Zona Costeira – RQA-ZC, Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC, Plano de Gestão da Zona Costeira – PGZC e o Plano de Ação Federal para a Zona Costeira – PAF-ZC).

¹³ Mais informações em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm>

1.3.3 Desertificação

No Brasil, as áreas de desertificação estão localizadas, em sua grande maioria, na região Nordeste e no norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A vegetação predominante nessas áreas pertence a ecossistemas do bioma Caatinga, correspondentes a grande parte do semiárido nordestino (BRASIL, 2016).

O semiárido é a extensão mais sujeita a degradação, desertificação e secas; área na qual se encontra grande parte da Área Suscetível à Desertificação (ASD). São, ao todo, 1.494 municípios, com 1.323.975,4 km² e 34,8 milhões de habitantes em 11 estados da federação. Ademais, 70,5 mil km² já atingiram um nível em que não é mais possível ter uma produção agrícola, onde a produtividade dos recursos naturais é muito baixa, com reflexo sobre a capacidade de suporte para a vida humana e animal (CGEE, 2016).

Nesse contexto, a questão econômica e as políticas públicas vigentes assumem importância estratégica, pois auxiliam no desenvolvimento ambiental, econômico e social da região (ANGELOTTI *et al.*, 2015). Além do mais, algumas medidas respaldadas em instrumentos jurídicos podem ser consideradas para prevenir a desertificação em áreas de risco e recuperar as áreas afetadas (Quadro 1.6).

EFEITOS DA INICIATIVAS DE CONSERVAÇÃO E ADAPTAÇÃO DESERTIFICAÇÃO

Quadro 1.6

Principais efeitos da desertificação nas áreas suscetíveis e iniciativas de conservação e adaptação implementadas como medidas de resposta.

Fonte: Baseado em PBMC (2016); Aguiar *et al.* (2006); Araújo e Filho (2006); Balbino *et al.* (2011); Brito *et al.* (2012); Matthews *et al.* (2013); Nicholls *et al.* (2015); Martins *et al.* (2018).

- Extensas superfícies de erosão ou de pediplanação¹⁴.
- Baixo poder de entalhe, proporcionado pela densa rede hidrográfica dotada de intermitência sazonal.
- Ocorrência eventual de algumas gargantas epigênicas (boqueirões).
- Solos se apresentam em grande parte degradados, com evidentes restrições ao uso agrícola. Mesmo os que têm maior capacidade de uso se exibem fortemente erodidos.

Medidas de Conservação¹⁵

- Recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), integração pecuária-floresta (iPF), integração lavoura-pecuária (iLP), desempenho de cultivos inoculados com estirpes de rizóbios eficientes na fixação biológica de nitrogênio, entre outros (MARTINS *et al.*, 2018; BALBINO *et al.*, 2011).
- Uso de sistemas agrossilvipastoris por meio da integração de espécies arbóreas (nativas ou exóticas) com culturas adaptadas à região semiárida, como a mandioca, o sorgo e o feijão-caupi. Como efeito adicional, o sistema agrossilvipastoril diminuiu a perda de solo, água, nutrientes e, conseqüentemente, o processo erosivo (ARAÚJO FILHO, 2006; AGUIAR *et al.*, 2006).

Medidas de Adaptação¹⁶

- Pesquisas com tecnologias de captação de água, uso eficiente da água na irrigação, conservação da umidade do solo por meio do uso de cobertura morta, melhoramento genético com a seleção de materiais resistentes à seca e às altas temperaturas, sistemas de cultivos múltiplos ou policultivos, uso da diversidade genética local, entre outros, bem como técnicas de manejo para aumentar a eficiência de uso da água, como o uso de barragens subterrâneas, irrigação de salvação, irrigação por gotejamento, associado também à adubação orgânica como medida de adaptação (FURTADO *et al.*, 2014a; b; BRITO *et al.*, 2012).
- Diversificação de cultivos e a heterogeneidade na escala da paisagem para o aumento da resiliência da produção agrícola (NICHOLLS *et al.*, 2015). No caso do monocultivo, medidas temporárias como alteração na data de plantio, introdução de novas cultivares e uso de irrigação (MATTHEWS *et al.*, 2013).

Instrumentos legais¹⁷

- Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Brasil e prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação.
- Programa Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), pautado em quatro eixos temáticos: redução da pobreza e da desigualdade; ampliação sustentável da capacidade produtiva da região; conservação, preservação e manejo sustentável dos recursos naturais; gestão democrática e fortalecimento institucional;
- Programas de Ação Estadual de Combate à Desertificação (PAE);
- Sistema de Alerta Precoce de Secas e Desertificação (SAP)¹⁸

Instrumentos de mercado¹⁹

- Pagamento por Serviços Ambientais (PSA);
- Recursos oriundos do Fundo Clima, do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio), do Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

¹⁴ Pediplanação é o processo que leva, em regiões de clima árido a semiárido, ao desenvolvimento de áreas aplainadas, ou então superfícies de aplainamento.

¹⁵ Medidas de conservação em curso no país e implementadas, principalmente, pelos produtores rurais (setor privado).

¹⁶ Medidas de adaptação em curso no país e implementadas, principalmente, pelo setor acadêmico e produtores rurais (setor privado), respectivamente.

¹⁷ Instrumentos legais em curso no país e implementados, principalmente, pelos governos federal e estaduais.

¹⁸ Esse sistema é o resultado de uma parceria entre o Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Ministério do Meio Ambiente, com colaboração do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden).

¹⁹ Instrumentos de mercado em curso no país e implementados, principalmente, pelo setor privado, governo e agentes financeiros públicos e privados.

1.4 PRIORIDADES DE DESENVOLVIMENTO NACIONAL E REGIONAL

O país apresentou avanços relacionados às prioridades de desenvolvimento nacional. Notou-se uma evolução gradual nos indicadores de acesso à saúde, saneamento básico, combate à fome, pobreza e desigualdade de renda. Essa evolução é, também, resultado do aprimoramento das condições de vida da população e rendimento das famílias, em virtude da implementação eficiente de programas sociais. Entretanto, para que essa evolução se torne sustentável, o governo está envidando esforços para estimular o setor produtivo e, conseqüentemente, gerar mais empregos e qualidade de vida para a população, como ênfase na melhoria das condições ambientais urbanas, com aumento do saneamento básico e tratamento adequado de resíduos sólidos.

1.4.1 Desenvolvimento Social

Sistema Nacional de Políticas Sociais

No Brasil, concepções sociais passaram a integrar a agenda pública e a orientar a formulação das políticas sociais desde o final da década de 1980, conforme descrito no Quadro 1.7.

CONCEPÇÕES ORIENTADORAS	INFORMAÇÕES
REFORÇO DA SELETIVIDADE E FOCALIZAÇÃO	Priorização de programas para os setores pobres, focalizando o gasto e as ações nas necessidades básicas dos grupos mais vulneráveis.
COMBINAÇÃO DE PROGRAMAS UNIVERSAIS E SELETIVOS	Apoio mútuo entre programas focalizados e universais, ou seja, percepção de que são programas complementares no Brasil.
PROGRAMAS DE RENDA MÍNIMA	Garantia mínima de renda individual ou familiar como parte de programas de combate à pobreza, sobretudo acompanhadas com objetivos de desempenho escolar e de saúde das crianças.
PARCERIA PÚBLICO/PRIVADA	Ampliação das iniciativas dos setores organizados da sociedade para a prestação de serviços sociais.
AMPLIAÇÃO DE PROGRAMAS DO TIPO PRODUTIVO	Reforço da capacidade e da produtividade dos segmentos pobres na geração de renda, tais como programas de capacitação, de apoio às micro e pequenas empresas e de abertura de frentes de trabalho.
AMPLIAÇÃO DE PROGRAMAS DE ACESSO À ALIMENTAÇÃO	Aumento da oferta de alimentos de elevado poder nutritivo e melhoria das condições de vida das famílias em situação de insegurança alimentar.
PROGRAMAS DE GERAÇÃO DE TRABALHO E RENDA	Geração, de forma sustentável, de trabalho e renda para famílias carentes, vulneráveis e beneficiárias de programas sociais.

Quadro 1.7

Concepções orientadoras para formulação das políticas sociais no Brasil.

Fonte: Baseado em Brasil (2016).

Atualmente, o Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (Cadastro Único) é o ponto de interseção das políticas sociais, que reúne informações de famílias que possuem renda mensal por pessoa de até meio salário mínimo ou ainda aquelas com renda familiar total de até três salários.

O Cadastro Único, regulamentado pelo Decreto nº 6.135/2007, é o instrumento de identificação e caracterização socioeconômica das famílias brasileiras de baixa renda, que pode ser utilizado para diversas políticas e programas sociais voltados a este público. Por meio de sua base de dados, é possível conhecer qual é sua parcela mais pobre e vulnerável da população e quais são suas principais características, necessidades e potencialidades. O programa deve ser obrigatoriamente utilizado para seleção de beneficiários de programas sociais do governo federal, tais como o Bolsa Família. A gestão é descentralizada e compartilhada por União, estados, Distrito Federal e municípios (BRASIL, 2017). A partir dos dados do Cadastro Único, o poder público pode formular e implementar políticas que visam contribuir para a redução das vulnerabilidades sociais a que essas famílias estão expostas e para o desenvolvimento de suas potencialidades.

Alguns desses programas são detalhados nos Quadros 1.8 a 1.11, tais como: Bolsa Família, Criança Feliz, Brasil Carinhoso e Inclusão Produtiva.

Quadro 1.8

Elementos do Programa Bolsa Família.

Fonte: Baseado em Brasil (2017).

PROGRAMA BOLSA FAMÍLIA

INFORMAÇÕES

CARACTERÍSTICAS

Programa de transferência direta de renda com condicionalidades para famílias extremamente pobres ou pobres - com renda mensal de até R\$ 85 (US\$ 22)²⁰ por pessoa da família ou de R\$ 85,01 a R\$ 170 (US\$ 45) por pessoa da família, respectivamente.

BENEFÍCIOS

- Benefício Básico: direcionado às famílias que vivem em situação de extrema pobreza.
- Benefício Variável: voltado para as famílias pobres e extremamente pobres, que sejam compostas por gestantes, nutrizes (mães que amamentam), crianças e adolescentes de idade entre 0 e 16 anos. O valor do auxílio é de R\$ 41 (US\$ 11) e cada grupo familiar pode acumular até 5 benefícios por mês.
- Benefício Variável Jovem (BVJ): voltado para famílias que vivem em situação de pobreza e extrema pobreza, com adolescentes entre 16 e 17 anos. O auxílio é de R\$ 48 (US\$ 13), podendo acumular até 2 benefícios.

DIMENSÕES

- Promoção do alívio imediato da pobreza, por meio da transferência direta de renda à família;
- Reforço ao exercício de direitos sociais básicos nas áreas de saúde e educação, por meio do cumprimento das condicionalidades, contribuindo para que as famílias consigam romper o ciclo da pobreza entre gerações e possibilitando ao poder público identificar situações de risco social às quais as famílias eventualmente estejam expostas; e
- Integração com outras ações de governo, os chamados programas complementares, que têm por objetivo o desenvolvimento de capacidades das famílias, de modo que os beneficiários do Bolsa Família consigam superar a situação de vulnerabilidade e pobreza.

²⁰ Taxa de câmbio de R\$ 3,8/US\$.

PROGRAMA BOLSA FAMÍLIA	INFORMAÇÕES
GESTÃO	Descentralizada e compartilhada por União, estados, Distrito Federal e municípios. Os três entes federados trabalham em conjunto para aperfeiçoar, ampliar e fiscalizar a execução do programa. A União transfere recursos para apoiar as ações dos municípios, estados e do Distrito Federal na gestão e execução do Bolsa Família e do Cadastro Único. Essa transferência é mensal e tem como base o desempenho dos entes federados no cadastramento e no acompanhamento das condicionalidades das famílias participantes.
REGRAS	Podem participar famílias inscritas no Cadastro Único com renda mensal de até R\$ 85, mesmo que não haja crianças ou adolescentes na família, e a partir de R\$ 85,01 até R\$ 170 que tenham crianças ou adolescentes de 0 a 17 anos. A concessão dos benefícios tem caráter temporário e não gera direito adquirido, devendo a elegibilidade das famílias ser obrigatoriamente revista a cada período de dois anos. O número de famílias beneficiárias do Bolsa Família entre 2004 e 2017 é apresentado na Figura 1.5.
CONDICIONANTES	<p>Em relação à saúde, as famílias devem levar as crianças com até 7 anos para serem vacinadas conforme o calendário de vacinação do Ministério da Saúde; levar as crianças com até 7 anos para serem pesadas e medidas de maneira a terem acompanhados o seu crescimento e desenvolvimento; levar as gestantes a participarem do pré-natal.</p> <p>Em relação à educação, as famílias devem matricular as crianças e adolescentes de 6 a 17 anos na escola; garantir a frequência escolar mensal mínima de 85% para as crianças de 6 a 15 anos; garantir a frequência escolar mensal mínima de 75% para os adolescentes de 16 e 17 anos que recebem o BVJ; informar à escola sempre que algum motivo impedir o aluno de ir às aulas; manter atualizadas as informações de escola das crianças e adolescentes no Cadastro Único.</p>
ARCABOUÇO LEGAL	<ul style="list-style-type: none"> • Lei nº 10.836, de 9 de janeiro de 2004; • Decretos nº: 7.788, de 15 de agosto de 2012; 6.135, de 26 de junho de 2007; 5.209, de 17 de setembro de 2004; • Portarias nº: 94, de 4 de setembro de 2013; 251, de 12 de dezembro de 2012; 10, de 30 de janeiro de 2011; 177, de 16 de junho de 2011; 754, de 20 de outubro de 2010; 706, de 17 de setembro de 2010; 617, de 11 de agosto de 2010; 256, de 19 de março de 2010; 341, de 7 de outubro de 2008; 76, de 6 de março de 2008; 350, de 3 de outubro de 2007; • Portaria interministerial nº 2, de 16 de setembro de 2009; • Portarias GM/MDS nº: 666, de 28 de dezembro de 2005; 555, de 11 de novembro de 2005; 360, de 12 de julho de 2005; 246, de 20 de maio de 2005; 737, de 15 de dezembro de 2004; 246, de 20 de maio de 2005; • Portaria Senarc/MDS nº 1, de 3 de setembro de 2004; • Portaria Interministerial MEC/MDS nº 3.789, de 17 de novembro de 2004; • Portaria Interministerial MS/MDS nº 2.509, de 18 de novembro de 2004; • Instruções Normativas MDS nº 2/2011 e nº 4/2011.

Quadro 1.9

Elementos do Programa Criança Feliz.

Fonte:

Baseado em Brasil (2017).

PROGRAMA CRIANÇA FELIZ INFORMAÇÕES

CARACTERÍSTICAS

Iniciativa do governo federal para ampliar a rede de atenção e o cuidado integral com a primeira infância, sendo uma ferramenta para que famílias com crianças entre zero e seis anos ofereçam a seus filhos instrumentos para promover seu desenvolvimento cognitivo, emocional e psicossocial.

OBJETIVOS

Promover o desenvolvimento humano a partir do apoio e acompanhamento do desenvolvimento infantil integral na primeira infância e facilitar o acesso da gestante, das crianças na primeira infância e de suas famílias às políticas e serviços públicos de que necessitem.

BENEFÍCIOS

As famílias participantes são acompanhadas por uma equipe de profissionais capacitados, chamados visitantes. Eles orientam sobre os cuidados essenciais durante os primeiros anos de vida. Essa ação estabelece um vínculo entre essas famílias e os serviços de assistência social, saúde, educação, cultura e defesa de direitos humanos, já disponibilizados pela União, pelos estados e pelos municípios. Os visitantes avaliam também o ambiente familiar como um todo, identificando fatores capazes de comprometer o desenvolvimento integral da criança.

REGRAS

Podem participar gestantes e crianças de até três anos e suas famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família; crianças de até seis anos beneficiárias do Benefício de Prestação Continuada (BPC) e suas famílias; crianças de até seis anos afastadas do convívio familiar em razão da aplicação de medida de proteção prevista no art. 101 da Lei nº 8.609, de 13 de julho de 1990, e suas famílias.

ARCABOUÇO LEGAL

Decreto nº 8.869 de 2016; Lei nº 13.257 de 2016 (Marco Legal da Primeira Infância); Lei nº 8.069 de 1990 (Estatuto da Criança e do Adolescente); Plano Nacional pela Primeira Infância de 2010; Decreto nº 99.710 de 1990 (Convenção Internacional dos Direitos da Criança).

Quadro 1.10

Elementos do Programa Brasil Carinhoso.

Fonte:

Baseado em Brasil (2017)

PROGRAMA BRASIL CARINHOSO INFORMAÇÕES

CARACTERÍSTICAS

Programa que envolve aspectos do desenvolvimento infantil ligados à renda, à educação e à saúde.

OBJETIVOS

Dar apoio financeiro suplementar à manutenção e ao desenvolvimento da educação infantil para o atendimento em creches.

BENEFÍCIOS

Os recursos são destinados aos alunos de zero a 48 meses, matriculados em creches públicas ou conveniadas com o poder público, cujas famílias sejam beneficiárias do Programa Bolsa Família. O apoio financeiro é devido aos municípios (e ao Distrito Federal) que informaram no censo escolar do ano anterior a quantidade de matrículas de crianças de zero a 48 meses, nas características acima mencionadas. O montante é calculado com base em 50% do valor anual mínimo por matrícula em creche pública ou conveniada, em período integral e parcial, definido para o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb).

REGRAS

Podem participar o Distrito Federal e todos os municípios que tenham crianças matriculadas em creches, bastando que preencham regularmente o Censo Escolar da Educação Básica. A identificação das crianças beneficiárias do Bolsa Família, do BPC ou com deficiência é realizada sob a responsabilidade do governo federal.

ARCABOUÇO LEGAL

Lei nº 12.722/2012; Resolução CD/FNDE/MEC nº 19/2015; Resolução CD/FNDE nº 1/2016; Resolução Comissão Interministerial nº 1/2014; Resolução CD/FNDE/MEC nº 19/2014.

PROGRAMA INCLUSÃO PRODUTIVA

INFORMAÇÕES

CARACTERÍSTICAS

Conjunto de iniciativas destinadas a incentivar e facilitar diversas modalidades de envolvimento de trabalhadores e empreendedores pobres, rurais e urbanos em oportunidades que ampliem e fortaleçam sua inserção e permanência no mundo do trabalho.

OBJETIVOS

Reduzir a pobreza e as desigualdades sociais por meio da inclusão de famílias em situação de pobreza, com prioridade para as beneficiárias do Bolsa Família, em trajetórias de inclusão produtiva e oportunidades no território, contribuindo para melhoria da qualidade de vida da população e para o fortalecimento de suas capacidades e habilidades.

BENEFÍCIOS

- Qualificação profissional.
- Intermediação da mão de obra.
- Microcrédito.
- Microempreendedor individual.
- Assistência técnico-gerencial.
- Economia Solidária.
- Fomento às Atividades Produtivas Urbanas e Rurais.
- Assistência Técnica e Extensão Rural.
- Oferta de insumos e de água.
- Programas de Aquisição de Alimentos.

As iniciativas de assistência social fazem parte da Política de Seguridade Social não contributiva, a qual prevê os mínimos sociais. É realizada por meio de um conjunto integrado de ações de iniciativa pública e da sociedade, para garantir o atendimento às necessidades básicas. Ela está organizada pelo Sistema Único de Assistência Social (SUAS), presente em todo o Brasil. Seu objetivo é garantir a proteção social aos cidadãos, ou seja, apoio a indivíduos, famílias e à comunidade no enfrentamento de suas dificuldades, por meio de serviços, benefícios, programas e projetos (BRASIL, 2017).

Por fim, a Constituição Federal garante o direito à alimentação adequada, o que significa que a alimentação deve ser saudável, acessível, de qualidade, em quantidade suficiente e de modo permanente. Para promover essa Segurança Alimentar e Nutricional, o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (Sisan) reúne diversos setores dos governos federal, estadual e municipal, com a participação da sociedade civil, que realizam programas e ações, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), o Programa Cisternas e o Programa de Fomento às Atividades Produtivas Rurais, para que a população tenha acesso ao consumo de alimentos saudáveis (BRASIL, 2017).

Quadro 1.11

Elementos do Programa Inclusão Produtiva.

Fonte:

Baseado em Brasil (2017)

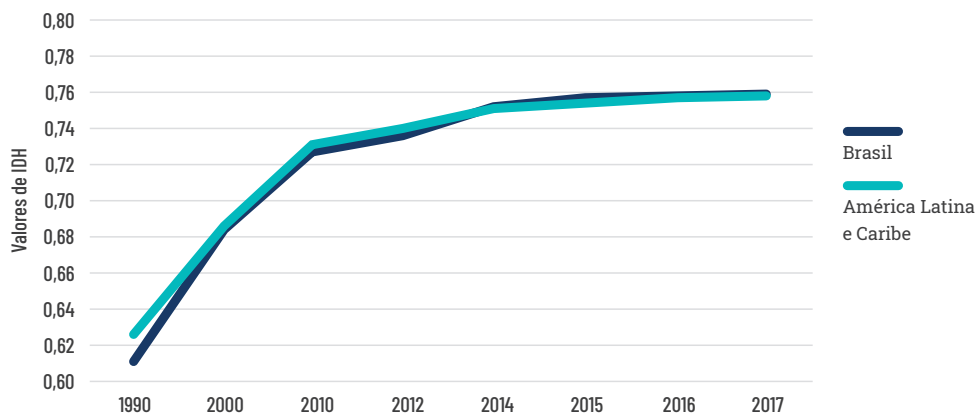
Evolução dos Indicadores de Desenvolvimento Humano (IDH), Pobreza e Renda no Brasil

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é um índice usualmente considerado para avaliar a eficácia das políticas sociais. O IDH do Brasil subiu 0,005 pontos em 2017 na comparação com 2015, chegando a 0,760, numa escala que varia de 0 a 1 – quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano (Figura 1.3).

Figura 1.3

Evolução do IDH no Brasil e América Latina e Caribe entre 1990 e 2017.

Fonte: Baseado em PNUD (2018).



De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o incremento na renda média *per capita* do brasileiro garantiu que o país continuasse avançando relativamente ao índice no período. O índice posiciona o Brasil na 79ª posição no ranking em 2019, que inclui 189 países. O crescimento médio anual do IDH entre 1990-2017 no Brasil foi de 0,81% (UNDP, 2018), como resposta às políticas anteriormente citadas que sustentaram ganhos em termos econômicos e sociais.

A melhoria do padrão de vida e a ampliação do acesso à saúde de qualidade aumentaram a expectativa de vida dos brasileiros para cerca de 76 anos (UNDP, 2016). Por sua vez, a média de escolaridade de 7,8 anos no Brasil revela a necessidade de avançar em termos do alcance das políticas educacionais no país, já que nos demais países da América Latina e Caribe a média é de 8,5 anos. O progresso de indicadores econômicos no país pode ser observado na Tabela 1.1.

INDICADORES SOCIOECONÔMICOS²¹	2000	2010	2013	2015	2016	2017	2018
PIB (BILHÕES R\$, VALORES CORRENTES)	1.199	3.886	5.332	5.996	6.267	6.554	6.828
PIB (BILHÕES US\$, VALORES CONSTANTES DE 2011)	1.993	2.861	3.123	3.028	2.928	2.959	2.992
PIB PER CAPITA (MIL R\$, VALORES CORRENTES)	6.860	19.855	26.521	29.323	30.399	31.534	32.595
PIB PER CAPITA (US\$, VALORES CONSTANTES DE 2011)	11.403	14.620	15.536	14.807	14.200	14.236	14.283
ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO (IDH)	0,684	0,726	0,752	0,755	0,757	0,760	0,761
ÍNDICE DE GINI (ESTIMATIVA DO BANCO MUNDIAL)	59 ⁽¹⁾	53,7 ⁽¹⁾	52,8	51,9	53,3	53,3	53,9
EXPECTATIVA DE VIDA AO NASCIMENTO (ANOS) [ods 3]	70,1	73,6	74,5	75,0	75,2	75,5	75,7
TAXA DE MORTALIDADE INFANTIL (POR 1.000 NASCIMENTOS) [ods3.2]	30,4	16,7	14,9	14	14,6	13,2	12,8
PORCENTAGEM DA POPULAÇÃO VIVENDO COM MENOS DE US\$1,9 POR DIA (PPC²² 2011)	13,4 ⁽¹⁾	5,4 ⁽¹⁾	3,1	3,2	3,9	4,4	4,4

No Brasil, a pobreza é analisada sob a ótica monetária, ou seja, a partir de um valor que serve como linha de corte para definir pobres e não pobres. Por consonância com objetivos das políticas sociais anteriormente descritas, adota-se a definição de ¼ do salário mínimo como linha de corte para definição de pobreza. Esse indicador está presente no levantamento dos indicadores sociais do IBGE desde o início dos anos 2000 (IBGE, 2018a) (Figura 1.4).

Tabela 1.1

Indicadores econômicos no Brasil entre 2000 e 2018.

(1) dado indisponível para o ano; repetido o valor do ano anterior.

²¹ World Bank, 2020. World Bank Open Data. Disponível em: <https://data.worldbank.org>. Acesso em: 15 mai. 2020

²² PPC – Paridade do Poder de Compra. Valor delineado conforme uma avaliação do corte ideal para capturar a pobreza do país em relação ao resto do mundo, mas também controlado por seu nível de desenvolvimento.

Figura 1.4

Taxa de pobreza extrema brasileira entre 2004 e 2018.

Fonte: Baseado em IBGE (2018d).

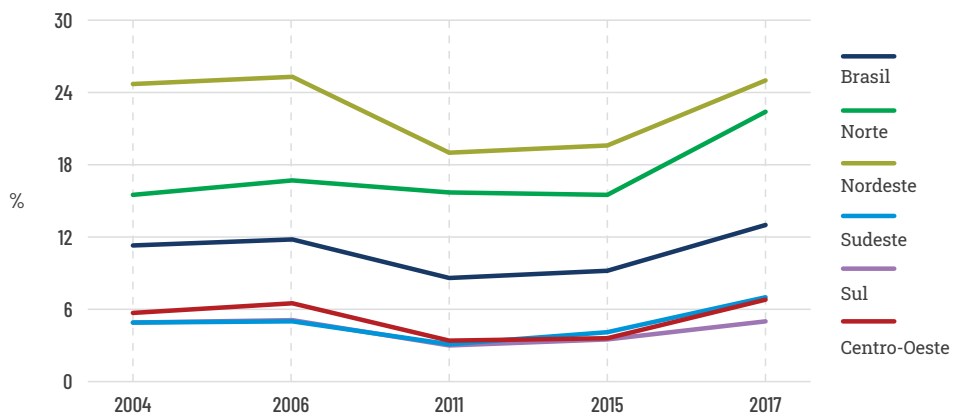
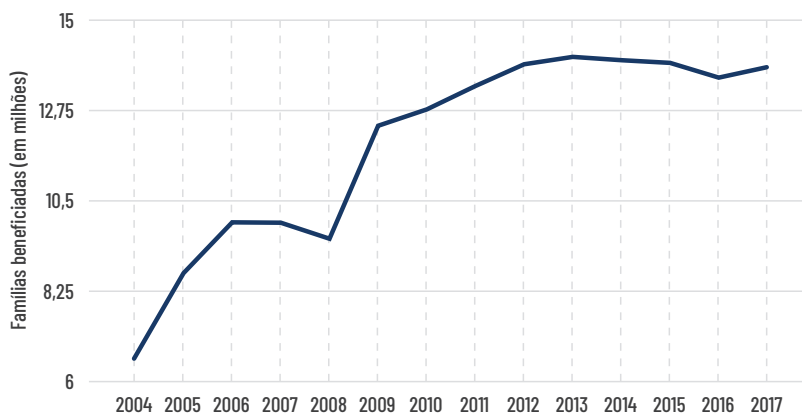


Figura 1.5

Famílias beneficiárias do Bolsa Família entre 2004 e 2017.

Fonte: Baseado em MC/VIS – DATA (2019).



Perfil da Saúde e Acesso aos Serviços de Saneamento Básico no Brasil

Desde 1999, o IBGE divulga anualmente a Tábua Completa de Mortalidade correspondente à população do Brasil. A tábua de mortalidade infantil para 2017 forneceu a probabilidade de que, para cada mil nascidos, aproximadamente 13,2 não completariam o primeiro ano de vida, com taxa de mortalidade infantil de 12,8 por mil nascimentos (IBGE, 2018b).

Entre 2010 e 2017, a mortalidade de crianças na infância declinou, porém o nível ainda é elevado e a intensidade concentra-se no primeiro ano de vida. Em 1940, a chance de óbito entre 1 e 4 anos era de 30,9%, mais que o dobro do que foi observado em 2017, e está relacionada às condições sanitárias. A mortalidade das crianças menores de 1 ano é um importante indicador da condição de vida socioeconômica de uma região.

A cautela e a prudência no pré-natal são fatores importantes para a redução da taxa de mortalidade infantil e também da taxa de mortalidade materna. Entre 1990 e 2015, a mortalidade materna no Brasil diminuiu 56%. Essa redução tem sido reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), ao destacar que houve avanços significativos desde a década de 1990 nas políticas públicas de saúde. De acordo com dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade, em 2015, o Brasil registrou 1.738 casos de morte materna, que engloba óbitos causados por problemas relacionados à gravidez ou ao parto, ou ocorridos até 42 dias depois. Em 2016, foram registrados 1.463 casos, uma queda de 16% em relação ao ano anterior (MS, 2018).

Diversas ações foram introduzidas com o propósito de reduzir tanto a mortalidade infantil quanto a mortalidade nas demais idades no Brasil nos últimos anos: campanhas de vacinação em massa, atenção ao pré-natal, aleitamento materno, agentes comunitários de saúde, programas de nutrição infantil. Outros fatores anteriormente destacados também contribuíram para a diminuição do nível da mortalidade, como é o caso do aumento no PIB per capita e diminuição nos níveis de pobreza. Sobretudo, deve-se mencionar a implementação de políticas públicas relevantes na área da saúde, tais como o Sistema Único de Saúde (SUS) e o Programa Saúde da Família (PSF).

O PSF, desenvolvido a partir do Programa de Agentes Comunitários de Saúde (PACS), surgiu em 1994 para modificar a atenção à saúde e reorientar o modelo assistencial, com enfoque na promoção da saúde e na prevenção de doenças, de forma a reorganizar os serviços segundo os princípios de universalidade, integralidade e equidade do SUS. Em 2003, teve início o Programa de Expansão e Consolidação da Saúde da Família (PROESF) e, em 2006, o PSF passou a se chamar Estratégia Saúde da Família (ESF).

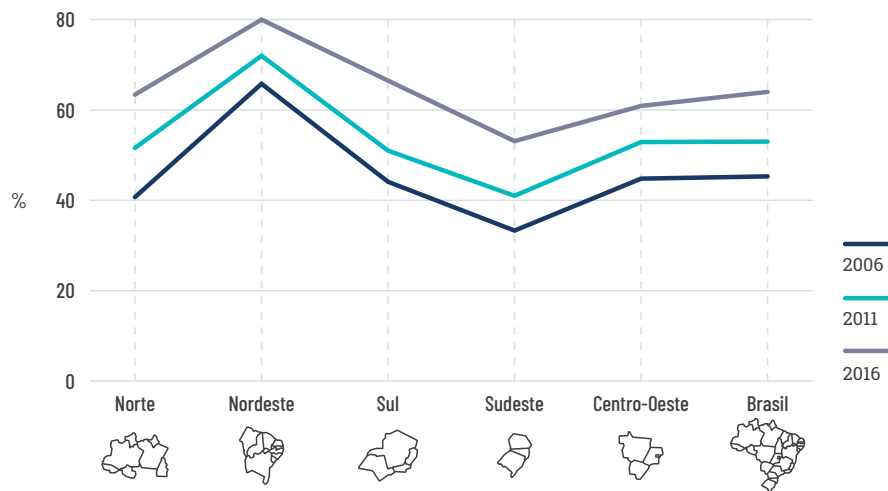
A ESF tem como base de atuação a territorialização das equipes de Saúde da Família. Ela reorganiza, direciona a expansão, a qualificação e a consolidação da Atenção Básica (AB) à saúde, de acordo com os princípios do SUS, além de ampliar a resolutividade na assistência e recuperação das condições de saúde de indivíduos e coletivos, mediante ações voltadas à promoção da saúde, prevenção de doenças e seus agravos.

No Brasil, entre 2006 e 2016, a cobertura do ESF cresceu de 45,3% para 64,0% da população. As cinco regiões nacionais mostraram tendência crescente na cobertura (Figura 1.6), assim como a maioria das unidades da federação, exceto Roraima, Amapá, Piauí, Rio Grande do Norte e Paraíba, que apresentaram estabilidade.

Figura 1.6

Cobertura (%) da Estratégia Saúde da Família nas grandes regiões e Brasil, 2006-2016.

Fonte: Baseado em Neves *et al.* (2018).



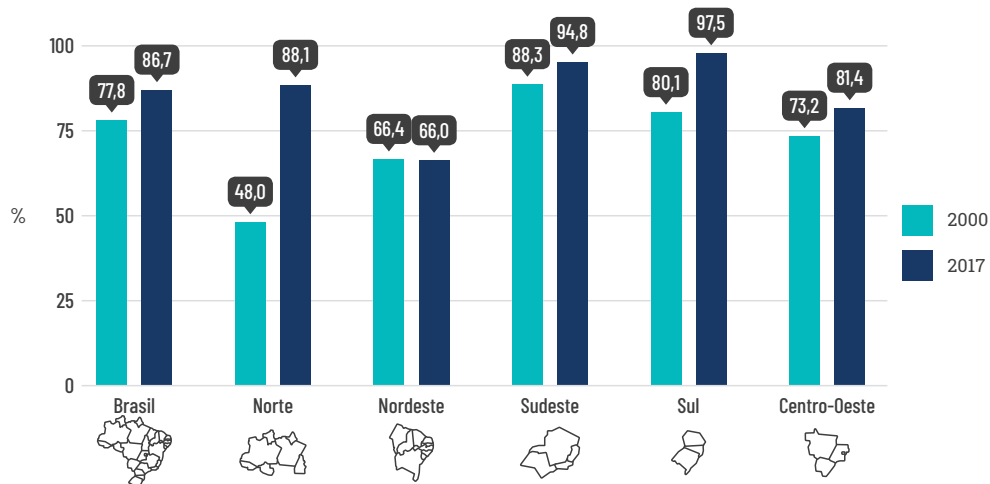
Melhorias em indicadores de saúde, entre as quais queda da mortalidade infantil, maior cobertura vacinal, redução da desnutrição e aumento nas consultas de pré-natal, são diretamente associadas ao aumento no acesso ao saneamento básico.

Nesse sentido, ressalta-se que houve um aumento significativo da porcentagem de domicílios no país atendidos pela rede geral de abastecimento de água, entre 2000 e 2017. A maioria das regiões brasileiras apresentou o mesmo comportamento de avanço da porcentagem de casas atendidas pela rede geral, com exceção da região Nordeste, que se manteve estável ao longo do período analisado (Figura 1.7).

Figura 1.7

Proporção (%) de domicílios com disponibilidade da rede geral de abastecimento de água por regiões.

Fonte: Baseado em BRASIL (2016); IBGE (2018d).



A proporção de domicílios em que o esgotamento era feito pela rede geral ou fossa ligada à rede foi distinta entre as regiões. Em relação a 2000, essas proporções tiveram incremento no Brasil, principalmente nas regiões Nordeste e Centro-Oeste (Figura 1.8).

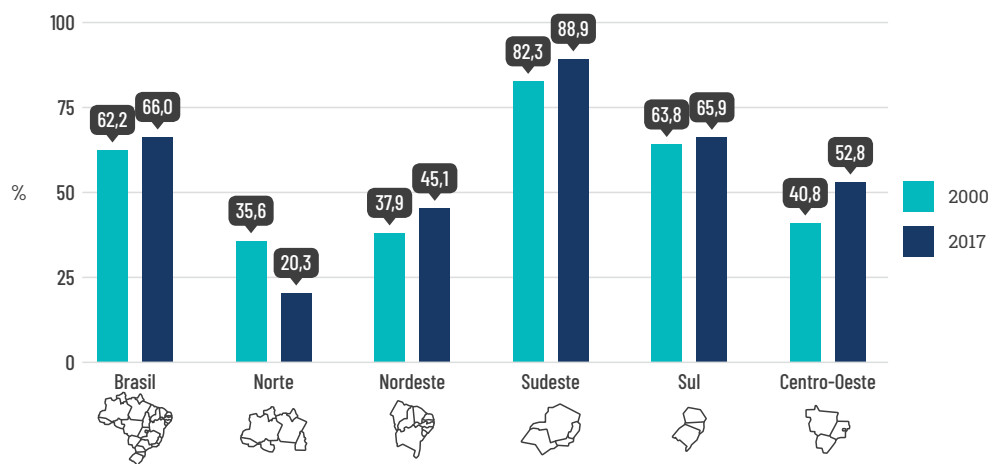


Figura 1.8

Proporção (%) de domicílios com rede geral de esgoto e fossa séptica por regiões.

Fonte: Baseado em BRASIL (2016); IBGE (2018d).

Em 2017, o percentual de domicílios do país cujo lixo era coletado diretamente por serviço de limpeza aumentou relativamente comparado ao início da década de 2000. As regiões Nordeste e Norte apresentaram percentuais inferiores ao resultado nacional. Sudeste, Sul e Centro-Oeste, por outro lado, apresentaram proporções superiores à média do país. Todas as regiões do país apresentaram um aumento do número de domicílios com coleta de lixo entre 2000 e 2017 (Figura 1.9).

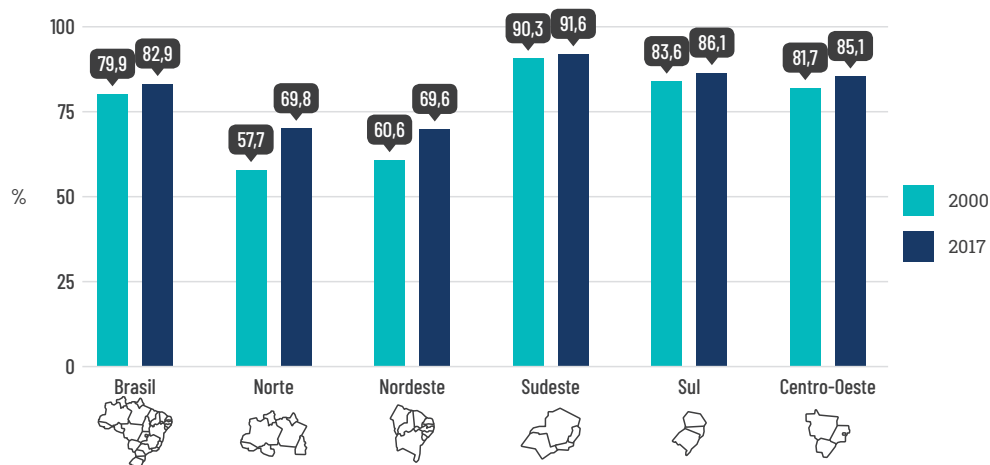


Figura 1.9

Proporção (%) de domicílios com coleta de lixo por regiões.

Fonte: Baseado em BRASIL (2016); IBGE (2018d).

1.4.2 Circunstâncias Econômicas, Agrícolas e Energéticas

O Brasil é um país em desenvolvimento com economia complexa e dinâmica. Caracteriza-se em um país urbano-industrial, com o setor agropecuário de destaque para a economia nacional e mundial. Além disso, possui uma matriz elétrica limpa e uma matriz energética em transição para predominância baseada em fontes renováveis. Em 2018, o PIB brasileiro totalizou R\$ 6,83 trilhões, com aumento de 13,9% em relação a 2015, quando o país foi classificado pelo Fundo Monetário Internacional (FMI) como a nona economia do mundo, em números brutos (comparação país a país, sem considerar quantidade de habitantes).

O Brasil é referência mundial em agropecuária sustentável, usando como premissa uma abordagem integrada da paisagem, adotando práticas sustentáveis em áreas com aptidão agrícola e incentivando a regularização ambiental das propriedades rurais. O Código Florestal Brasileiro é uma das mais avançadas legislações ambientais do mundo. Como regra geral, a lei determina que pelo menos 80% da área de propriedades rurais na Amazônia sejam destinados à conservação e uso sustentável dos recursos naturais, o que implica uso de no máximo 20% da propriedade pelo produtor rural. No Cerrado, esse percentual é de 35% e de 20% nos demais biomas.

O setor agropecuário brasileiro contribuiu com aproximadamente 21% no PIB total do país em 2018, com exportações que atingiram um recorde nominal de US\$ 101,7 bilhões, alta de 5,9% ante 2017 (CEPEA, 2018), de um valor total da produção agropecuária nacional de R\$ 343,5 bilhões, um crescimento de 8,3% em relação a 2017. Esse valor corresponde a 227,5 milhões de toneladas de grãos (cereais, leguminosas e oleaginosas), além de outros produtos agropecuários (IBGE 2018e).

Além da relevância no PIB, de acordo com o Cepea, o setor é fundamental para o saldo da balança comercial, sendo responsável por mais de 40% das exportações totais. O setor emprega 20% do total da população ocupada no Brasil, o equivalente a 18,2 milhões de pessoas. Destaca-se que, do total empregado no setor, 45% trabalham diretamente na produção primária. De acordo com o Censo Agropecuário, são cinco milhões de famílias brasileiras envolvidas na produção de alimentos, fibra e energia. Com isso, fica evidente a importância da sustentabilidade no seu tripé: ambiental, econômico e social.

As estratégias do país, ao incentivar a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico para uma agropecuária tropical sustentável, permitiram o aumento da produtividade por hectare, acompanhando o crescimento econômico e populacional. A adoção dessas tecnologias pelos produtores rurais tem permitido uma oferta de alimentos mais constante ao longo do ano, garantindo, assim, preços mais estáveis para o consumidor, além de alimentos com maior qualidade. Em um cenário de crescente incerteza climática, o Brasil estabelece estratégias para garantir a segurança alimentar nacional e mundial.

No que tange às circunstâncias energéticas, o Brasil possui as matrizes energética e elétrica mais limpas dentre os grandes consumidores globais. A Oferta Interna de Energia (OIE), em 2019, foi de 294 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), montante ligeiramente superior ao ano de 2018, que foi de 288,4 milhões de

tep. Em termos da composição da matriz energética, comparando-se os anos de 2018 e 2019, a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira passou de 45,5%, em 2018, para 46,1%, em 2019 (Tabela 1.2). Isso representa um aumento de 2,8% da oferta de fontes renováveis em relação ao ano anterior, frente a um aumento de 0,3% das fontes não renováveis neste mesmo período.

Atualmente, o Brasil possui 4,3 vezes mais participação de renováveis em sua matriz energética que a média dos países da OCDE e 3,3 vezes mais que a média do resto do mundo. Um estudo da Agência Internacional de Energia indicou que o Brasil alcançaria a marca de 44,3% de energias renováveis na matriz energética em 2023, porém o país ultrapassou essa marca já em 2018 (MME, 2020e).

Com relação à geração de energia elétrica, no período de 2018 a 2019 houve aumentos de 15,5% na oferta eólica e de 2,3% na geração hídrica. Destaque se dá ao aumento significativo da geração solar fotovoltaica, que neste período teve um acréscimo de 92% (Tabela 1.3). Assim, o país permanece com uma matriz elétrica predominantemente baseada em fontes renováveis, com perspectiva de aumento na participação nos próximos anos, tendo em vista a competitividade crescente das fontes eólica e solar. O Brasil apresenta uma participação de 83% de fontes renováveis na matriz elétrica, ou seja, 2,9 vezes mais que a média dos países da OCDE e quase 3,1 vezes mais que a média do resto do mundo (MME, 2020e).

Com relação à bioenergia, nos últimos anos destacam-se os produtos derivados da cana-de-açúcar. A oferta total de bioenergia em 2019 foi de 93,9 Mtep, montante correspondente a 31,9% da matriz energética brasileira, valor superior ao de 2018, que foi de 31,4%. No setor de transporte, destaca-se o aumento na participação do etanol no mercado de veículos leves. No ano de 2019 a produção de etanol ficou em 35,2 milhões de m³, alta de 5,6% sobre 2018. Já a produção de biodiesel em 2019 teve alta de 10,7% sobre 2018, confirmando tendência de crescimento de anos anteriores.

FONTES NA OFERTA INTERNA DE ENERGIA	PARTICIPAÇÃO (%)		
	2010	2018	2019
NÃO RENOVÁVEIS	54,7	54,5	53,9
PETRÓLEO E DERIVADOS	37,7	34,4	34,4
GÁS NATURAL	10,3	12,4	12,2
CARVÃO MINERAL E COQUE	5,2	5,7	5,3
URÂNIO (U₃O₈)	1,4	1,4	1,4
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS (A)	-	0,6	0,6
RENOVÁVEIS	45,3	45,5	46,1
HIDRÁULICA	14,1	12,6	12,4
LENHA E CARVÃO VEGETAL	9,5	8,8	8,7
DERIVADOS DA CANA	17,7	17,3	18,0
OUTRAS RENOVÁVEIS (B)	3,8	6,8	7,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0

Tabela 1.2

Participação (%) de fontes renováveis e não renováveis na matriz energética.

(a) Gás de alto-forno, de aciaria e de enxofre; (b) lixo, biodiesel, eólica, solar, casca de arroz, biogás, resíduos de madeira, gás de carvão vegetal e capim-elefante.

Fonte: Baseado em MME (2020e; MME, 2011).

Tabela 1.3
Participação (%) de fontes renováveis e não renováveis na matriz elétrica.

Fonte: Baseado em MME (2020e; MME, 2016).

FONTES NA OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA	PARTICIPAÇÃO (%)		
	2015	2018	2019
NÃO RENOVÁVEIS	24,5	17,0	17,0
HIDRÁULICA	58,4	61,1	61,1
BAGAÇO DE CANA	5,5	5,6	5,7
EÓLICA	3,5	7,6	8,6
SOLAR	0,010	0,54	1,02
OUTRAS RENOVÁVEIS	2,4	3,0	2,8
ÓLEO	4,2	1,5	1,1
GÁS NATURAL	12,9	8,6	9,3
CARVÃO	3,1	2,2	2,4
NUCLEAR	2,4	2,5	2,5
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	2,0	1,9	1,9
IMPORTAÇÃO	5,6	5,5	3,8
TOTAL	100,0	100,0	100,0

1.5 ARRANJOS INSTITUCIONAIS RELEVANTES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA CONVENÇÃO NO BRASIL

O Brasil desempenha papel relevante na governança global da mudança do clima. No plano internacional, o protagonismo tem como marco a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92). O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção, a qual foi ratificada pelo Congresso Nacional em 28 de fevereiro de 1994. O país consolida em 2012 a centralidade no tema, por meio da organização da Rio+20. Além disso, o Brasil, como Parte na UNFCCC, cumpre com sua obrigação de preparar e divulgar suas Comunicações Nacionais (CNs), com base nas diretrizes fornecidas pela Conferência das Partes (COP) para os países não Anexo I (Decisão 17/CP.8). Nesse sentido, o Governo do Brasil submeteu com êxito a Primeira, a Segunda e a Terceira Comunicações Nacionais (TCN). Uma contribuição importante provém dos múltiplos programas de pesquisa conduzidos pelo sistema de Ciência e Tecnologia (C&T) do Brasil, com relevante atuação da Rede Brasileira de Pesquisa em Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA). A pesquisa científica auxilia no preenchimento de lacunas de informação identificadas nas CNs anteriores, enquanto contribuem significativamente para o desenvolvimento do conhecimento climático e suas repercussões em nível nacional e regional.

No âmbito dos acordos internacionais sobre o clima, o país ratificou em 23 de agosto de 2002²³, com aprovação interna por meio do Decreto Legislativo nº 144 de 2002, o Protocolo de Quioto. Em 2009, a Conferência de Copenhague (COP 15/MOP 5) marcou o ápice de um processo de dois anos de negociações sobre um novo acordo climático, iniciado no Plano de Ação de Bali. Na ocasião, o Brasil apresentou seu compromisso nacional voluntário para as Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs, no acrônimo em inglês) em que estabeleceu redução entre 36,1% e 38,9% das emissões de gases de efeito estufa para 2020, formalizado por meio da Lei nº 12.187 de 29 de dezembro do mesmo ano. À luz desses desdobramentos, em 2015, junto à 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, o Acordo de Paris foi aprovado por 195 países, incluindo o Brasil.

Os reflexos destas ações no contexto nacional são inúmeros. O Brasil tem estabelecido projetos, atividades, programas e medidas políticas para monitorar e mitigar suas emissões, monitorar os impactos e adaptar-se à mudança do clima. As NAMAs do Brasil foram direcionadas para reduções de desmatamento na Amazônia e no Cerrado; recuperação de pastagens degradadas; incremento na área de implementação de sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e sistema de plantio direto; fixação biológica de nitrogênio; aprimoramento das ações de eficiência energética; entre outras medidas.

Desde então, um conjunto de marcos regulatórios e instrumentos de gestão tem sido aperfeiçoado no país. Como resultado, programas e iniciativas governamentais para acompanhamento da implementação das ações e das reduções de emissões foram implementados ou estão sendo desenvolvidos.

No que diz respeito ao financiamento de atividades de mitigação e adaptação à mudança do clima, o país implementou mecanismos inovadores, tais como o Fundo Clima e o Fundo Amazônia. O Fundo Clima busca garantir recursos para apoio a projetos ou estudos, e para o financiamento de empreendimentos que tenham como objetivo a mitigação da mudança do clima. Por sua vez, o Fundo Amazônia capta doações para investimentos não reembolsáveis em ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento e de promoção da conservação e do uso sustentável das florestas, principalmente do bioma amazônico. O Fundo Clima e o Fundo Amazônia já apoiaram conjuntamente 302 projetos, com montante de investimentos de R\$ 1,9 bilhão.

Com intuito de atender a um conjunto vasto de demandas para mitigação e adaptação à mudança do clima, o governo compôs um arranjo institucional que aborda transversalmente o tema, por meio de atividades coordenadas em diferentes âmbitos (nacional e subnacional), conforme apresentado a seguir.

1.5.1 Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM)

O Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) tem caráter permanente e foi reinstituído pelo Decreto nº 10.145/2019²⁴. Neste arcabouço, cabe ao CIM estabelecer diretrizes, articular e coordenar a implementação das ações e políticas públicas relativas à mudança do clima. O Quadro 1.12 apresenta seus principais elementos sumarizados.

²³ Disponível em: www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html

²⁴ O Decreto original nº 6.263/2007 tendo sido revogado pelo Decreto nº 10.223/2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D10145.htm

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA

MARCO LEGAL

Decreto nº 10.145/2019.

OBJETIVO

Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima.

FINALIDADE

O Comitê Interministerial sobre a Mudança do Clima (CIM), de caráter permanente, tem a finalidade de estabelecer diretrizes, articular e coordenar a implementação das ações e políticas públicas do país relativas à mudança do clima: § 1º Para atender ao disposto no caput, as políticas públicas, planos de desenvolvimento e programas governamentais do Poder Executivo federal serão harmonizados com as diretrizes e recomendações estabelecidas por meio de resoluções do CIM; § 2º Para promover a sinergia e a convergência entre as políticas relativas à mudança do clima e às demais políticas públicas e sem prejuízo das competências institucionais previstas na Lei nº 13.844, de 18 de junho de 2019, o CIM será previamente consultado sobre matérias relacionadas às ações, planos e políticas relativas à mudança do clima e aos compromissos assumidos pelo país relativos ao tema, em especial propostas de projetos de iniciativa do Poder Executivo federal; § 3º O CIM promoverá o diálogo com o Congresso Nacional, governos subnacionais, sociedade, setor empresarial e setor científico-acadêmico.

COMPETÊNCIAS

Compete ao CIM, nos termos deste Decreto, entre outras ações necessárias à consecução dos objetivos das ações e políticas públicas relativas à mudança do clima: I) definir as diretrizes para a ação do Governo brasileiro nas políticas relacionadas à mudança do clima, incluindo a atuação do Governo brasileiro na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC, no acrônimo em inglês), promulgada pelo Decreto nº 2.652, de 1º de julho de 1998, e seus instrumentos relacionados; II) coordenar e orientar as políticas dos órgãos federais que tenham impacto, direta ou indiretamente, nas emissões e absorções nacionais de gases de efeito estufa e na capacidade do país de se adaptar aos efeitos da mudança do clima, resguardadas as respectivas competências institucionais; III) deliberar sobre as estratégias do país para a elaboração, a implementação, o financiamento, o monitoramento, a avaliação e a atualização das políticas, planos e ações relativos à mudança do clima, dentre os quais as sucessivas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC) no âmbito do Acordo de Paris, promulgado pelo Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2017, e suas eventuais atualizações; IV) acompanhar a execução da NDC apresentada pelo país no contexto do Acordo de Paris, e de atividades de transparência e provimento de informações, em cumprimento às decisões da UNFCCC; V) propor atualizações da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC); VI) estabelecer diretrizes e elaborar propostas para mecanismos econômicos e financeiros a serem adotados para viabilizar a implementação das estratégias integrantes das políticas relativas à mudança do clima, com a finalidade de promover a eficiência e efetividade da aplicação dos recursos e maximizar os benefícios e resultados da política; VII) promover a coerência entre a PNMC e as ações, medidas e políticas que tenham impacto, direta ou indiretamente, nas emissões e absorções nacionais de gases de efeito estufa, e na capacidade do país de se adaptar aos efeitos da mudança do clima, sem prejuízo das respectivas competências institucionais; e VIII) promover a disseminação das políticas, planos e ações relativos à mudança do clima, dentre os quais as sucessivas NDC do Brasil na sociedade brasileira.

ARRANJO INSTITUCIONAL

O CIM terá como órgão de deliberação um Conselho de Ministros, composto pelo Ministro de Estado: I) Chefe da Casa Civil da Presidência da República, que o presidirá; II) das Relações Exteriores; III) da Economia; IV) da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; V) do Desenvolvimento Regional; VI) de Minas e Energia; VII) da Ciência, Tecnologia e Inovações; VIII) do Meio Ambiente; e IX) da Infraestrutura. Os titulares poderão ser substituídos pelos respectivos Secretários Executivos ou pelo Secretário-Geral, no caso do Ministério das Relações Exteriores.

Quadro 1.12

Principais elementos do Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM).

Fonte: Baseado em BRASIL (2020).

1.5.2 Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (CONAREDD+)

Por meio do Decreto nº 10.144/2019, que revogou o Decreto nº 8.576, de 26 de novembro de 2015 e os art. 2º e art. 3º do Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008, foi instituída a Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (CONAREDD+). O Quadro 1.13 sintetiza os objetivos, as competências e o arranjo institucional da Comissão.

COMISSÃO NACIONAL PARA REDD+

MARCO LEGAL

Decreto nº 10.144/2019 (Revoga o Decreto nº 8.576, de 26 de novembro de 2015; e os art. 2º e art. 3º do Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008).

OBJETIVO

Institui a Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (CONAREDD+), com o objetivo de coordenar, acompanhar, monitorar e revisar a Estratégia Nacional para REDD+, e por coordenar a elaboração dos requisitos para o acesso a pagamentos por resultados de políticas e ações de REDD+ no Brasil, reconhecidos pela UNFCCC.

DEFINIÇÃO

Para os fins previstos neste Decreto, entende-se por pagamentos por resultados de REDD+ os pagamentos advindos de múltiplas fontes, em reconhecimento a emissões reduzidas mensuradas, relatadas e verificadas de políticas, programas, projetos e ações realizados em múltiplas escalas.

COMPETÊNCIAS

A CONAREDD+ é órgão de execução e assessoramento aos Estados, Distrito Federal e ao Ministério do Meio Ambiente, destinado a formular diretrizes e emitir resoluções sobre: I) a implementação da Estratégia Nacional para REDD+; II) a consideração e o respeito às salvaguardas de REDD+; III) os pagamentos por resultados de REDD+ no Brasil, reconhecidos pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima; IV) a alocação de emissões reduzidas, incluída a definição de percentual destinado aos entes federativos, no âmbito de sua competência, e a programas e projetos de iniciativa privada de carbono florestal; V) a elegibilidade para acesso a pagamentos por resultados de REDD+ alcançados pelo país; VI) a captação, por entidades elegíveis, de recursos de pagamentos por resultados de REDD+; VII) o uso de recursos de pagamentos por resultados de REDD+ captados pelas entidades elegíveis; VIII) – regulação de padrões e metodologias técnicas para o desenvolvimento de projetos e ações de REDD+; e IX) a formulação, a regulação e a estruturação de mecanismos financeiros e de mercado para fomento e incentivo à redução de emissões derivadas de REDD+, com base no disposto nos art. 5º, art. 6º, art. 8º e art. 9º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.

ARRANJO INSTITUCIONAL

A Comissão é composta por representantes e suplentes dos seguintes órgãos: I) Ministério do Meio Ambiente, que a coordena e atua como Secretaria Executiva; II) Ministério das Relações Exteriores; III) Ministério da Economia; IV) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; V) Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; VI) um representante de órgãos estaduais de meio ambiente, servidor público ocupante de cargo efetivo ou em comissão, que será escolhido dentre os indicados pelos Estados, por meio de sorteio; e VII) um representante da sociedade civil organizada brasileira, representado pelo Secretário-Executivo do Fórum Brasileiro de Mudança do Clima.

Quadro 1.13

Principais elementos da Comissão Nacional para REDD+.

Fonte: Baseado em BRASIL (2020).

1.5.3 Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa

Os recentes aprimoramentos do marco institucional para a implementação da Convenção no Brasil também permitiram criar, por meio do Decreto nº 10.142/2019, a Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa. A Comissão é um colegiado de formulação de políticas de redução do desmatamento ilegal e promoção da recuperação da vegetação nativa. As competências, o marco legal e o arranjo institucional são discriminados no Quadro 1.14.

COMISSÃO EXECUTIVA PARA CONTROLE DO DESMATAMENTO ILEGAL E RECUPERAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA

MARCO LEGAL

Decreto nº 10.142/2019 (Revoga o Decreto de 3 de julho de 2003; o Decreto de 15 de março de 2004; os art. 3º e art. 4º do Decreto de 15 de setembro de 2010; e os art. 7º e art. 8º do Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017).

OBJETIVO

Institui a Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente.

COMPETÊNCIAS

A Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa é o colegiado de formulação de políticas de redução do desmatamento ilegal e promoção da recuperação da vegetação nativa, com as seguintes competências: I) propor planos e diretrizes e articular e integrar ações estratégicas para prevenção e controle do desmatamento ilegal e recuperação da vegetação nativa nos biomas; II) coordenar e monitorar a implementação dos planos de ação para prevenção e controle do desmatamento ilegal nos biomas, de que trata o inciso III do caput do art. 6º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009; III) coordenar e monitorar a implementação da Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa e do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa; IV) coordenar o desenvolvimento e a implementação de iniciativas relacionadas ao setor florestal no âmbito das Contribuições Nacionalmente Determinadas do Brasil; V) propor prioridades para a aplicação de recursos voltados à redução do desmatamento ilegal e do aumento de áreas com vegetação nativa; VI) propor medidas para o fortalecimento da atuação do Poder Público em ações estratégicas para o alcance dos objetivos estabelecidos nas políticas e planos de que tratam os incisos II e III; VII) propor parcerias entre órgãos e entidades da administração pública federal, estadual e municipal, entidades privadas e a sociedade civil; e VIII) promover ações conjuntas para produzir, harmonizar e disponibilizar informações oficiais relativas ao desmatamento, cobertura e uso da terra e incêndios.

ARRANJO INSTITUCIONAL

I) representante do Ministério do Meio Ambiente, que a coordena e atua como Secretaria Executiva; II) representante do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; III) representante do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; IV) representante do Ministério da Defesa; V) representante do Ministério da Economia; VI) representante do Ministério da Justiça e Segurança Pública; e VII) representante do Ministério do Desenvolvimento Regional.

Quadro 1.14

Principais elementos da Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa.

Fonte: Baseado em BRASIL (2020).

1.5.4 Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Conforme a Portaria nº 217, de 25 de janeiro de 2019, que aprova os regimentos internos dos órgãos do MCTI, e divulga o quadro demonstrativo de cargos em comissão e de funções de confiança do órgão, a Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL) atua como parte da estrutura organizacional da Secretaria de Pesquisa e Formação Científica (SEPEF). A CGCL tem suas competências descritas no Quadro 1.15.

COMPETÊNCIAS DA CGCL	DESCRIÇÃO
I	Subsidiar o Departamento de Políticas e Programas de Ciências (DEPPC) na formulação de políticas e definição de estratégias para a implementação de programas, ações e atividades, visando ao desenvolvimento científico, tecnológico e inovação nas áreas de Meteorologia, de Climatologia e de Mudança do Clima.
II	Coordenar, implementar e acompanhar a execução das Estratégias Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI), contribuindo para a execução das políticas públicas nas áreas de sua competência.
III	Apoiar e coordenar programas e projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas áreas de sua competência.
IV	Coordenar tecnicamente e participar das ações de articulação entre o Ministério e as instituições nacionais e estrangeiras, visando ao desenvolvimento e fortalecimento científico e tecnológico das áreas de sua competência.
V	Acompanhar e participar de atividades, reuniões, comissões, comitês, conselhos e fóruns nacionais e internacionais em assuntos relacionados às áreas de sua competência.
VI	Acompanhar, subsidiar e apoiar a implementação de tratados, convenções internacionais e protocolos, em particular a UNFCCC e a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio.
VII	Participar da formulação, implementação e acompanhamento de políticas e programas de cooperação internacional que venham a fortalecer as ações de sua competência.
VIII	Articular ações para captação e gestão de recursos destinados ao fomento de capacitação, pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação em suas áreas de atuação.
IX	Subsidiar tecnicamente a Secretaria na elaboração e revisão do Plano Plurianual e do Orçamento Anual.
X	Articular atividades estratégicas ao desenvolvimento do país, por meio dos Planos de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação em suas áreas de atuação e em consonância com as Estratégias Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação e com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.
XI	Exercer outras competências que lhe forem cometidas no seu campo de atuação.

Quadro 1.15

Competências da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL).

Fonte: Baseado em MCTIC (2019).

A CGCL coordena a elaboração das Comunicações Nacionais e dos Relatórios de Atualização Bienal do Brasil, além de ser responsável pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), que se constitui instrumento oficial do governo no processo de Mensuração, Relato e Verificação (MRV) das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE). Executou o projeto “Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave do Brasil”, e atualmente implementa o projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil”. Constitui, inclusive, um importante pilar de apoio às atividades da Rede CLIMA, e contribui com a produção de informações para a formulação de políticas públicas. Além disso, atua como membro do CIM, REDD+ e Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Ilegal e Recuperação da Vegetação Nativa, além de apoiar o FBMC com subsídios técnicos em suas diferentes câmaras temáticas.

Por fim, cumpre ressaltar que a CGCL atua como Entidade Nacional Designada (END) no Mecanismo Tecnológico da Convenção, bem como tem integrado a delegação brasileira nas negociações sob a UNFCCC e seus órgãos subsidiários, com atuação também nas revisões dos relatórios de avaliação e especiais, bem como reuniões do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, no acrônimo em inglês).

1.5.5 Coordenação-Geral de Mudanças Climáticas e Meio Ambiente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)

O Decreto nº 9.667, de 2 de janeiro de 2019, que aprova a nova Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), entre outras resoluções, dispõe²⁵ sobre as competências de cada Secretaria e Departamento quanto às mudanças climáticas na estrutura organizacional do MAPA. Neste arcabouço, à Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação compete planejar, fomentar, orientar, coordenar, supervisionar e avaliar, no âmbito do MAPA, as atividades relacionadas com adaptação aos impactos causados pelas mudanças climáticas (art. 38 - II); ao Departamento de Produção Sustentável e Irrigação compete propor e implementar planos, programas, projetos, ações e atividades destinados à adaptação e mitigação dos impactos causados por mudanças climáticas (art. 41 - I), e, ainda, ao Departamento de Temas Técnicos, Sanitários e Fitossanitários, na SCRI, compete orientar o MAPA nos temas e processos internacionais relacionados à sustentabilidade ambiental, de clima e mudanças climáticas na agricultura, e de temas sociais de bem-estar animal, de florestas, de outros assuntos não tarifários e analisar as deliberações relativas às exigências oficiais e assuntos de interesse da agricultura, da pecuária, da aquicultura e da pesca (art. 45).

²⁵ Altera o Decreto nº 6.464, de 27 de maio de 2008.

As mudanças na estrutura da pasta resultaram na criação dessas três novas secretarias/departamentos, que receberam atribuições de unidades que estavam abrigadas em outras áreas do governo federal – Ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Social, da Secretaria Especial de Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural, da Casa Civil, e da Secretaria de Mobilidade Social e Cooperativismo. Nesta nova estrutura, a Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação é responsável por promover a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários através da promoção da inovação tecnológica, da adoção de sistemas de produção com base conservacionista, incluindo os sistemas de baixa emissão de carbono e agricultura irrigada. Adicionalmente, a Embrapa, empresa vinculada ao Mapa, é responsável por coordenar a pesquisa agropecuária brasileira e seu desenvolvimento tecnológico, envolvendo outras instituições nacionais e estaduais, com vistas a promover tecnologia produtiva, adequada à realidade tropical e subtropical brasileira.

Neste contexto, o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono, como um dos planos setoriais elaborados de acordo com o artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010 – substituído pelo Decreto nº 9.578, de 2018, tem como objetivo expandir a área de adoção de sistemas sustentáveis de produção agropecuária, resilientes, que assegurem o desenvolvimento sustentável da agropecuária e promovam a redução de emissões de GEE.

Para saber mais sobre o Plano ABC, consulte o **item 4.1.6**.

1.6 POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (PNMC) E CONTRIBUIÇÃO NACIONALMENTE DETERMINADA (NDC) DO BRASIL AO ACORDO DE PARIS

Dentre os marcos regulatórios e instrumentos de gestão voltados à implementação da UNFCCC no país, destaca-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que estabeleceu a estrutura legal para a ação de enfrentamento à mudança do clima no Brasil até o ano de 2020. Suas principais características e componentes, assim como arranjo institucional, estão resumidos no Quadro 1.16 e na Figura 1.10.

Quadro 1.16

Principais Elementos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

MARCO LEGAL

LEI Nº 12.187/2009.

OBJETIVOS

Promover o desenvolvimento sustentável com a proteção do sistema climático; reduzir emissões de gases do efeito estufa de diferentes fontes, bem como fortalecer as remoções desses gases por sumidouros; implementar medidas de adaptação à mudança do clima; preservar, conservar e recuperar os recursos naturais; consolidar e expandir áreas legalmente protegidas e; estimular o desenvolvimento de um Mercado Brasileiro de Redução de Emissões. Os objetivos da Política Nacional sobre Mudança do Clima deverão estar em consonância com o desenvolvimento sustentável a fim de buscar o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais.

COMPROMISSO NACIONAL VOLUNTÁRIO

Redução esperada entre 36,1% a 38,9% das emissões de gases de efeito estufa projetadas para 2020 (BAU – *Business As Usual*).

INSTRUMENTOS

Entre os instrumentos previstos na PNMC figuram o Plano Nacional sobre Mudança do Clima; o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima; os Planos de ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento – Amazônia, Cerrado; Planos para Mitigação e Adaptação para a Agricultura, Energia e Carvão Vegetal, assim como a Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC. Também constam como instrumentos da política, entre outros, as resoluções do Comitê Interministerial do Clima (CIM), o uso de medidas fiscais e tributárias, linhas de crédito e financiamento, linhas de pesquisa por agências de fomento, e medidas financeiras e econômicas referentes à mitigação e à adaptação à mudança do clima.

REGULAMENTAÇÃO

Decreto nº 7.390/2010, que apresenta a projeção das emissões para 2020, e o Compromisso Nacional Voluntário Setorial – revogado pelo Decreto nº 9.578, de 2018.

GESTÃO E ARRANJOS INSTITUCIONAIS

Os instrumentos institucionais, no âmbito governamental, são o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) e a Comissão de Coordenação das Atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia (CMCH). A governança atual do CIM está estabelecida no Decreto nº 10.145, de 28 de novembro de 2019, que institui, entre outros, suas competências e a composição. O CIM tem caráter permanente e tem a finalidade de estabelecer diretrizes, articular e coordenar a implementação das ações e políticas públicas do país relativas à mudança do clima. O CIM possui um órgão deliberativo, o Conselho de Ministros, que é composto por 9 Ministros de Estado: I – Chefe da Casa Civil da Presidência da República, que o presidirá; II – das Relações Exteriores; III – da Economia; IV – da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; V – do Desenvolvimento Regional; VI – de Minas e Energia; VII – da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; VIII – do Meio Ambiente; e IX – da Infraestrutura.

No âmbito da sociedade civil, o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC) e a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) também são instrumentos institucionais que auxiliam na implementação da Convenção.

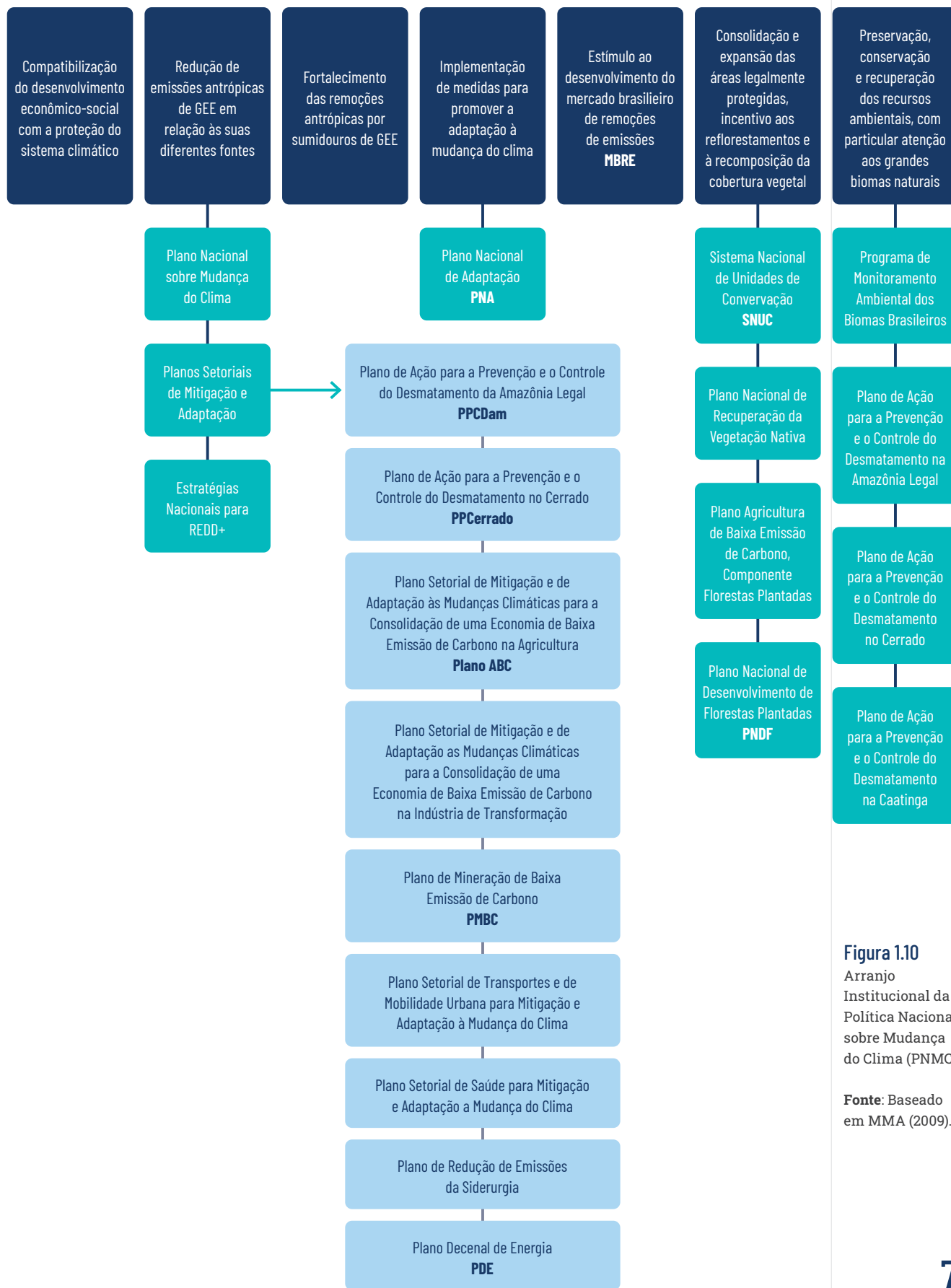


Figura 1.10

Arranjo Institucional da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)

Fonte: Baseado em MMA (2009).

Em setembro de 2016, o país depositou o instrumento de ratificação do Acordo de Paris, no qual comprometeu-se a adotar medidas para redução das emissões de GEE por meio de sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, no acrônimo em inglês)(MRE, 2016)(Quadro 1.17). Além disso, em dezembro de 2017, o Brasil ratificou a Emenda de Doha ao Protocolo de Quioto (SF, 2017).

Quadro 1.17

Principais Elementos da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil ao Acordo de Paris.

Fonte: Baseado em UNFCCC (2015); MCTIC (2017, 2017a); FBMC (2018).

NDC	INFORMAÇÕES
CONTRIBUIÇÃO	Reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025.
CONTRIBUIÇÃO INDICATIVA SUBSEQUENTE	Reduzir as emissões de GEE em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030.
TIPO	Meta absoluta com relação a um ano-base.
ABRANGÊNCIA	Todo o território nacional, para o conjunto da economia, incluindo CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, perfluorocarbonos, hidrofluorcarbonos e SF ₆ .
PONTO DE REFERÊNCIA	2005.
HORIZONTE TEMPORAL	Meta para o ano de 2025; valores indicativos de 2030 apenas para referência.
MÉTRICA	Potencial de Aquecimento Global em 100 anos (GWP-100) usando valores do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2014).
ABORDAGENS METODOLÓGICAS, INCLUSIVE PARA ESTIMATIVA E CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO DE ESTUFA E, CONFORME APROPRIADO, REMOÇÕES	Abordagem baseada em inventário para estimativa e contabilização das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. O compromisso considera o papel das unidades de conservação e das terras indígenas como áreas de vegetação protegida, em conformidade com as diretrizes aplicáveis do IPCC para estimar remoções de gases de efeito estufa.
UTILIZAÇÃO DE MECANISMOS DE MERCADO	O Brasil se reserva o direito de utilizar quaisquer mecanismos de mercado que venham a ser estabelecidos sob o Acordo de Paris. O governo brasileiro enfatiza que quaisquer transferências de unidades provenientes de resultados de mitigação alcançados no território brasileiro serão sujeitas ao consentimento prévio e formal do governo federal. O Brasil não reconhecerá o uso por outras partes de quaisquer unidades provenientes de resultados de mitigação alcançados no território brasileiro que forem adquiridas por meio de qualquer mecanismo, instrumento ou arranjo que não tenha sido estabelecido sob a Convenção, seu Protocolo de Quioto ou seu Acordo de Paris.

Ainda considerando o compromisso assumido perante a NDC, que remete aos arranjos institucionais para implementação da Convenção do Clima no país a partir de 2020, cumpre ressaltar que se fez necessário revisitá-los por meio dos Decretos nº 10.140/2019 a 10.145/2019.

1.7 ARRANJOS INSTITUCIONAIS PARA ELABORAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES NACIONAIS EM BASES PERMANENTES

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), por meio da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL), é o órgão responsável pela execução de projeto de atividade capacitadora que auxilia o governo brasileiro na elaboração de suas Comunicações Nacionais e de seus Relatórios de Atualização Bienal (BUR, no acrônimo em inglês), com anuência da Agência Brasileira de Cooperação (ABC). Esse projeto, de modalidade de implementação nacional, é financiado por meio de recursos internacionais do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, no acrônimo em inglês) e conta com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) como agência implementadora.

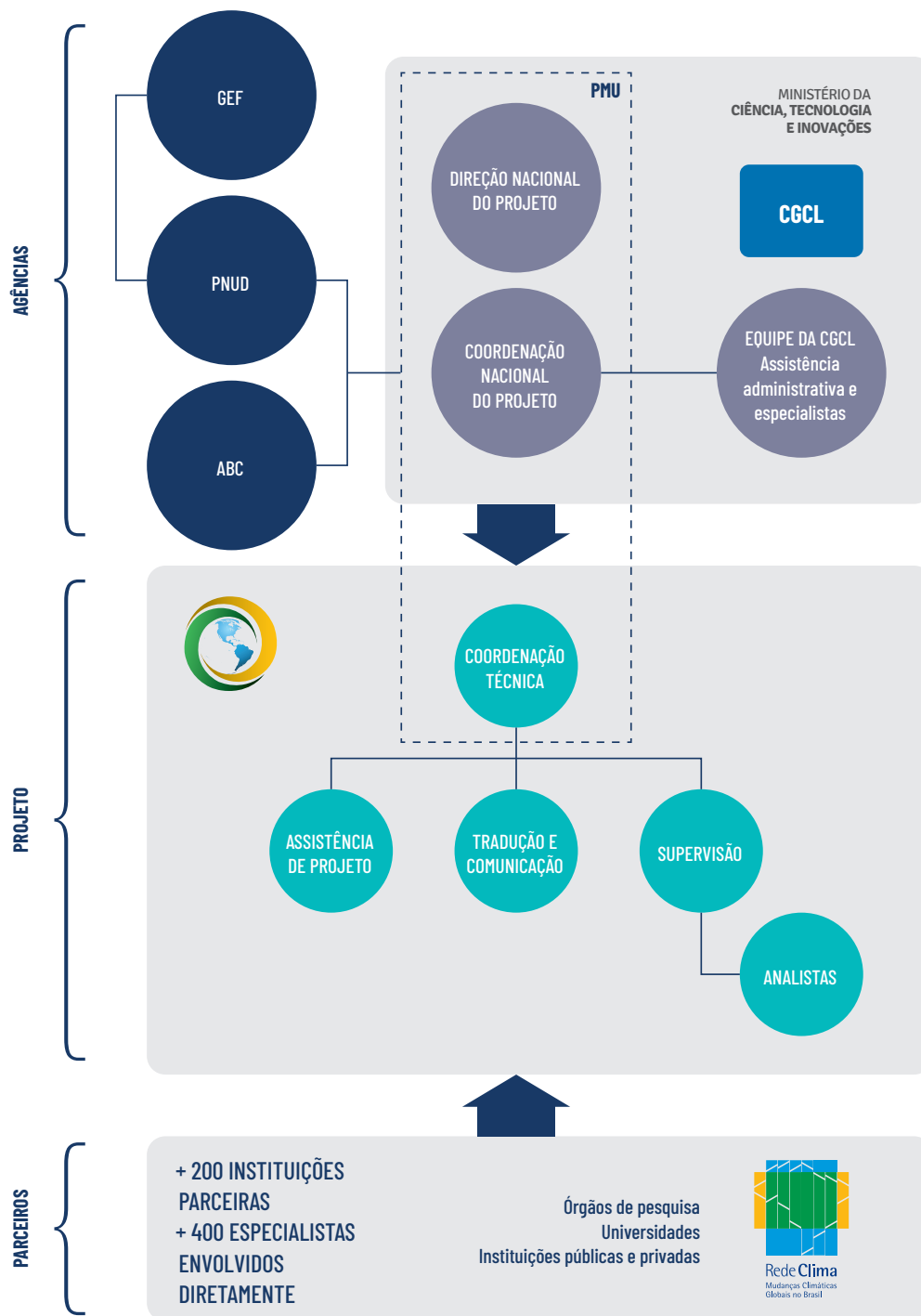
Portanto, essa Quarta Comunicação Nacional (4CN) teve suas atividades coordenadas pela CGCL, à qual coube igualmente atuar como agência executora dos projetos que culminaram com a elaboração das Comunicações Nacionais anteriores, submetidas à UNFCCC em 2004, 2010 e 2016.

Desde o início do projeto foram promovidas, periodicamente, reuniões com representantes do governo para atualização e discussão sobre as metodologias adotadas, os progressos e resultados alcançados, com a finalidade de manter todos os Ministérios afins à agenda do clima informados sobre os avanços e desafios enfrentados na execução do projeto.

No âmbito da estrutura do projeto, foi formada a Unidade Gestora do Projeto (*Project Management Unit – PMU*) composta pelo Diretor Nacional, pela Coordenadora Nacional e pela Coordenadora Técnica. A constituição da equipe em bases permanentes pelo projeto é composta pela coordenadora técnica, supervisores, analistas especialistas em diversas áreas, tradutora e assistente de projeto, que atuam diretamente junto à direção e coordenação nacional. Essa equipe foi contratada por meio dos recursos GEF, que subsidiaram adicionalmente a formalização de parcerias e a contratação de consultorias para desenvolvimento de diversas análises. Servidores do MCTI também contribuíram por meio da assistência administrativa e de assessoria especializada para questões técnicas (Figura 1.11).

Para saber mais sobre a CGCL, consulte o item 1.5.4.

Figura 1.11
 Arranjo
 Institucional
 para elaboração
 da Quarta
 Comunicação
 Nacional
 do Brasil.



O desenvolvimento da 4CN teve relevante participação de centenas de especialistas nacionais vinculados a inúmeras instituições públicas e privadas, tais como Universidades, institutos e órgãos de pesquisa, empresas e associações que contribuíram diretamente com a disponibilização de dados e o desenvolvimento de análises. Além desses, outras centenas de instituições tiveram envolvimento indireto nos trabalhos, por meio da apresentação de dados oficiais nacionais disponibilizados em plataformas públicas.

Com relação à contribuição acadêmica e de pesquisa científica para a 4CN, tal como ocorrido para a Terceira Comunicação Nacional (TCN), a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) teve participação significativa, em parceria com outros pesquisadores associados a diversos grupos de pesquisa como, por exemplo, os que compõem os Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs). Para o Quarto Inventário incluído na presente Comunicação, destaca-se o engajamento dessa Rede, com o envolvimento de pesquisadores de sub-redes, que deram suporte à atualização de dados, produção de fatores e parâmetros, além do aprofundamento de discussões para adequação de premissas metodológicas para os setores inventariados. A coordenação técnico-científica do Inventário Nacional contou com a atuação de pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), da Universidade de Brasília (UnB) e de diversas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), tais como: Embrapa - Meio Ambiente, Arroz e Feijão, Agrobiologia, Florestas, Gado de Leite, Pecuária Sudeste, Clima Temperado, Suínos e Aves, Solos entre outras. Para o setor Processos Industriais e Outros Produtos, cujos dados e parâmetros são em grande medida provenientes do setor privado, a contribuição da equipe da UFRJ foi oferecida para as discussões transversais ao setor Energia.

Para a componente da 4CN pertinente à avaliação de impacto, vulnerabilidade e adaptação, foi possível contar com a coordenação técnico-científica de especialistas do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), da UnB, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da UFRJ e do IFAL. Ademais, cabe o devido destaque a esses representantes acadêmicos responsáveis pela elaboração de estudos inéditos, desenvolvidos a partir da melhor ciência disponível, para avaliar os impactos e as vulnerabilidades regionais por meio de abordagem integradora e sob perspectiva de nível de aquecimento. Em virtude da transversalidade desses estudos, a colaboração multidisciplinar entre os representantes de praticamente todas as sub-redes da Rede CLIMA assegurou o atingimento de visão integrada, sobretudo para a análise das opções de adaptação. A perspectiva é que o resultado dessas análises sirva de insumo para as discussões em torno da revisão do Plano Nacional de Adaptação brasileiro. Por fim, ressalta-se o engajamento da sub-rede de Políticas Públicas da Rede CLIMA em contribuição às discussões sobre as circunstâncias nacionais e as medidas de mitigação e adaptação em andamento no país (Figura 1.12).

Leia mais sobre a abordagem integradora no **item 3.1**.

Para saber mais sobre a Rede CLIMA, consulte o **item 5.2.16**.

PRINCIPAIS COMPONENTES DA 4CN

CIRCUNSTÂNCIAS NACIONAIS E ESPECIAIS
MEDIDAS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO

ESTUDOS DE IMPACTO,
VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO

COORDENAÇÃO: Cemaden e UnB
Modelagem climática: INPE



COORDENAÇÃO: Embrapa



SUB-REDES DA REDE CLIMA



Figura 1.12

Arranjo institucional para a coordenação técnico-científica da 4CN.

Em termos de processos relacionados à garantia e ao controle de qualidade (QA/QC, no acrônimo em inglês) adotados no projeto, constam como principais atores: a CGCL, a equipe do projeto, os parceiros, os especialistas não envolvidos diretamente com o trabalho e os representantes do governo. A partir do planejamento das atividades e formalização de parcerias, os produtos técnicos gerados pelos parceiros foram revisados, ajustados e validados pela equipe técnica do projeto. A fim de otimizar essa etapa de controle de qualidade (QC), adicionalmente foram adotadas estratégias pelo próprio projeto ou pelos parceiros. A exemplo, pode-se citar a formação do comitê de validação de mapeamento por bioma para o Inventário Nacional, contratado pelo projeto.

Uma vez concluídos, os relatórios técnicos, tais como os relatórios de referência setoriais do inventário, foram submetidos à consulta pública a especialistas como parte da etapa de garantia de qualidade (QA). As considerações recebidas nesse processo, cuja participação foi caracterizada por indivíduos que não se envolveram no desenvolvimento dos estudos, foram devidamente analisadas pela equipe técnica, com incorporação de melhorias sempre que oportuno. A versão consolidada da 4CN passou por processo de validação e aprovação por representantes Ministeriais (Figura 1.13).

Por fim, com a missão de promover a articulação do Governo Brasileiro com a UNFCCC, assim como ser o responsável pela submissão oficial da Quarta Comunicação Nacional, atua o Ponto Focal Nacional, representado pelo Ministério das Relações Exteriores (MRE).

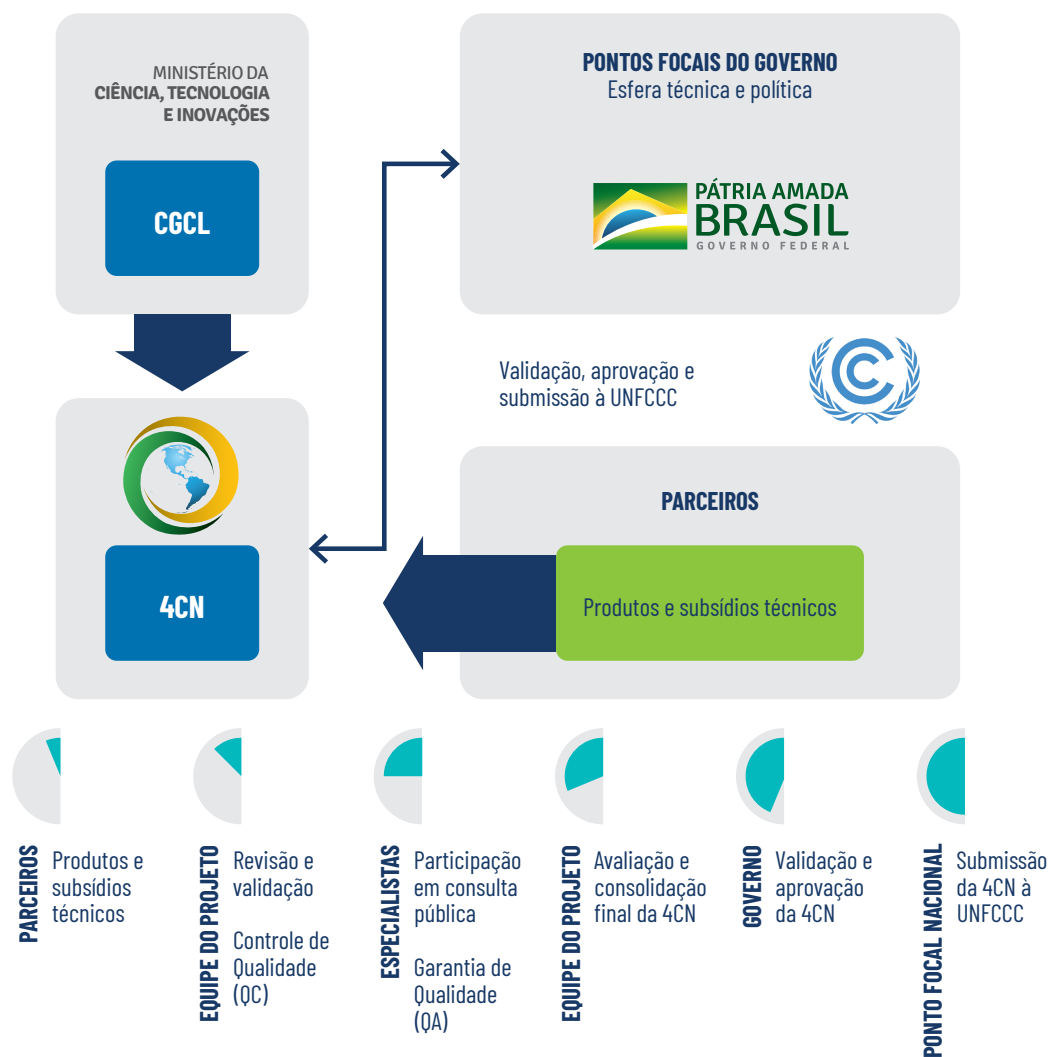


Figura 1.13
Processos de garantia e controle de qualidade (QA/QC) da Quarta Comunicação Nacional do Brasil.

1.7.1 Dificuldades Financeiras, Técnicas e de Capacitação para a Elaboração da Comunicação Nacional

Em relação aos aspectos financeiros para elaboração da 4CN, não houve restrições de orçamento em virtude da correta dimensão dos recursos do Projeto BRA/16/G31 e pela valorização do dólar frente ao real no período de execução do projeto. Ressalta-se que os recursos disponibilizados pelo GEF foram de fundamental importância para assegurar a estruturação da equipe do projeto, a formalização de parcerias e a contratação de consultorias e serviços – sem os quais não seria viável cumprir com os objetivos previstos no documento de projeto.

Em termos de capacitação, é digno de nota o apoio recebido pelo Grupo Consultivo de Especialistas (CGE, no acrônimo em inglês) da UNFCCC, por meio da realização de capacitações técnicas regionais como contribuição ao aprimoramento da equipe do projeto sobre a metodologia para elaboração dos inventários de emissões, o banco de dados de fatores de emissão (EFDB, no acrônimo em inglês) e o software para elaboração de inventários do IPCC. Sobretudo, é reconhecida a significativa oportunidade de certificação de representantes da equipe técnica do projeto como especialistas nas “Diretrizes de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Emissões de Gases de Efeito Estufa” (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – IPCC 2006*), por meio de curso online oferecido pela UNFCCC. Apesar de todas essas oportunidades oferecidas pelo Secretariado e CGE, foi sentida a ausência de um canal de comunicação oficial que facilitasse o acesso aos especialistas da UNFCCC e do IPCC para sanar dúvidas surgidas ao longo do desenvolvimento das atividades.

A execução das atividades do projeto exigiu, sobretudo do MCTI, da equipe do projeto e do PNUD, grande empenho para superar os diversos desafios de caráter administrativo e técnico encontrados em diferentes fases do trabalho. Inicialmente, a necessidade de identificar os instrumentos adequados para formalização de parcerias e seus respectivos processos administrativos provocaram atraso para o início efetivo das atividades técnicas. Essa situação se apresentou em todas as componentes, porém de forma mais impactante ao Inventário Nacional, para o qual torna-se cada vez mais oportuno o estabelecimento de um arranjo nacional que assegure a articulação institucional, em bases permanentes, para a devida atualização e suprimento de dados oficiais estatísticos, parâmetros e fatores de emissões, conforme definição de atribuições e responsabilidades pertinentes a cada órgão, em colaboração ao atendimento das demandas do exercício das estimativas de emissões e remoções nacionais de GEE.

Outras dificuldades foram observadas ao longo dos trabalhos de cooperação, geralmente resultantes do passo adicional que se pretendeu dar, em cada frente, com propósito de avançar na fronteira do conhecimento. Nesse sentido, em algumas situações, o fator limitante relacionou-se à dependência de dados oriundos de terceiros que não puderam ser compartilhados em tempo hábil para a incorporação nos estudos. Destaca-se ainda o importante envolvimento de corpo técnico-científico com expertise avançada em áreas de estudos específicos que, em decorrência de suas atribuições institucionais primárias não poderia se dedicar exclusivamente às atividades do

Projeto. Ainda assim, foi possível manter o engajamento da Rede CLIMA, iniciado na TCN, que contribuiu com rigor científico para a elaboração do Inventário Nacional de GEE e para o desenvolvimento dos estudos de impactos e vulnerabilidades.

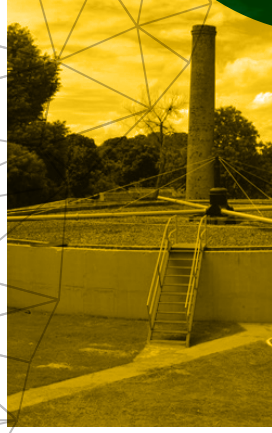
Particularmente, a implementação da metodologia para o setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, no acrônimo em inglês), considerando a extensão do território brasileiro e a diversidade de seus biomas, além da identificação de novas estruturas de uso da terra, trouxe desafios associados à complexidade das análises para classificação de uso espacialmente explícita, que exigiu estruturação de numerosa equipe técnica especializada em mapeamento e muitas horas de trabalho dedicadas à análise e validação do extenso volume de dados. Além disso, limitações de infraestrutura também podem ser elencadas como parte dos desafios encontrados, que inviabilizaram por determinado momento a aquisição de tecnologia avançada para a devida execução das atividades do projeto, relacionadas à construção de cenários climáticos futuros.

Cabe registrar, por fim, que a Unidade Gestora do Projeto pôde absorver e documentar informações caras à manutenção do nível de excelência das CNs do Brasil publicadas até o momento, e que certamente contribuirão para a execução mais fluida e ainda mais robusta de edições futuras.

De cima para baixo, da esquerda para a direita: Marcos Corrêa - Presidência da República © • Cadu Gomes - Sistema CNA

Wenderson Araujo - Sistema CNA • Brayden Law - Pexels • Divulgação - Ministério da Economia

CAPÍTULO 2





QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL

de Emissões e Remoções
Antrópicas de Gases de
Efeito Estufa

QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC



Inventário de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal

Como determina a UNFCCC, o Inventário deve incluir as emissões e remoções antrópicas de GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal. Por isso, não são considerados os gases CFCs e os HCFCs que, embora também sejam GEE, destroem a camada de ozônio e, por isso, são monitorados pelo Protocolo de Montreal.

GEE indireto

Referente aos gases precursores, que podem influenciar a concentração de alguns GEE, principalmente o ozônio troposférico.

2.1 INTRODUÇÃO

O BRASIL APRESENTA PERIODICAMENTE seu inventário nacional de emissões antrópicas por fontes e remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa (GEE) **não controlados pelo Protocolo de Montreal** (doravante referenciado como Inventário), na medida que permitem as suas capacidades, conforme seu compromisso de atualização dessas estimativas e relato junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, no acrônimo em inglês). Além do Inventário pertinente às Comunicações Nacionais, o Brasil disponibiliza relato atualizado de suas emissões e remoções nos Relatórios de Atualização Bienal (BUR, no acrônimo em inglês).

Os GEE estimados no presente Inventário foram o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFC), os perfluorcarbonos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x) e outros compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOC), são **GEE indireto**, cujas emissões antrópicas foram incluídas sempre que possível, conforme encorajado pela UNFCCC.

Este Inventário apresenta as emissões de 1990 a 2016, com atualização do Terceiro Inventário, que apresentou as emissões de 1990 a 2010 (BRASIL, 2016). A metodologia utilizada no presente Inventário reflete os avanços técnico-científicos consolidados nas “Diretrizes de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, no acrônimo em inglês) para Inventários Nacionais de Emissões de Gases de Efeito Estufa” (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – IPCC 2006) (IPCC, 2006).

Em virtude das diversas fontes de emissões antrópicas de GEE, o Inventário está organizado segundo as atividades contempladas nos setores: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU, no acrônimo em inglês); Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, no acrônimo em inglês); e Resíduos (conforme Figura 2.1). Já as remoções de GEE são contabilizadas apenas no setor LULUCF, como resultado do aumento do estoque de carbono, por meio, por exemplo, do crescimento de vegetação.

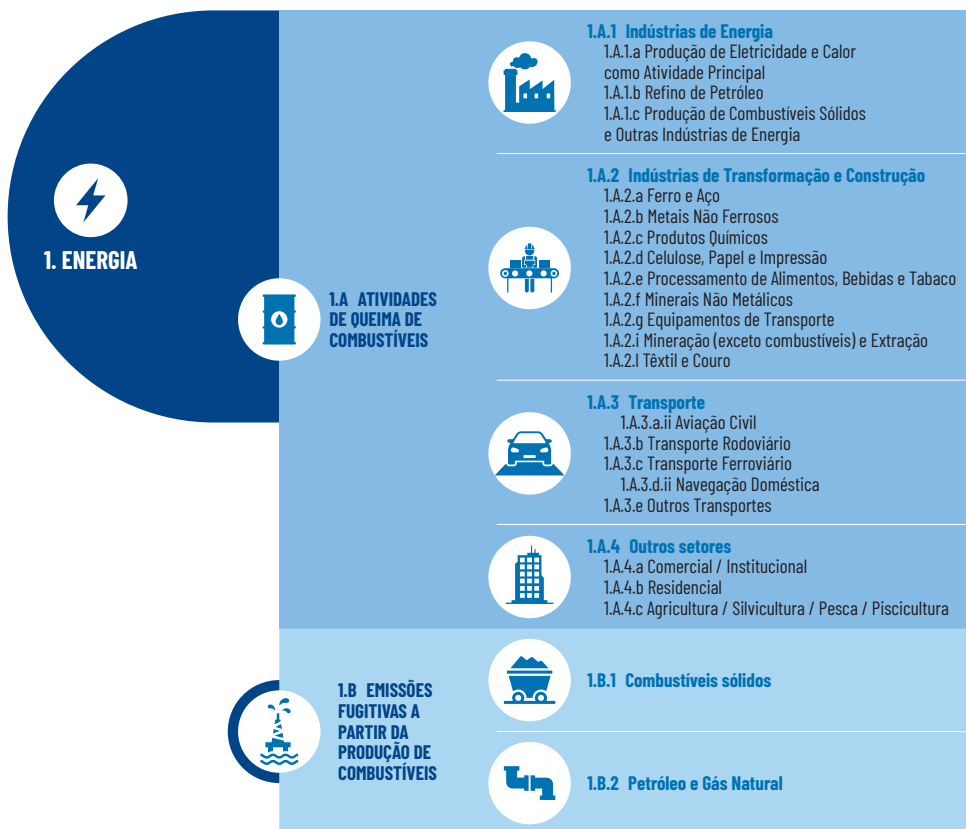


Figura 2.1
 Estrutura dos setores inventariados no Quarto Inventário de GEE do Brasil.

3. AGROPECUÁRIA



3.A FERMENTAÇÃO ENTÉRICA

- 3.A.1 Bovinos
- 3.A.1.a Bovinos de Corte
- 3.A.1.b Bovinos de Leite
- 3.A.2 Ovinos
- 3.A.3 Suínos
- 3.A.4 Outros Animais



3.B MANEJO DE DEJETOS ANIMAIS

- 3.B.1 Bovinos
- 3.B.1.a Bovinos de Corte
- 3.B.1.b Bovinos de Leite
- 3.B.2 Ovinos
- 3.B.3 Suínos
- 3.B.4 Outros Animais
- 3.B.5 Emissões Indiretas de N₂O
- 3.B.5.a Bovinos
- 3.B.5.a.i Bovinos de Corte
- 3.B.5.a.ii Bovinos de Leite
- 3.B.5.b Suínos
- 3.B.5.c.vii Aves



3.C CULTIVO DE ARROZ

- 3.C.1 Terras Baixas / Irrigado
- 3.C.2 Terras Altas / Sequeiro



3.D SOLOS MANEJADOS

- 3.D.1 Emissões Diretas
- 3.D.1.a Fertilizantes Sintéticos
- 3.D.1.b Adubos Orgânicos
- 3.D.1.c Deposição de Dejetos Diretamente no Solo
- 3.D.1.d Resíduos Agrícolas
- 3.D.1.e Mineralização de N Associada à Perda de C do Solo
- 3.D.1.f Manejo de Solos Orgânicos
- 3.D.2 Emissões Indiretas
- 3.D.2.a Deposição Atmosférica
- 3.D.2.b Lixiviação / Escorrimento Superficial




3.F QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS



3.G CALAGEM



3.H APLICAÇÃO DE UREIA



4. USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS (LULUCF)



4.A FLORESTA

- 4.A.1 Floresta permanecendo Floresta
- 4.A.2 Área convertida para Floresta



4.B AGRICULTURA

- 4.B.1 Agricultura permanecendo Agricultura
- 4.B.2 Área convertida para Agricultura



4.C CAMPO E PASTAGEM

- 4.C.1 Campo e Pastagem permanecendo Campo e Pastagem
- 4.C.2 Área convertida para Campo e Pastagem



4.D ÁREA ALAGADA

- 4.D.1 Área Alagada permanecendo Área Alagada
- 4.D.2 Área convertida para Área Alagada



4.E ASSENTAMENTO

- 4.E.1 Assentamento permanecendo Assentamento
- 4.E.2 Área convertida para Assentamento



4.F OUTRAS TERRAS

- 4.F.1 Outras Terras permanecendo Outras Terras
- 4.F.2 Área convertida para Outras Terras



4.G PRODUTOS FLORESTAIS MADEIREIROS



5. RESÍDUOS



5.A DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- 5.A.1 Locais Manejados
- 5.A.3 Locais Não Categorizados



5.B TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

- 5.B.1 Compostagem



5.C INCINERAÇÃO E QUEIMA A CÉU ABERTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS



5.D TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

- 5.D.1 Águas Residuárias Domésticas
- 5.D.2 Águas Residuárias Industriais

2.1.1 Arranjos Institucionais para Elaboração do Inventário

A elaboração do Quarto Inventário representou esforço coletivo e multidisciplinar, que envolveu cerca de 185 instituições e mais de 300 especialistas de todas as regiões do país. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), por meio da atuação da Coordenação-Geral da Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL), é responsável pela coordenação da elaboração do Inventário e desempenha papel relevante na articulação dos diferentes grupos de trabalho, que contribuem para o levantamento das informações setoriais. O organograma da Figura 2.2 apresenta o arranjo institucional e mostra a complexidade de articulação entre os diferentes atores envolvidos no processo de elaboração deste Inventário.

Por sua abrangência e especificidade, a elaboração do Quarto Inventário envolveu importante parcela da comunidade científica e empresarial brasileira, além de diversas instituições governamentais, associações de classe, organizações do terceiro setor, universidades e centros de pesquisas, representados, em grande parte, pela Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima). Em virtude do escopo das atividades pertinentes ao setor IPPU, ele não contou com coordenação técnico-científica específica, mas se valeu do contato e de subsídios oriundos das principais associações industriais, além de contar com o engajamento da comunidade científica aos temas tratados de forma integrada ao setor Energia.

Para saber mais sobre a Rede Clima, consulte o item 5.2.16.

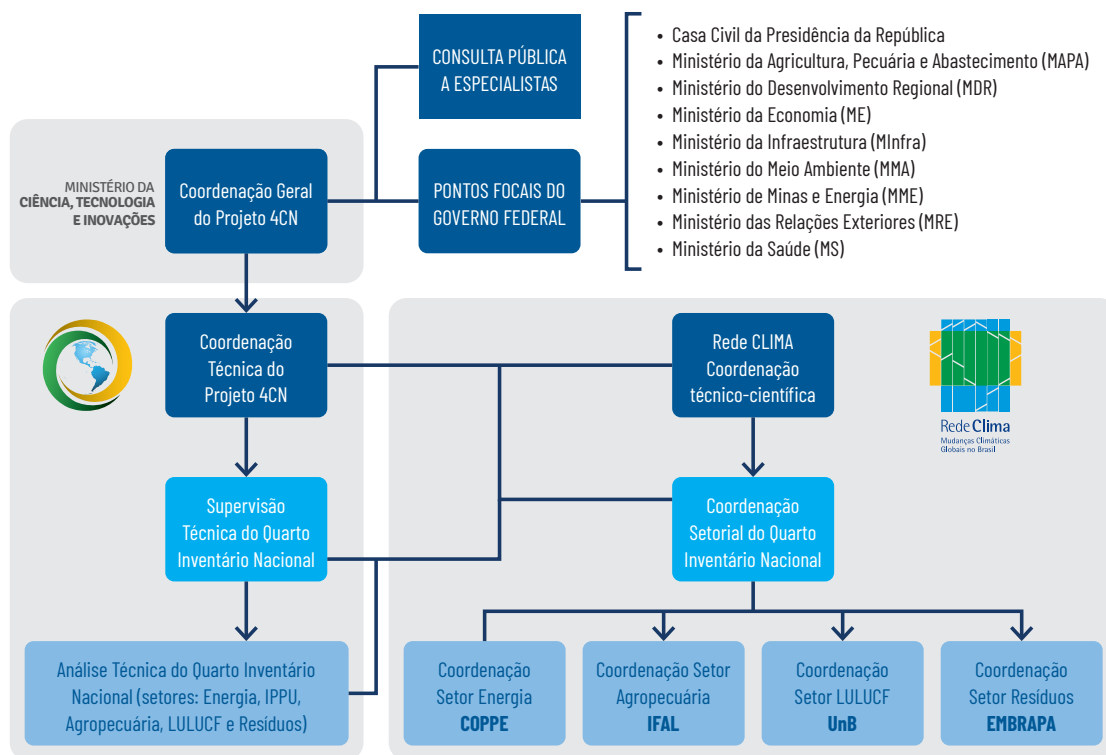


Figura 2.2
Arranjo institucional para elaboração do Quarto Inventário de GEE.

	Sector Energia	Sector IPPU	Sector Agropecuária	Sector LULUCF	Sector Resíduos
Pontos Focais da Rede CLIMA	2	1	13	4	3
Especialistas	46	22	74	124	42
Instituições envolvidas diretamente	13	7	30	34	12
Instituições envolvidas indiretamente	10	21	17	23	6

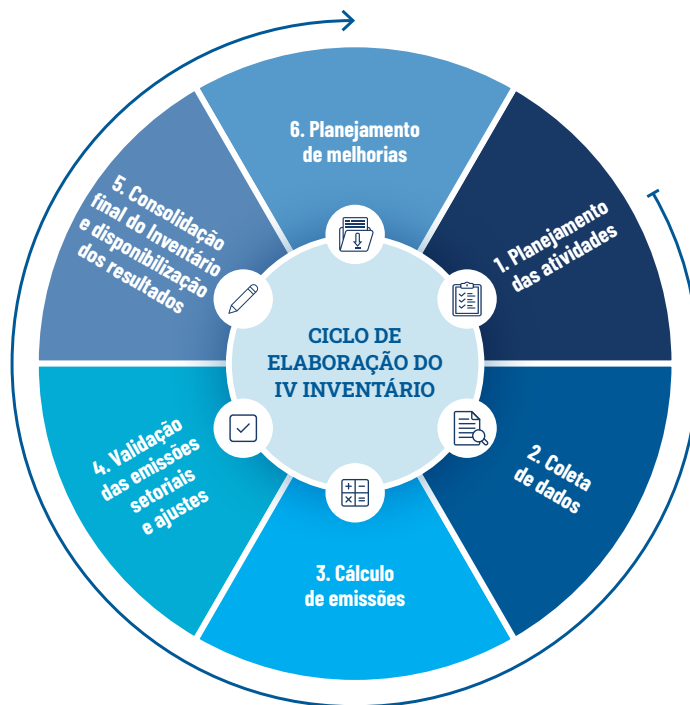
2.1.2 Planejamento e Gerenciamento do Inventário

O ciclo do Inventário é iniciado com o estabelecimento de parcerias responsáveis pela geração e coleta de dados, desenvolvimento e levantamento de parâmetros, atualização das estimativas e pela compilação dos resultados em relatórios de referência. O ciclo segue os passos descritos na Figura 2.3 e termina com o planejamento de melhorias para o próximo ciclo.

Os Inventários do Brasil são arquivados como um conjunto de planilhas na rede institucional do MCTI, além de metadados utilizados ao longo do processo, desde artigos científicos até o banco de dados espaciais utilizados no setor LULUCF. Os relatórios de referência setoriais, que descrevem de forma transparente o detalhamento metodológico, com indicação de fontes de dados e premissas adotadas, também são arquivados pelo MCTI. Esses relatórios são disponibilizados publicamente na página eletrônica no Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)¹, junto com os resultados das emissões de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. Nesse sentido, é possível, por meio do SIRENE, acessar a série histórica de emissões referente aos resultados publicados dos inventários nacionais, cujos dados de gráficos e tabelas podem ser exportados em diferentes formatos.

Para saber mais sobre o SIRENE, consulte o **item 5.1.2.**

¹ Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br>



<ul style="list-style-type: none"> • Identificação e formalização de parcerias. • Definição do plano de trabalho setorial. • Revisão de métodos, estratégias e fontes de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de dados setoriais. • Solicitação e coleta dos dados, junto às organizações. • Compilação dos bancos de dados, parâmetros e fatores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de técnicas de ajustes das informações coletadas para garantia da consistência temporal do inventário. • Cálculo das emissões de GEE setoriais, para toda a série histórica. • Elaboração da primeira versão dos Relatórios de Referência (RR) setoriais, contendo a memória de cálculo e dados/parâmetros utilizados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Validação dos resultados setoriais por pontos focais do governo. • Consolidação e disponibilização dos Relatórios de Referência setoriais para consulta pública a especialistas. • Análise das contribuições e implementação de possíveis ajustes no Relatórios de Referência pós consulta pública e Inventário Nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidação das emissões setoriais e dos resultados gerais do Inventário. • Desenvolvimento do capítulo do Inventário Nacional. • Disponibilização dos resultados do Inventário no portal SIRENE. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arquivamento e organização dos documentos. • Atualização do plano de melhoria do Inventário Nacional. • Início de planejamento do próximo ciclo de Inventário.
Controle e Garantia de Qualidade (QA/QC)					
<ul style="list-style-type: none"> • Revisão e adequação do protocolo de controle e garantia de qualidade para elaboração do Inventário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão da completude, integridade e precisão da série de dados; Checagem de valores e referências; Comparação dos valores com outras fontes de dados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão periódica da metodologia utilizada e planilhas de cálculo; Revisão da consistência temporal; Checagem automática de erros; Checagem dos dados por amostra e tendência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação dos resultados e premissas utilizadas por especialistas via consulta pública e reuniões com especialistas; Revisão das planilhas de cálculo e Relatórios de Referências setoriais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão da compilação dos resultados; Revisão do relato dos dados e parâmetros utilizados e suas respectivas referências. 	

Figura 2.3
Ciclo para elaboração do Inventário de GEE do Brasil.

2.1.3 Metodologia e Principais Fontes de Informação

A preparação deste Inventário atendeu às diretrizes para a elaboração das Comunicações Nacionais das Partes não Anexo I da UNFCCC, estabelecidas pela Decisão 17/CP.8. De acordo com essa Decisão, os inventários dos países em desenvolvimento devem, minimamente, ser preparados de acordo com as diretrizes do IPCC. Neste Inventário, o Brasil se empenhou na aplicação das “Diretrizes de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Emissões de Gases de Efeito Estufa” (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories - IPCC 2006) que já eram parcialmente utilizadas no Terceiro Inventário. Dessa forma, entende-se que o país aprimorou suas estimativas, o que possibilita a melhoria do planejamento e dos subsídios para a tomada de decisões sobre ações de mitigação de GEE.

As metodologias do IPCC para a quantificação das emissões são divididas em três níveis (ou *Tiers*) que correspondem à complexidade metodológica e à representação das particularidades de cada país. O *Tier 1* é considerado o método básico, com uso de fatores de emissão-padrão (*default*) indicados pela própria metodologia do IPCC; o *Tier 2*, intermediário; e o *Tier 3*, mais exigente em termos de requisitos de dados obtidos nacionalmente. Os *Tiers 2* e *3* são considerados métodos de estimativas mais precisos.

Para este Inventário foram usados os diferentes *Tiers*, cuja aplicação para as diversas categorias pode ser compreendida no detalhamento setorial apresentado nos Quadros com informações sobre os “níveis metodológicos aplicados por gás” (Quadros 2.2, 2.5, 2.8, 2.9, 2.15).

Para o Quarto Inventário houve a inclusão de categorias de emissão, atualização de algumas premissas metodológicas e alterações de equações, parâmetros e/ou fatores de emissão utilizados, decorrentes principalmente da implementação do IPCC 2006, conforme mostra o Quadro 2.1.

SETOR	ATUALIZAÇÕES E APRIMORAMENTOS METODOLÓGICOS
1. ENERGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilização das categorias de emissões do setor, de acordo com a classificação indicada pelo IPCC 2006; • Aprimoramento dos parâmetros e modelos utilizados para estimativa de emissões na Aviação Civil (1.A.3.a) e no Transporte Rodoviário (1.A.3.b); • Inclusão das emissões das coquerias nas Indústrias de Energia; • Exclusão das emissões de CO₂ relacionado à combustão espontânea em pilhas de rejeitos, na categoria Mineração e Manejo do Carvão (1.B.1.a), dadas as condições nacionais analisadas.
2. IPPU	<ul style="list-style-type: none"> • Outros Usos de Carbonatos (2.A.4): deslocamento para a categoria de uso final, quando pertinente (ferro e aço); • Inclusão de nova subcategoria: Produção de Cerâmica (2.A.4.a); • Produção de Amônia (2.B.1): desconto do CO₂ usado na produção de ureia; • Atualização do fator de emissão da produção de eteno; • Utilização do balanço de carbono da indústria na categoria Produção de Ferro e Aço (2.C.1); • Inclusão de novo subsetor Indústria eletrônica (2.E); • Reformulação do modelo de cálculo para Refrigeração e ar-condicionado (2.F.1).

Quadro 2.1

Atualizações e aprimoramentos metodológicos do Quarto Inventário.

3. AGROPECUÁRIA

- Inclusão dos subsetores: Calagem (3.G) e Aplicação de Ureia (3.H), em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006 e com recomendações da UNFCCC;
- Solos Manejados (3.D):
 - Inclusão da categoria “Mineralização de N associada a perda de C do solo (3.D.1.e)”, em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006;
 - As emissões pela contribuição com N de biomassa de pastagem incorporada ao solo na ocasião da renovação, e as raízes de culturas passaram a ser contabilizadas como fonte de N₂O em Resíduos Agrícolas (3.D.1.d), em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006;
 - Inclusão da torta de filtro da indústria sucroalcooleira em Adubos Orgânicos (3.D.1.b), bem como o uso de fertilizantes sintéticos no cultivo de arroz, em Fertilizantes Sintéticos (3.D.1.a);
- Fermentação Entérica (3.A) e Manejo de Dejetos (3.B): para a categoria animal bovina, houve maior desagregação por tipo de confinamento, idade e sexo animal. Para as categorias suínos e aves, houve a desagregação por finalidade produtiva. Além disso, em Manejo de Dejetos (3.B), foram incluídas as emissões indiretas de N₂O, em conformidade com a implementação do IPCC 2006;
- Queima de Resíduos Agrícolas (3.F): implementação de fatores de emissão específicos para a realidade nacional;
- Alteração/atualização da base de dados e parâmetros utilizados na estimativa de emissões do setor Agropecuária.

4. LULUCF

- Inclusão da categoria Produtos Florestais Madeireiros (4.G), em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006;
- Transferência de Calagem (3.G) para o setor Agropecuária, em conformidade com recomendações da UNFCCC;
- Revisão da metodologia para estimativa de remoção por vegetação natural protegida (ou manejada, para fins do Inventário) e por vegetação secundária;
- Atualização dos dados de atividade: novos mapas de uso e cobertura da terra para o bioma Mata Atlântica, para todos os anos avaliados; melhorias dos mapas de 1994 e 2002 do bioma Cerrado; mapeamento de pastagens severamente degradadas dos biomas Cerrado e Amazônia para 2016; detalhamento espacial por tipo de cultivo (perene, semiperene e anual) em 2016;
- Atualização de fatores de emissão e remoção: i) revisão dos estoques de carbono e da representatividade das fitofisionomias de todos os biomas, com base em novo mapa de vegetação natural pretérita; ii) estimativa de biomassa acima do solo para o bioma Amazônia, a partir de dados LiDAR aerotransportado; iii) espacialização dos estoques de carbono do bioma Cerrado, baseada em ecorregiões; iv) revisão dos fatores de alteração de carbono orgânico do solo de pastagens (naturais, plantadas em boas condições e plantadas em más condições), cultivos agrícolas (plantio direto e convencional) e reflorestamento.

5. RESÍDUOS

- Inclusão do subsetor “Tratamento Biológico de Resíduos (5.B)”, em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006;
- Inclusão da categoria “Queima a Céu Aberto de Resíduos (5.C.2)”, no subsetor “Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos (5.C)”, em conformidade com estrutura setorial indicada pelo IPCC 2006;
- Alteração/atualização da base de dados e parâmetros utilizados na estimativa de emissões do setor Resíduos.

2.1.4 Procedimentos de Controle e Garantia de Qualidade

O principal objetivo do plano de controle e garantia de qualidade (QA/QC, no acrônimo em inglês) é assegurar que o Inventário esteja de acordo com os princípios de boas práticas, que orientam a preparação e divulgação de inventários, sendo eles: transparência, acurácia, comparabilidade, consistência e completude.

Por definição, o Controle de Qualidade (QC, no acrônimo em inglês) é um sistema de atividades técnicas rotineiras para avaliar e manter a qualidade do inventário enquanto ele está sendo compilado. Já a Garantia de Qualidade (QA, no acrônimo em inglês) é um sistema planejado de procedimentos de revisão, conduzidos por atores não diretamente envolvidos no processo de desenvolvimento e compilação do inventário.

Para cumprir os critérios de boas práticas de QC recomendados pelo IPCC, foram realizadas verificações dos dados de atividades, parâmetros, fatores de emissão e cálculos. Para isso, estabeleceram-se procedimentos e atividades de validação, conforme progresso no desenvolvimento dos produtos, até a elaboração dos relatórios de referência setoriais.

O processo de QA consistiu na disponibilização dos relatórios de referência setoriais à consulta pública a especialistas, para avaliação técnica externa. Os comentários, as sugestões, as recomendações e as observações resultantes foram registrados, respondidos e incorporados, quando pertinentes.

Especificamente para o setor LULUCF, foi adotada estratégia complementar ao QA-padrão estabelecido, devido ao complexo processo de geração dos dados de atividade deste setor (i.e., matrizes de conversão de uso e cobertura da terra) diante do tamanho e das particularidades regionais do território nacional. Nesse sentido, foi instituído um Comitê de Validação Científico, formado por especialistas de cada bioma. A atuação do comitê ocorreu desde a validação dos mapas de uso e cobertura da terra elaborados nos Inventários anteriores até a seleção de imagens de satélite, auxílio técnico durante a elaboração do mapa atualizado para 2016 e validação e análise de acurácia do mapa realizado no âmbito do Quarto Inventário. O envolvimento de especialistas em mapeamento de cada bioma brasileiro contribuiu para melhor representar a dinâmica de uso e cobertura da terra nacional. Além disso, especialistas de cada bioma validaram os fatores aplicados para as estimativas, bem como os resultados do setor.

2.1.5 Análise de incertezas

As estimativas de emissões e remoções antrópicas de GEE apresentadas neste Inventário estão sujeitas a incertezas devido a diversas causas, desde a imprecisão de dados básicos até o conhecimento incompleto dos processos que originam as emissões ou remoções de gases de efeito estufa. De acordo com as "Diretrizes de Boas Práticas de 2000 do IPCC" (*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories - GPG 2000*) (IPCC, 2000), é reconhecido que a incerteza das estimativas não pode ser totalmente eliminada, todavia o objetivo principal deve ser produzir estimativas acuradas, que não sejam nem subestimadas nem sobrestimadas, e cada vez mais precisas, na medida do possível.

De acordo com o IPCC 2006, a análise de incertezas deve ajudar na priorização dos esforços nacionais que possibilitarão reduzir a incerteza dos futuros inventários, além de guiar as decisões a respeito das escolhas metodológicas.

A incerteza do Inventário está associada a cada um dos dados de atividade e fatores de emissão e outros parâmetros utilizados nas estimativas. A quantificação da incerteza de cada dado é uma informação tão ou mais difícil de avaliar que a própria informação desejada.

Para este Inventário, a precisão das estimativas variou dependendo das características de cada setor, dos dados disponíveis e dos recursos aplicados na determinação de fatores de emissão mais adequados às circunstâncias brasileiras.

Utilizou-se para o cálculo das incertezas o método de propagação de erro (Abordagem 1) em nível nacional, para o último ano do Inventário (2016), para todos os setores. Com exceção do setor Resíduos, que utilizou o método de Monte Carlo (Abordagem 2), dada a possibilidade do detalhamento dos diversos parâmetros envolvidos nesta estimativa. A incerteza total do Inventário foi obtida a partir das análises das incertezas de todos os gases estimados e não apenas os três mais importantes – CO₂, CH₄ e N₂O –, que perfazem 99,6% do total em CO₂e em 2016.

Os resultados quantitativos da análise de incerteza são apresentados na Tabela 2.1.

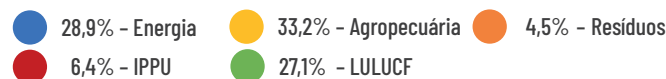
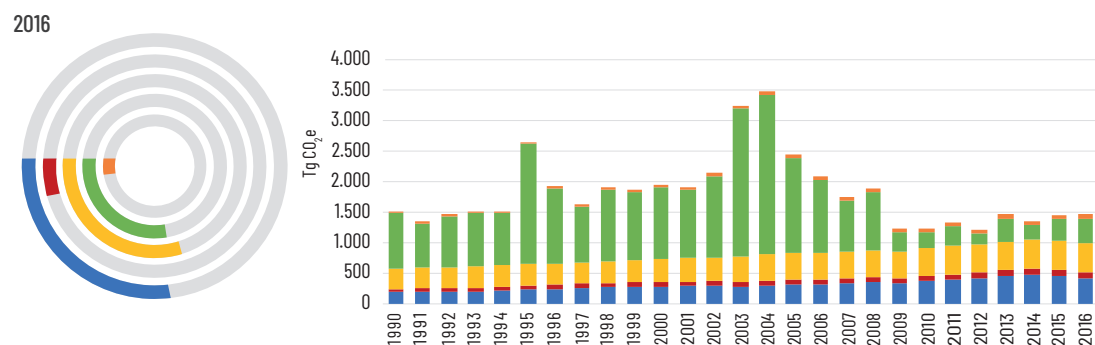
SETORES	INCERTEZA POR GÁS EM 2016 (%)					
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	PFCs	HFCs	SF ₆
ENERGIA	3	45	32	-	-	-
IPPU	3	76	40	20	31	54
AGROPECUÁRIA	29	16	65	-	-	-
LULUCF	73	33	40	-	-	-
RESÍDUOS	70	12	26	-	-	-
INCERTEZA POR GÁS	31	13	56	20	31	54
INCERTEZA TOTAL – 2016	20					

Tabela 2.1
Resultados da análise de incerteza, em 2016, do Quarto Inventário

2.2 EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO BRASIL

As emissões totais de GEE do Brasil, em 2016, totalizaram 1.467 Tg CO₂e (vide Box 2.1) e representaram um aumento de 19,4% em relação às emissões de 2010 (Figura 2.4), último ano da série histórica apresentada na Terceira Comunicação Nacional.

Proporcionalmente, o setor Agropecuária contribuiu com 33,2% do total das emissões em 2016 (vide Box 2.2), o setor Energia com 28,9% e o setor LULUCF com 27,1% (Figura 2.4). Os setores IPPU e Resíduos contribuíram com parcelas menores de emissões, representando 6,4% e 4,5%, respectivamente.



SETOR	Tg CO ₂ e						VARIAÇÃO
	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2010-2016
1. Energia	192,8	231,0	288,2	313,4	374,7	423,6	13,1
2. IPPU	53,6	64,0	73,8	78,9	87,1	93,4	7,2
3. Agropecuária	329,5	359,2	370,1	438,0	458,1	487,0	6,3
4. LULUCF	907,5	1.966,8	1.175,0	1.564,1	252,5	397,4	57,4
5. Resíduos	26,2	34,3	42,6	51,6	56,7	66,0	16,4
TOTAL	1.509,6	2.655,2	1.949,6	2.445,9	1.229,0	1.467,3	19,4

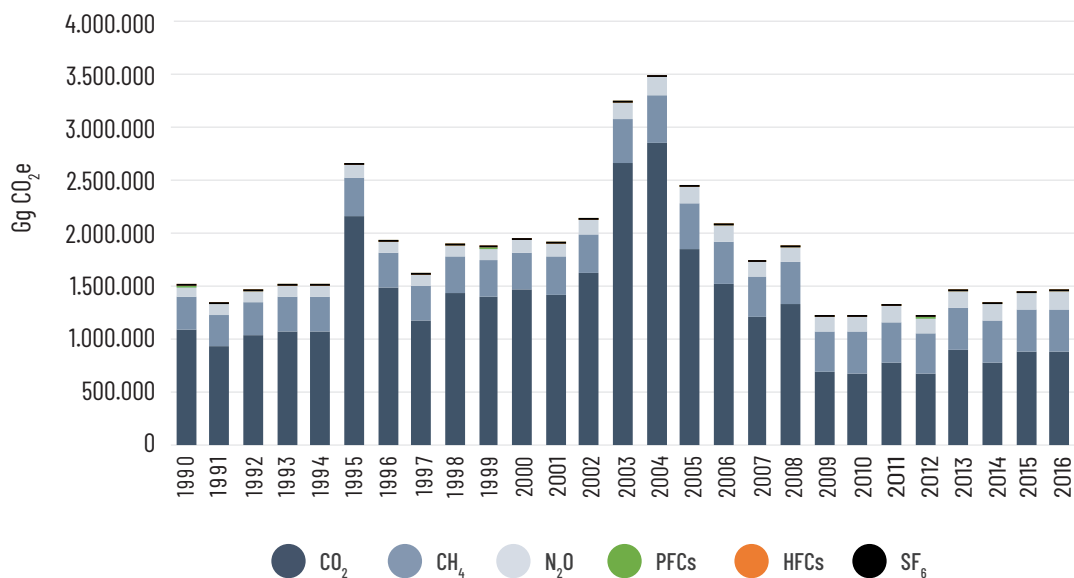
Consulte o Apêndice para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).

Em 2016, as emissões brasileiras foram de 873.272 Gg CO₂, 19.333,2 Gg CH₄ e 586,09 Gg N₂O, que representaram 59,5%, 27,7% e 12,4% do total do Inventário em CO₂e. Entre 2010 e 2016, as emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O aumentaram em 30,3%, 3,8% e 10,7%, respectivamente.

Os HFCs somaram 5.728 Gg CO₂e; os PFCs, 273 Gg CO₂e; e o SF₆ foi estimado em 295 CO₂e, que juntos representaram 0,4% do total de emissões em 2016 (Figura 2.5). As emissões de GEE indireto também foram avaliadas: em 2016 foram estimadas 2.547,7 Gg NO_x; 24.044,1 Gg CO; e 3.241,0 Gg NMVOC.

Figura 2.5

Resultado da evolução das emissões dos GEE em Gg CO₂e de 1990 a 2016.



Para o período de 1990 a 2016, destaca-se a redução significativa das emissões a partir do ano de 2004, com a observação de relativa estabilidade nas emissões para o período mais recente de 2010 a 2016.

Do aumento das emissões totais entre 2010 e 2016, a maior parte (61%) foi devido ao aumento das emissões em LULUCF. Em seguida, vieram as contribuições dos aumentos dos setores Energia (20%), Agropecuária (12%), Resíduos (4%) e IPPU (3%).

Segundo a Decisão 17/CP.8 da UNFCCC, os resultados do Inventário devem ser apresentados em unidades absolutas de gás. Caso o país opte por relatar suas emissões em equivalentes de CO_2 (CO_2e), poderia usar os valores do Potencial de Aquecimento Global (GWP, no acrônimo em inglês) para um horizonte de 100 anos, publicados no Segundo Relatório de Avaliação do IPCC (SAR, no acrônimo em inglês) (IPCC, 1995). Todas as análises e resultados apresentados em CO_2e e nesse capítulo utilizaram a métrica GWP do SAR (100 anos).

O GWP é uma medida de quantas vezes mais calor determinada quantidade de um gás de efeito estufa retém na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de CO_2 , em determinado horizonte de tempo. Ele é expresso como fator que, multiplicado pela massa do gás, resulta em uma massa equivalente de CO_2 (CO_2e).

Embora o uso do GWP-SAR seja sugerido para inventários de países não Anexo I, os relatórios de avaliação posteriores do IPCC apresentaram novos valores para o GWP dos gases. A partir do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5, no acrônimo em inglês) (IPCC, 2013), publicação mais recente sobre o tema, foram apresentados, pela primeira vez, os valores para o Potencial de mudança de Temperatura Global (GTP, no acrônimo em inglês), que o Brasil também considera relevante.

Segundo o IPCC, o GTP caracteriza-se por ser uma métrica baseada na mudança de temperatura, ou seja, está relacionada com a variação da temperatura média da superfície global, em um horizonte temporal selecionado, em resposta a um pulso de emissão de GEE.

Segundo o IPCC (2013), "a métrica e o horizonte de tempo mais adequados dependerão de quais aspectos da mudança do clima são considerados mais importantes a um uso em particular. Nenhuma métrica é capaz de comparar, de maneira precisa, todas as consequências de diferentes emissões e todas têm limitações e incertezas". O IPCC afirma ainda que a métrica de GTP é mais adequada para políticas baseadas em metas de contenção do aquecimento global, enquanto o GWP não está diretamente relacionado a um limite de temperatura. Diante disso, a métrica de GTP seria a mais consistente para monitoramento de medidas que visam conter o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais.

Na Tabela 2.2 são apresentados os valores dos coeficientes por gás associados às diferentes métricas. Na Tabela 2.3, são apresentados os resultados finais de CO_2e com as outras métricas mais recentes - GWP-AR5 e o GTP-AR5 (IPCC, 2013).

GÁS	GWP	GWP	GTP
	100 ANOS SAR-1995	100 ANOS AR5-2014	100 ANOS AR5-2014
CO_2	1	1	1
CH_4	21	28	4
N_2O	310	265	234
HFC-23	11.700	12.400	12.700
HFC-32	650	677	94
HFC-125	2.800	3.170	967
HFC-134a	1.300	1.300	201
HFC-143a	3.800	4.800	2.500
HFC-152a	140	138	19
HFC-227ea	3.220	3.350	1.460
HFC-365mfc	794	804	114
CF_4	6.500	6.630	8.040
C_2F_6	9.200	11.100	13.500
SF_6	23.900	23.500	28.200

BOX 2.1

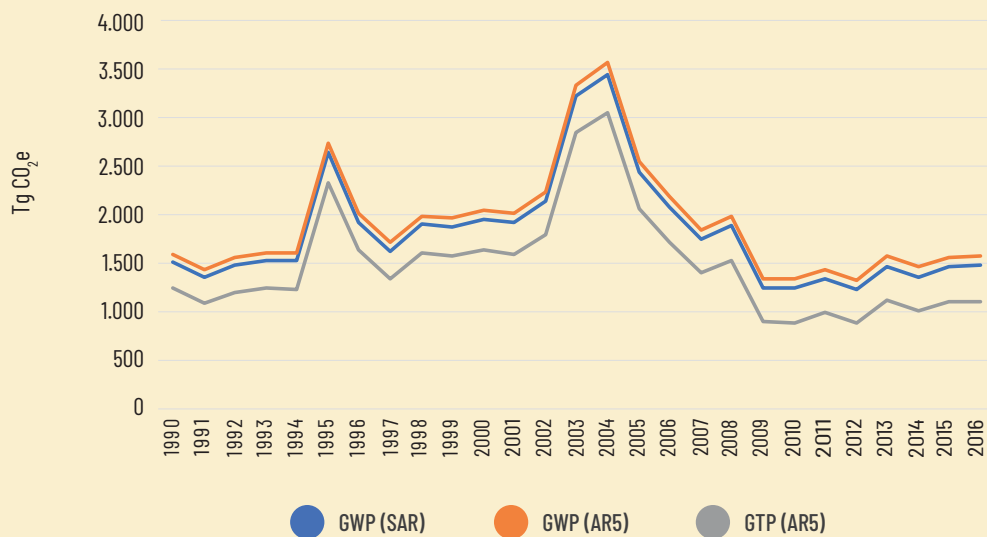
Emissões nacionais considerando outras métricas de GWP (SAR e AR5) e GTP (AR5).

Tabela 2.2

Fatores para GWP (100 anos) e GTP (100 anos).

Tabela 2.3
Resultados do Quarto Inventário, em CO₂e, pelas métricas GWP (SAR e AR5) e GTP (AR5).

	1990	1995	2000	2005	2010	2016
GWP (SAR)	Gg CO₂e					
1. Energia	192.809	230.983	288.164	313.396	374.671	423.580
2. IPPU	53.553	63.965	73.758	78.883	87.101	93.359
3. Agropecuária	329.510	359.245	370.116	437.959	458.091	487.005
4. LULUCF	907.520	1.966.770	1.175.013	1.564.054	252.508	397.357
5. Resíduos	26.194	34.257	42.578	51.618	56.672	65.954
TOTAL	1.509.585	2.655.220	1.949.629	2.445.909	1.229.043	1.467.255
GWP (AR5)	Gg CO₂e					
1. Energia	196.118	233.681	290.986	317.209	377.818	426.279
2. IPPU	53.503	63.600	73.148	78.198	87.352	93.597
3. Agropecuária	394.660	430.465	440.610	520.056	538.345	567.043
4. LULUCF	916.026	1.983.628	1.186.864	1.579.549	258.274	403.141
5. Resíduos	33.976	44.550	55.412	67.269	73.966	86.484
TOTAL	1.594.283	2.755.924	2.047.020	2.562.280	1.335.754	1.576.544
GTP (AR5)	Gg CO₂e					
1. Energia	182.643	222.086	278.508	300.642	362.290	411.890
2. IPPU	52.693	62.744	71.410	75.524	84.057	88.034
3. Agropecuária	119.537	128.482	137.298	162.928	178.403	198.043
4. LULUCF	878.072	1.908.883	1.134.166	1.510.668	232.364	377.231
5. Resíduos	6.330	8.098	10.098	12.128	13.157	14.487
TOTAL	1.239.276	2.330.292	1.631.480	2.061.890	870.272	1.089.684



2016

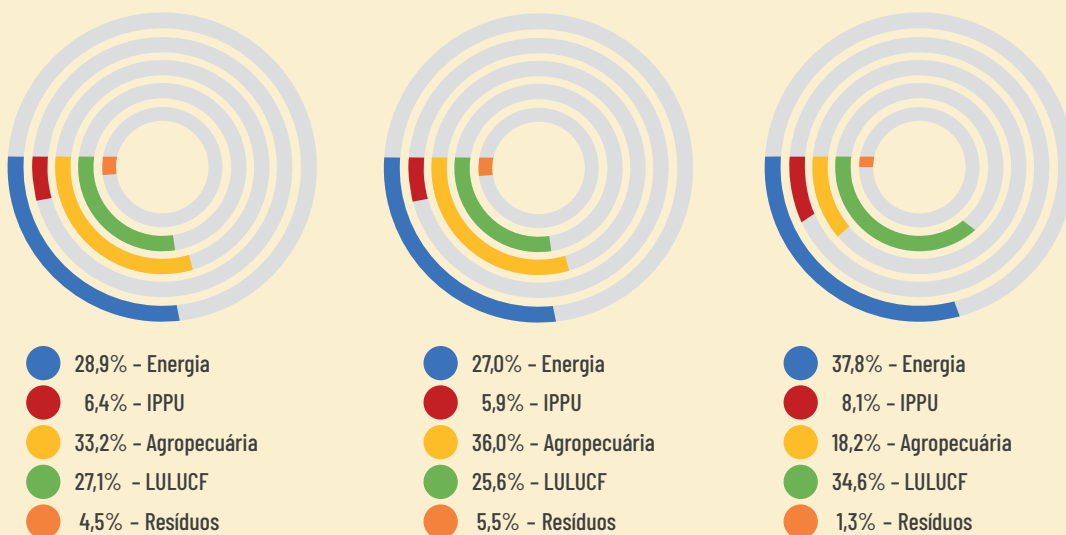


Figura 2.6
Evolução das emissões em CO₂e pelas métricas GWP-SAR, GWP-AR5 e GTP-AR5, de 1990 a 2016.

2.2.1 Emissões de CO₂

As emissões de CO₂ resultaram de atividades relacionadas, principalmente, com o uso energético de combustíveis fósseis e as mudanças do uso e cobertura da terra. Outras fontes que compõem as emissões de CO₂ são os processos industriais de produção de ferro-gusa e aço, cimento, cal, barrilha, amônia e alumínio, bem como a utilização de fertilizantes na agricultura e incineração ou queima de resíduos sólidos.

No Brasil, a partir de 2005, houve redução significativa das emissões do setor LULUCF, relacionada principalmente à diminuição do desmatamento, o que contribuiu para o aumento da participação relativa do setor Energia nas emissões totais de CO₂ para 2016. Cabe ressaltar a elevada participação de energia renovável na matriz energética brasileira, pela geração de eletricidade a partir de hidrelétricas, pelo uso de etanol no transporte rodoviário e pela utilização de bagaço de cana-de-açúcar e carvão vegetal na indústria². A Figura 2.7 sumariza as emissões líquidas de CO₂ no Brasil, por setor.

As emissões de CO₂ do setor Energia representaram, em 2016, 46,0% das emissões totais de CO₂, com aumento de 13,8% em relação às emissões de 2010. Somente a categoria Transporte, que envolve todos os modais, foi responsável por 22,9% das emissões nacionais de CO₂ em 2016.

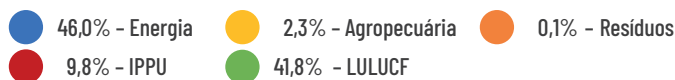
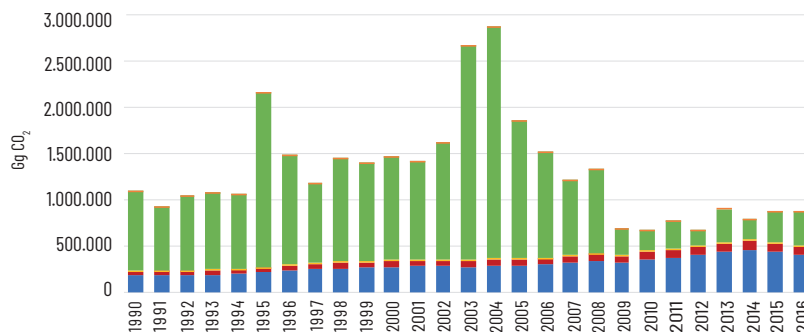
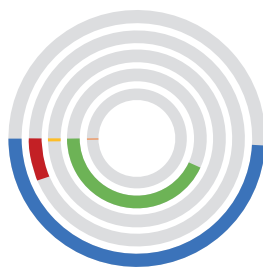
As emissões do setor IPPU representaram 9,8% das emissões totais de CO₂ em 2016, sendo que a produção de ferro e aço, a principal fonte emissora, contribuiu com 5,0% das emissões nacionais de CO₂. De 2010 a 2016, as emissões de IPPU aumentaram 4,7%.

O setor Agropecuária contribuiu com 2,3% das emissões de CO₂ do país, relacionadas à prática de calagem e aplicação de ureia na agricultura. As emissões líquidas do setor LULUCF representaram 41,8% das emissões totais de CO₂ em 2016, sendo as emissões da categoria Floresta para Campo e Pastagem (4.C.2.a) as mais representativas.

O setor Resíduos contribuiu com 0,1% para as emissões de CO₂ em 2016, devido, principalmente, à queima a céu aberto de resíduos sólidos de origem fóssil (0,06% das emissões nacionais de CO₂).

² As emissões de CO₂ relacionadas à combustão da biomassa não são contabilizadas no setor Energia, uma vez que estão relacionadas ao balanço do estoque de carbono associado à mudança do uso da terra no setor LULUCF.

2016



SETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIAÇÃO 2010-2016
	Gg CO ₂						%
1. Energia	177.046	216.613	272.173	292.351	352.903	401.690	13,8
2. IPPU	45.192	53.139	64.506	67.660	82.049	85.943	4,7
3. Agropecuária	9.771	6.765	10.645	9.975	13.698	19.732	44,1
4. LULUCF	860.893	1.875.495	1.110.480	1.479.731	220.461	365.404	65,7
5. Resíduos	533	585	926	1.108	1.154	504	-56,4
TOTAL	1.093.435	2.152.596	1.458.729	1.850.825	670.265	873.272	30,3

Figura 2.7
Emissões nacionais de CO₂ de todos os setores, de 1990 a 2016.

2.2.2 Emissões de CH₄

As emissões nacionais de CH₄ foram oriundas de atividades agropecuárias, da mudança do uso e cobertura da terra, do tratamento de resíduos, de alguns processos industriais, além da extração e refino de petróleo e gás natural.

No setor Energia, as emissões de CH₄ ocorrem devido à queima imperfeita de combustíveis e também devido à fuga de CH₄ durante os processos de produção e transporte de gás natural e mineração de carvão. As emissões

de CH₄ do setor Energia representaram 2,9% das emissões totais de CH₄ em 2016, menos 8,6% em relação às emissões de 2010.

No setor IPPU, as emissões de CH₄ ocorrem durante a produção de petroquímicos, mas têm pequena participação nas emissões brasileiras: 0,2%.

O setor Agropecuária teve participação de 76,1% nas emissões de CH₄ em 2016. Nesse ano, as emissões de CH₄ associadas à fermentação entérica (eructação) do rebanho nacional foram estimadas em 13.462,5 Gg, representando 91,5% das emissões do setor, um aumento de 1,6% em relação a 2010, valor inexpressivo quando comparado ao aumento do rebanho e da produtividade pecuária ocorrida no país. As emissões restantes estão relacionadas ao manejo de dejetos de animais, ao cultivo do arroz (irrigado, que tem a maior parte da área cultivada no país) e à queima de resíduos agrícolas, esta última com redução de 72,8% das emissões comparadas com 2010.

No setor LULUCF, as emissões de CH₄ ocorrem pela queima da biomassa associada à dinâmica de uso e cobertura da terra. Essas emissões representaram 5,4% do total de emissões de CH₄ em 2016.

As emissões do setor Resíduos representaram 15,5% do total das emissões de CH₄ em 2016, sendo a disposição de resíduos sólidos a atividade que mais contribuiu para a emissão do setor.

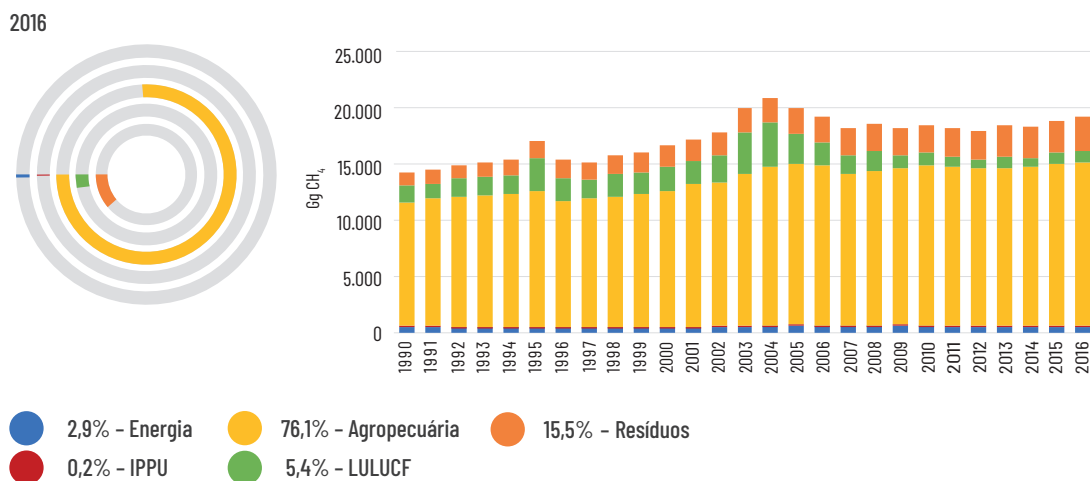


Figura 2.8
Emissões nacionais de CH₄ de todos os setores, de 1990 a 2016.

SETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIAÇÃO 2010-2016
	Gg CH ₄						%
1. Energia	543,3	463,9	496,7	660,4	609,6	557,1	-8,6
2. IPPU	42,9	37,7	41,0	51,1	41,9	34,5	-17,6
3. Agropecuária	11.102,7	12.179,7	12.208,4	14.352,9	14.406,5	14.715,7	2,1
4. LULUCF	1.520,1	2.996,2	2.111,6	2.760,2	1.036,8	1.037,2	0,0
5. Resíduos	1.145,2	1.510,7	1.878,9	2.287,2	2.523,1	2.988,7	18,5
TOTAL	14.354,3	17.188,2	16.736,8	20.111,8	18.617,9	19.333,2	3,8

2.2.3 Emissões de N₂O

As emissões nacionais de N₂O resultaram da aplicação de fertilizantes sintéticos e orgânicos no solo, bem como do tratamento de efluentes domésticos, queima de combustíveis fósseis e de biomassa, processos industriais e mudança do uso e cobertura da terra.

As emissões de N₂O no setor Energia representaram 5,6% das emissões totais de N₂O em 2016, sendo basicamente devido à queima imperfeita de combustíveis.

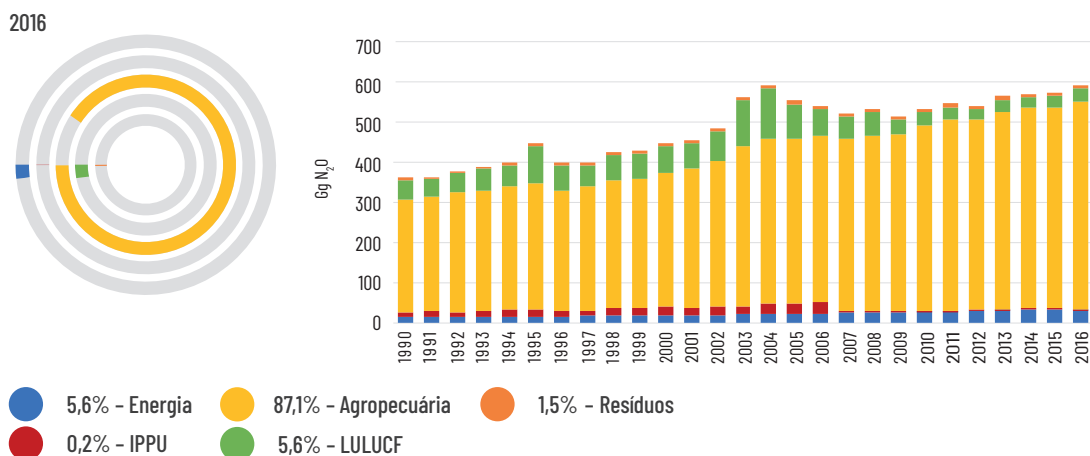
No setor IPPU, as emissões de N₂O ocorrem durante a produção de ácido nítrico e ácido adípico – muito reduzidas nesses dois casos devido aos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), implementados a partir de 2007 para redução de emissões – e na produção de metais. Em conjunto, essas atividades representaram 0,2% das emissões totais de N₂O em 2016.

As emissões de N₂O do setor Agropecuária corresponderam a 510,46 Gg em 2016, representando 87,1% das emissões desse gás do país. No setor, as emissões diretas pelo manejo de solos agrícolas responderam por 74,4%; e as emissões indiretas, por 22,3%, enquanto as emissões provenientes do manejo de dejetos animais e da queima de resíduos agrícolas corresponderam a 3,1% e 0,2% do total, respectivamente.

No setor LULUCF, as emissões de N₂O ocorrem pela queima da biomassa associada à dinâmica de uso e cobertura da terra. Essas emissões representaram 5,6% do total de emissões de N₂O em 2016.

No setor Resíduos, as emissões de N₂O ocorrem, basicamente, devido à presença de nitrogênio na proteína de consumo humano, que termina lançado no solo ou em corpos d'água. Em 2016, a contribuição para a emissão total foi de 1,5%. Uma fração menor é proveniente da incineração de resíduos, com 0,1%.

A Figura 2.9 sumariza as emissões de N₂O no Brasil, por setor.



SETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIÇÃO 2010-2016
	Gg N ₂ O						%
1. Energia	14,04	14,93	17,94	23,15	28,92	32,88	13,7
2. IPPU	11,55	18,20	20,73	23,79	1,51	1,27	-15,4
3. Agropecuária	279,30	311,96	332,56	408,30	457,60	510,46	11,6
4. LULUCF	47,43	91,47	65,12	85,03	33,14	32,81	-1,0
5. Resíduos	5,20	6,28	7,08	7,99	8,17	8,67	6,2
TOTAL	357,52	442,84	443,43	548,25	529,34	586,09	10,7

Figura 2.9
Emissões nacionais de N₂O, de todos os setores, de 1990 a 2016.

2.2.4 Emissões de HFCs, PFCs and SF₆

Os gases HFCs, PFCs e SF₆ não existem originalmente na natureza, sendo sintetizados unicamente por atividades humanas. A principal contribuição dessa família de gases foi proveniente do uso de HFC-134a no subsetor ar-condicionado e refrigeração, com emissões fugitivas estimadas em 4.058,2 t HFC-134a em 2016 (98% das emissões de HFCs, em CO₂e). De 2010 a 2016, as emissões de HFCs aumentaram 99%, incremento semelhante ao observado no restante do mundo, por causa da substituição dos gases CFCs, destruidores da camada de ozônio, aliado ao maior uso de refrigeração e ar-condicionado.

As emissões de PFCs (CF₄ e C₂F₆) ocorrem durante o processo produtivo de alumínio primário, sendo estimadas em 38,1 t CF₄ e 2,8 t C₂F₆ em 2016 (91% e 9% das emissões de PFCs, respectivamente, em CO₂e), embora uma quantidade marginal de emissões de CF₄ tenha sido estimada na indústria eletrônica. De 2010 a 2016, as emissões de PFCs diminuíram 54% devido à desativação de parte das indústrias de produção de alumínio.

As emissões de SF₆ foram estimadas apenas em relação a vazamentos do gás em equipamentos elétricos de alta tensão e, em 2016, somaram 12,3 t. De 2010 a 2016, as emissões de SF₆ aumentaram 22%.

Na Tabela 2.4 são sumarizadas as emissões de HFCs, PFCs e SF₆, em CO₂e.

GÁS	SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VAR. 2010-16
		Gg CO ₂ e						%
HFC-23	2.B - Indústria química	1.407	1.791	NO	NO	NO	NO	NA
	2.E - Indústria eletrônica	NO	NO	NO	NO	0	0	356%
HFC-32	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	NO	NO	NO	47	NA
HFC-125	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	4	6	12	238	1832%
HFC-134a	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	495	1.190	2.835	5.368	89%
HFC-143a	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	6	10	20	53	170%
HFC-152a	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	0	24	NO	NO	NA
HFC-227ea	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	NO	NO	5	17	280%
HFC-365mfc	2.F - Substitutos para SDO*	NO	NO	NO	NO	0	5	1665%
CF ₄	2.C - Indústria metalúrgica	1.964	1.989	952	805	535	248	-54%
	2.E - Indústria eletrônica	NO	NO	NO	NO	0	0	356%
C ₂ F ₆	2.C - Indústria metalúrgica	242	242	108	95	59	26	-56%
SF ₆	2.C - Indústria metalúrgica	138	241	246	455	NO	NO	NA
	2.G - Fabricação/uso de outros produtos	130	128	154	190	241	295	22%

Tabela 2.4

Resultado das emissões de HFCs, PFCs e SF₆ (em CO₂e).

* Substitutos para SDO – Usos de produtos como substitutos para substâncias destruidoras da camada de ozônio. NO – não ocorre a emissão do gás
Obs.: Os percentuais de variação (2010 a 2016) referem-se aos resultados não arredondados das emissões.

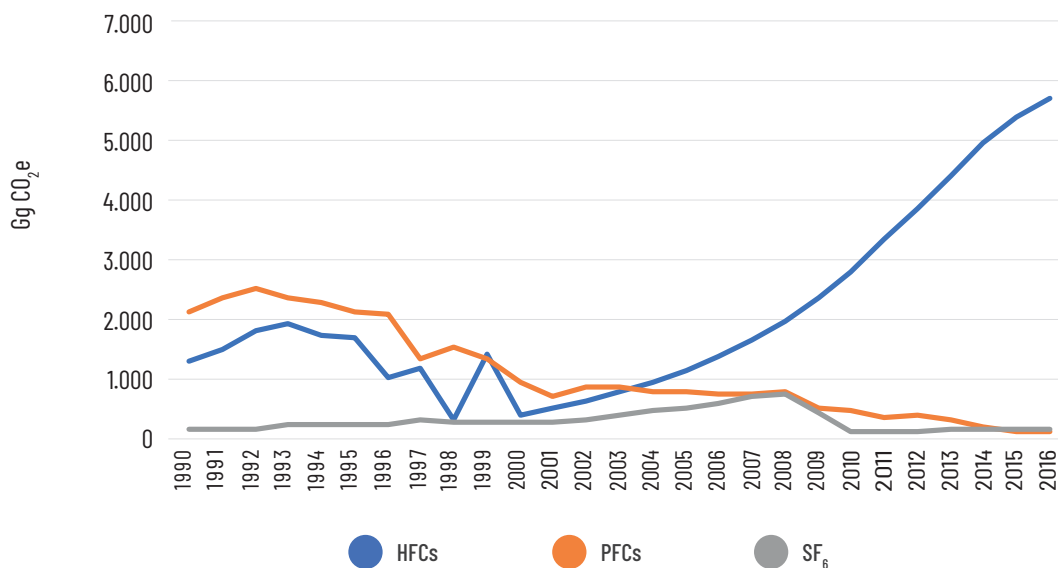


Figura 2.10
Emissões totais de HFCs, PFCs e SF₆ em Gg CO₂e.

2.2.5 Gases de Efeito Estufa Indireto

Os GEE indireto, ou precursores, contribuem para a formação de ozônio troposférico³, que por sua vez é um gás de efeito estufa. Não foram contabilizados em CO₂e, dada a inexistência de métrica associada a eles pelo IPCC. Os gases de efeito estufa indireto inventariados foram: CO (monóxido de carbono), NO_x (óxidos de nitrogênio) e NMVOC (no acrônimo em inglês para compostos orgânicos voláteis não metano).

As emissões de CO e NO_x são, em sua quase totalidade, resultado da queima imperfeita de combustíveis. Para CO, as principais fontes foram a queima de biomassa no setor LULUCF e de combustíveis fósseis no setor Energia; para NO_x, a importância desses dois setores se inverte. Pequena parcela das emissões de CO resulta de processos produtivos, basicamente da produção de alumínio; em relação ao NO_x, alguma emissão ocorre no setor IPPU, na produção de ácido nítrico e alumínio.

As emissões de CO ocorreram majoritariamente no setor LULUCF, seguido do setor Energia. Completam as emissões os setores IPPU e Agropecuária. Essas emissões foram estimadas em 24.044 Gg em 2016, tendo diminuído 9% desde 2010, principalmente devido à redução da queima da cana-de-açúcar pelo avanço da colheita mecanizada, bem como aos novos controles de poluição dos veículos.

³ Situado na camada mais baixa de atmosfera.

O setor Energia emitiu a maior parte das emissões de NO_x , enquanto na sequência aparece o setor LULUCF, além dos setores IPPU e Agropecuária com participações bem menores. As emissões de NO_x foram estimadas em 2.548 Gg em 2016, 5% a menos desde 2010, principalmente devido aos novos controles de poluição dos veículos e também pela mecanização da colheita da cana.

As emissões de NMVOC são, em sua maioria, resultado do uso de solventes, mas também resultam da queima imperfeita de combustíveis ou dos processos da indústria. As emissões de NMVOC em 2016 foram estimadas em 3.241 Gg, valor 19% menor que em 2010, principalmente devido à redução no uso de solventes.

Figura 2.11
Emissões de CO₂
de 1990 a 2016.

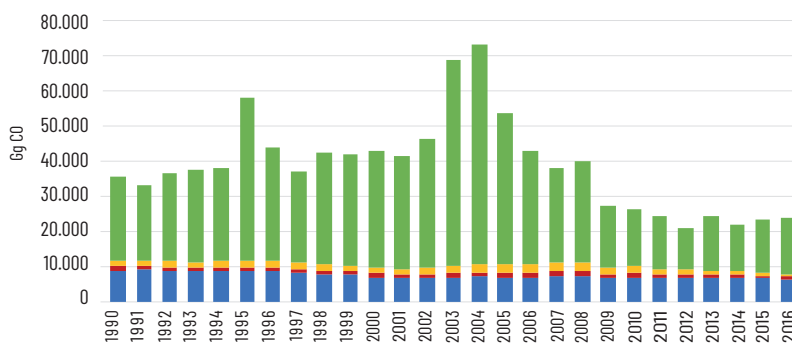
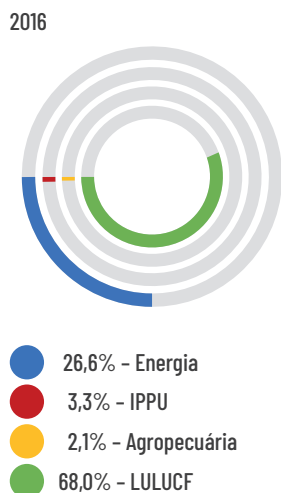
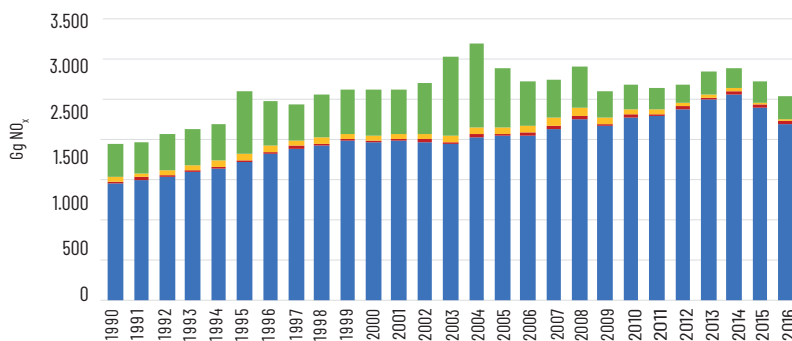
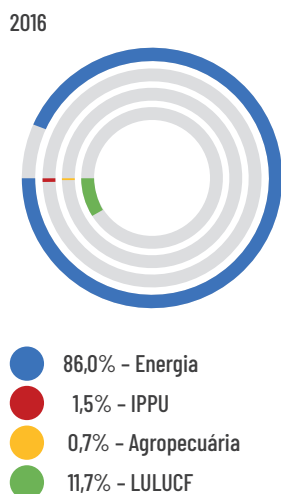
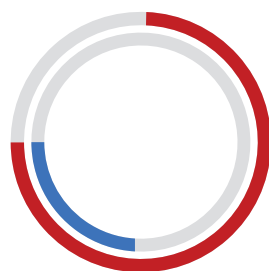


Figura 2.12
Emissões de NO_x
de 1990 a 2016.



2016



- 24,7% - Energia
- 75,3% - IPPU

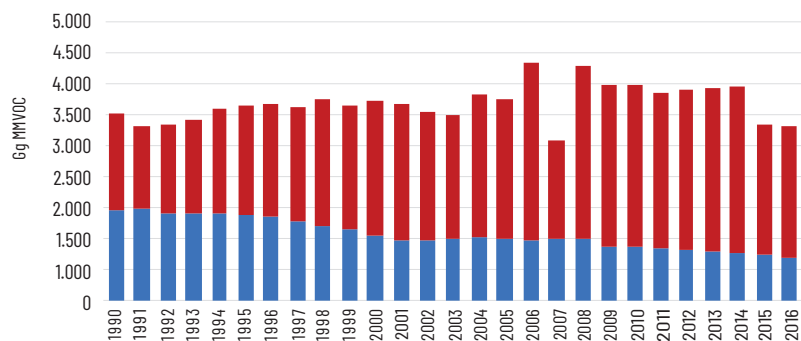


Figura 2.13
Emissões de NMVOC, de 1990 a 2016.

2.3 SETOR ENERGIA (1)

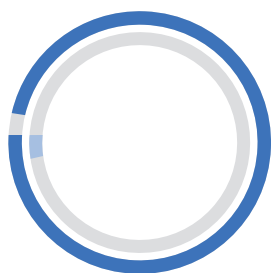
As atividades do setor Energia relacionadas às emissões de GEE estimadas em inventários nacionais são: exploração e conversão de fontes de energia primária (produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, ex.: petróleo, gás natural, carvão mineral, etc.); transmissão e distribuição de combustíveis; e uso de combustíveis em instalações e equipamentos.

Os gases inventariados para o setor foram CO_2 , CH_4 , N_2O , além dos gases de efeito estufa indireto - CO , NO_x e NMVOC. Os principais subsetores em Energia são Atividades de Queima de Combustíveis (1.A) e Emissões Fugitivas (1.B). O subsetor Transporte e Armazenamento de CO_2 - 1.C não foi considerado neste Inventário, pois a Petrobras, apesar de possuir unidades em operação no Brasil com injeção de CO_2 para Recuperação Avançada de Petróleo (EOR, no acrônimo em inglês), não registrou a ocorrência de atividade de armazenamento do CO_2 no período de 1990 a 2016.

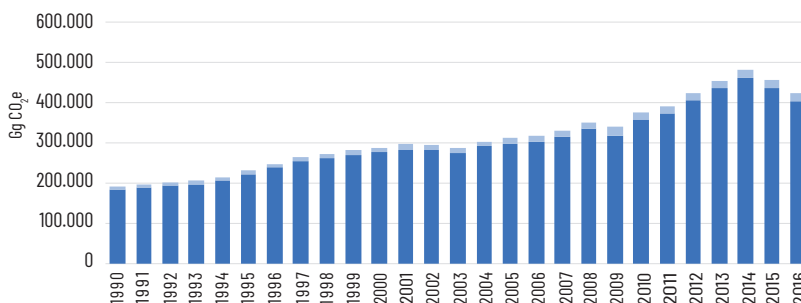
As estimativas de emissões no setor Energia totalizaram 423.580 Gg CO_2e em 2016, o que refletiu em um aumento de 13% com relação às emissões de CO_2e do setor em 2010 (Figura 2.14). O subsetor Atividades de Queima de Combustíveis (1.A) contribuiu com a maior parte das emissões e representou 95% das emissões em CO_2e do setor, enquanto o subsetor Emissões Fugitivas (1.B) representou 5%.

Consulte o **Apêndice** para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).

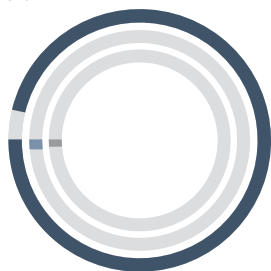
2016



- 95,3% - 1.A. Fuel Combustion Activities
- 4,7% - 1.B. Fugitive Emissions from Fuel



2016



- 95% - CO₂
- 3% - CH₄
- 2% - N₂O

SETOR/ SUBSETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIÇÃO 2010-2016
	Gg CO ₂ e						%
Energia	192.809	230.983	288.164	313.396	374.671	423.580	13,1%
1.A. Atividades de Queima de Combustíveis	184.639	222.515	276.093	296.460	357.455	403.772	13,0%
1.B. Emissões Fugitivas	8.170	8.468	12.070	16.936	17.216	19.807	15,0%

Figura 2.14
Emissões do setor Energia, em CO₂e, por subsetor de 1990 a 2016.

Em 2016, 96% das emissões de CO₂ do setor foram advindas de Atividades de Queima de Combustíveis (1.A). A categoria Transporte (1.A.3) foi a mais representativa, em razão da prevalência dessa atividade no país, contribuindo com 50% das emissões de CO₂. Em relação ao CH₄ e ao N₂O, as emissões do subsetor Atividades de Queima de Combustíveis corresponderam a 67% e 99%, respectivamente.

De acordo com a metodologia IPCC 2006, as emissões de CO₂ provenientes do consumo de combustíveis de biomassa são informadas, porém não são contabilizadas no total de emissões do setor.

2.3.1 Aspectos Metodológicos do Setor

A metodologia para o cálculo das emissões seguiu o IPCC 2006⁴. Para os dados de consumo e transformação de combustíveis, utilizou-se o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2019). Para a modelagem em Tier 2 dos gases não CO₂, a desagregação do consumo de combustíveis entre as destinações finais de energia foi feita mediante a utilização das três edições do Balanço de Energia Útil (BEU)⁵ disponíveis no Brasil para 1983, 1993 e 2004. Para os demais anos, foram realizadas interpolações e extrapolações com os dados existentes. No caso de transporte aéreo e transporte rodoviário (força motriz), as modelagens propiciaram que as estimativas fossem ainda mais detalhadas e incorporassem as tecnologias utilizadas⁶. No Quadro 2.2, são apresentadas as fontes de informações utilizadas em cada categoria.

⁴ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 2, Energy (IPCC, 2006).

⁵ O Balanço de Energia Útil (BEU) permite processar as informações setoriais do BEN, de consumo de energia, para obter estimativas da Energia Final destinada aos Usos Finais: Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto, Refrigeração, Iluminação, Eletroquímica e Outros Usos e, com base nos rendimentos do primeiro processo de transformação energética, estimar a Energia Útil (EPE, 2019).

⁶ Detalhamento disponível nos Relatórios de Referência: Atividades de Queima de Combustíveis – Abordagem Setorial, Aviação Civil e Transporte Rodoviário.

Quadro 2.2

Níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor Energia.

Nota: níveis metodológicos (IPCC, 2006) – T1: Tier 1; T2: Tier 2; T3: Tier 3.

Notações: NA – não aplicável; NO – não ocorre; NE – não estimada.

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIAS
1.A. ATIVIDADES DE QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS	1.A.1. Indústrias de Energia	1.A.1.a. Produção de Eletricidade e Calor como Atividade Principal
		1.A.1.b. Refino de Petróleo
		1.A.1.c. Produção de Combustíveis Sólidos e Outras Indústrias de Energia
	1.A.2. Indústrias de Transformação e de Construção	1.A.2.a. Ferro e Aço
		1.A.2.b. Metais não Ferrosos
		1.A.2.c. Produtos Químicos
		1.A.2.d. Celulose, Papel e Impressão
		1.A.2.e. Processamento de Alimentos, Bebidas e Tabaco
		1.A.2.f. Minerais não Metálicos
		1.A.2.g. Equipamentos de Transporte
		1.A.2.i. Mineração (exceto combustíveis) e Extração
		1.A.2.l. Têxtil e Couro
	1.A.3. Transporte	1.A.3.a. Aviação Civil
		1.A.3.b. Transporte Rodoviário
		1.A.3.c. Transporte Ferroviário
1.A.3.d. Transporte Hidroviário		
1.A.3.e. Outros Transportes		
1.A.4. Outros setores	1.A.4.a. Comercial e Institucional	
	1.A.4.b. Residencial	
	1.A.4.c. Agricultura, Silvicultura, Pesca e Piscicultura	
1.A.5. Não-especificado	1.A.5.a. Estacionária	
	1.A.5.b. Móvel	
	1.A.5.c. Operações Multilaterais	
1.B. EMISSÕES FUGITIVAS DE COMBUSTÍVEIS	1.B.1. Combustíveis Sólidos	1.B.1.a. Mineração e Manejo do Carvão
		1.B.1.b. Combustão Espontânea e Aterros para Queima de Carvão
		1.B.1.c. Transformação de Combustível Sólido
1.B.2. Petróleo e Gás Natural	1.B.2.a. Petróleo	
	1.B.2.b. Gás Natural	

GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS						REFERÊNCIAS	
CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NMVOG	DADOS DE ATIVIDADE	FATORES DE EMISSÃO
T2	T2	T2	T2	T2	T2	Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2019); Balanço de Energia Útil – BEU (1983,1993 e 2004).	Volume 2, Capítulo 2 (IPCC, 2006); Volume 2 (IPCC, 1997); EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2013 e 2017); específicos para lenha e carvão vegetal (BRASIL, 2016).
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T3a	T3a	T3a	T3a	T3a	T3a	Banco de Informações de Movimento de Tráfego Aéreo (BIMTRA); tempos médios para cada etapa do ciclo LTO (OACI, 2011; FOI, 2013); tempos médios de operação padrão APU para aeronaves (ACRP, 2012); Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2019).	Volume 2, Capítulo 3 (IPCC, 2006); ANAC (2020).
T2	T3	T3	T3	T3	T3	Frota circulante: venda de veículos e curva de sucateamento (ANFAVEA, 2019; ABRACICLO, 2019; BRASIL, 2002; BRASIL, 2010; BRASIL, 2014; IBTS, 2019); Consumo de Combustível (CETESB, 2019; BRASIL, 2014; IBTS, 2019); e Intensidade de uso (BRASIL, 2014; GONÇALVES & D'AGOSTO, 2017; CETESB, 2019).	Volume 2, Capítulo 3 (IPCC, 2006); BRASIL (2014); CETESB (2019).
T2	T2	T2	T2	T2	T2	Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2019); Balanço de Energia Útil – BEU (1983,1993 e 2004).	Volume 2, Capítulo 2 (IPCC, 2006); Volume 2 (IPCC, 1997); EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2013 e 2017); específicos para lenha e carvão vegetal (BRASIL, 2016).
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
T2	T2	T2	T2	T2	T2		
NO	NO	NO	NO	NO	NO	Dados de produção de carvão da Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM, 2019).	Volume 2, Capítulo 4 (IPCC, 2006).
NO	T1	NA	NA	NA	NA		
NO	NO	NO	NO	NO	NO		
NO	NO	NO	NO	NO	NO	Resultados de emissões de GEE da Petrobras; Dados de produção e refino da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2019); volume de carga processada do Balanço Energético Nacional (EPE, 2019).	Protocolos da indústria e fontes de emissões das categorias.
T2, T3	T2, T3	T2, T3	NE	NE	NE		
T2, T3	T2, T3	T2, T3	NE	NE	NE		

A principal fonte de dados para os fatores de emissão de CO₂, CH₄ e N₂O foi o IPCC 2006. No caso dos gases não CO₂ (CH₄, N₂O, CO, NO_x e NMVOC), as emissões não dependem somente do tipo de combustível utilizado, mas também da tecnologia de combustão empregada e das condições de operação. Sendo assim, o cálculo mais preciso das emissões desses gases exige dados mais desagregados e metodologia detalhada (*Tier 2* e *Tier 3*). Alguns fatores de emissão utilizados para CH₄ e N₂O foram obtidos do EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*, em suas edições de 2013 e 2016 (EMEP/EEA, 2013; 2017). Na ausência de fatores de emissão adequados nas diretrizes citadas, foram mantidos os do *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 1997).

Os fatores de emissão de gases não CO₂ utilizados nas estimativas das categorias Aviação Civil (1.A.3.a) e Transporte Rodoviário (1.A.3.b) variaram ao longo do período do Inventário e foram obtidos pelas modelagens em *Tier 3a* e *Tier 3*, respectivamente. Essas modelagens foram utilizadas para a desagregação com maior nível de detalhamento que as estimativas das demais categorias. Das modelagens em *Tier 3a* e *Tier 3*, obtiveram-se fatores de emissão médios por combustíveis, para cada ano inventariado.

Alguns dos dados de atividades e resultados de emissões não foram passíveis de desagregação no Inventário. Essas informações foram obtidas de modo agregado e assim foram relatadas. O Quadro 2.3 apresenta as alocações das emissões das subcategorias que não puderam ser desagregadas no setor Energia.

Quadro 2.3
Categorias com valores atribuídos em outras categorias (IE) no setor Energia.

CÓDIGO	CATEGORIAS REALOCADAS	DESTINO DA REALOCAÇÃO
1.A.1.a.i	Geração de Eletricidade	1.A.1.a Produção de Eletricidade e Calor como Atividade Principal
1.A.1.a.ii	Geração combinada de calor e energia (CHP)	1.A.1.a Produção de Eletricidade e Calor como Atividade Principal
1.A.1.a.iii	Plantas geradoras de calor	1.A.2 Indústrias de Transformação e Construção
1.A.1.c.i	Produção de combustíveis sólidos	1.A.1.c Produção de Combustíveis Sólidos e Outras Indústrias de Energia
1.A.1.c.ii	Outras indústrias de energia	1.A.1.c Produção de Combustíveis Sólidos e Outras Indústrias de Energia
1.A.2.h	Maquinário	1.A.2.g Equipamentos de Transporte
1.A.2.j	Madeira e produtos de madeira	1.A.2.d Celulose, Papel e Impressão
1.A.2.k	Construção	1.A.2.g Equipamentos de Transporte
1.A.2.m	Não especificado	1.A.2.g Equipamentos de Transporte
1.A.3.e.ii	Off-road (fora de estrada)	Distribuído setorialmente no BEN
1.A.4.c.i	Estacionária	1.A.4.c Agricultura, Silvicultura, Pesca e Piscicultura
1.A.4.c.ii	Veículos Off-road e outras máquinas	1.A.4.c Agricultura, Silvicultura, Pesca e Piscicultura
1.A.4.c.iii	Pesca (combustão móvel)	1.A.4.c Agricultura, Silvicultura, Pesca e Piscicultura
1.A.5.b.ii	Móvel (componente navegação)	1.A.4.a Comercial e Institucional
1.B.2.biii.2	Produção (Gás Natural)	1.B.2.a.iii.2 Produção e Refino (Petróleo)

Para algumas subcategorias não foi possível calcular as emissões, dada principalmente a falta de informações. No Quadro 2.4, foram compiladas as subcategorias para as quais os GEE não foram estimados no setor Energia.

CÓDIGO	SUBCATEGORIA	OBSERVAÇÕES
1.A.3.b.v.i	Catalisadores à base de ureia	Emissões não consideradas dada a falta de informações nacionais.
1.B.1.a.i.3	Minas subterrâneas abandonadas	Não há informações suficientes para a caracterização das minas abandonadas no país, de modo a estimar as emissões após o encerramento de suas atividades.
1.B.2.a.iii.1	Exploração (Petróleo)	
1.B.2.a.iii.5	Distribuição de produtos de petróleo	Até o Quarto Inventário, a Petrobras não possuía informações suficientes para que as emissões dessas subcategorias pudessem ser estimadas.
1.B.2.b.iii.1	Exploração (Gás Natural)	
1.B.2.b.iii.5	Distribuição (Gás Natural)	

Quadro 2.4
Subcategorias não estimadas (NE) para o setor Energia.

Comparação entre Abordagem de Referência e Abordagem Setorial

O cálculo das emissões de GEE para queima de combustíveis fósseis deve ser elaborado a partir de duas abordagens, de acordo com o IPCC 2006: Abordagem de Referência (metodologia top-down) e Abordagem Setorial (metodologia bottom-up). As emissões que integram a contabilização dos inventários nacionais são as realizadas com a Abordagem Setorial. A Abordagem de Referência, mais simplificada, consiste no cálculo a partir de dados agregados sobre a oferta de combustíveis. Para tal, utiliza-se o conceito de consumo aparente: soma-se a produção de combustíveis primários e a importação de combustíveis primários e secundários; e subtrai-se a exportação de combustíveis primários e secundários, de *bunkers*⁷ e a variação de estoque (que pode ser positiva ou negativa). A partir desse resultado, estimam-se as emissões de CO₂ com base no conteúdo de carbono dos combustíveis.

Para a Abordagem Setorial, são utilizadas informações sobre o consumo de combustíveis por setor energético, que é multiplicado pelos fatores de emissão correspondentes. O cálculo das emissões de CO₂ com as duas abordagens pode levar a resultados diferentes, mas é utilizado como controle de qualidade dos resultados do setor. De acordo com o IPCC 2006, diferenças acima de 5% são consideradas significativas e devem ser investigadas e explicadas.

Para o Quarto Inventário foi observada uma média de variação percentual de 1,7% entre a Abordagem de Referência e a Abordagem Setorial, para a série histórica de 1990 a 2016, com um máximo absoluto de 3,7% em 1998. Em 2016, a diferença entre as duas abordagens foi de -0,1%, conforme Tabela 2.5.

⁷ Na abordagem Setorial as emissões de bunkers internacionais devem ser calculadas e relatadas, no entanto não são computadas no total do país.

Tabela 2.5
 Comparação
 entre as
 abordagens
 de Referência
 e Setorial no
 setor Energia.

ANO	ABORDAGEM DE REFERÊNCIA (Gg CO ₂)	ABORDAGEM SETORIAL (Gg CO ₂)	DIFERENÇA
1990	174.697	170.855	2,2%
1991	180.552	174.530	3,5%
1992	184.171	179.832	2,4%
1993	190.501	185.032	3,0%
1994	199.495	193.483	3,1%
1995	213.954	210.030	1,9%
1996	232.839	226.662	2,7%
1997	248.007	241.647	2,6%
1998	257.084	248.026	3,7%
1999	264.100	256.773	2,9%
2000	266.109	262.738	1,3%
2001	278.428	269.687	3,2%
2002	273.030	267.097	2,2%
2003	262.993	259.898	1,2%
2004	279.238	275.107	1,5%
2005	283.974	279.894	1,5%
2006	287.083	285.827	0,4%
2007	299.812	298.680	0,4%
2008	318.148	317.169	0,3%
2009	302.768	300.476	0,8%
2010	344.435	339.596	1,4%
2011	357.952	356.153	0,5%
2012	387.867	387.400	0,1%
2013	422.113	418.400	0,9%
2014	445.837	443.238	0,6%
2015	420.273	418.006	0,5%
2016	385.396	385.850	-0,1%

Bunker Internacional

De acordo com o IPCC 2006, as emissões decorrentes de queima de combustíveis em atividade internacional (*bunker*), para as quais ainda não há um critério de divisão de responsabilidades, não devem ser contabilizadas nos inventários nacionais, porém devem ser informadas para fins de composição dos dados globais. Essas emissões estão relacionadas aos voos e ao transporte marítimo e fluvial que saem de um país e chegam a outro. Para este Inventário, as subcategorias que têm emissões vinculadas a *bunkers* foram:

- 1.A.3.a.i. Aviação Internacional
- 1.A.3.d.i. Navegação Internacional

Aviação Internacional

Para a estimativa de emissões de *bunker* na aviação de 2005 a 2016, foram utilizadas informações referentes ao querosene de aviação consumido em voos internacionais, a partir da modelagem *bottom-up* (ANAC, 2020). A divisão em voos domésticos e bunker não foi necessária no caso da gasolina de aviação, visto que a utilização dessa fonte energética é convencionalmente empregada em aeronaves pequenas que operam em rotas domésticas. O cálculo das emissões de 1990 a 2004 foi realizado a partir das informações de consumo de bunker do BEN, ajustadas pela técnica de sobreposição (*overlap*) para manutenção da consistência temporal da série histórica, e considerou os fatores de emissão implícitos obtidos em 2005 (da modelagem *bottom-up* supracitada).

A Figura 2.15 ilustra a evolução das emissões em CO₂e para aviação nacional e internacional.

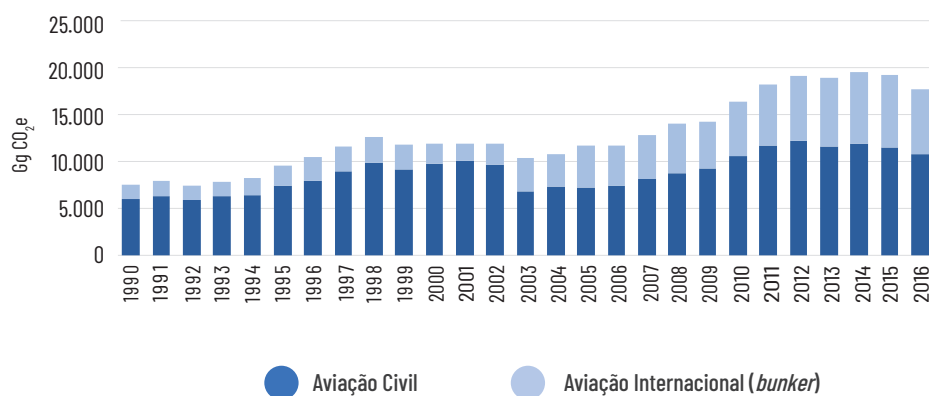


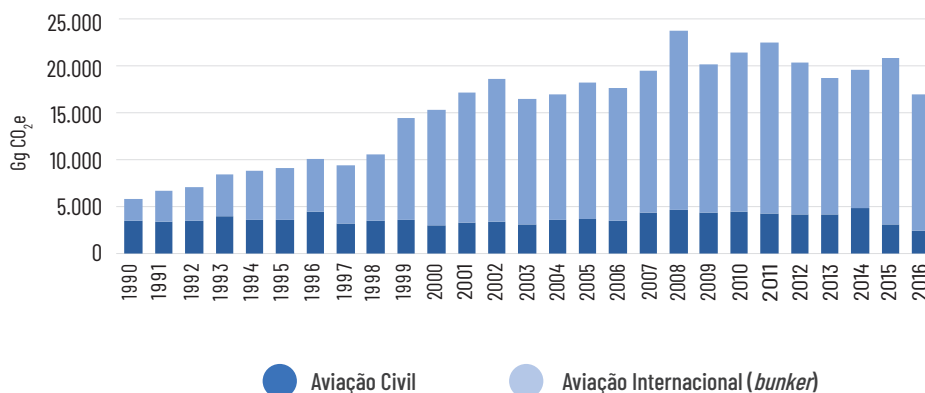
Figura 2.15
Série histórica das emissões de CO₂e para Aviação Civil e Internacional, de 1990 a 2016.

Navegação Internacional

Para o cálculo das emissões relacionadas à navegação internacional, foram considerados os consumos de bunkers de óleo combustível e óleo diesel indicados no BEN, referentes ao transporte hidroviário internacional. A partir do consumo desses combustíveis, foram aplicados fatores de emissão específicos. Na Figura 2.16 é apresentada a evolução das emissões em CO₂e para navegação nacional e internacional.

Figura 2.16

Série histórica das emissões de CO₂e para Navegação Doméstica e Internacional, de 1990 a 2016.



Combustíveis de Uso Não Energético

A fim de evitar dupla contagem, as emissões de uso não energético de combustíveis não são contabilizadas no setor Energia e as suas emissões foram alocadas em IPPU, conforme descrito a seguir:

- Indústria Metalúrgica: combustíveis utilizados como redutores na indústria de ferro-gusa e aço, ferroligas e não ferrosos. Ressalta-se que são considerados redutores os valores de coque de petróleo, carvões betuminosos, coque de carvão mineral e carvão vegetal, cujo uso final ocorre em aquecimento direto, de acordo com o Balanço de Energia Útil (BEU).
- Produtos não energéticos de combustíveis e solventes: combustíveis como asfalto, lubrificantes, solventes e outros produtos não energéticos de petróleo, especificados no BEN.
- Indústria Química: todos os combustíveis contabilizados como “consumo final não energético” no BEN, à exceção daqueles incluídos no item acima.

2.3.2 Atividades de Queima de Combustíveis (1.A)

No subsetor Atividades de Queima de Combustíveis (1.A) são contabilizadas as emissões por oxidação do carbono contido nos combustíveis durante o seu uso final, ou na geração de eletricidade. Os gases considerados nesse subsetor foram CO₂, CH₄ e N₂O, além dos gases de efeito estufa indireto (CO, NO_x e NMVOC).

Em 2016, esse subsetor totalizou 403.772 Gg CO₂e. A categoria Transporte (1.A.3) teve a maior participação, com 51,1% do total de CO₂e emitido em 2016. Indústrias de Energia (1.A.1) e Indústrias de Transformação e de Construção (1.A.2) corresponderam a 19,5% e 18,6%, respectivamente. De 2010 a 2016, as emissões totais do subsetor aumentaram 13% em CO₂e.

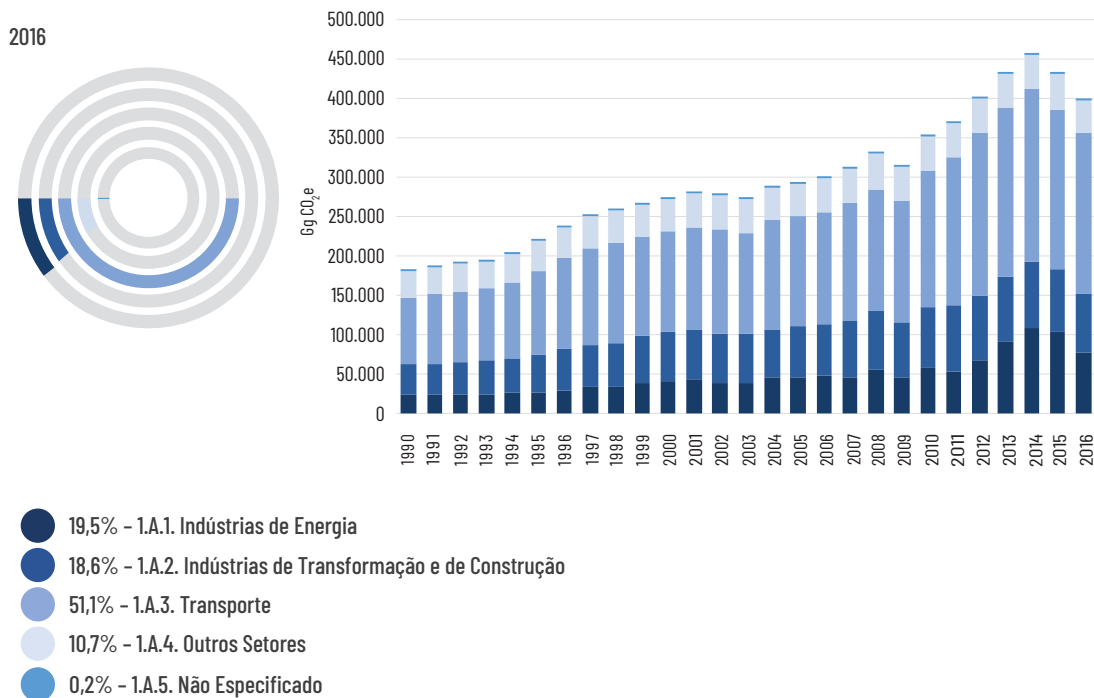


Figura 2.17 Emissões de Atividades de Queima de Combustíveis (1.A), em CO₂e, por categoria de 1990 a 2016.

Na categoria Indústrias de Energia (1.A.1), as emissões mais representativas em 2016 foram decorrentes da queima de combustíveis para a geração de eletricidade, que corresponderam a 54,4% da categoria.

Para a categoria Indústrias de Transformação e de Construção (1.A.2), o consumo de energia na indústria de minerais não metálicos representou a maior participação nas emissões de GEE da categoria em 2016 (com 25,7%), seguida pela indústria de produtos químicos (18,8%) e metais não ferrosos (12,0%).

Em Transporte (1.A.3), o modal rodoviário participou com 91,5% do total de emissões da categoria em 2016. Desses, caminhões pesados e ônibus representaram 55,3%, e os automóveis participaram com 35,9%.

Em 2016, para a categoria Outros Setores (1.A.4), o setor residencial contribuiu com 56,1% das emissões, principalmente devido ao uso da lenha para cocção.

A categoria indicada como Não Especificado (1.A.5) referiu-se majoritariamente ao componente aviação, devido ao consumo de combustíveis em helicópteros, pequenas aeronaves e aeronaves militares, não incluídos na categoria Transporte (1.A.3).

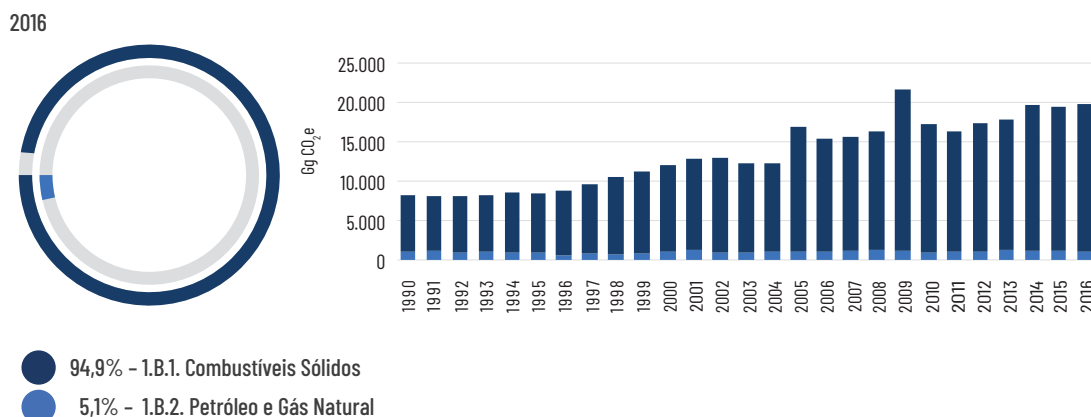
2.3.3 Emissões Fugitivas a partir da Produção de Combustíveis (1.B)

Os GEE emitidos acidentalmente ou intencionalmente durante a extração, o processamento, o armazenamento e o transporte de combustíveis fósseis até o seu uso final são referidos como emissões fugitivas. Dessa maneira, o subsetor Emissões Fugitivas a partir da Produção de Combustíveis, ou apenas Emissões Fugitivas (1.B), está relacionado com as emissões dos sistemas de produção de combustíveis, com exceção das contribuições pela combustão dos combustíveis.

No Brasil, essas emissões referem-se ao processo de mineração e beneficiamento do carvão mineral (1.B.1.a Mineração e Manejo do Carvão), além daquelas associadas ao processo de extração, transporte e processamento de petróleo e gás natural (1.B.2 Petróleo e Gás Natural). Em 2016, as emissões desse subsetor totalizaram 19.807 Gg CO₂e, com aumento de 15% em relação ao resultado de 2010.

Dadas as características nacionais, para a Mineração e Manejo do Carvão (1.B.1.a) foi estimado apenas o CH₄, e para a categoria Petróleo e Gás Natural (1.B.2) foram considerados os gases CO₂, CH₄ e N₂O.

Figura 2.18
Emissões do subsetor Emissões Fugitivas (1.B), em CO₂e, por categoria de 1990 a 2016.



A categoria Combustíveis Sólidos (1.B.1), integralmente representada pela subcategoria Mineração e Manejo do Carvão (1.B.1.a), contribuiu, em 2016, com 5,1% das emissões totais de CO₂ do subsetor. As emissões dessa subcategoria referem-se às operações de mineração e beneficiamento do carvão mineral e compreendem as emissões fugitivas de CH₄ das minas superficiais e subterrâneas, além das atividades de pós-mineração. A quantidade de CH₄ liberada durante a mineração depende da classificação do carvão, da profundidade em que ele se encontra, do seu conteúdo de gás e do método de mineração.

Em 2016, a subcategoria Minas Subterrâneas (1.B.1.a.i) foi responsável por 90,9% das emissões de CO₂ e da categoria Combustíveis Sólidos (1.B.1), sendo o restante das emissões correspondente às Minas Superficiais (1.B.1.a.ii).

A categoria Petróleo e Gás Natural (1.B.2) representou 94,9% das emissões de CO₂ e do subsetor (1.B), sendo que 94,7% das emissões dessa categoria estiveram relacionados ao Petróleo (1.B.2.a) e 5,3% ao Gás Natural (1.B.2.b), em 2016. Dos gases estimados no subsetor (1.B), o CO₂ representou 80% das emissões em 2016, seguido por CH₄ com 19,7% e N₂O com 0,3%.

As emissões da categoria Petróleo e Gás Natural (1.B.2) incluem as emissões fugitivas de CH₄ durante a extração de petróleo e gás natural, seu transporte e distribuição em dutos e navios e seu processamento nas refinarias. São também consideradas as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O por queima em tochas (*flare*) nas plataformas de extração de petróleo e gás natural e nas unidades de refinaria. As emissões de CO₂ por queima em tochas, ou combustão não útil, são incluídas como emissões fugitivas, mesmo sendo resultado de combustão, porém estão associadas à perda e não ao consumo útil do combustível. O uso de petróleo e gás natural, ou de seus derivados, para fornecer energia para uso interno na produção de energia e transporte é considerado como combustão e, portanto, tratado no subsetor Atividade de Queima de Combustíveis (1.A.).

2.4 SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (2)

As emissões relacionadas às atividades do setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) são aquelas resultantes dos processos produtivos nas indústrias, inclusive o consumo não energético de combustíveis como matéria-prima. A queima de combustíveis para fins energéticos é relatada no setor Energia (1.A).

Foram considerados os seguintes subsetores: Indústria Mineral (2.A), Indústria Química (2.B), Indústria Metalúrgica (2.C), Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D), Indústria Eletrônica (2.E), Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (2.F), Fabricação e Uso de Outros Produtos (2.G) e Outros (2.H).

Os gases inventariados no setor foram: CO₂, CH₄, N₂O e SF₆; os pertencentes à família dos HFCs (hidrofluorcarbonos) – HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a, HFC-227ea e HFC-365mfc; e os PFCs (perfluorcarbonos) – CF₄ e C₂F₆. Não foi identificado o uso de NF₃ (trifluoreto de nitrogênio) no país.

Consulte o **Apêndice** para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).

As estimativas de emissões do setor IPPU totalizaram 93.359 Gg CO₂e em 2016, o que indicou um aumento de 7% em relação a 2010, conforme ilustra a Figura 2.19. O subsetor Indústria Metalúrgica (2.C) contribuiu com a maior parte das emissões, representando 52% das emissões em CO₂e do setor em 2016. O subsetor Indústria Mineral (2.A) foi o segundo mais representativo, com 31%.

Para 2016, as emissões de CO₂ representaram 92% do total do setor (em CO₂e), com a contribuição dos subsetores Indústria Metalúrgica (2.C) e Indústria Mineral (2.A) de 56% e 34%, respectivamente.

Em seguida ao CO₂, houve a participação dos gases HFCs, com 6% do setor, com destaque para o subsetor Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (2.F), que representou quase 100% deles.

O CH₄ teve 0,8% de participação das emissões de GEE do setor em 2016, sendo 65% provenientes do subsetor Indústria Metalúrgica (2.C) e 35% do subsetor Indústria Química (2.B).

O N₂O respondeu por 0,4% das emissões em 2016, divididas entre o subsetor Indústria Metalúrgica (2.C), com 66%, e o subsetor Indústria Metalúrgica (2.C), com 34%.

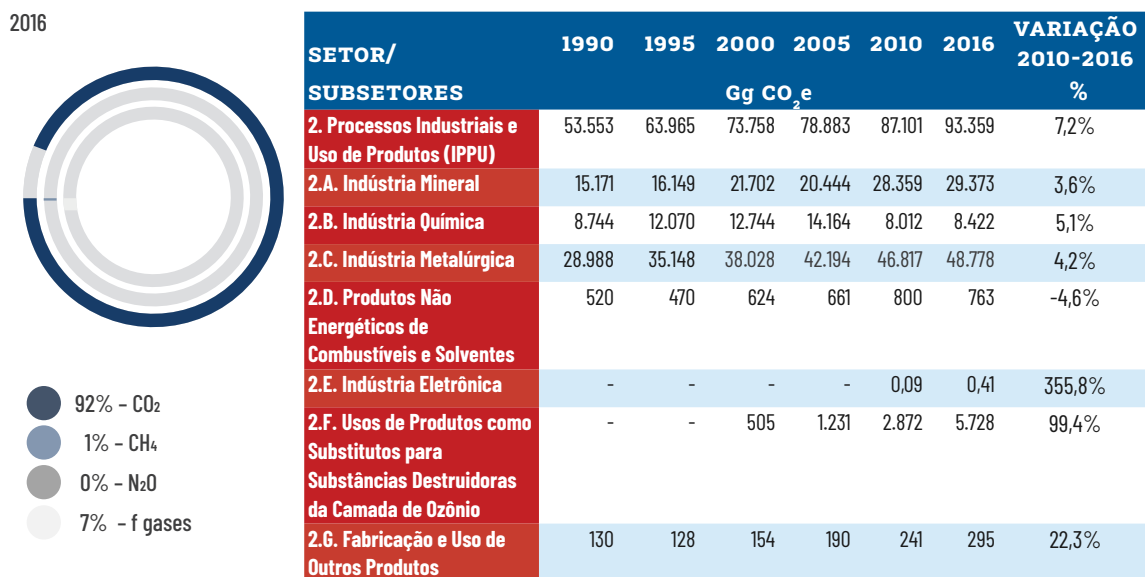
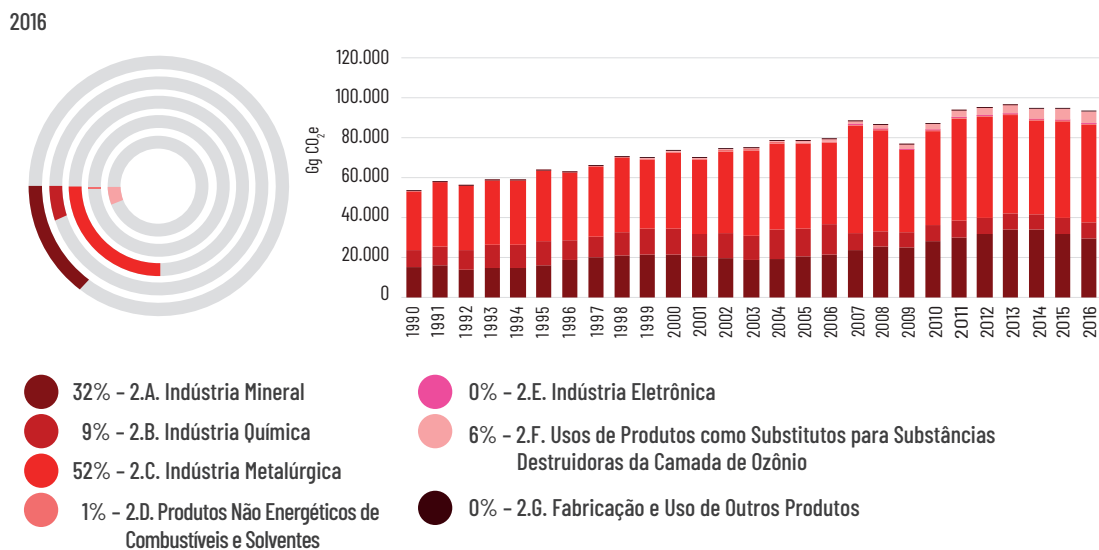


Figura 2.19

Emissões do setor Processos Industriais e Uso de Produtos, em CO₂e, por subsetor, de 1990 a 2016.

As participações das emissões dos PFCs e do SF₆ foram iguais, 0,3% cada um, sendo os primeiros emitidos quase totalmente devido à produção de alumínio e o segundo devido à Fabricação e Uso de Outros Produtos (2.G), mais especificamente em equipamentos elétricos.

2.4.1 Aspectos Metodológicos do Setor

A metodologia para o cálculo das emissões foi a indicada no IPCC 2006⁸. Para os fatores de emissão de gases de efeito estufa indireto, sobre os quais não há atualizações, usou-se a referência do IPCC 1996⁹. Sempre que possível, foram adotados parâmetros ou fatores de emissão disponíveis na literatura nacional, por exemplo na produção de cerâmica, ou utilizados na indústria, como ocorreu na produção de ferro e aço, na de cimento e na indústria química, de forma a retratar a realidade do país e evitar o uso de valores *default* do IPCC. Os dados obtidos de fontes oficiais foram complementados por informações provenientes do setor produtivo, por meio de suas associações de classe.

O acesso aos dados de atividades e outros parâmetros no setor IPPU apresentou desafios particulares, por muitas vezes envolver a confidencialidade de informações das empresas no que tange aos processos tecnológicos ou mesmo à quantidade de suas produções. Para alguns subsetores, como produção de cimento, de alumínio e de ferro e aço, as quantidades produzidas estavam disponíveis em publicações oficiais, tais como no Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA (IBGE, 2017b), BEN (EPE, 2019) e Anuários Estatísticos do Setor Metalúrgico e do Setor de Transformação de Não Metálicos (MME, 2019), eventualmente sem o refinamento desejado para aplicação no Inventário. Para complementar as informações relacionadas a alguns parâmetros e fatores de emissão desses subsetores, as associações industriais foram importantes, seja pelo acesso às suas publicações, seja pelo contato direto com as empresas.

Para os subsetores Produção de Cimento (2.A.1) e Produção de Alumínio (2.C.3), foram obtidas informações agregadas de associações industriais referentes às estimativas mais precisas (Tier 3), para anos específicos, de empresas associadas. Na ausência desses valores, foram realizadas extrapolações com os dados disponíveis. Para o subsetor de Produção de Ferro e Aço (2.C.1), dados recolhidos pelo Instituto Aço Brasil junto às suas associadas permitiram um balanço geral de carbono para o cálculo do CO₂ (Tier 2).

Na Indústria Química (2.B), para produção de Ácido Nítrico (2.B.2) e Ácido Adípico (2.B.3), a existência de projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)¹⁰ permitiu o acesso a dados detalhados de empresas, com base nos relatórios publicados de monitoramento das operações de reduções de GEE.

No Quadro 2.5, são apresentados o detalhamento das metodologias, os parâmetros, os fatores de emissão e as fontes de informações utilizadas em cada categoria do setor IPPU.

⁸ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 3, Industrial Processes and Product Use (IPCC, 2006).

⁹ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 3, Industrial Processes and Product Use (IPCC, 1997).

¹⁰ Página do MDL. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>.

Quadro 2.5

Níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor IPPU.

Nota: níveis metodológicos IPCC, 2006 – T1: Tier 1; T2: Tier 2; T3: Tier 3.

Notações: NA – não aplicável, pois não há metodologia para estimar as emissões; IE – incluído em outro local; NO – não ocorre a emissão do gás no país; NE – não estimada.

SUBSETOR	CATEGORIA	GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS								
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NMVOC	HFCs	PFCs	SF ₆
2.A. INDÚSTRIA MINERAL	2.A.1. Produção de Cimento	T3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.A.2. Produção de Cal	T2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.A.3. Produção de Vidro	T3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.A.4. Outras Utilizações de Carbonatos em Processos	T2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2.B. INDÚSTRIA QUÍMICA	2.B.1. Produção de Amônia	T3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.B.2. Produção de Ácido Nítrico	NA	NA	T3/ T1	NA	T1	NA	NA	NA	NA
	2.B.3. Produção de Ácido Adípico	NA	NA	T3	T1	T1	NA	NA	NA	NA
	2.B.4. Caprolactama, Glioxal e Produção de Ácido Glioxílico	NA	NA	T1/ NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.B.5. Produção de Carbureto	T1	NO	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.B.6. Produção de Dióxido de Titânio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.B.7. Produção de Carbonato de Sódio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.B.8. Produção de Petroquímica e Negro de Fumo	T1	T1	NA	NA	T1	T1	NA	NA	NA
	2.B.9. Produção de Fluoroquímicos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1	NA	NA
2.C. INDÚSTRIA METALÚRGICA	2.C.1. Produção de Ferro e Aço	T2	T1	T1	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.C.2. Produção de Ferroligas	T2	T1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.C.3. Produção de Alumínio	T1/ T2/ T3	NA	NA	T1	T1	NA	NA	T1/ T2/ T3	NA
	2.C.4. Produção de Magnésio	T1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T1
	2.C.5. Produção de Chumbo	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.C.6. Produção de Zinco	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.C.7. Outro (não ferrosos, fora alumínio e magnésio)	T1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

FATORES DE EMISSÃO

Produção total de clínquer (SNIC, 2013).	Dados provenientes do SNIC (2013), com último cálculo de fatores de emissão tendo sido feito efetivamente em 2010. A partir de 2011, o fator implícito foi a média dos anos 2008 a 2010.
Produção de cal virgem e hidratada (ABPC, 2014). A partir de 2015, mantidos os valores de 2014. Composição média das cales segundo a variação permitida pelas normas brasileiras.	Volume 3, Capítulo 2 (IPCC, 2006).
Produção de vidro do Anuário Estatístico – Setor Transformação de Não Metálicos (MME, 2019). Após os últimos dados (2011), a produção foi calculada com índices de evolução do IBGE, para “23.1 Fabricação de vidro e de produtos do vidro”.	Estequiometria dos processos químicos, a partir da composição média da matéria-prima dos vidros, segundo o Anuário, com fatores de emissão do Volume 3, Capítulo 2 (IPCC, 2006).
Cerâmica: Produção (IBGE, 2017b), distribuição da produção nacional pelo Anuário de Estatístico do Setor Transformação de Não Metálicos (MME, 2019) e pela Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM, 2019); Barrilha: Produção, importação e exportação (ABIQUIM, 2014); Magnesita: Dados do Sumário Mineral (ANM, 2016) e Balanço Mineral Brasileiro 2001 (ANM, 2001).	Para cerâmica foram consultadas diversas publicações que diferenciaram os parâmetros de acordo com características dos vários estados e regiões do país. Estequiometria dos processos químicos; Volume 3, Capítulo 2 (IPCC, 2006).
Produção de amônia (ABIQUIM, 2014); Ureia (IBGE, 2017b), para anos anteriores a 2005, combinado com dados ABIQUIM de 2005 a 2007.	Fator específico nacional, descontando-se a emissão de CO ₂ da ureia.
Produção até 2007 (ABIQUIM, 2009). Após, pelo monitoramento de projetos MDL (UNFCCC, 2019).	Dados Abiquim (2009) e de monitoramento de projetos MDL (UNFCCC, 2019).
Produção até 2010 (ABIQUIM, 2009; 2012). Após, pelo monitoramento de projetos MDL (UNFCCC, 2019).	Dados Abiquim (2012) e de monitoramento de projetos MDL (UNFCCC, 2019).
ABIQUIM (2014).	Volume 3, Capítulo 3 (IPCC, 2006).
Informações específicas da planta até 2007, com complemento até 2010 (ABIQUIM, 2012); repetição até 2016.	Informações específicas da planta até 2007; 2008 a 2010 ABIQUIM (2012); repetição até 2016.
ABIQUIM (2020).	Volume 3, Capítulo 3 (IPCC, 2006).
Prozon (1999).	Volume 3, Capítulo 3 (IPCC, 2006).
Instituto Aço Brasil (IABR, 2017)	CO ₂ : balanço de carbono (IABR, 2020); não CO ₂ : Volume 2, Capítulo 2 (IPCC, 2006).
Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2019)	Volume 3, Capítulo 4 (IPCC, 2006).
ABAL (2019)	CO ₂ e PFCs: ABAL (2019); não CO ₂ : IPCC (1997).
RIMA Industrial (2009). Após 2005, monitoramento de projeto MDL (UNFCCC, 2019).	Volume 3, Capítulo 4 (IPCC, 2006).
Balanço Energético Nacional – BEN (EPE, 2019).	Volume 3, Capítulo 4 (IPCC, 2006).

SUBSETOR	CATEGORIA	GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS								
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NM VOC	HFCs	PFCs	SF ₆
2.D. PRODUTOS NÃO ENERGÉTICOS DE COMBUSTÍVEIS E SOLVENTES	2.D.1. Uso de Lubrificantes	T1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.D.2. Uso de Cera de Parafina	IE	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.D.3. Outros	T1	NA	NA	NA	NA	T1	NA	NA	NA
2.E. INDÚSTRIA ELETRÔNICA	2.E.1. Circuito Integrado ou Semicondutor	NA	NA	NA	NA	NA	NA	IE	IE	NO
	2.E.2. Display de Tela Plana TFT	NA	NA	NA	NA	NA	NA	IE	IE	NO
	2.E.3. Painéis Fotovoltaicos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE	NO
	2.E.4. Fluido de Transferência de Calor	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO	NO
	2.E.5. Outros	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T2a	T2a	NO
2.F. USOS DE PRODUTOS COMO SUBSTITUTOS PARA SUBSTÂNCIAS DESTRUIDORAS DA CAMADA DE OZÔNIO	2.F.1. Refrigeração e Ar-Condicionado	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T2a	NO	NA
	2.F.2. Agentes de Espuma	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T2a	NO	NA
	2.F.3. Proteção Contra Incêndio	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T2a	NO	NA
	2.F.4. Aerossóis	NA	NA	NA	NA	NA	NA	T2a	NO	NA
	2.F.5. Solventes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NE	NE	NA
	2.F.6. Outras Aplicações	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO	NA
2.G. FABRICAÇÃO E USO DE OUTROS PRODUTOS	2.G.1. Equipamento Elétrico	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	T1
	2.G.2. SF ₆ e PFCs de Uso de Outros Produtos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NO	NO
	2.G.3. N ₂ O dos Usos de Produto	NA	NA	NE	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2.G.4. Outros	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2.H. OUTROS	2.H.1. Indústria de Papel e Celulose	NA	NA	NA	NA	NA	T1	NA	NA	NA
	2.H.2. Indústria de Alimentos e Bebidas	NA	NA	NA	NA	NA	T1	NA	NA	NA
	2.H.3. Outras	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

FATORES DE EMISSÃO

Balanco Energético Nacional – BEN (EPE, 2019).

Volume 3, Capítulo 5 (IPCC, 2006).

Balanco Energético Nacional – BEN (EPE, 2019).

IPCC (1997)

Estatística comércio exterior – Comex Stat (ME, 2019).

Volume 3, Capítulo 6 (IPCC, 2006).

Estatística comércio exterior – Comex Stat (ME, 2019), IBGE (2017b), ELETROS (2019).

Volume 3, Capítulo 7 (IPCC, 2006).

Estatística comércio exterior – Comex Stat (ME, 2019).

Volume 3, Capítulo 7 (IPCC, 2006).

Estatística comércio exterior – Comex Stat (ME, 2019).

Volume 3, Capítulo 7 (IPCC, 2006).

Estatística comércio exterior – Comex Stat (ME, 2019).

Volume 3, Capítulo 7 (IPCC, 2006).

Pesquisa nacional MCT (2009).

Volume 3, Capítulo 8 (IPCC, 2006).

IBA (2019).

IPCC (1997).

Alimentos em geral e cervejas: IBGE (2017b); Açúcar: UNICA (2019); Vinhos: IBRAVIN (2019), UVIBRA (2019), após 2004 (IBGE, 2017b).

IPCC (1997).

Alguns dos dados de atividades e resultados de emissões não foram passíveis de desagregação no Inventário, portanto, essas informações foram obtidas de modo agregado e foram assim relatadas. O Quadro 2.6 apresenta as alocações das emissões das categorias que não puderam ser desagregadas, no Setor IPPU.

Quadro 2.6

Categorias com valores atribuídos em outras categorias (IE) no Setor IPPU.

CÓDIGOS IPCC	CATEGORIAS REALOCADAS	DESTINO DA REALOCAÇÃO
2.C.5.	Produção de Chumbo	2.C.7. Outros (não ferrosos, fora alumínio e magnésio)
2.D.2.	Uso de Cera de Parafina	2.E.5. Outros
2.E.1.	Circuito Integrado ou Semicondutor	2.E.5. Outros
2.E.2.	Display de Tela Plana TFT	2.E.5. Outros

Para algumas categorias não foi possível calcular as emissões, dada, principalmente, a falta de informações. No Quadro 2.7 foram compiladas as subcategorias para as quais os GEE não foram estimados no setor IPPU.

Quadro 2.7

Categorias não estimadas (NE) no Inventário para o setor IPPU.

CÓDIGOS IPCC	CATEGORIAS NÃO ESTIMADAS	OBSERVAÇÕES
2.E.3.	Painéis Fotovoltaicos	Produção (desde 2012) considerada ainda muito incipiente
2.E.4.	Fluido de transferência de calor	Produção considerada ainda muito incipiente até 2016
2.F.5.	Solventes	Dados não puderam ser obtidos devido à grande quantidade de possíveis variações nessa área e outros usos para as mesmas substâncias
2.G.3.	N ₂ O dos Usos de Produto	Dados não estão disponíveis no país

2.4.2 Indústria Mineral (2.A)

No subsetor Indústria Mineral (2.A) estão incluídas as emissões de CO₂ referentes aos processos de Produção de Cimento (2.A.1), Produção de Cal (2.A.2), Produção de Vidro (2.A.3) e Outras Utilizações de Carbonatos em Processos (2.A.4).

Em 2016, a Indústria Mineral (2.A) emitiu 29.373 Gg CO₂e, que correspondeu a 31% das emissões do setor em CO₂e (Figura 2.20). As principais emissões estiveram vinculadas à categoria Produção de Cimento (2.A.1), que emitiu 21.238 Gg CO₂e e contribuiu com 72% das emissões do subsetor. Em seguida, a Produção de Cal (2.A.2), com emissão de 6.071 Gg CO₂e, representou 21% das emissões. Em 2016, as emissões do subsetor Indústria Mineral (2.A) foram 3,6% maiores que as estimadas em 2010. No entanto, observou-se um aumento acentuado das emissões entre 2011 e 2013, revertendo-se a tendência de 2014 em diante.

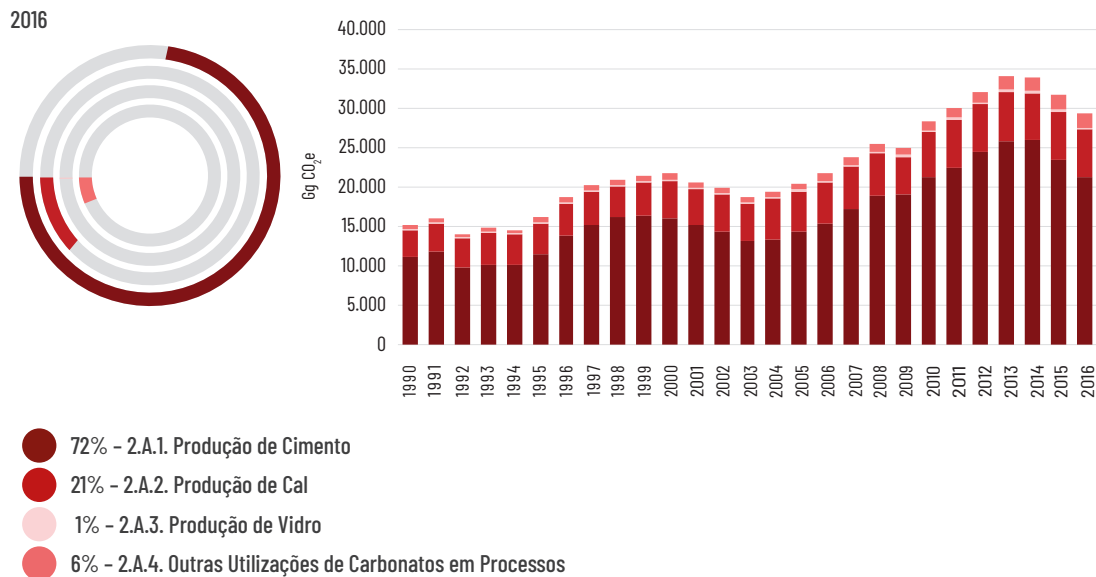


Figura 2.20
Emissões da Indústria Mineral (2.A), em CO₂e, por categoria, de 1990 a 2016.

2.4.3 Indústria Química (2.B)

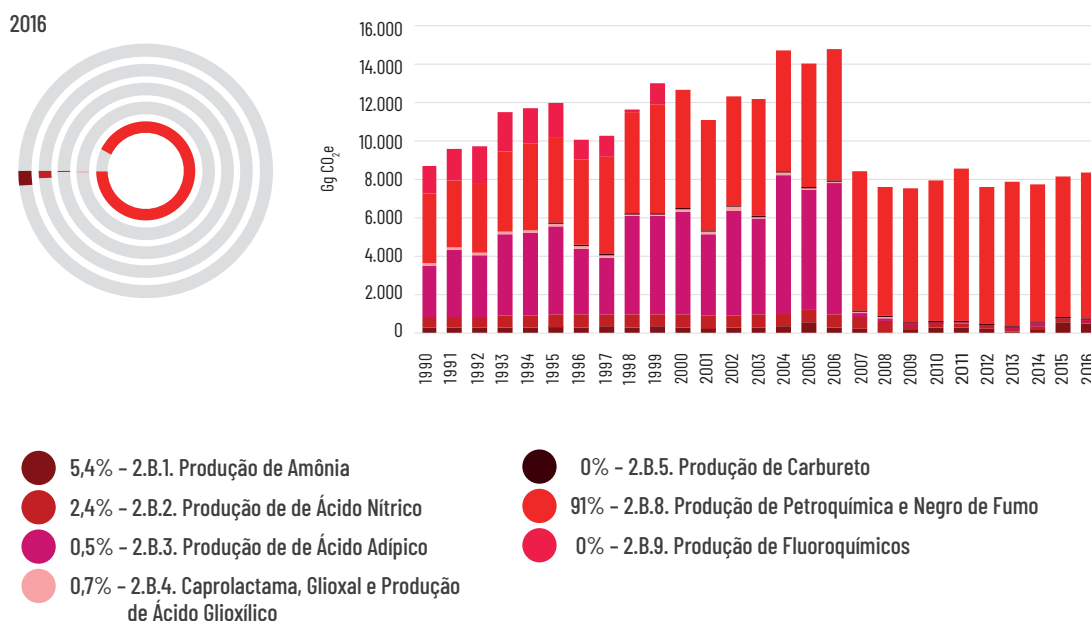
No subsetor Indústria Química (2.B), as emissões resultam de seus processos produtivos. As categorias estimadas no Inventário foram: Produção de Amônia (2.B.1); Produção de Ácido Nítrico (2.B.2); Produção de Ácido Adípico (2.B.3); Caprolactama, Glioxal e Produção de Ácido Glioxílico (2.B.4); Produção de Carbureto (2.B.5); Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8); Produção de Fluoroquímicos (2.B.9). A Produção de Dióxido de Titânio (2.B.6) não emite GEE, devido à rota tecnológica utilizada no país. Para a categoria Produção de Carbonato de Sódio (2.B.7), não houve atividade.

Em 2016, a Indústria Química (2.B) apresentou emissão de 8.422 Gg CO₂e, ou 9% das emissões do setor, com aumento de 5,1%, se comparado com 2010 (Figura 2.21). A categoria Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8) foi a mais representativa, e correspondeu a 91% do total do subsetor (2.B). Os produtos petroquímicos que tiveram suas emissões estimadas foram: Metanol, Eteno (ou Etileno), Dicloroetano e Cloreto de Vinila (MVC), Óxido de Eteno, Acrilonitrila e Coque de Petróleo Calcinado.

Na sequência, as emissões pela Produção de Amônia (2.B.1), Produção de Ácido Nítrico (2.B.2) e Produção de Ácido Adípico (2.B.3) foram as mais representativas, com 5%, 2% e 1%, respectivamente.

Entre 2010 e 2016, dentre as emissões do subsetor Indústria Química (2.B), as de CO₂ cresceram em 5,8%, as de CH₄ em 1,8% e as de NMVOC em 7,8%. Nesse período, as emissões de N₂O caíram 9,2%, as de CO, 49% e as de NO_x, 21%.

Figura 2.21
Emissões da Indústria Química (2.B), em CO₂e, por categoria, de 1990 a 2016.



No que se refere a CO₂, observa-se que, em todo o período, a principal categoria emissora foi a Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8) e que, em 2016, contribuiu com 94% das emissões desse gás no subsetor. Nesta categoria, destacaram-se as emissões referentes à produção de Eteno (81% da categoria).

No caso de CH₄, o total das emissões referiu-se à categoria Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8), com destaque para produção de Eteno (92% da categoria). As emissões de N₂O advieram das categorias Produção de Ácido Nítrico (2.B.2) e Produção de Amônia (2.B.1), que representaram 77% e 23% em 2016, respectivamente.

Em relação a CO, as emissões estiveram relacionadas com a categoria Produção de Ácido Adípico (2.B.3). As emissões de NO_x foram oriundas da Produção de Ácido Nítrico (2.B.2), Produção de Ácido Adípico (2.B.3) e Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8), com 77%, 19% e 4,6%, respectivamente, em 2016. Por fim, as emissões de NMVOC foram oriundas da categoria Outros Produtos Químicos (2.B.10) e da Produção de Petroquímica e Negro de Fumo (2.B.8), com contribuições de 81% e 19%, respectivamente, em 2016.

2.4.4 Indústria Metalúrgica (2.C)

As emissões do subsetor Indústria Metalúrgica (2.C) referem-se às categorias: Produção de Ferro e Aço (2.C.1); Produção de Ferroligas (2.C.2); Produção de Alumínio (2.C.3); Produção de Magnésio (2.C.4); e Outros Não Ferrosos, fora Alumínio e Magnésio (2.C.7), sendo que nesta última também foram incluídas as emissões da Produção de Chumbo (2.C.5). Não há emissão de GEE na categoria Produção de Zinco (2.C.6), pois, no Brasil, não se utilizam redutores nesse processo.

Em 2016, houve emissão de 48.778 Gg CO₂e no subsetor¹¹, que correspondeu a 52% das emissões do setor (Figura 2.22). De 2010 a 2016, as emissões da Indústria Metalúrgica (2.C) aumentaram 4,2%. A categoria mais representativa do subsetor foi a Produção de Ferro e Aço (2.C.1), responsável por 91% das emissões. As categorias Produção de Ferroligas (2.C.2), Produção de Alumínio (2.C.3) e Outros Não Ferrosos, Fora Alumínio e Magnésio (2.C.7) corresponderam a 2%, 3% e 4%, respectivamente.

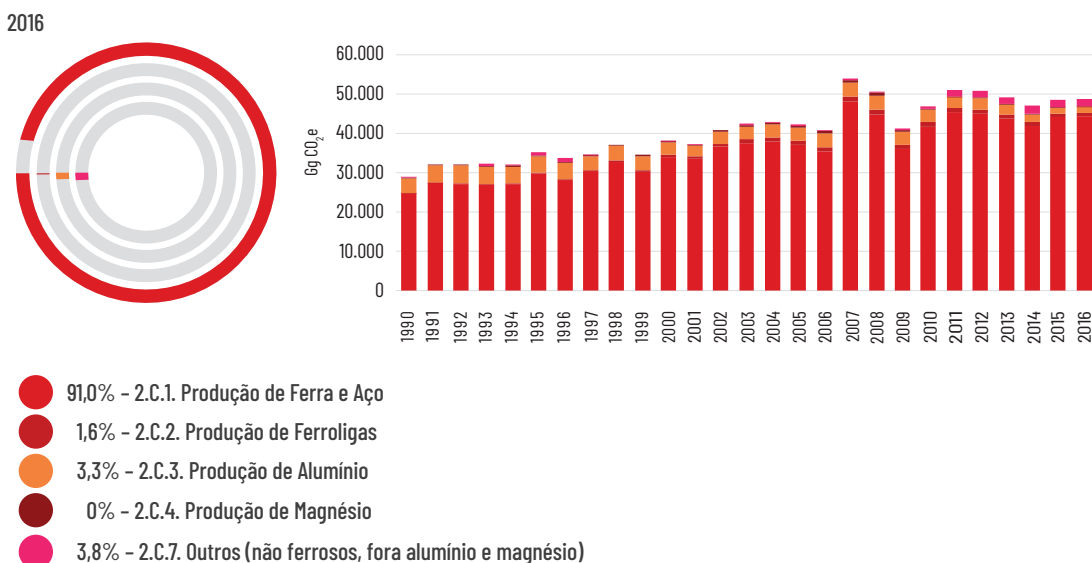


Figura 2.22
Emissões da Indústria Metalúrgica (2.C), em CO₂e, por categoria, de 1990 a 2016.

¹¹ De acordo com a metodologia do IPCC 2006, as emissões de CO₂ provenientes do consumo de combustíveis de biomassa são informadas, porém não são contabilizadas no total de emissões do setor.

No que se refere a CO_2 , observa-se que a principal categoria emissora foi a Produção de Ferro e Aço (2.C.1) com contribuição de 91% em 2016. A maior parte das emissões de CO_2 oriundas da fabricação de aço ocorreu durante a produção de ferro-gusa no alto-forno, ou seja, na etapa de redução do minério de ferro. As categorias Produção de Ferroligas (2.C.2), Produção de Alumínio (2.C.3) e Outros Não Ferrosos, Fora Alumínio e Magnésio (2.C.7) corresponderam a 2%, 3% e 4%, respectivamente, seja pela redução de matérias-primas, seja pelo consumo de anodos.

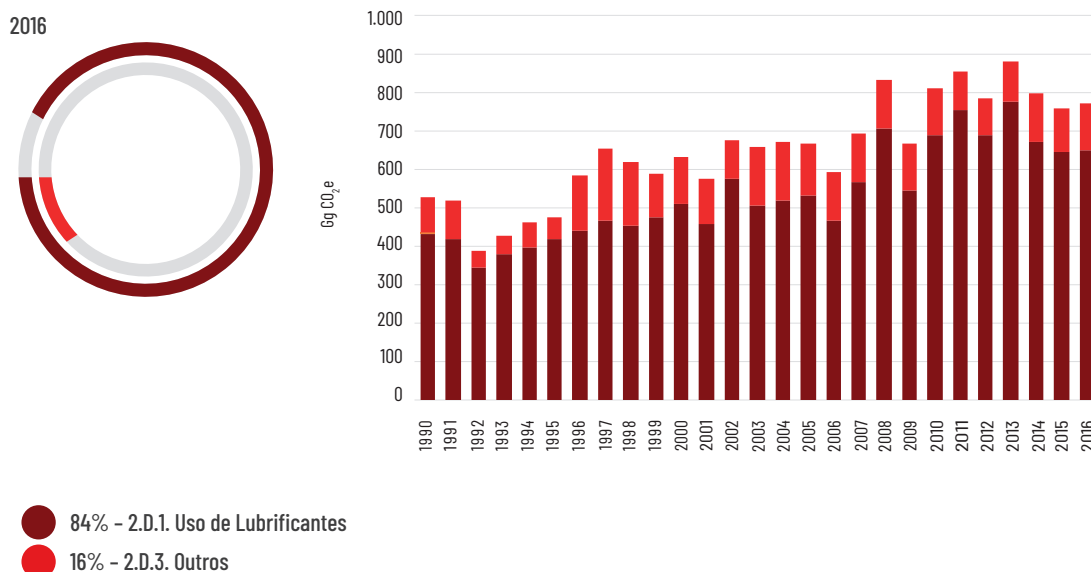
As emissões de CH_4 e N_2O foram provenientes da Produção de Ferro e Aço (2.C.1); enquanto as de CO e de NO_x estiveram relacionadas à Produção de Alumínio (2.C.3).

2.4.5 Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D)

As emissões do subsetor Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D) estão relacionadas às categorias: Uso de Lubrificantes (2.D.1) e Outros (2.D.3). As emissões associadas ao Uso de Cera de Parafina (2.D.2) foram incluídas na categoria Outros (2.D.3).

Em 2016, o subsetor emitiu 763 Gg CO_2 e representou 1% do total de emissão do setor. De 2010 a 2016, as emissões de Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D) diminuíram 4,6%. A categoria Uso de Lubrificantes (2.D.1) representou 84% do total do subsetor. Nessa categoria, são estimadas as emissões decorrentes do uso de lubrificantes em máquinas e equipamentos, apenas quando queimados em motores, sendo o restante estocado de forma definitiva. As emissões da categoria Outros (2.D.3), que complementa o subsetor, estão relacionadas com o uso não energético de alcatrão.

Figura 2.23
Emissões de Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes (2.D), em CO_2e , por categoria, de 1990 a 2016.



2.4.6 Indústria Eletrônica (2.E)

O subsetor Indústria Eletrônica (2.E) inclui processos avançados de fabricação de eletrônicos, tais como circuitos integrados ou semicondutores, display de tela plana com transistor de película fina (TFT, no acrônimo em inglês), painéis fotovoltaicos, fluido de transferência de calor, dentre outros. Esses processos utilizam compostos fluorados e, para este Inventário, foram identificadas e estimadas as emissões de HFC-23 (CHF_3) e CF_4 .

Devido à impossibilidade de desagregação dos dados, as emissões relacionadas às categorias Circuito Integrado ou Semicondutor (2.E.1) e Display de Tela Plana TFT (2.E.2) foram relatadas na categoria Outros (2.E.5). A fabricação de painéis fotovoltaicos no Brasil (emissões relatadas na categoria Painéis Fotovoltaicos - 2.E.3) foi iniciada em 2012 e ainda está em seu estágio inicial, não tendo sido possível estimar as emissões relacionadas a esse processo. No Brasil, não ocorrem emissões relacionadas à categoria Fluido de Transferência de Calor (2.E.4).

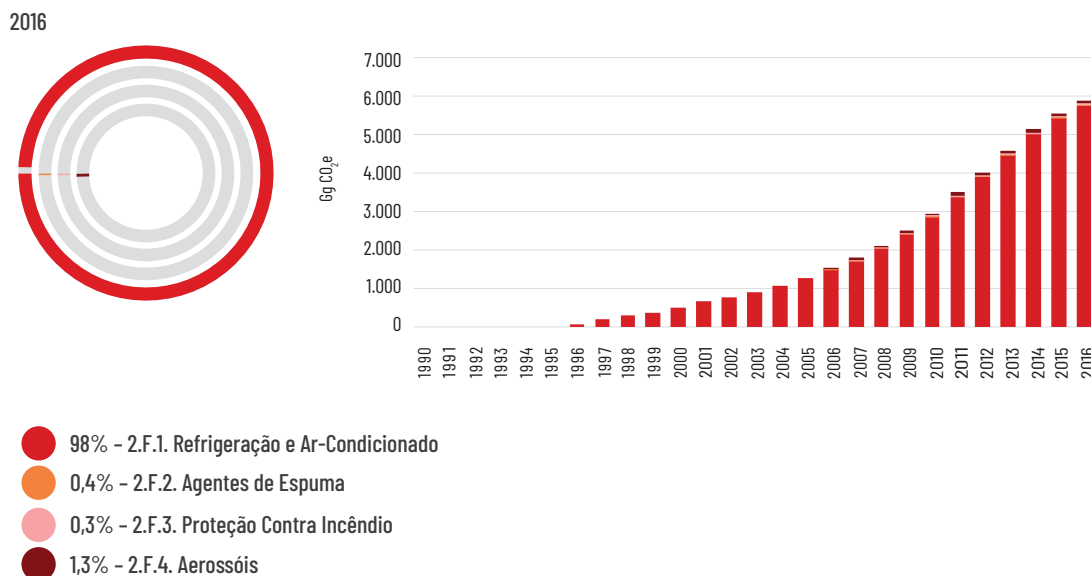
2.4.7 Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (2.F)

Os hidrofluorcarbonos (HFCs) e os perfluorcarbonos (PFCs) substituem as substâncias destruidoras da camada de ozônio, controladas pelo Protocolo de Montreal. São diversas as áreas de aplicação dessas substâncias, tais como refrigeração e ar-condicionado, combate a incêndios, propulsores de aerossol e espumas. Algumas categorias em que esses usos são agrupados envolvem o armazenamento de substâncias e sua liberação gradual ao longo dos anos, devido a vazamentos.

Para este Inventário, as emissões foram estimadas para as categorias de Refrigeração e Ar-Condicionado (2.F.1), Agentes de Espuma (2.F.2), Proteção contra Incêndio (2.F.3) e Aerossóis (2.F.4). As emissões relacionadas a Solventes (2.F.5), embora possam existir, mesmo que em pequenas quantidades, não foram estimadas, já que os usos nessa categoria são muito específicos em certas empresas de montagens eletrônicas e de mecânica de precisão. Neste subsetor em particular, as emissões não podem ser obtidas diretamente, já que não existe obrigação de relato por parte das empresas, o que obriga ao uso de modelos de apoio e informações agrupadas de importação dessas substâncias.

O subsetor Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (2.F) emitiu 5.728 Gg CO_2e em 2016 e contribuiu com 6% das emissões do setor. Em 2010, as emissões desse subsetor foram de 2.872 Gg CO_2e . Na Figura 2.24, observa-se que a categoria Refrigeração e Ar-Condicionado (2.F.1) representou quase a totalidade das emissões do subsetor, com uma contribuição de 98% em 2016, complementada por Aerossóis (2.F.4), Agentes de Espuma (2.F.2) e Proteção contra Incêndio (2.F.3), com contribuições de 1,3%, 0,4% e 0,3% para as emissões do subsetor, respectivamente.

Figura 2.24
Emissões de Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (2.F), em CO₂e, por categoria, de 1990 a 2016.



Em 2016, o gás HFC-134a foi o mais representativo do subsetor, com 94% do total em CO₂e, em que as categorias Ar-Condicionado Veicular, Equipamentos de Refrigeração e Chillers (resfriadores) contribuíram com 85%, 10% e 2,6%, respectivamente. O segundo gás mais emitido em 2016 foi o HFC-125, com 4,1%, devido principalmente à categoria de Ar-Condicionado, que correspondeu a 79% das emissões desse subsetor.

2.4.8 Fabricação e Uso de Outros Produtos (2.G)

O subsetor Fabricação e Uso de Outros Produtos (2.G) inclui emissões do uso de SF₆, PFC e N₂O em aplicações baseadas nas diferentes propriedades físicas dessas substâncias, tais como a alta constante dielétrica do SF₆, a estabilidade dos PFCs e os efeitos anestésicos de N₂O. Para este Inventário, foram estimadas apenas as emissões de SF₆ pelo seu uso em equipamentos de energia elétrica, referentes à categoria Equipamentos Elétricos (2.G.1). Não ocorrem emissões nacionais de SF₆ e PFCs em Uso de Outros Produtos (2.G.2) e a categoria N₂O dos Usos de Produtos (2.G.3) não foi estimada, devido à necessidade de uma avaliação mais aprofundada dos dados.

Em 2016, as emissões do subsetor Fabricação e Uso de Outros Produtos (2.G) foram estimadas em 295 Gg CO₂e e representaram 0,3% das emissões totais do setor. Com relação a 2010, essas emissões aumentaram 22%. Todas as emissões são relacionadas à categoria Equipamentos Elétricos (2.G.1).

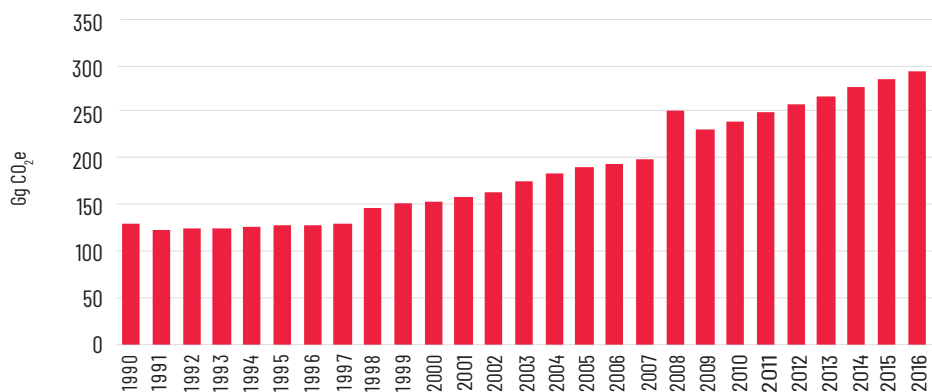


Figura 2.25
Emissões de SF₆ na categoria Equipamentos Elétricos (2.G.1), de 1990 a 2016.

2.4.9 Outros (2.H)

Nesse subsetor são relatadas as emissões relacionadas às categorias Indústria de Papel e Celulose (2.H.1) e Indústria de Alimentos e Bebidas (2.H.2), que emitem apenas gases de efeito estufa indireto. Na categoria Indústria de Papel e Celulose (2.H.1), as emissões relacionadas ao processo nacional de produção de papel e pasta de celulose foram de CO, NO_x e NMVOC, que representaram 9% das emissões do subsetor em 2016. No processamento industrial de alimentos e na produção de bebidas (2.H.2) ocorreram 91% das emissões de NMVOC do subsetor em 2016, com uma contribuição de 53% pela produção de açúcar e de 29% pela produção de destilados.

Consulte o **Apêndice** para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).

2.5 SETOR AGROPECUÁRIA (3)

O setor Agropecuária compreende as emissões das atividades pecuárias e agrícolas e contempla os gases CH_4 , N_2O e CO_2 , além dos GEE indireto (CO e NO_x)¹². Conforme a metodologia do IPCC 2006, os subsetores contemplados são: Fermentação Entérica (3.A), Manejo de Dejetos (3.B), Cultivo de Arroz (3.C), Solos Manejados (3.D), Queima de Resíduos Agrícolas (3.F), Calagem (3.G) e Aplicação de Ureia (3.H).

As emissões do setor totalizaram 487.005 Gg CO_2e em 2016, um aumento de 6,3%, se comparado com 2010. O subsetor Fermentação Entérica (3.A) apresentou emissão de 282.713 Gg CO_2e em 2016, enquanto as emissões de Solos Manejados (3.D) foram de 153.065 Gg CO_2e . Os outros subsetores contribuíram com o restante das emissões do setor.

Como mostra a Figura 2.26, as emissões de CH_4 são as mais representativas para o setor e são oriundas, mormente, do subsetor Fermentação Entérica (3.A). Em seguida, aparecem as emissões de N_2O , que tiveram como sua principal fonte de emissão o subsetor Solos Manejados (3.D). O CO_2 representou uma nova contabilização de emissões para o setor Agropecuária, que significou 4% das emissões totais do setor, relacionada principalmente à aplicação de calcário no solo (Calagem – 3.G).

A pecuária é uma atividade econômica de relevância nacional, e os principais parâmetros utilizados para estimativa de suas emissões referem-se à população, ao tipo de confinamento, à digestibilidade, ao peso e à produtividade animal. As emissões da agricultura estão relacionadas, principalmente, ao processo de produção agrícola e utilização de adubos nitrogenados, enquanto as emissões e remoções resultantes dos processos de conversão do uso e cobertura da terra e manejo do solo são contabilizadas no setor LULUCF (4).

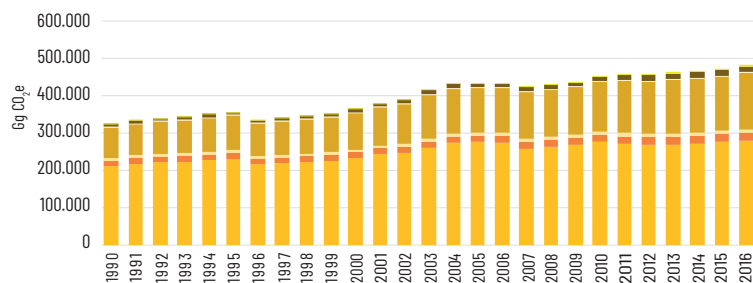
Destaca-se sobretudo que, em decorrência dos esforços empreendidos para a adoção de práticas e sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis, por meio da implementação do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), o setor tem contribuído com significativa redução das emissões no país. Contudo, devido ao fato de a metodologia para inventários nacionais não contemplar de forma sistêmica o balanço dos fluxos e estoques dentro dos sistemas de produção agropecuários, os resultados alcançados com a transformação de 50 milhões de hectares em sistemas sustentáveis de produção (vide Box 2.2), ao longo de 10 anos dessa política pública, não aparecem de forma explícita na série histórica.

¹² Os gases de efeito estufa indireto são contabilizados apenas no subsetor Queima de Resíduos Agrícolas (3.F).

2016



- 58% - 3.A. Fermentação Entérica
- 5% - 3.B. Manejo de Dejetos
- 2% - 3.C. Cultivo de Arroz
- 31% - 3.D. Solos Manejados
- 0,1% - 3.F. Queima de Resíduos Agrícolas
- 3% - 3.G. Calagem
- 1% - 3.H. Aplicação de Ureia



2016



- 4% - CO₂
- 63% - CH₄
- 33% - N₂O

SETOR/ SUBSETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIAÇÃO 2010-2016
	Gg CO ₂ e						%
3. Agropecuária	329.510	359.245	370.116	437.959	458.091	487.005	6,3%
3.A. Fermentação Entérica	213.743	233.373	235.669	278.118	278.253	282.713	1,6%
3.B. Manejo de Dejetos	14.335	16.011	15.340	17.736	19.617	22.616	15,3%
3.C. Cultivo de Arroz	6.954	8.654	7.733	8.097	8.095	8.369	3,4%
3.D. Solos Manejados	83.012	92.597	99.098	121.910	136.557	153.065	12,1%
3.F. Queima de Resíduos Agrícolas	1.696	1.844	1.630	2.123	1.871	509	-72,8%
3.G. Calagem	9.141	5.845	9.444	8.097	11.292	15.844	40,3%
3.H. Aplicação de Ureia	631	920	1.201	1.878	2.406	3.888	61,6%

Figura 2.26
Emissões do setor Agropecuária, em CO₂e, por subsector de 1990 a 2016.

BOX 2.2

A eficiência produtiva da bovinocultura de corte e de leite do Brasil.

Grande *player* do mercado mundial de alimentos de origem animal e vegetal, e capaz de atender mercados de diferentes tamanhos e exigências, o Brasil avançou, nos últimos anos, em eficiência e sustentabilidade de seus sistemas produtivos. Entre 1990 e 2016, houve redução de 8% na emissão de metano entérico por cabeça de gado. Com o aumento da produtividade, houve reduções ainda mais expressivas nas emissões por produto. Ao se considerar a emissão de CH₄ por litro de leite produzido, observa-se um decréscimo de 58% no mesmo período. Esses avanços só foram possíveis devido ao uso de pacotes tecnológicos adaptados à realidade brasileira, e ao desenvolvimento de políticas públicas amparadas pela Ciência. Parâmetros e fatores de emissão e remoção que refletem mais adequadamente o ambiente brasileiro de produção agropecuária, obtendo-se dados mais acurados e realistas, contribuíram para que o setor se destacasse no âmbito dos esforços nacionais para o combate à mudança do clima.

A elaboração do Quarto Inventário de Emissões de GEE do setor Agropecuária conta com o empenho da comunidade científica nacional em relação à escolha de parâmetros e definição de fatores de emissão e remoção mais acurados à realidade do país. Isso vem permitindo ao Brasil refletir, de forma consistente, os esforços do setor agropecuário em produzir de forma mais eficiente e sustentável, reduzindo as emissões do setor.

Nos últimos anos, um conjunto de políticas públicas voltadas ao setor pecuário, somado às pesquisas científicas e desenvolvimento tecnológico, além do empreendedorismo dos produtores rurais, resultaram no aumento da produtividade nacional. Isso configura uma perspectiva promissora para esse setor de grande relevância econômica para o país. Dentre as ações de destaque, pode-se citar os avanços na adoção de tecnologias e sistemas de produção, tais como sistemas integrados como lavoura-pecuária-floresta e suas combinações, sistema plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, tratamento de dejetos animais, recuperação de pastagens degradadas, dentre outros que contribuem para a melhoria dos processos produtivos da agropecuária tropical.

Rebanho e Produtividade

Detentor do maior rebanho comercial bovino do mundo, com uma produção anual média próxima de 9,1 milhões de toneladas de carne em 2016 (ABIEC, 2019), o Brasil é o segundo maior produtor mundial e o líder em exportações de carne – aspecto de importante contribuição para a segurança alimentar mundial. Esse desempenho é oriundo de um crescimento de 48% no número de cabeças animais (de 1990 a 2016), representado por um rebanho de 218 milhões de cabeças em 2016 (IBGE, 2018), cerca de 80% com finalidade de corte.

O setor Agropecuária contribuiu, em 2016, com 33% das emissões brasileiras (em CO₂ equivalente). A fonte de maior relevância para as emissões deste setor é a fermentação entérica. Este subsetor representou, em 2016, 19% das emissões totais de GEE do país e 76% das emissões de CH₄ do Quarto Inventário Nacional (como observado na Figura 2.26).

A análise da emissão de CH₄ proveniente da fermentação entérica por cabeça de gado de corte mostra redução de 8,2% entre 1990 e 2016 (Figura I), apesar de a série histórica do setor apresentar aumento nas emissões decorrentes do aumento do rebanho. A redução da emissão de CH₄ proveniente da fermentação entérica por cabeça de bovinos de corte está diretamente relacionada ao aumento de 7,6% da taxa de digestibilidade¹³ das forragens consumidas pelo rebanho (de 55,6% para 59,8%)¹⁴, que exerce influência direta na intensidade das emissões expelidas por cada animal. Estudos realizados no Brasil demonstram que, nos últimos anos, a melhoria da digestibilidade da dieta de ruminantes favoreceu diretamente a eficiência produtiva do rebanho, melhorando

¹³ A taxa de digestibilidade é comumente expressa como o percentual (%) da quantidade de energia bruta (GE) no alimento não excretado nas fezes dos animais. Variações na digestibilidade da dieta animal resultam em grandes variações na estimativa da alimentação necessária para atender às necessidades dos animais (IPCC, 2006).

¹⁴ Média da digestibilidade do rebanho de corte nacional.

a ingestão alimentar e o ganho de peso, e como cobenefício diluiu as emissões de GEE por produto. Dessa forma, a digestibilidade pode ser considerada um indicador do avanço da eficiência produtiva do rebanho brasileiro relacionado diretamente à redução das emissões por cabeça, conforme apresentado nas Figuras I e IV.

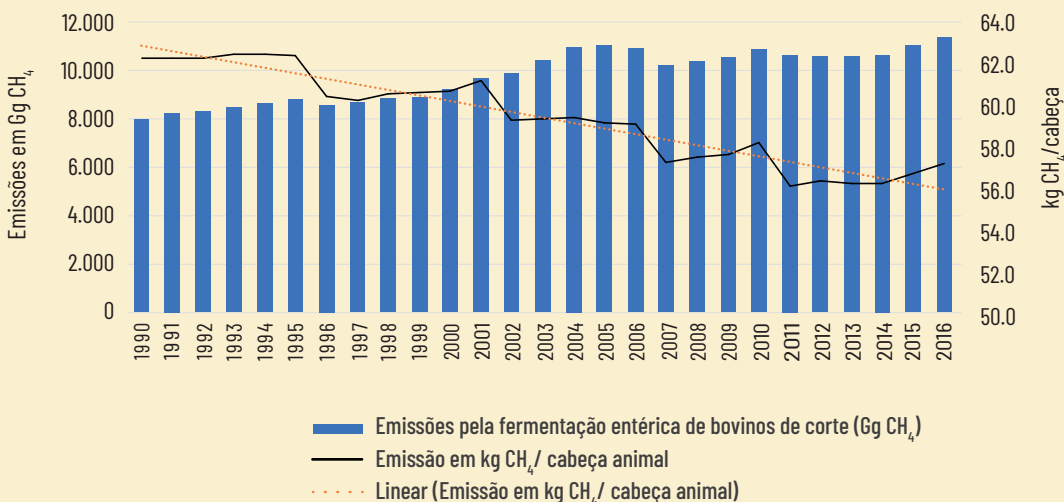


Figura I

Emissões de CH₄ da fermentação entérica do rebanho de corte e emissão por cabeça animal (expressa em kg/cabeça/ano), para o período de 1990 a 2016, no Brasil.

Fonte: Baseado em IBGE (2018).

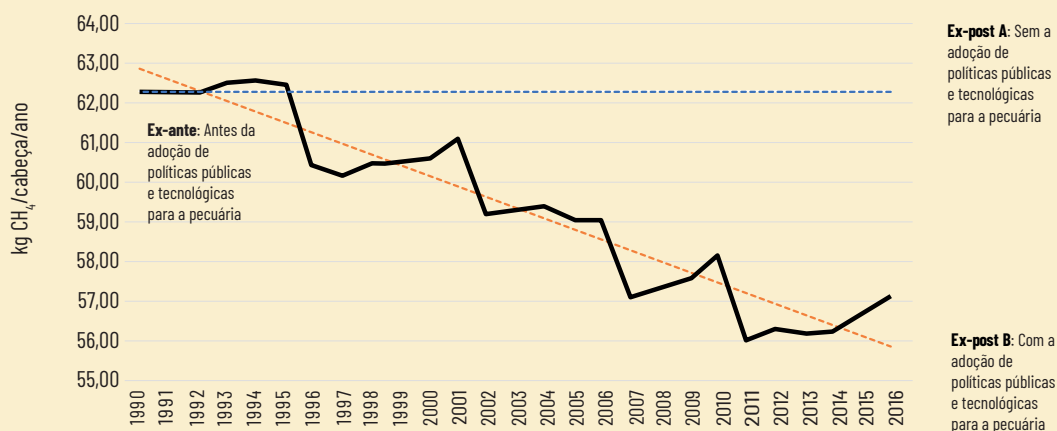
O melhoramento genético vegetal também pode ser citado como uma excelente estratégia, que, somado à melhoria da digestibilidade, resulta na melhoria da produtividade do rebanho. Cultivares mais resistentes às pragas e doenças, com maiores produtividades, palatabilidade, melhores qualidades nutricionais e selecionadas para os diferentes biomas brasileiros fazem parte deste pacote tecnológico. O uso de tecnologias complementares também foi importante para uma adequada resposta produtiva, tais como: calagem, adubação, cercas elétricas ou convencionais, bebedouros, controle de plantas invasoras, manejo da pastagem, ajustes de cargas animais, provisão de forragem para o período seco ou frio, irrigação, etc.

As políticas públicas desenvolvidas desde 1990, somadas ao desenvolvimento tecnológico e científico, além do empreendedorismo dos produtores rurais, imprimiram um quadro diferente do habitual, caso não houvesse as mudanças (*business as usual*). Esses esforços resultaram em uma redução de mais de 8% de metano entérico por cabeça de bovino de corte de 1990 a 2016, conforme ilustrado na Figura II.

A Figura II representa a diferença de emissões de kg CH₄/cabeça/ano entre a situação *ex-post* A, sem a adoção de políticas públicas e tecnologias efetivas para o setor pecuário, e a *ex-post* B, com a implementação das mudanças, evidenciando um aumento da produtividade animal e uma alteração positiva no cenário de emissões no Brasil, em relação à situação *ex-ante*.

Figura II

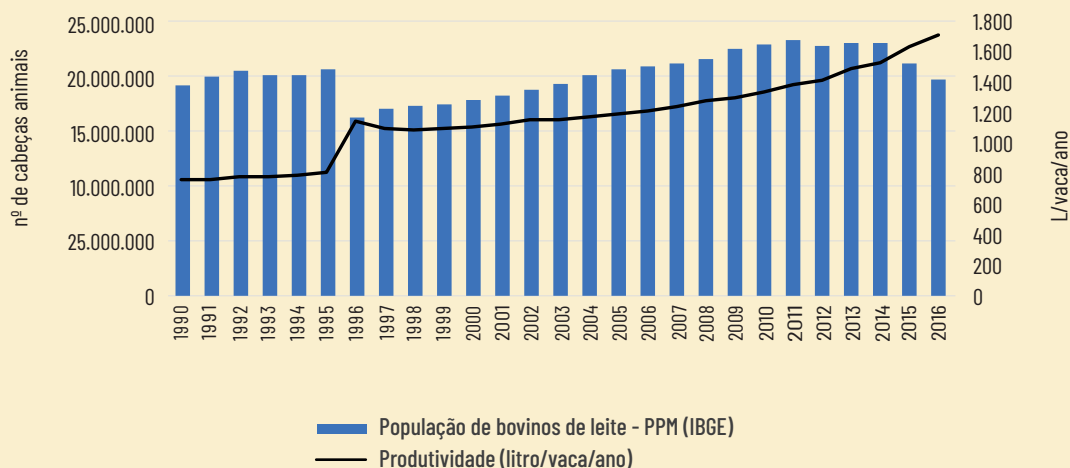
Emissão por cabeça animal de bovino de corte (expressa em kg/cabeça/ano), para o período de 1990 a 2016, no Brasil e a diferença de emissões entre a situação ex-post A sem a adoção e a ex-post B com a adoção, em relação à situação ex-ante, antes da adoção de políticas públicas e tecnologias para a pecuária.



Na série histórica analisada, a bovinocultura leiteira também apresenta melhoria em sua produtividade. De 1990 a 2016, enquanto o número de vacas leiteiras aumentou 2,6% (Figura III), a produção de leite aumentou 133%, ou seja, a produtividade leiteira (litros produzidos por vaca por ano) aumentou 127% (IBGE, 2018).

Figura III

População animal¹⁵ de bovinos de leite e produtividade leiteira (expressa em litro/cabeça/ano), para o período de 1990 a 2016, no Brasil.



Fonte: Baseado em IBGE (2018).

Em termos de emissão de CH_4 , os bovinos leiteiros apresentaram redução de 2% de 1990 a 2016. Ao se considerar a emissão de CH_4 por litro de leite produzido, observa-se um decréscimo de 58% no mesmo período (Figura IV). Isso se deve ao aumento da participação de vacas de alta produção no rebanho leiteiro nacional (de 1% para 30%) e ao aumento de 11,3% da digestibilidade das forragens (de 61,4% para 68,4%), no mesmo período, situação semelhante à ocorrida na pecuária de corte.

¹⁵ Em 1996 houve correção da população animal, devido à implementação do Censo Agropecuário de 1996 (IBGE, 1996)

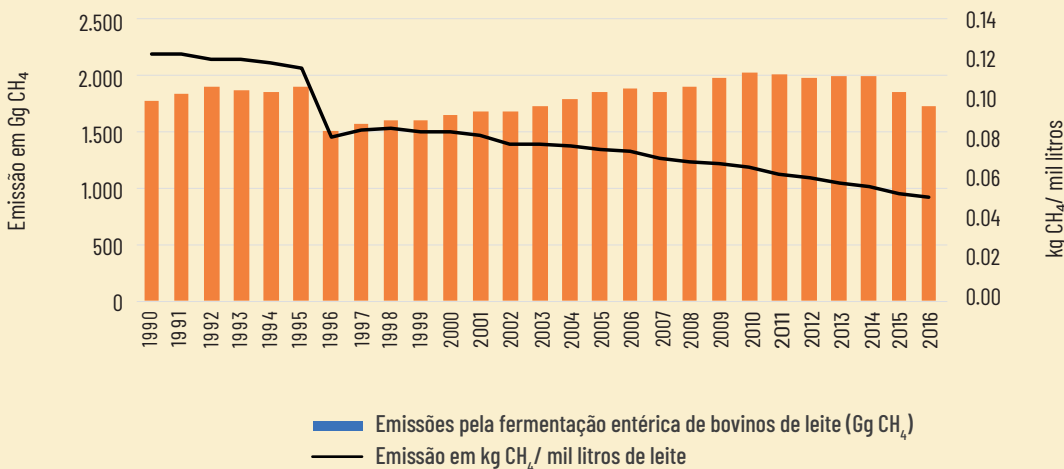


Figura IV
Emissões de CH₄ da fermentação entérica do rebanho de leite e emissão por litro de leite produzido (expressa em kg/mil litros leite/ano), para os anos de 1990 a 2016, no Brasil.

Fonte: Baseado em IBGE (2018).

Segundo Herrero *et al.* (2013), a intensidade das emissões de GEE difere entre regiões geográficas e sistemas de produção e é influenciada, principalmente, pela eficiência da conversão alimentar (quantidade de alimento consumido por unidade de produto), que melhora com a qualidade da dieta animal, em termos de digestibilidade e de teor de proteína. Desta maneira, a melhoria da quantidade e qualidade do alimento resultará na melhoria da produção e da eficiência alimentar animal, reduzindo assim as emissões de GEE (particularmente CH₄) por unidade de produto animal, seja carne ou leite (HRISTOV *et al.*, 2013). Mesmo com avanços tecnológicos, é esperado que as emissões brutas totais de uma região ou de um país aumentem, caso o número de cabeças aumente mais do que as emissões evitadas de um rebanho estabilizado (LATWIEC *et al.*, 2014).

O Brasil tem se comprometido e avançado no aumento da produtividade e da eficiência animal, através da implementação de políticas públicas que promovam a melhoria da genética do rebanho e das plantas forrageiras, digestibilidade, conforto animal, abate precoce, estratégias eficientes de reprodução, melhor eficiência das pastagens, o uso de tecnologias para o tratamento de dejetos animais, entre outras ações. Essas iniciativas têm auxiliado no fomento à pecuária sustentável e de baixa emissão de carbono no país, mostrando tendência promissora para os próximos anos.

Além disso, o país tem avançado no aperfeiçoamento e na transparência das estimativas de emissões em cada edição do Inventário Nacional, com a busca de novas pesquisas científicas, uso de parâmetros e fatores de emissão e remoção que reflitam as condições nacionais. Esse esforço resulta em maior acurácia das emissões nacionais e estimula a continuidade dos avanços científicos, contribuindo com o desenvolvimento da ciência nacional e mundial.

2.5.1 Aspectos Metodológicos do Setor

As estimativas de emissões do setor Agropecuária basearam-se na metodologia indicada no IPCC 2006¹⁶. O cálculo das emissões considerou dados nacionais, como população animal, consumo de fertilizantes sintéticos e orgânicos, produção agrícola, tecnologias utilizadas para o manejo de dejetos, entre outros. Os dados de atividade, em sua maioria, foram obtidos de fontes oficiais. Os parâmetros, os fatores de emissão e os demais dados de atividade foram obtidos ou calculados a partir de literatura nacional e internacional, como mostra o Quadro 2.8.

Adotou-se a metodologia *Tier 1* para as emissões por Fermentação Entérica (3.A) das categorias de suínos, bubalinos, ovinos, caprinos, equinos, muares e asininos, com a utilização dos fatores de emissão *default* do IPCC 2006. Para os bovinos, categoria animal mais representativa do setor, utilizou-se o *Tier 2*, que permitiu uma abordagem mais detalhada em relação às outras categorias animais, além de considerar fatores e parâmetros específicos para cada estado ou região do país. Para essa categoria animal, foi realizada uma desagregação entre bovinos de corte (por tipo de confinamento, idade e sexo) e bovinos de leite (por alta e baixa produção).

Para as emissões pelo Manejo de Dejetos (3.B) adotou-se a mesma desagregação animal de fermentação entérica, com maior detalhamento dos suínos e inclusão da categoria aves. Foi utilizada a metodologia *Tier 2* para essas duas últimas categorias, com desagregação animal por finalidade produtiva. Para a categoria animal suína, desagregou-se em suínos industriais e de subsistência, utilizados para finalidade de reprodução, aleitamento e terminação. Já para a categoria aves, houve desagregação entre galinhas e poedeiras; galos, pintos e frangos, e codornas. Para as emissões indiretas desse subsetor (categoria acrescentada nesta edição do Inventário, devido à implementação do IPCC 2006), utilizou-se o *Tier 1*.

As emissões pelo Cultivo de Arroz (3.C) foram estimadas a partir das metodologias *Tier 1* e *Tier 2*, em função do detalhamento dos dados de atividade e/ou da disponibilidade de fatores de emissão dos locais validados. Dessa maneira, adotou-se o *Tier 2* para as estimativas de emissões dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, por representarem a maior parcela de produção de arroz do país e possuírem fatores de emissão locais. O *Tier 1* foi utilizado para as demais unidades federativas.

Para as emissões de Solos Manejados (3.D) utilizaram-se as metodologias *Tier 1* e *Tier 2*. No que se refere a fertilizantes orgânicos e deposição de dejetos diretamente no solo, foi utilizada a mesma desagregação animal adotada para as emissões de Manejo de Dejetos (3.B). Para este Inventário, devido à implementação do IPCC 2006, foram incluídas as emissões da torta de filtro da indústria sucroalcooleira na categoria Adubos Orgânicos (3.D.1.b), bem como o uso de fertilizantes sintéticos no cultivo de arroz. Além disso, as emissões de N₂O pelas raízes das culturas e as emissões oriundas do nitrogênio (N) da biomassa de pastagem, incorporada ao solo por ocasião da sua renovação, passaram a ser contabilizadas na categoria Resíduos Agrícolas (3.D.1.d). Outra categoria incluída foi a Mineralização de N associada a perda de carbono (C) do solo (3.D.1.e).

As emissões do subsetor Queima Prescrita de Savana (3.E) não foram estimadas (NE), pois a diferenciação da queima de savana por causas antrópicas ou naturais, bem como o acompanhamento da dinâmica dessas

¹⁶ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use (IPCC, 2006).

queimadas ao longo dos anos no território nacional, não é uma atividade simples e demanda desenvolvimento de metodologia mais complexa, que assegure a adequada associação das queimadas às respectivas causas.

A abordagem *Tier 2* foi adotada para as estimativas de Queima de Resíduos Agrícolas (3.F), em que os fatores de emissão, a relação palhiço/colmo e o fator de combustão foram específicos para a cultura da cana-de-açúcar. A quantidade de biomassa disponível para combustão e o percentual da produção submetido à queima (quando não utilizada a colheita mecanizada) foram específicos para cada unidade federativa e ano.

As emissões por Calagem (3.G) e Aplicação de Ureia (3.H) utilizaram a metodologia *Tier 1*, devido à baixa representatividade nas emissões do setor.

GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NM VOC
3.A. FERMENTAÇÃO ENTÉRICA	3.A.1. Bovinos	3.A.1.a Bovinos de Corte	NA	T2	NA	NA	NA	NA
		3.A.2.b Bovinos de Leite	NA	T2	NA	NA	NA	NA
	3.A.2. Ovinos		NA	T1	NA	NA	NA	NA
		3.A.3. Suínos		NA	T1	NA	NA	NA
	3.A.4. Outros Animais	3.A.4.a. Bubalinos	NA	T1	NA	NA	NA	NA
		3.A.4.b. Caprinos	NA	T1	NA	NA	NA	NA
		3.A.4.c. Equinos	NA	T1	NA	NA	NA	NA
		3.A.4.d. Muares	NA	T1	NA	NA	NA	NA
		3.A.4.e. Asininos	NA	T1	NA	NA	NA	NA
	3.B. MANEJO DE DEJETOS	3.B.1. Bovinos	3.B.1.a. Bovinos de Corte	NA	T2	T2	NA	NA
3.B.1.b. Bovinos de Leite			NA	T2	T2	NA	NA	NA
3.B.2. Ovinos			NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.3. Suínos	3.B.3.a. Suínos, Reprodutores	NA	T2	T2	NA	NA
3.B.3.b. Suínos, Aleitamento/ Creche			NA	T2	T2	NA	NA	NA
3.B.3.c. Suínos, Terminação			NA	T2	T2	NA	NA	NA
3.B.4. Outros Animais		3.B.4.a. Bubalinos	NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.4.b. Caprinos	NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.4.c. Equinos	NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.4.d. Muares	NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.4.e. Asininos	NA	T1	NO	NA	NA	NA
		3.B.4.f. Aves	NA	T1	T1	NA	NA	NA
3.B.5. Emissões Indiretas de N ₂ O		3.B.5.a. Bovinos	NA	NA	T1	NA	NA	NA
		3.B.5.b. Outros	NA	NA	T1	NA	NA	NA
3.C. CULTIVO DE ARROZ	3.C.1. Terras Baixas / Irrigado	3.C.1.a. Irrigado por Inundação Contínua	NA	T1, T2	NA	NA	NA	NA
		3.C.1.b. Irrigado por Inundação Intermitente	NA	T1, T2	NA	NA	NA	NA
	3.C.2. Terras Altas / Sequeiro		NA	NO	NA	NA	NA	NA

Quadro 2.8

Níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor Agropecuária.

Nota: níveis metodológicos IPCC, 2006 – T1: Tier 1; T2: Tier 2; T3: Tier 3.

Notações: NA – não aplicável; NO – não ocorre; NE – não estimada.

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

Dados de população animal da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, por Unidade da Federação de 1990 a 2016 (IBGE, 2018a); Censo Agropecuário (IBGE, 1996; 2006) e Anualpec (FNP, 1997; 2001; 2005; 2013).

Dados de população animal da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, por Unidade da Federação de 1990 a 2016 (IBGE, 2018a).

Dados de população animal da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, por Unidade da Federação de 1990 a 2016 (IBGE, 2018a), Censo Agropecuário (IBGE, 1996; 2006) e Anualpec (FNP, 1997; 2001; 2005; 2013). Dados de SESI (2019) e ABPA (2019) também foram utilizados para as categorias de suínos.

· Dados de área cultivada de arroz, por unidade federativa e ano (estratificada por regime hídrico): Embrapa Arroz e Feijão (2018) e DCI/IRGA (IRGA, 2018);

· Período de cultivo, por unidade federativa e ano (estratificado por sistema de semeadura): Embrapa (2018);

Obs.: apenas para o estado de Santa Catarina foram utilizados os seguintes dados regionais: Área cultivada (estratificada por regime hídrico) de Embrapa Arroz e Feijão (2018) e Epagri (2019). Período de cultivo (Estratificado por ciclo de cultivar) de Epagri (2019).

FATORES DE EMISSÃO

· Volume 4, Capítulo 10 (IPCC, 2006);

· O cálculo do fator de emissão de cada categoria de bovino baseou-se em referências bibliográficas nacionais e internacionais, para cada unidade federativa e ano dos seguintes parâmetros: peso, digestibilidade, taxa de prenhez, teor de gordura no leite e produção de leite.

FE *default* IPCC (2006). Volume 4, Capítulo 10 (IPCC, 2006).

Bovinos, suínos e aves:

· Volume 4, Capítulo 10 (IPCC, 2006);

· O cálculo do fator de emissão, para cada categoria de bovinos, suínos e aves, baseou-se em referências bibliográficas nacionais e internacionais, para cada unidade federativa e ano dos seguintes parâmetros: peso, digestibilidade, taxa de excreção, tipo de tratamento de dejetos para cada categoria animal, etc.

Outros animais:

FE *default* IPCC (2006). Volume 4, Capítulo 10 (IPCC, 2006).

Fatores e parâmetros *default* IPCC: Volume 4, Capítulo 5 (IPCC, 2006); Embrapa Arroz e Feijão (2018); YAN et al. (2005); Epagri (2019).

GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NMVOC
3.D. SOLOS MANEJADOS	3.D.1. Emissões Diretas	3.D.1.a. Fertilizantes Sintéticos	NA	NA	T2	NA	NA	NA
		3.D.1.b. Adubos Orgânicos	NA	NA	T1, T2	NA	NA	NA
		3.D.1.c. Deposição de Dejetos Diretamente no Solo	NA	NA	T1, T2	NA	NA	NA
		3.D.1.d. Resíduos Agrícolas	NA	NA	T1, T2	NA	NA	NA
		3.D.1.e. Mineralização de N Associada a Perda de C do Solo	NA	NA	T2	NA	NA	NA
		3.D.1.f. Manejo de Solos Orgânicos	NA	NA	T2	NA	NA	NA
		3.D.2. Emissões Indiretas	3.D.2.a. Deposição Atmosférica devido a Volatilização de N na forma de NH ₄ e NO _x	NA	NA	T1, T2	NA	NA
	3.D.2.b. Lixiviação/ Escorrimento Superficial	NA	NA	T1, T2	NA	NA	NA	

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

Quantidade de Nitrogênio (N) na forma de fertilizante entregue ao consumidor final no Brasil, por unidade federativa e ano, de 1990 a 2016 (ANDA, 2018).

Obs.: Para a estimativa do N na forma de Fertilizante sintético aplicado em áreas de arroz irrigado considerou-se que somente a ureia é aplicada em arroz irrigado e que apenas a região Sul do país possui áreas com produção e produtividade significativas, para se considerar que houve uma aplicação relevante de fertilizante sintético (ANDA, 2018; Embrapa Arroz e Feijão, 2018, IRGA, 2018 e IBGE, 2019).

- Dados de produção de etanol e açúcar dos subprodutos vinhaça e torta de filtro, produzidos no país por unidade federativa e ano, foram obtidos da União da Indústria Canavieira (UNICA, 2019).
- Dados de população animal da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, por unidade da federação de 1990 a 2016 (IBGE, 2018a) e Censo Agropecuário (IBGE, 1996; 2006); Anualpec (FNP, 1997; 2001; 2005; 2013); SESI (2019) e ABPA (2019).

Dados de população animal da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, por unidade da federação de 1990 a 2016 (IBGE, 2018a) e Censo Agropecuário (IBGE, 1996; 2006); Anualpec (FNP, 1997; 2001; 2005; 2013); SESI (2019) e ABPA (2019).

- Dados de produtividade e área colhida das principais culturas agrícolas do Brasil, por unidade federativa e ano da Produção Agrícola Municipal – PAM de 1990 a 2016 (IBGE, 2018b);
- Dados de cultivo de arroz (por UF e ano): Embrapa (2018); DCI/IRGA (IRGA, 2018);
- Dados de atividade de áreas de pastagens que permaneceram como pastagens e áreas de pastagens convertidas para outros usos, e as respectivas quantidades de biomassa consideradas (por UF e ano) do relatório de “Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)”.

O N mineralizado foi calculado a partir da multiplicação entre 1/R e a quantidade de carbono orgânico do solo perdida em função da conversão de uso (considerando a razão C:N associada a cada classe de cobertura da terra da classe de uso inicial), a partir dos mapas gerados pelo setor “Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)”, para o Quarto Inventário.

Mapa de solos do Brasil, IBGE (2001). Além das áreas de solos orgânicos, também foram utilizados os mapas com as áreas sob diferentes usos do setor “Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)” do Quarto Inventário.

Mesmos dados de atividade utilizados em Fertilizantes Sintéticos (3.D.1.a.), Adubos Orgânicos (3.D.1.b.); Deposição de Dejetos Diretamente no Solo (3.D.1.c.).

- Mesmos dados de atividade utilizados em Fertilizantes Sintéticos (3.D.1.a.), Adubos Orgânicos (3.D.1.b.); Deposição de Dejetos Diretamente no Solo (3.D.1.c.); Resíduos Agrícolas (3.D.1.d.) e Mineralização de N associada a perda de C do solo (3.D.1.e.).
- Formulação de mapas contendo áreas em que o excedente de chuvas em relação a ETP ultrapassou a CAD dos solos, a partir de dados do INMET (2019) e Xavier (2019).

FATORES DE EMISSÃO

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006); Paredes *et al.* (2014); Parâmetros para estimar a quantidade de N na vinhaça e na torta de filtro: Elia Neto (2016); Gurgel (2012); Bernardinho *et al.* (2018); Bonassa *et al.* (2015) e EMBRAPA (2019); Fatores de emissão direta de N₂O de vinhaça e torta de filtro aplicados ao solo plantado com cana-de-açúcar: Oliveira *et al.* (2013); Siqueira Neto *et al.* (2016); Sousa Neto (2012).

A definição do peso, fator de excreção e destinação do dejetos, para cada categoria animal, foi baseada em diversas referências bibliográficas nacionais, para cada unidade federativa e ano.

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006). Bastos (2018).

A definição do peso, fator de excreção e destinação do dejetos, para cada categoria animal, foi baseada em diversas referências bibliográficas nacionais, para cada unidade federativa e ano.

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006). Parâmetros utilizados no cálculo da quantidade de N na renovação de pastagens: Carvalho *et al.* (1991); Oliveira *et al.* (2004); Piccolo *et al.* (2005); Santos *et al.* (2007); Fabrice *et al.* (2014).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NMVOC
3.E. QUEIMA PRESCRITA DE SAVANA			NE	NE	NE	NE	NE	NA
3.F. QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS	3.F.1. Cana-de-açúcar		NA	T2	T2	T2	T2	NA
	3.F.2. Algodão		NA	T1	T1	T1	T1	NA
3.G. CALAGEM			T1	NA	NA	NA	NA	NA
3.H. APLICAÇÃO DE UREIA			T1	NA	NA	NA	NA	NA
3.I. OUTRO			NO	NA	NA	NA	NA	NA

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

FATORES DE EMISSÃO

· Massa disponível para combustão (MB): Valor específico para cada município e ano de referência, calculado a partir de dados da Produção Agrícola Municipal – PAM (IBGE, 2018b);

· Variedades cultivadas: Braga *et al.* (2017); RIDESA (2018);

· Relação palhicho/colmo – média de valores por unidade federativa: Hassuani *et al.* (2005); Franco *et al.* (2007); Tasso Junior *et al.* (2011); Marques e Pinto (2013); e Ivo *et al.* (2015).

Massa disponível para combustão (MB): Valor específico para cada unidade federativa e ano de referência (BRASIL, 2015).

Dados de produção e consumo de calcário para cada unidade federativa de 1990 a 2016, da Associação Brasileira dos Produtores de Calcário (ABRACAL, 2018).

Dados de consumo aparente de ureia para cada unidade federativa de 1990 a 2016, da Associação Nacional para Difusão de Adubos – ANDA (ANDA, 2018).

· Fator de combustão (C_f): Volume 4, Capítulo 5 (IPCC, 2006);

· Fator de emissão (G_{gr}): CH_4 : Yokelson *et al.* (2008) / CO: Yokelson *et al.* (2008); Lopes e Carvalho (2009); e França *et al.*, (2012) / NO_x : França *et al.* (2012) / N_2O : IPCC (2006); Andreae e Merlet (2001).

Fator de combustão (C_f) e Fator de emissão (G_{gr}): Volume 4, Capítulo 5 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

Volume 4, Capítulo 11 (IPCC, 2006).

2.5.2 Fermentação Entérica (3.A)

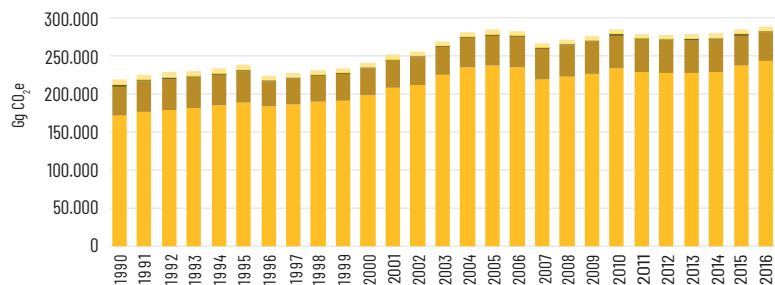
Este subsetor inclui as emissões de CH_4 geradas pela fermentação entérica animal. As categorias animais que apresentam esse processo fisiológico e tiveram suas emissões estimadas foram: os animais ruminantes – bovinos, bubalinos, ovinos, caprinos; os não ruminantes – equinos, asininos, muares; e os monogástricos – suínos.

O principal fator que influencia as emissões nesse subsetor é a população animal, cuja variação modula as emissões de CH_4 (vide Box 2.2). Outros fatores que influenciam essas emissões, e variam conforme a categoria e idade animal, são a digestibilidade – que depende da qualidade do alimento consumido –, o peso animal e o fator de conversão de CH_4 – correspondente ao percentual da energia consumida pelo animal, que é convertido para esse gás. Para os bovinos de leite, outros parâmetros que também exercem influência nas emissões são a produção de leite, o teor de gordura no leite e a taxa de prenhez (vide Box 2.2).

Em 2016, as emissões pela Fermentação Entérica (3.A) totalizaram 282.713 Gg CO_2e , enquanto em 2010 foram de 278.253 Gg CO_2e (Figura 2.27). A subcategoria Bovinos de Corte (3.A.1.a) representou 84,3% da parcela de emissão do subsetor, enquanto a subcategoria Bovinos de Leite (3.A.1.b) representou 12,9%, com uma diminuição de 14,4% em 2016, quando comparadas com 2010. Essa diminuição se deve ao aumento da produtividade leiteira no país e consequente crescimento de vacas de alta produção no rebanho leiteiro nos últimos anos. As outras categorias animais tiveram uma representatividade menor, com 7.880 Gg CO_2e ou 2,8% do subsetor em 2016.

Figura 2.27
Emissões da Fermentação Entérica (3.A), em CO_2e , das principais categorias animais, de 1990 a 2016

2016



- 84,3% - 3.A.1.a. Bovinos de Corte
- 12,9% - 3.A.1.b. Bovinos de Leite
- 0,3% - 3.A.2. Ovinos
- 0,7% - 3.A.3. Suínos
- 1,8% - 3.A.4. Outros Animais

2.5.3 Manejo de Dejetos (3.B)

O manejo de dejetos compreende as emissões de CH₄ e N₂O decorrentes das categorias animais utilizadas para fins produtivos no Brasil: bovinos (corte e leite), suínos, ovinos, caprinos, asininos, muares, equinos, bubalinos e aves.

A emissão de CH₄ ocorre durante a decomposição do dejetos sob condições anaeróbicas (na ausência de oxigênio), durante seu tratamento ou disposição, e é influenciada pela quantidade de dejetos gerado e tipo de sistema de tratamento adotado. Calcula-se que entre 2010 e 2016 foram tratados no Brasil cerca de 9,3 milhões de m³ de dejetos animais para produção de biogás, resultando em uma redução das emissões de CH₄ devido ao manejo de dejetos. Já a emissão de N₂O ocorre de forma direta, por meio da nitrificação e desnitrificação do Nitrogênio (N) contido nos dejetos, e de forma indireta, pela volatilização da amônia durante o tratamento e disposição do dejetos animal. Entre 2010 e 2016 foram tratados no Brasil 9,3 milhões de m³ de dejetos animais por biodigestão, resultando em uma mitigação de 105.186 Gg CO₂e com o uso de biogás (MARIANI, 2019).

Na Figura 2.28 é possível observar que as emissões pelo Manejo de Dejetos (3.B) totalizaram 22.616 Gg CO₂e em 2016, enquanto em 2010 foram de 19.617 Gg CO₂e. As participações dos bovinos e dos suínos foram de 45% e 38%, respectivamente. As Emissões Indiretas de N₂O pela deposição atmosférica (subcategoria 3.B.5) representaram 11% do total de emissão, em CO₂e. Em termos de participação por gás, em 2016, o CH₄ foi o mais representativo, com 78% do total de CO₂e, enquanto as emissões de N₂O contribuíram com 22%.

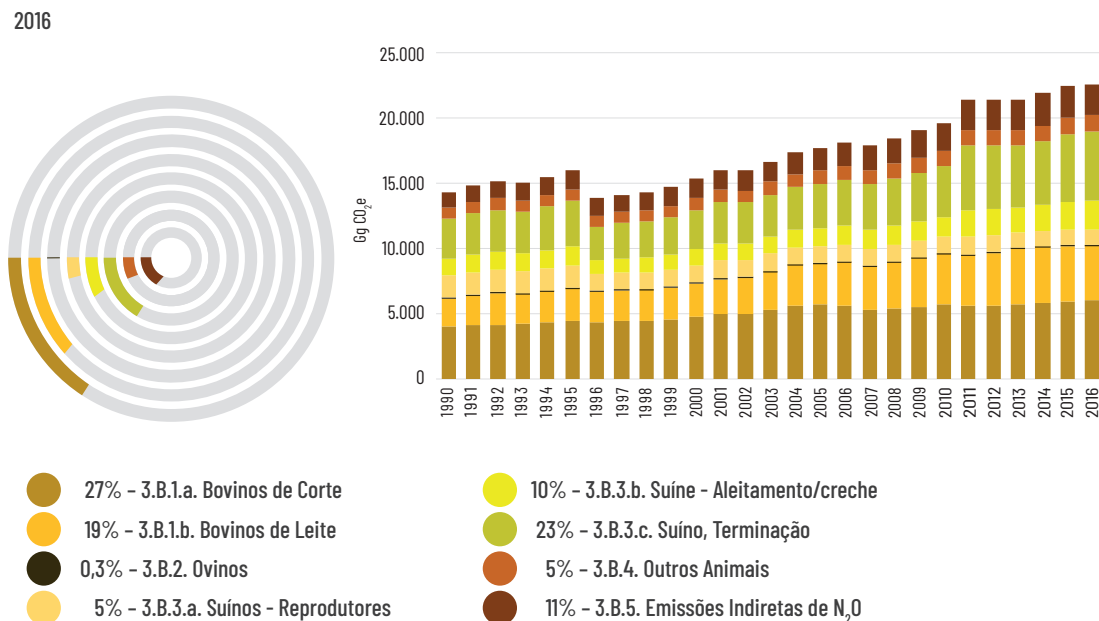


Figura 2.28
Emissões do Manejo de Dejetos (3.B), em CO₂e, das principais categorias animais de 1990 a 2016.

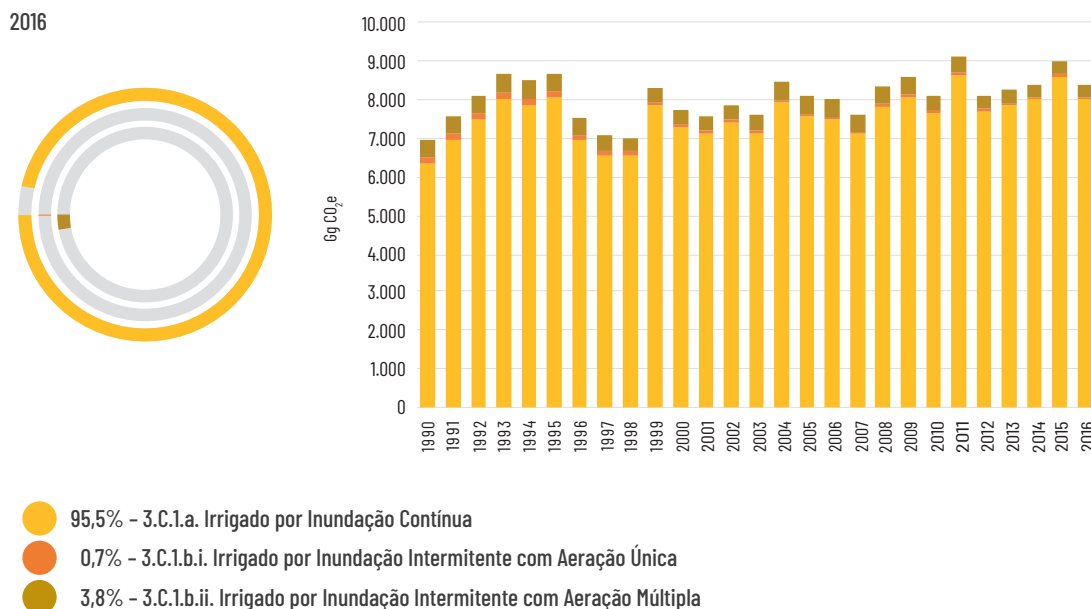
2.5.4 Cultivo de Arroz (3.C)

As emissões decorrentes do cultivo de arroz referem-se ao gás CH_4 ¹⁷ e estão associadas ao sistema irrigado por inundação do solo, que cria condições anaeróbias para a decomposição da matéria orgânica, levando à geração de CH_4 . No Brasil, a produção de arroz é desenvolvida em sistemas irrigado e sequeiro¹⁸, que responderam, em 2016, respectivamente, por 71,2% e 28,8% da área cultivada (EMBRAPA, 2018).

Em 2016, as emissões provenientes do Cultivo de Arroz Irrigado (3.C.1) foram estimadas em 8.369 Gg CO_2e , ou seja, 3,4% superiores às emissões de 2010. As emissões estão associadas com a área cultivada em sistema irrigado, bem como com a quantidade de material orgânico aportada ao solo. Neste mesmo ano, 95,5% das emissões foram provenientes do cultivo de arroz Irrigado com Inundação Contínua (3.C.1.a), e o restante das emissões (4,5%) pelo sistema Irrigado com Inundação Intermitente (3.C.1.b), conforme mostra a Figura 2.29.

Para o estado do Rio Grande do Sul, maior produtor nacional do grão, foram considerados fatores de emissão distintos para os sistemas de preparo do solo (convencional, preparo antecipado e outros sistemas), por conseguinte, as emissões também foram influenciadas pela variação temporal da representatividade desses sistemas. Em Santa Catarina, por sua vez, as variações nas emissões sofreram, ainda, alguma influência de alterações do regime hídrico, do tipo e da época de incorporação do material orgânico ao solo, além da duração do período de cultivo do arroz.

Figura 2.29
Emissões de CH_4 pelo Cultivo de Arroz (3.C), dos principais tipos de irrigação, de 1990 a 2016.



¹⁷ As emissões de N_2O pelo cultivo de arroz são relatadas no subsetor "Solos Manejados (3D)", conforme recomenda IPCC 2006.

¹⁸ O fator de escala (SFw) que considera o regime hídrico durante o período de cultivo é nulo para cultivos de arroz de terras altas ou sequeiro (IPCC, 2006).

2.5.5 Solos Manejados (3.D)

Este subsetor compreende as emissões diretas e indiretas de N₂O, decorrentes da aplicação de fertilizantes nitrogenados (sintéticos e orgânicos – de origem animal), deposição e incorporação de resíduos de colheita de cultivos e da renovação de pastagens, deposição de dejetos animais diretamente no solo (dejetos não manejados), mineralização de nitrogênio resultante da perda de matéria orgânica do solo, e pelo manejo de solos orgânicos. Essas emissões são decorrentes do processo de nitrificação e desnitrificação pelo aumento da quantidade de Nitrogênio (N) no solo, em função da utilização de insumos e do manejo das plantas e do solo, o que resulta em emissões diretas e indiretas de N₂O. No entanto, a adoção de fixação biológica de nitrogênio, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados, no Brasil tem contribuído para uma importante redução nas emissões de N₂O no país. Estima-se que entre 2010 e 2016 a adoção da fixação biológica de nitrogênio em uma área cultivada de 10 milhões de hectares contribuiu com uma redução de 10.000 Gg CO₂e no país (MANZATTO et al., 2020).

As emissões de Solos Manejados (3.D) totalizaram 153.065 Gg CO₂e em 2016 (Figura 2.30) e foram produzidas em grande parte (77%) pelas Emissões Diretas (3.D.1). Das emissões diretas, a categoria Deposição de Dejetos Diretamente no Solo (3.D.1.c) foi a mais representativa, com 37,8%. Em seguida, a categoria Resíduos Agrícolas (3.D.1.d) representou 19,8% e incluiu as emissões de culturas permanentes e temporárias. As Emissões Indiretas (3.D.2) de N₂O, que ocorrem após a deposição do nitrogênio volatilizado e lixiviado, corresponderam a 23,0% do total do subsetor em 2016. Em 2010, as emissões desse subsetor foram de 136.557 Gg CO₂e.

2016

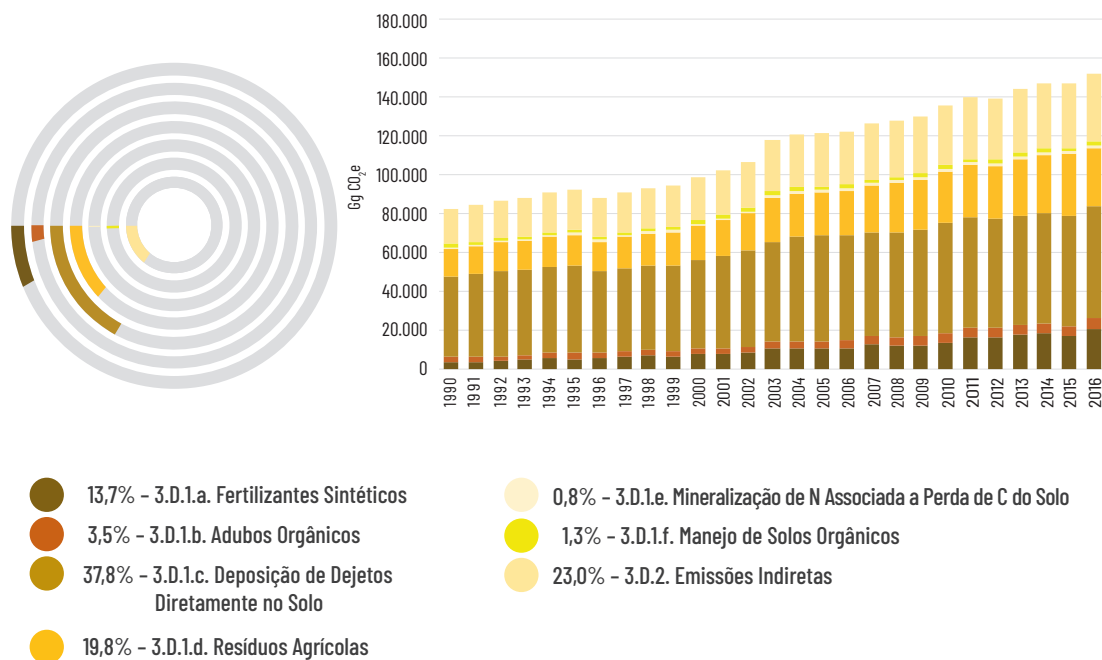


Figura 2.30
Emissões de Solos Manejados (3.D), em CO₂e, das principais categorias de emissão, de 1990 a 2016.

2.5.6 Queima de Resíduos Agrícolas (3.F)

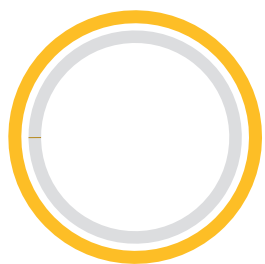
O subsetor Queima de Resíduos Agrícolas (3.F) contabilizou as emissões de CH_4 e N_2O ¹⁹, decorrentes da queima realizada na pré-colheita da cana-de-açúcar e na pós-colheita de algodão herbáceo, sendo que este último ocorreu até 1994.

Em 2016, as emissões deste subsetor foram estimadas em 509 Gg CO_2e . De 2010 a 2016, observou-se uma redução de 72,8% nas emissões derivadas da queima de resíduos de cana-de-açúcar no país, apesar de o aumento na área colhida ter sido de 12,6%. Isso se deve ao processo de transição da colheita manual, que utiliza o fogo, para a colheita mecanizada (principalmente no estado de São Paulo), como se observa a partir de 2007, na Figura 2.31. As emissões de N_2O e CH_4 representaram 53% e 47% do total de CO_2e do subsetor em 2016, respectivamente.

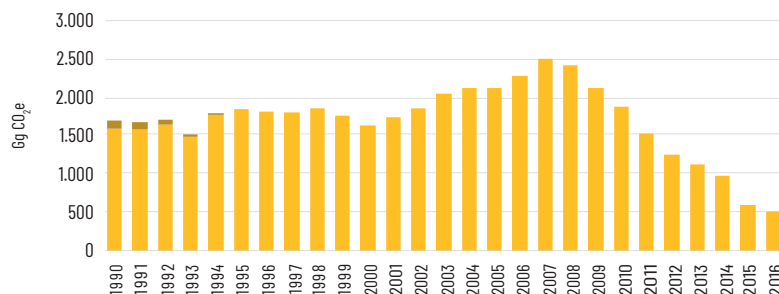
2016

Figura 2.31

Emissões de Queima de Resíduos Agrícolas (3.F), em CO_2e , das principais culturas agrícolas, de 1990 a 2016.



- 100% - 3.F.1. Cana-de-açúcar
- 0% - 3.F.2. Algodão



¹⁹ De acordo com o IPCC 2006, o CO_2 emitido não é contabilizado, pois já é considerado na absorção de CO_2 na fotossíntese da próxima safra. Além dos gases diretos, no subsetor 3.F há a contabilização dos gases de efeito estufa indireto CO e NO_x .

2.5.7 Calagem (3.G)

As emissões pela Calagem compreendem apenas o gás CO_2 . No Brasil, o calcário tem sido cada vez mais utilizado para fornecer Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) para as plantas e, principalmente, para reduzir a acidez característica dos seus solos. O cálcio estimula o crescimento das raízes, auxiliando na eficiência das plantas na busca por água e nutrientes do solo. Ele é essencial para um solo saudável, pois aumenta a atividade microbiana do solo, resultando em maior mineralização da matéria orgânica e fixação biológica de nitrogênio. No entanto, após ser adicionado, o calcário libera carbonato que reage no solo, ocorrendo liberação de CO_2 para a atmosfera.

As emissões de CO_2 pela Calagem totalizaram 15.844 Gg CO_2 em 2016. As emissões deste subsetor estão relacionadas, principalmente, com o consumo de calcário para fins agrícolas, e desta maneira acompanharam a tendência de tecnificação da agricultura nacional, como mostra a Figura 2.32. Em 2010, as emissões pela calagem foram de 11.292 Gg CO_2 .

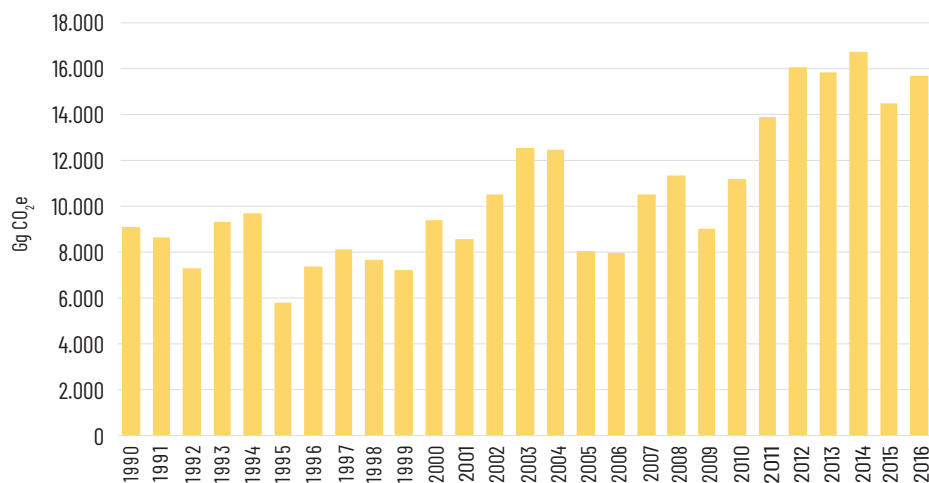


Figura 2.32
Emissões pela
Calagem (3.G),
em CO_2 , de
1990 a 2016.

2.5.8 Aplicação de Ureia (3.H)

No Brasil, a ureia é amplamente utilizada como fertilizante orgânico e, assim como em Calagem, a sua aplicação gera emissões de CO₂. A ureia possui carbono em sua constituição e, quando aplicada no solo, passa pelo processo de hidrólise, que gera amônia para as plantas e CO₂ que vai para a atmosfera.

Em 2016, as emissões pela Aplicação de Ureia totalizaram 3.888 Gg CO₂e, enquanto em 2010 foram de 2.406 Gg CO₂e.

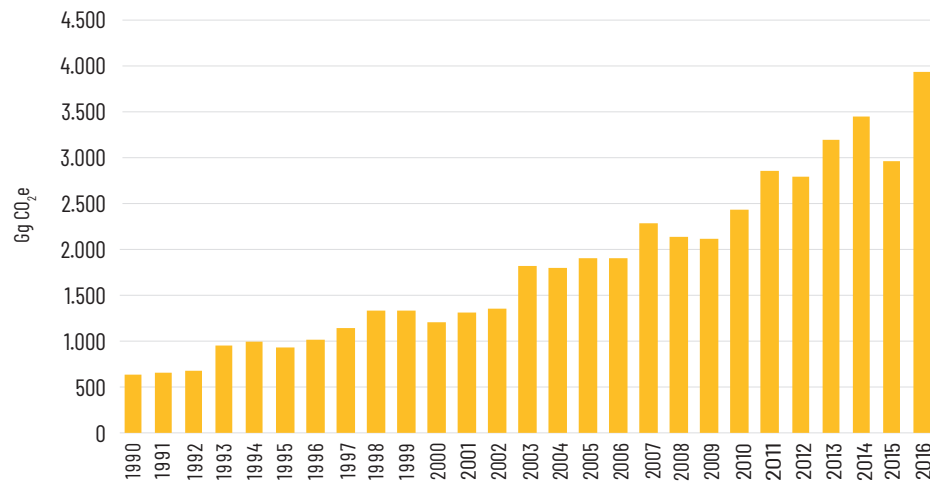


Figura 2.33

Emissões pela Aplicação de Ureia (3.H), em CO₂e, de 1990 a 2016.

2.6 SETOR USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS (4)

O setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, no acrônimo em inglês) apresenta as emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de CO₂ oriundas de perda ou ganho de carbono (C) associadas à mudança do uso e cobertura da terra. Além disso, são estimadas as emissões de CH₄ e N₂O e de GEE indireto (CO e NO_x), oriundas da queima de biomassa associada à dinâmica do uso e cobertura da terra. Consideram-se ainda as emissões e remoções de CO₂ por Produtos Florestais Madeireiros, isto é, produtos manufaturados/processados após a colheita da madeira, tais como papel, madeira serrada, painéis de madeira, entre outros.

Os subsetores do setor LULUCF são: Floresta (4.A), Agricultura (4.B), Campo e Pastagem (4.C), Área Alagada (4.D), Assentamento (4.E), Outras Terras (4.F) e Produtos Florestais Madeireiros (4.G), conforme as diretrizes do IPCC 2006.

Para esse setor, os resultados são representados por emissões ou remoções líquidas. Essas estimativas são resultantes do balanço entre as emissões brutas (de CO₂ por produtos florestais madeireiros e de gases não CO₂ e CO₂ associadas à mudança do uso e cobertura da terra) e as remoções de CO₂ (por mudança do uso e cobertura da terra, manejo do solo e por produtos florestais madeireiros). Quando as emissões brutas são maiores que as remoções, há emissões líquidas; quando as remoções são maiores que as emissões brutas, há remoções líquidas.

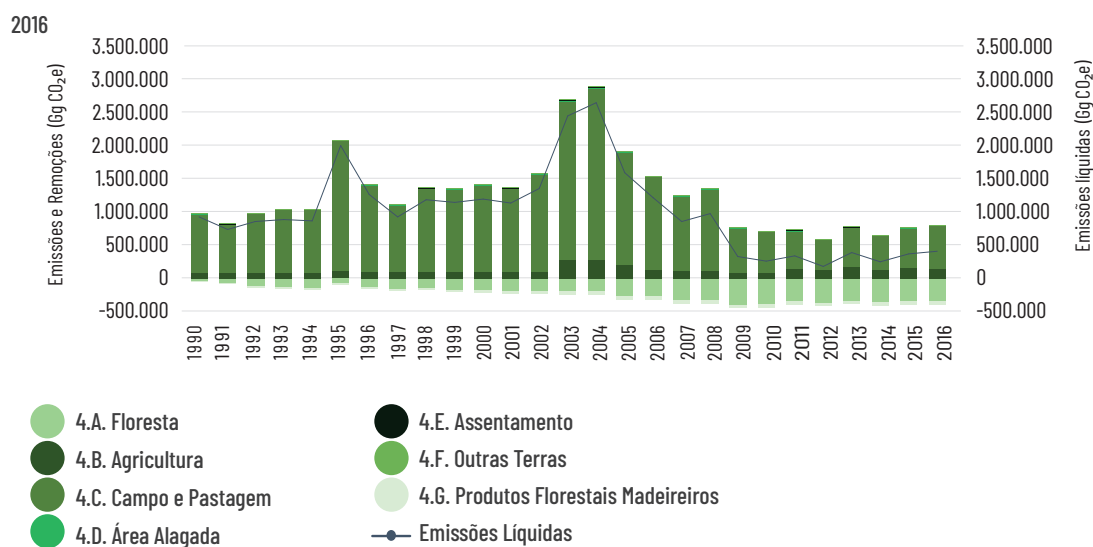
As emissões líquidas do setor LULUCF totalizaram 397.357 Gg CO₂e em 2016. Os Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento contribuíram para a redução das emissões desse setor a partir de 2005. Além disso, a partir de 2010, houve a implementação do Plano ABC, que entre 2010 e 2018 recuperou 23 milhões de hectares de pastagem degradada, cujas remoções não são contabilizadas em sua totalidade neste Inventário Nacional devido a limitações metodológicas. Em termos de participação por gás, em 2016 o CO₂ contribuiu com 92%, ou seja, 365.404 Gg das emissões líquidas totais, enquanto as emissões de CH₄ (21.782 Gg CO₂e) e N₂O (10.172 Gg CO₂e) representaram 5% e 3%, respectivamente (Figura 2.34).

Em 2016, as emissões mais representativas do setor foram advindas do subsetor Campo e Pastagem (4.C) (640.377 Gg CO₂e), enquanto as maiores remoções foram oriundas do subsetor Floresta (4.A), que contribuiu com -347.821 Gg CO₂e. Por outro lado, o subsetor Campo e Pastagem (4.C) cedeu área para outros subsetores como Agricultura, Floresta Secundária e Reflorestamento. Em 2016, 9,8 milhões de hectares de pastagem passaram a ser ocupados por culturas anuais, perenes e semiperenes, e mais 4 milhões foram deixados regenerar (3,1 milhões de hectares) ou foram reflorestados (1,8 milhão de hectares), resultando em uma remoção de -192.852,1 Gg CO₂ desde 2010.

As emissões de CH₄ e N₂O, resultantes da queima de biomassa associada à dinâmica do uso e cobertura da terra, foram provenientes sobretudo do subsetor Campo e Pastagem (4.C), que contribuiu com 18.104 Gg CO₂e (ou 83%) e 8.273 Gg CO₂e (ou 81%) das emissões desses gases no setor, respectivamente, em 2016.

Para saber mais sobre os Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento, consulte os itens 4.1.3 e 4.1.4.

Consulte o **Apêndice** para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).



2016



Figura 2.34

Emissões do setor LULUCF, em CO₂e, por subsetor, de 1990 a 2016.

SETOR/ SUBSETOR	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIAÇÃO 2010-2016
	Gg CO ₂ e						%
4. Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	907.520	1.966.770	1.175.013	1.564.054	252.508	397.357	57,4%
4.A Floresta	-44.069	-76.309	-182.004	-269.310	-400.026	-347.821	-13,1%
4.B Agricultura	78.966	113.788	100.491	195.786	71.337	132.999	86,4%
4.C Campo e Pastagem	869.132	1.927.119	1.274.147	1.665.616	615.043	640.377	4,1%
4.D Área Alagada	6.385	10.540	9.619	12.268	6.252	8.596	37,5%
4.E Assentamento	6.862	9.916	8.588	7.052	4.354	5.068	16,4%
4.F Outras Terras	1.268	2.414	1.712	4.999	2.481	8.911	259,2%
4.G Produtos Florestais Madeireiros	-11.025	-20.697	-37.539	-52.357	-46.933	-50.772	8,2%

2.6.1 Aspectos metodológicos gerais do setor

As estimativas de emissões e remoções de CO₂ por mudança do uso e cobertura da terra e por produtos florestais madeireiros, assim como as emissões de gases não CO₂, basearam-se na metodologia sugerida no IPCC 2006²⁰.

A fim de melhor representar as variações de estoque de carbono de seu território, o país estimou as emissões e remoções do setor LULUCF por bioma (Quadro 2.9). Para isso, foi criado um banco de dados espaciais composto por imagens de satélite e pelas camadas de informações destacadas na Figura 2.35. As formações naturais protegidas, ou seja, dentro de uma Unidade de Conservação (UC) ou Terra Indígena (TI), foram classificadas como manejadas²¹ e, portanto, tiveram suas remoções de CO₂ contabilizadas.

A partir do cruzamento dessas camadas de informações espaciais, foram gerados mais de 23 milhões de polígonos²², sendo que cada um representou uma conversão de uso e cobertura da terra para os períodos avaliados (1994-2002, 2002-2010 e 2010-2016), e apresentados em matrizes de conversão de uso e cobertura da terra, por período (Tier 2) (Figura 2.35).

A cada uso e cobertura da terra foram associados fatores de emissão e remoção de carbono para os diferentes compartimentos (matéria viva acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta, e solo). Foram priorizados valores publicados em artigos científicos e dados nacionais de cada bioma, adotando-se os fatores default do IPCC 2006 somente quando as informações nacionais não estavam disponíveis (Tier 1 e 2). Assim, foi possível estimar as emissões brutas e as remoções da vegetação, as emissões e remoções do solo e, por conseguinte, as emissões e remoções líquidas de cada bioma, por período.

As estimativas anuais de emissões brutas da vegetação foram moduladas com base nas taxas de desmatamento disponíveis, por bioma. As remoções de CO₂ por formações naturais protegidas foram anualizadas com base na data de criação da UC ou TI. Já as remoções oriundas de outras conversões de uso e cobertura da terra foram distribuídas igualmente para cada ano do período avaliado, assim como as emissões e remoções do solo.

Para o período entre 1990 e 1994, foram utilizados os dados produzidos no âmbito da Comunicação Inicial do Brasil (BRASIL, 2004), com atualização de fatores de estoque de carbono e sequestro de carbono de vegetação secundária.

As emissões e remoções de CO₂ por Produtos Florestais Madeireiros (4.G) foram calculadas com base na metodologia de fluxo atmosférico do IPCC 2006 (Tier 1) (Quadro 2.9).

Para saber mais sobre os biomas brasileiros, consulte o item 1.1.



²⁰ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. (IPCC, 2006).

²¹ De acordo com o IPCC, áreas manejadas são aquelas que possuem relevante interesse ecológico, econômico e/ou social.

²² Unidades de representação do território.

Conversão para uso antrópico

Consideraram-se as conversões de vegetação natural (protegidas ou não) para reflorestamento (floresta plantada), vegetação secundária, pastagem, agricultura, assentamento, reservatório, mineração e solo exposto.

As estimativas de gases não CO₂ do setor (CH₄, N₂O, CO e NO_x) foram realizadas com base na área de **conversão de vegetação natural para uso antrópico**. Ou seja, é considerado que, após a retirada de parte da biomassa original na forma de lenha para fabricação de móveis ou para uso como combustível, ela é queimada (Quadro 2.9).

As emissões e remoções de solos minerais e solos orgânicos do setor LULUCF não foram desagregadas e as emissões de não CO₂ da categoria Agricultura permanecendo Agricultura (4.B.1) foram incluídas (IE) no subsetor Queima de Resíduos Agrícolas (3.F) do setor Agropecuária.

O acompanhamento da dinâmica das queimadas e da regeneração vegetal ao longo dos anos inventariados não é simples, pois demanda o acesso a imagens de satélite com maior periodicidade, além de dados científicos específicos de taxas de crescimento da vegetação. Além disso, a associação dos incêndios às causas antrópicas não é trivial, assumindo-se então a premissa de que queimadas ocorrem apenas nos casos em que se observa efetivamente a conversão de uso e cobertura da terra, não sendo estimadas (NE) em outras condições.

As emissões e remoções de CO₂ de Agricultura permanecendo Agricultura (4.B.1) não foram contabilizadas por indisponibilidade de dados especializados por tipo de cultivo para os períodos anteriores a 2016. Apesar de as Pastagens Severamente Degradadas (APD) terem sido mapeadas em 2016, as remoções de CO₂ foram contabilizadas apenas para áreas convertidas de outros usos que não pastagem para pastagens bem manejadas, para toda a série histórica. Essas estimativas foram feitas a partir da aplicação de fatores de alteração de carbono orgânico do solo estratificados proporcionalmente, por unidade federativa, com relação à qualidade das pastagens (naturais/plantadas em boas condições/plantadas em más condições).

A Figura 2.35 apresenta um resumo da metodologia para estimativas das emissões e remoções do setor LULUCF. No Quadro 2.9, são apresentados os níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor LULUCF.

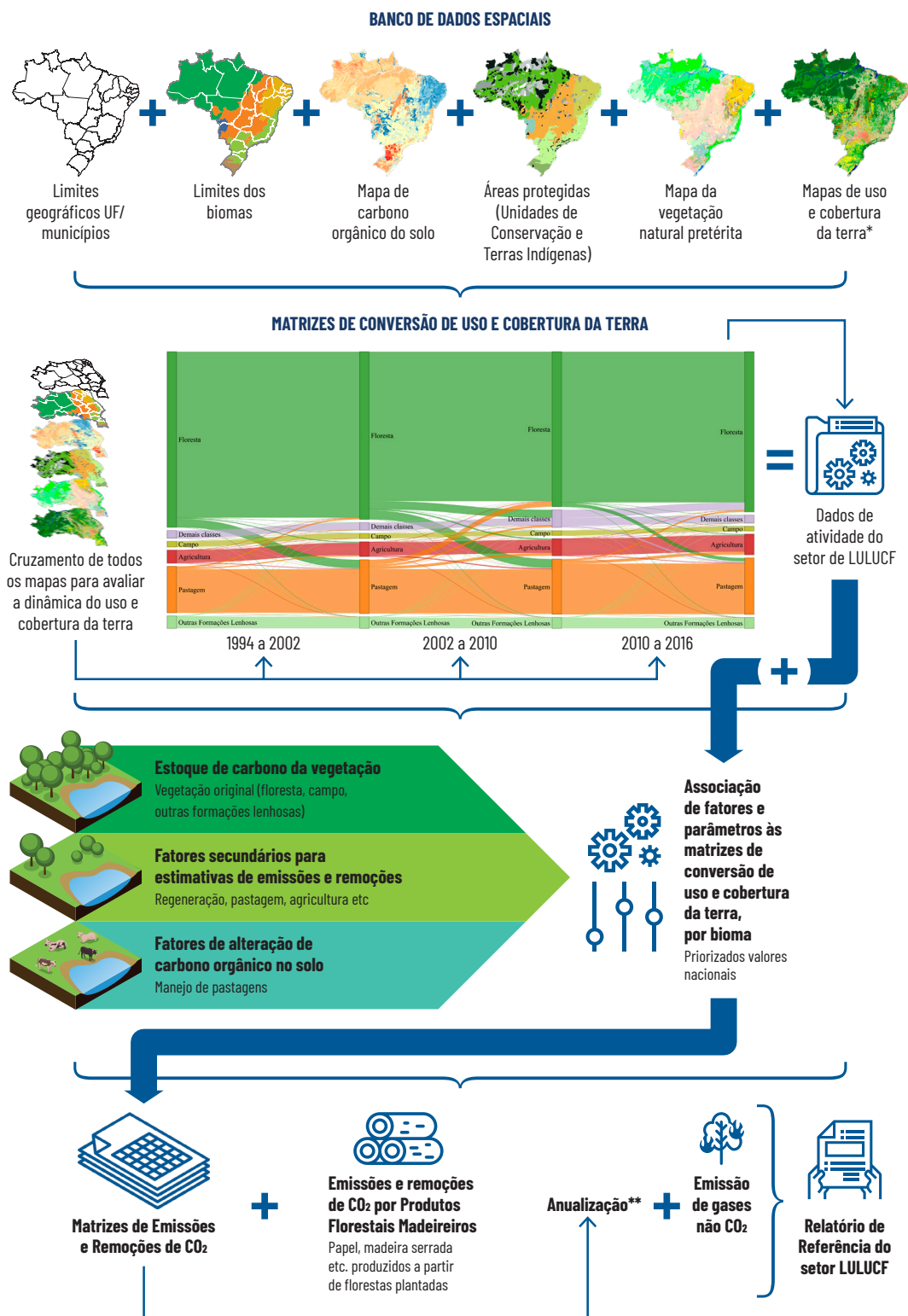


Figura 2.35 Fluxograma da metodologia utilizada para elaboração do Inventário Nacional do setor LULUCF.

**As taxas anuais de desmatamento auxiliam na distribuição das emissões brutas de CO₂ da vegetação, ano a ano, de cada período.

Quadro 2.9

Níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor LULUCF.

Nota: níveis metodológicos IPCC, 2006 – T1: *Tier 1*; T2: *Tier 2*; T3: *Tier 3*.

Notações: NA – não aplicável; NO – não ocorre; IE – incluído em outro local; NE – não estimada.

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS						
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NM VOC	
4.A. FLORESTA	4.A.1. Floresta permanecendo Floresta		T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA	
		4.A.2. Área convertida para Floresta	4.A.2.a Agricultura para Floresta	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
		4.A.2.b Campo e Pastagem para Floresta	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA	
		4.A.2.c Área Alagada para Floresta	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.A.2.d Assentamento para Floresta	NO	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.A.2.e Outras Terras para Floresta	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	
4.B. AGRICULTURA	4.B.1. Agricultura permanecendo Agricultura		NE	IE	IE	IE	IE	NA	
		4.B.2. Área convertida para Agricultura	4.B.2.a Floresta para Agricultura	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA
		4.B.2.b Campo e Pastagem para Agricultura	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA	
		4.B.2.c Área Alagada para Agricultura	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.B.2.d Assentamento para Agricultura	NO	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.B.2.e Outras Terras para Agricultura	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	
4.C. CAMPOS/PASTAGEM	4.C.1. Campo e Pastagem permanecendo Campo e Pastagem		T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA	
		4.C.2. Área convertida para Campo e Pastagem	4.C.2.a Floresta para Campo e Pastagem	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
		4.C.2.b Agricultura para Campo e Pastagem	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.C.2.c Área Alagada para Campo e Pastagem	NO	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.C.2.d Assentamento para Campo e Pastagem	NO	NA	NA	NA	NA	NA	
		4.C.2.e Outras Terras para Campo e Pastagem	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA	

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

Matrizes de conversão de uso e cobertura da terra, por período avaliado (1994-2002, 2002-2010 e 2010-2016), geradas de acordo com a Abordagem 3 do IPCC 2006, a partir da combinação das seguintes informações espaciais:

- Limites de unidades federativas e municípios (IBGE, 2017a);
- Limite de biomas (IBGE, 2004);
- Mapa de estoque de carbono orgânico do solo (IBGE, 2004; EMBRAPA, 2003; BERNOUX *et al.*, 2002);
- Áreas protegidas: Unidades de Conservação (ICMBio, 2018) e Terras Indígenas (FUNAI, 2018);
- Mapa de vegetação natural pretérita (adaptado de IBGE, 2017a);
- Mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1994, 2002, 2005 (somente o bioma Amazônia), 2010 e 2016 em escala 1:250.000 obtidos a partir de interpretação de imagens de satélite de resolução média, com as categorias: Floresta Manejada (dentro de área protegida), Floresta Não Manejada, Floresta Secundária, Corte Seletivo (somente para o bioma Amazônia), Reflorestamento, Campo Manejado (dentro de área protegida), Campo Não Manejado, Campo Secundário, Outras Formações Lenhosas Manejadas (dentro de área protegida), Outras Formações Lenhosas Não Manejadas, Outras Formações Lenhosas Secundárias, Pastagem, Agricultura, Assentamento, Água, Reservatórios artificiais, Afloramento Rochoso, Dunas, Solo Exposto, Mineração e Áreas Não Observada (nuvens e/ou sombras nas imagens de satélite).

Dados complementares de uso e cobertura da terra:

- Áreas de tipo de cultivo (anual ou perene) por unidade federativa do IBGE, para cada ano avaliado (para detalhamento de Agricultura para os anos pretéritos a 2016);
- Área de floresta plantada por espécie e unidade federativa do IBÁ (para detalhamento do Reflorestamento);
- Área por unidade federativa e tipo de preparo da terra (plantio convencional ou direto) do IBGE (2017a) (para aplicação de fatores de alteração de carbono orgânico do solo);
- Área por unidade federativas das condições das pastagens (naturais, plantadas em boas condições, plantadas em más condições) do IBGE (2017a) (para aplicação de fatores de alteração de carbono orgânico do solo).

Dados para anualização das emissões brutas:

- PRODES para a Amazônia (INPE, 2019a);
- Atlas de Remanescentes Florestais da Mata Atlântica para Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2019);
- PRODES para o Cerrado (INPE, 2019b);
- PMDBBS para Caatinga, Pampa e Pantanal (MMA, 2012).

Dados para cálculo das emissões de gases não CO₂ por queima da biomassa:

- Lenha e madeira em tora provenientes de extração vegetal (IBGE, 2016).

FATORES DE EMISSÃO

- Estoque de carbono da biomassa da vegetação natural pretérita de todos os compartimentos (acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta, constituída de madeira morta em pé e caída, e serapilheira) com base em dados de campo e literatura científica. Na ausência de informações, razões e/ou valores *default* do IPCC foram usados (madeira morta do IPCC, 2003 e abaixo do solo do IPCC, 2006). Para o bioma Amazônia foram usados dados LIDAR aerotransportados (EBA/CCST-INPE). O teor de carbono da biomassa seca florestal foi de 47% para todos os compartimentos, com exceção da serapilheira (46%) (IPCC, 2006; OMETTO *et al.*, 2006). Já para a vegetação campestre e outras formações lenhosas, consideraram-se 47% para a biomassa acima e abaixo do sol, 50% para madeira morta e 40% para serapilheira (IPCC, 2006).
- Estoque de carbono orgânico do solo: metodologia de Bernoux *et al.* (2002) adaptada com os mapas de vegetação (IBGE, 2004) e de solos (EMBRAPA, 2003).
- Estoque/Remoção de carbono da biomassa de pastagem, cultivos agrícolas, vegetação secundária e vegetação natural protegida: obtidos a partir de literatura científica e, em alguns casos, foram utilizados valores *default* do IPCC (IPCC, 2006). Categorias como Assentamento, Solo Exposto, Mineração, Reservatório, Dunas e Afloramento Rochoso tiveram seu estoque de carbono associado a zero.
- Fatores de alteração do carbono orgânico do solo: obtidos a partir de dados de campo nacionais para reflorestamento, cultivos agrícolas (plantio direto x plantio convencional) e pastagens (naturais/plantadas em boas condições/plantadas em más condições/severamente degradadas).
- Fatores de combustão: obtidos a partir de revisão de literatura por bioma e formação vegetal.
- Fatores de emissão de gases não CO₂: *default* IPCC 2006, diferenciado por formação vegetal.

SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS					
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NM VOC
4.D. ÁREA ALAGADA	4.D.1. Wetlands remaining Wetlands		NA	NA	NA	NA	NA	NA
	4.D.2. Land converted to Wetlands	4.D.2.a Floresta para Área Alagada	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA
		4.D.2.b Agricultura para Área Alagada	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
		4.D.2.c Campo e Pastagem para Área Alagada	T1, T2	T1,T2	T1,T2	T1,T2	T1,T2	NA
		4.D.2.d Assentamento para Área Alagada	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		4.D.2.e Outras Terras para Área Alagada	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4.E. ASSENTAMENTO	4.E.1. Assentamento permanecendo Assentamento		NA	NA	NA	NA	NA	NA
	4.E.2. Área convertida para Assentamento	4.E.2.a Floresta para Assentamento	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA
		4.E.2.b Agricultura para Assentamento	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
		4.E.2.c Campo e Pastagem para Assentamento	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	NA
		4.E.2.d Área Alagada para Assentamento	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		4.E.2.e Outras Terras para Assentamento	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
4.F. OUTRAS TERRAS	4.F.1. Outras Terras permanecendo Outras Terras		NA	NA	NA	NA	NA	NA
	4.F.2. Área convertida para Outras Terras	4.F.2.a Floresta para Outras Terras	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2
		4.F.2.b Agricultura para Outras Terras	T1, T2	NA	NA	NA	NA	NA
		4.F.2.c Campo e Pastagem para Outras Terras	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2	T1, T2
		4.F.2.d Área Alagada para Outras Terras	NE	NA	NA	NA	NA	NA
		4.F.2.e Assentamento para Outras Terras	NE	NA	NA	NA	NA	NA
4.G. PRODUTOS FLORESTAIS MADEIREIROS			T1	T1	T1	T1	T1	T1

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

FATORES DE EMISSÃO

- Produção, importação e exportação de madeira serrada, painéis de madeira, papel e papelão (FAO, 2019).
- Resíduos originados de madeira, papel e papelão e de resíduos de parques e jardins.

Fatores de conversão de unidades (densidade, fração de carbono e fator de carbono) foram os valores *default* do IPCC 2006 para: i) madeiras em tora, tora industrial, serrada, em pasta, cavacos, particulas, lenha, resíduos de madeira; ii) carvão vegetal; iii) painéis de madeira; iv) papel e papelão, pasta, pasta de fibra reciclada e papel reciclado.

2.6.2 Floresta (4.A)

Esse subsetor é caracterizado principalmente pelo adensamento de árvores no estrato superior do dossel (copa das árvores) das formações vegetacionais, onde algumas árvores podem chegar a atingir alturas até ou superiores a 50 m (IBGE, 2012). Consideram-se tanto as florestas naturais quanto as plantadas. O subsetor Floresta (4.A) divide-se nas categorias Floresta permanecendo Floresta (4.A.1) e Área convertida para Floresta (4.A.2), que levam em consideração as subdivisões nacionais (Quadro 2.10). As emissões e remoções de CO₂ estão atreladas à perda ou ao ganho de carbono por mudança do uso e cobertura da terra, para todos os compartimentos (matéria viva acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta e solo). Já as emissões de CH₄ e N₂O estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para reflorestamento.

Quadro 2.10
Subdivisão nacional do subsetor Floresta.

SUBSETOR	SUBDIVISÃO CONFORME PARTICULARIDADES NACIONAIS	DESCRIÇÃO
4.A. FLORESTA	Floresta Manejada	Floresta natural, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características, classificada com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. Encontra-se em área protegida (UC ou TI) e, portanto, tem suas remoções de CO ₂ contabilizadas, com base em levantamento científico, quando permanecem com a mesma cobertura entre os períodos avaliados.
	Floresta Não Manejada	Floresta natural, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características, classificada com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. As emissões e remoções só são contabilizadas quando há conversão para um uso antrópico. Não são contabilizadas remoções de CO ₂ quando ela permanece intacta entre os períodos avaliados, visto que não há intervenção antrópica.
	Floresta Secundária	Classificada com base no mapa de vegetação natural pretérita e resultante de um processo de regeneração natural associado a um uso antrópico prévio, por exemplo, cultivo agrícola ou pastagem.
	Corte Seletivo	Identificado apenas no bioma Amazônia; consiste na retirada de árvores em florestas nativas, que pode estar associada à prática de manejo florestal sustentável, regulamentada e autorizada por órgãos competentes, bem como prática de corte seletivo predatório, que consiste na exploração insustentável de madeira ao longo do tempo e sem autorização dos órgãos competentes.
	Reflorestamento	Florestas plantadas, em monocultura, em sua grande maioria compostas por espécies exóticas. No caso do Brasil, há predomínio de <i>Eucalyptus</i> spp. e <i>Pinus</i> spp, mas também há plantios de seringueira e teca.

Em 2016, o subsetor Floresta (4.A) totalizou uma remoção líquida de -347.821 Gg CO₂e, enquanto em 2010 foi de -400.026 Gg CO₂e.

As remoções líquidas da categoria Floresta permanecendo Floresta (4.A.1) (-310.643 Gg CO₂e) contribuíram com 89% das remoções líquidas em 2016, enquanto a categoria Área convertida para Floresta (4.A.2) contribuiu com os demais 11% (-37.178 Gg CO₂e) (Figura 2.36).

2016

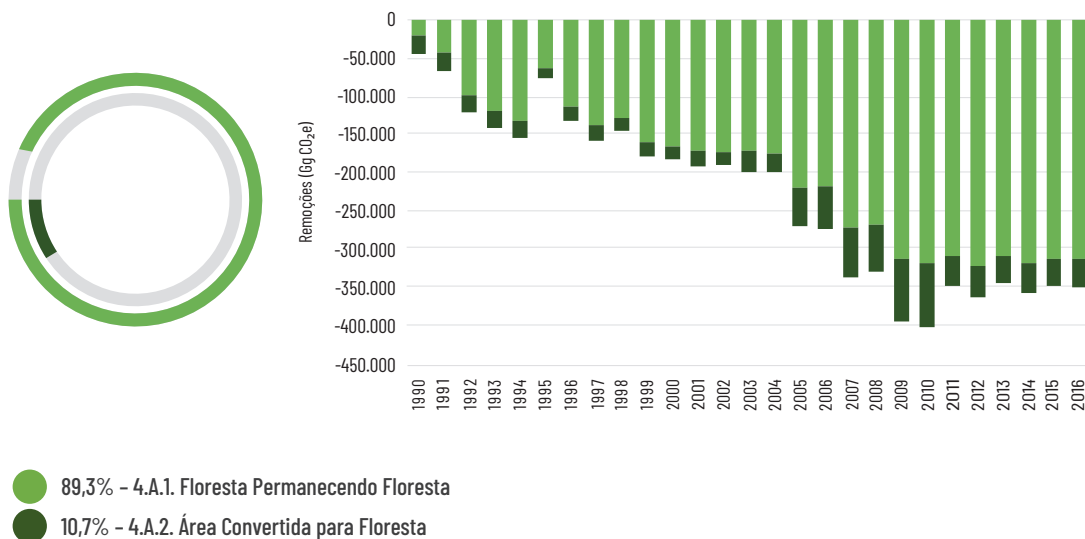


Figura 2.36
Remoções líquidas das categorias do subsetor Floresta (4.A), em CO₂e, de 1990 a 2016.

2.6.3 Agricultura (4.B)

O subsetor Agricultura (4.B) compreende áreas cultivadas com lavouras temporárias, perenes ou semiperenes. Também estão incluídas nesta categoria as terras que são colocadas em pousio antes de serem cultivadas novamente. Este subsetor inclui as categorias Agricultura permanecendo Agricultura (4.B.1) e Área convertida para Agricultura (4.B.2), que levam em consideração as subdivisões nacionais (Quadro 2.11). As emissões e remoções de CO₂ estão atreladas à perda ou ao ganho de carbono por mudança do uso e cobertura da terra, para todos os compartimentos (matéria viva acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta e solo), enquanto as emissões de CH₄ e N₂O estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para agricultura.

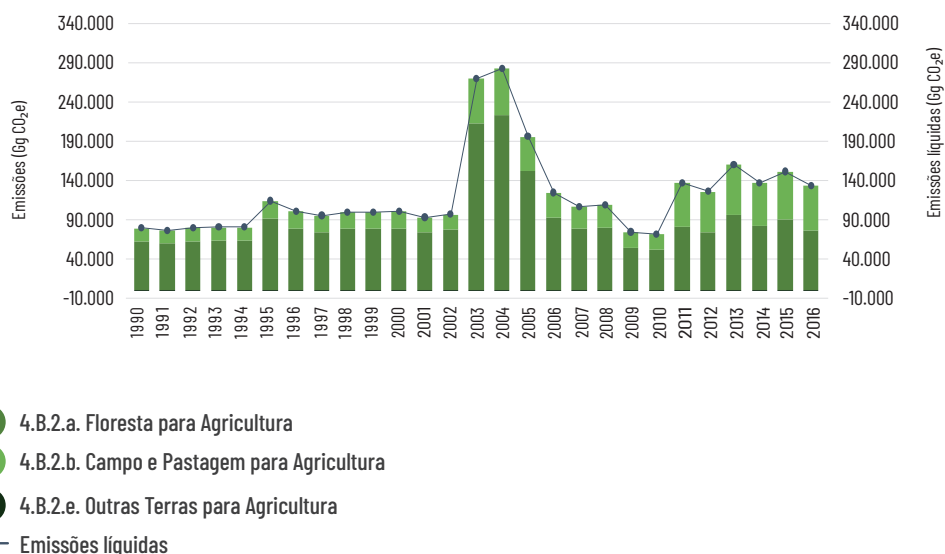
Quadro 2.11
Subdivisão nacional do subsetor Agricultura.

SUBSETOR	SUBDIVISÃO CONFORME PARTICULARIDADES NACIONAIS	DESCRIÇÃO
4.B. AGRICULTURA	Agricultura anual	Áreas destinadas às culturas que possuem um ciclo anual de produção, que culmina na morte da planta após a colheita da safra. São consideradas nesta categoria as áreas para horticultura e cultivo de soja, arroz, feijão, milho, algodão, tubérculos, etc.
	Agricultura perene	Áreas destinadas às culturas que produzem ao longo de vários anos, sem a necessidade de novo plantio após as colheitas. As culturas perenes incluem árvores e arbustos, representados principalmente por frutíferas, tais como os citrus, banana, coco, café, entre outras.
	Agricultura semiperene	No Brasil, esse tipo de cultivo é representado pela cana-de-açúcar, que é colhida várias vezes antes de haver um novo plantio. Os cultivos semiperenes podem produzir durante um período que varia de cinco a seis anos, dependendo do manejo de cortes.

O subsetor Agricultura (4.B) resultou em uma emissão líquida de 132.999 Gg CO₂e em 2016, enquanto em 2010 foi de 71.337 Gg CO₂e (Figura 2.37).

A única categoria contabilizada nesse setor foi Área convertida para Agricultura (4.B.2). As subcategorias Floresta para Agricultura (4.B.2.a) e Campo e Pastagem para Agricultura (4.B.2.b) contribuíram com 76.252 Gg CO₂e e 56.747 Gg CO₂e, respectivamente, para as emissões líquidas dessa categoria em 2016. Já a subcategoria Outras Terras para Agricultura (4.B.2.e) contribuiu com uma remoção de -0,77 Gg CO₂e (Figura 1.37).

Figura 2.37
Emissões e remoções líquidas das subcategorias da categoria Área convertida para Agricultura (4.B.2) do subsetor Agricultura (4.B), em CO₂e, de 1990 a 2016.



2.6.4 Campo e Pastagem (4.C)

O subsetor Campo e Pastagem (4.C) inclui os campos naturais, pastagens naturais e plantadas, e Outras Formações Lenhosas. O Campo é caracterizado por áreas com predominância de vegetação herbácea e arbustiva, onde a incidência da luz solar ocorre diretamente sobre o solo ou estratos inferiores, uma vez que não há o adensamento de dossel nesses ambientes (IBGE, 2012). A inserção das Outras Formações Lenhosas nesse subsetor considerou a definição utilizada no *Forest ReFontes Assessment (FRA)* da FAO (2015), que as classifica como formações que não se enquadram no subsetor Floresta, que abrangem mais de 0,5 hectare com árvores superiores a 5 metros e uma cobertura de dossel de 5 a 10%, ou com árvores capazes de atingir esses limites, ou com uma cobertura combinada de arbustos e árvores acima de 10%.

Este subsetor divide-se nas categorias Campo e Pastagem, permanecendo Campo e Pastagem (4.C.1) e Área convertida para Campo e Pastagem (4.C.2), que levam em consideração as características nacionais (Quadro 2.12). As emissões e remoções de CO₂ estão atreladas à perda ou ao ganho de carbono por mudança do uso e cobertura da terra, incluindo o manejo do solo, para todos os compartimentos (matéria viva acima e abaixo do solo, matéria orgânica morta, e solo). As Pastagens Severamente Degradadas (APD) foram mapeadas em 2016, mas as remoções de CO₂ foram contabilizadas apenas para áreas convertidas de outros usos que não pastagem para pastagens bem manejadas, para toda a série histórica, a partir de fatores de alteração de carbono orgânico do solo ponderados pela qualidade das pastagens. Com relação às emissões de CH₄ e N₂O, elas estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para pastagem, especificamente.

Quadro 2.12

Subdivisão nacional do subsetor Campo e Pastagem.

SUBSETOR	SUBDIVISÃO CONFORME PARTICULARIDADES NACIONAIS	DESCRIÇÃO
4.C. CAMPO E PASTAGEM	Campo Manejado	Campo natural, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características, classificado com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. Encontra-se em área protegida (UC ou TI) e, portanto, tem suas remoções de CO ₂ contabilizadas, com base em levantamento científico, quando permanecem com a mesma cobertura entre os períodos avaliados.
	Campo Não Manejado	Campo natural, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características, classificado com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. As emissões e remoções só são contabilizadas quando há conversão para um uso antrópico. Não são contabilizadas remoções de CO ₂ quando ela permanece com mesma cobertura entre os períodos avaliados, visto que não há intervenção antrópica.
	Campo Secundário	Classificado com base no mapa de vegetação pretérita natural e resultante de um processo de regeneração natural associado a um uso antrópico prévio, por exemplo cultivo agrícola ou pastagem.
	Pastagem	Áreas destinadas ao pastoreio, podendo ser compostas tanto por campos pastejáveis de origem nativa (pastagens naturais) quanto plantada (em sua maioria de espécies de gramíneas exóticas). A junção de áreas (natural e plantada) ocorreu, principalmente, devido à semelhança espectral observada nas imagens de satélite, sobretudo em áreas de pastagens degradadas ou com grande variação sazonal. Em biomas como Pampa e Pantanal há extenso uso de pastagens naturais. Já em biomas como Amazônia e Cerrado, há predomínio de pastagens cultivadas.
	Pastagem severamente degradada	São áreas de pastagens com degradação biológica avançada, caracterizada principalmente pela presença de solo exposto e de baixa produtividade.
	Outras Formações Lenhosas Manejadas	Outras Formações Lenhosas naturais, com estrutura intermediária entre Floresta e Campo, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características. Classificadas com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. Encontra-se em área protegida (UC ou TI) e, portanto, tem suas remoções de CO ₂ contabilizadas, com base em levantamento científico, quando permanecem com a mesma cobertura entre os períodos avaliados.
	Outras Formações Lenhosas Não Manejadas	Outras Formações Lenhosas naturais, com estrutura intermediária entre Floresta e Campo, onde a ação humana não provocou alterações significativas das características. Classificadas com base no mapa de vegetação natural pretérita também com relação à sua fitofisionomia. As emissões e remoções só são contabilizadas quando há conversão para um uso antrópico. Não são contabilizadas remoções de CO ₂ quando ela permanece com mesma cobertura entre os períodos avaliados, visto que não há intervenção antrópica.
	Outras Formações Lenhosas Secundárias	Classificadas com base no mapa de vegetação natural pretérita e resultantes de um processo de regeneração natural associado a um uso antrópico prévio, por exemplo cultivo agrícola ou pastagem.

As emissões líquidas de CO₂ do subsetor Campo e Pastagem (4.C) totalizaram 640.377 Gg CO₂e em 2016 e 615.043 Gg CO₂e em 2010.

A categoria Campo e Pastagem permanecendo Campo e Pastagem (4.C.1) contribuiu com uma remoção líquida de -3.421 Gg CO₂e para esse subsetor em 2016. Esta remoção não contabiliza a área de pastagem severamente degradada em 2010, que foi recuperada e passou a ser área de pastagem bem manejada em 2016. Segundo estimativas de FERREIRA JUNIOR *et al.* (2020), 26,8 milhões de hectares foram recuperados, entre 2010 e 2018, no Brasil.

A categoria Área convertida para Campo e Pastagem (4.C.2) emitiu 643.799 Gg CO₂e em 2016, sendo que as subcategorias Floresta para Campo e Pastagem (4.C.2.a) e Agricultura para Campo e Pastagem (4.C.2.b) contribuíram com 641.068 Gg CO₂e e 2.741 Gg CO₂e. A subcategoria Outras Terras para Campo e Pastagem (4.C.2.e) contribuiu com uma remoção líquida de -11 Gg CO₂ (Figura 2.38).

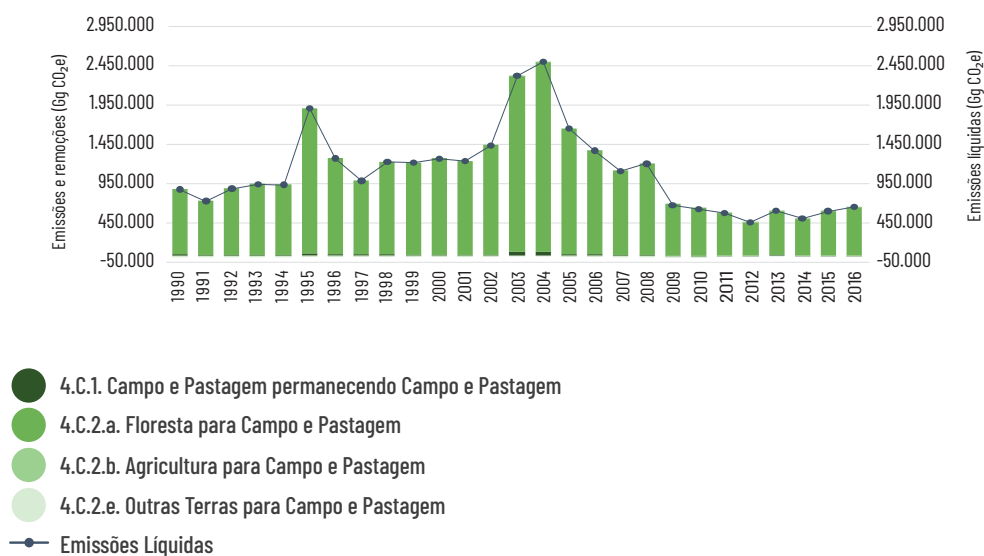


Figura 2.38
Emissões e remoções líquidas de categorias e subcategorias do subsetor Campo e Pastagem (4.C), em CO₂e, de 1990 a 2016.

2.6.5 Área Alagada (4.D)

O subsetor Área Alagada (4.D) compreende as regiões de marismas (formação em zonas costeiras), pântanos, turfeiras ou águas de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas (excluindo os oceanos). Este subsetor compreende as categorias Área Alagada permanecendo Área Alagada (4.D.1) e Área convertida para Área Alagada (4.D.2), de acordo com as subdivisões nacionais (Quadro 2.13). As emissões de CO₂, CH₄ e N₂O estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para reservatório, especificamente.

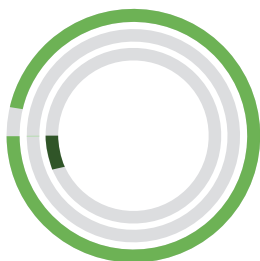
Quadro 2.13
Subdivisão nacional do subsetor Área Alagada.

SUBSETOR	SUBDIVISÃO CONFORME PARTICULARIDADES NACIONAIS	DESCRIÇÃO
4.D. ÁREA ALAGADA	Água	Corpos d'água naturais lênticos (lagos) e lóticos (rios), desde as áreas de nascentes onde os cursos d'água apresentam pequenas dimensões, até os grandes rios, como Amazonas e São Francisco. Essas áreas não são contabilizadas como Áreas Manejadas para fins do Inventário, uma vez que não sofrem interferência antrópica.
	Reservatório	Corpos d'água criados por ação antrópica, como os lagos artificiais e as áreas inundadas para a construção de hidrelétricas e abastecimento humano.

O subsetor Área Alagada (4.D) contribuiu com 8.596 Gg CO₂e de emissões de GEE em 2016, que advieram apenas da categoria Área convertida para Área Alagada (4.D.2). Em 2010, as emissões líquidas desse subsetor foram de 6.252 Gg CO₂e (Figura 2.39).

A subcategoria Floresta para Área Alagada (4.D.2.a) contribuiu com 89% (7.659 Gg CO₂e) das emissões líquidas da categoria Área convertida para Área Alagada (4.D.2), seguida das subcategorias Campo e Pastagem para Área Alagada (4.D.2.c), que contribuiu com 10% (853 Gg CO₂e), e Agricultura para Área Alagada (4.D.2.b), que contribuiu com 1% (84 Gg CO₂e) (Figura 2.39).

2016



- 89% - 4.D.2.a. Floresta para Área Alagada
- 1% - 4.D.2.b. Agricultura para Área Alagada
- 10% - 4.D.2.c. Campo e Pastagem para Área Alagada

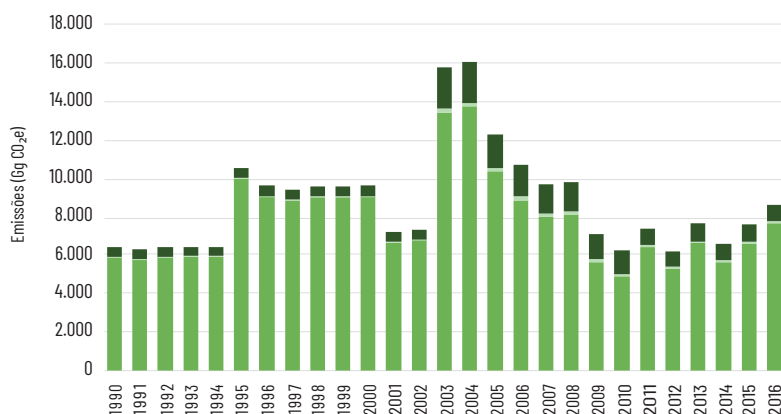


Figura 2.39
Emissões líquidas de subcategorias da categoria Área convertida para Área Alagada (4.D.2) do subsetor Área Alagada (4.D) em CO₂e, de 1990 a 2016.

2.6.6 Assentamento (4.E)

O subsetor Assentamento (4.E) é caracterizado pela presença de estruturas típicas para habitação (edificações e aglomerações de residências), construções industriais e rotas para locomoção de pessoas e meios de transporte. Este subsetor divide-se nas categorias Assentamento permanecendo Assentamento (4.E.1) e Área convertida para Assentamento (4.E.2). As emissões de CO₂, CH₄ e N₂O estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para Assentamento, especificamente.

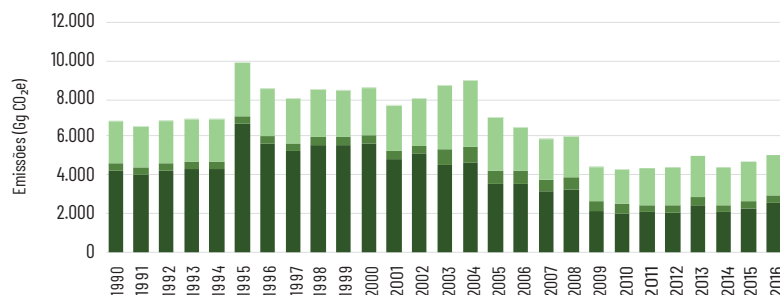
As emissões de GEE de 2016 do subsetor Assentamento (4.E) corresponderam a 5.068 Gg CO₂e, oriundas somente da categoria Área convertida para Assentamento (4.E.2), enquanto em 2010 as emissões foram de 4.354 Gg CO₂e (Figura 2.40).

As subcategorias com maior representatividade em 2016 foram Floresta para Assentamento (4.E.2.a), que emitiu 2.594 Gg CO₂e e contribuiu com 51%, e Campo e Pastagem para Assentamento (4.E.2.c), que emitiu 2.106 Gg CO₂e e representou 42% das emissões da categoria Área convertida para Assentamento (4.E.2) (Figura 2.40). A subcategoria Agricultura para Assentamento (4.E.2.b) contribuiu com os demais 7%, com uma emissão de 367 Gg CO₂e.

Figura 2.40

Emissões líquidas das subcategorias da categoria Área convertida para Assentamento (4.E.2) do subsetor Assentamento (4.E), em CO₂e, de 1990 a 2016.

2016



- 51,2% - 4.E.2.a. Floresta para Assentamento
- 7,2% - 4.E.2.b. Agricultura para Assentamento
- 41,6% - 4.E.2.c. Campo e Pastagem para Assentamento
- 0% - 4.E.2.e. Outras Terras para Assentamento

2.6.7 Outras Terras (4.F)

O subsetor Outras Terras (4.F) inclui áreas naturais, como dunas e afloramento rochoso, e áreas antropizadas, tais como solo exposto e mineração, conforme subdivisões adotadas pelo país (Quadro 2.14). Este subsetor compreende as categorias Outras Terras permanecendo Outras Terras (4.F.1) e Área convertida para Outras Terras (4.F.2). As emissões de CO₂, CH₄ e N₂O estão atreladas ao processo de conversão de vegetação natural para mineração e solo exposto, especificamente.

SUBSETOR	SUBDIVISÃO CONFORME PARTICULARIDADES NACIONAIS	DESCRIÇÃO
4.F. OUTRAS TERRAS	Dunas manejadas	Áreas naturais compostas somente por areia, sem cobertura vegetal, localizadas em área protegida (UC ou TI).
	Dunas não manejadas	Áreas naturais compostas somente por areia, sem cobertura vegetal, fora de área protegida.
	Afloramento rochoso manejado	Áreas em que ocorre a exposição natural de rochas na superfície do solo, sem cobertura vegetal, localizadas em área protegida (UC ou TI).
	Afloramento rochoso não manejado	Áreas em que ocorre a exposição natural de rochas na superfície do solo, sem cobertura vegetal, fora de área protegida.
	Mineração	Áreas destinadas à extração de minérios para o uso comercial, caracterizadas principalmente pela remoção total da vegetação nativa.
	Solo exposto	Áreas desprovidas de cobertura vegetal nativa ou exótica, sujeitas à erosão e perda da fertilidade dos solos em função da atuação de agentes abióticos (como lixiviação). Os solos expostos normalmente são originados a partir de atividades como desmatamento e queimadas.
	Áreas não observadas	Áreas que não puderam ser classificadas devido à presença de nuvens e suas sombras, que comprometeram a análise das imagens de satélites disponíveis.

Quadro 2.14
Subdivisão nacional do subsetor Outras Terras.

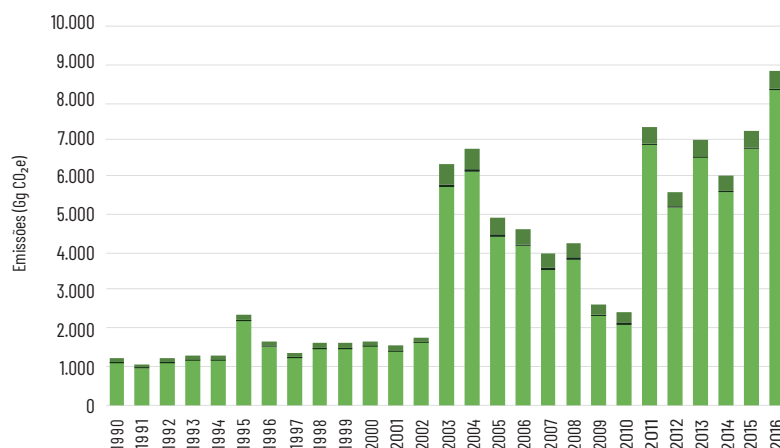
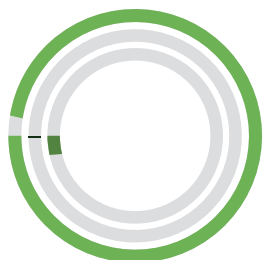
Este subsetor emitiu 8.911 Gg CO₂e em 2016, oriundos somente da categoria Área convertida para Outras Terras (4.F.2), que emitiu 2.481 Gg CO₂e em 2010.

A subcategoria Floresta para Outras Terras (4.F.2.a) teve a maior participação nas emissões líquidas dessa categoria em 2016, correspondente a 94% (8.419 Gg CO₂e). A subcategoria Campo e Pastagem para Outras Terras (4.F.2.c) participou com 5% (470 Gg CO₂e) e a subcategoria Agricultura para Outras Terras (4.F.2.b), com 0,2% (21 Gg CO₂e) (Figura 2.41).

Figura 2.41

Emissões líquidas das subcategorias da categoria Área convertida para Outras Terras (4.F.2) do subsetor Outras Terras (4.F), em CO₂e, de 1990 a 2016.

2016



- 94,5% - 4.F.2.a. Floresta para Outras Terras
- 0,2% - 4.F.2.b. Agricultura para Outras Terras
- 5,3% - 4.F.2.c. Campo e Pastagem para Outras Terras

2.6.8 Produtos Florestais Madeireiros (4.G)

O subsetor Produtos Florestais Madeireiros (4.G) considera as emissões e remoções de CO₂ oriundas de produtos originários de matéria-prima de florestas plantadas, tais como madeira maciça, painéis, papel e papelão. As emissões de CO₂ são resultantes da decomposição desses produtos²³ (contabilizadas no país consumidor), enquanto as remoções de CO₂ refletem o crescimento dos reflorestamentos (contabilizadas no país produtor).

Para 2016, a remoção correspondente à madeira colhida foi de -485.804 Gg CO₂ para florestas plantadas, enquanto a emissão bruta foi de 435.032 Gg CO₂. Com isso o balanço da contribuição dos Produtos Florestais Madeireiros foi de uma remoção líquida de -50.772 Gg CO₂, em 2016 (Figura 2.42).

²³ As emissões de gases não CO₂ associadas ao processo de decomposição são contabilizadas no setor Resíduos.

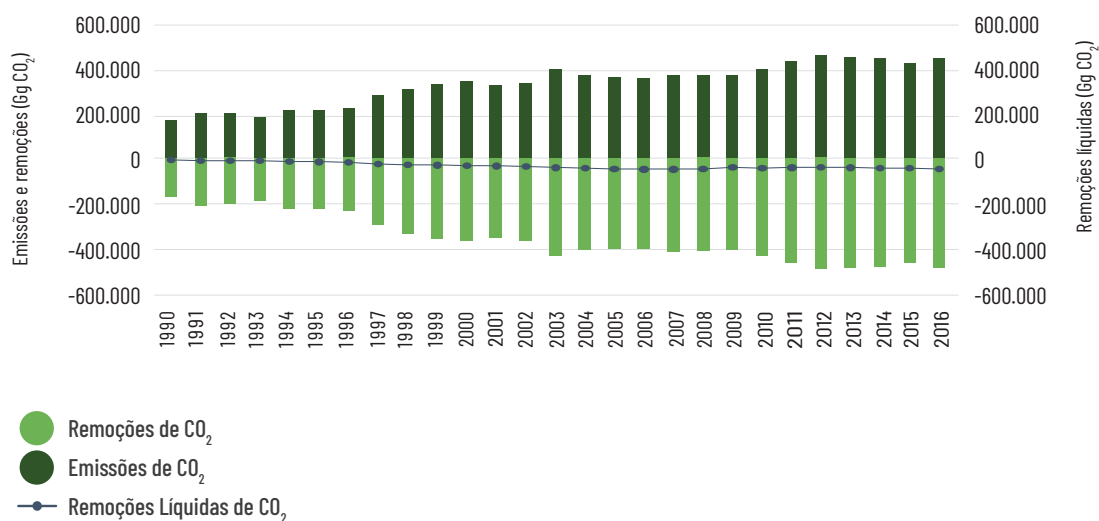


Figura 2.42
Emissões brutas, remoções e remoções líquidas de CO₂ do subsetor Produtos Florestais Madeiros (4.G), de 1990 a 2016.

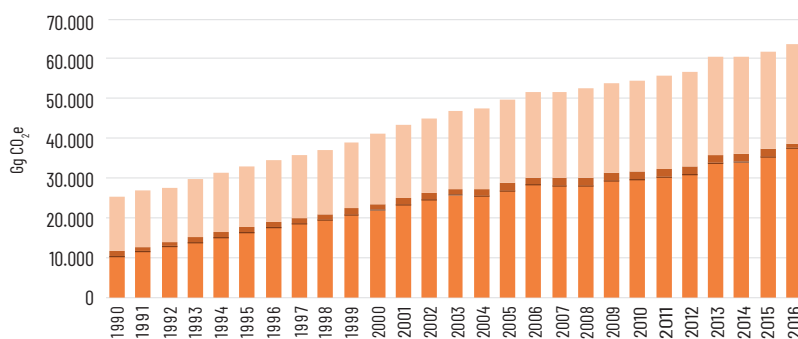
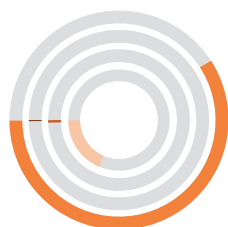
2.7 SETOR RESÍDUOS (5)

O setor Resíduos compreende as emissões pela disposição e tratamento de resíduos sólidos e líquidos e contempla as emissões de CH₄, N₂O e CO₂ de quatro subsetores, conforme a metodologia do IPCC 2006: Disposição de Resíduos Sólidos (5.A), Tratamento Biológico de Resíduos (5.B), Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos (5.C) e Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D). As emissões do setor são decorrentes, principalmente, do processo de degradação anaeróbica que ocorre na destinação final de resíduos sólidos em aterros sanitários (locais manejados) ou em aterros controlados e vazadouros/lixões (locais não categorizados), bem como do despejo de águas residuárias que passaram ou não por algum processo de tratamento.

As emissões do setor totalizaram 65.954 Gg CO₂e em 2016, com aumento de 16,4%, se comparado com 2010. O subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) foi o que mais contribuiu com as emissões do setor em 2016, com 39.001 Gg CO₂e ou 59,1% do total. O Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (3.D) emitiu 25.794 Gg CO₂e em 2016 e foi responsável por 39,1% do total do setor. Os outros subsetores contribuíram com uma parcela menor de emissão, como mostra a Figura 2.43.

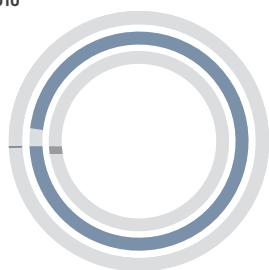
Consulte o **Apêndice** para verificar as tabelas com todos os resultados por gás em unidade de massa, para todos os setores e toda a série histórica (1990 a 2016).

2016



- 59,1% - 5.A. Disposição de Resíduos Sólidos
- 0,1% - 5.B. Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos
- 1,7% - 5.C. Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos
- 39,1% - 5.D. Tratamento e Despejo de Águas Residuária

2016



- 0,8% - CO₂
- 95% - CH₄
- 4,1% - N₂O

SETOR/ SUBSETORES	1990	1995	2000	2005	2010	2016	VARIAÇÃO 2010-2016
	Gg CO ₂ e						%
5. Resíduos	26.194	34.257	42.578	51.618	56.672	65.954	16,4%
5.A. Disposição de Resíduos Sólidos	10.978	17.177	22.820	28.022	30.877	39.001	26,3%
5.B. Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	19	30	36	47	43	56	32,0%
5.C. Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.027	1.139	1.581	1.837	1.840	1.102	-40,1%
5.D. Tratamento e Despejo de Águas Residuária	14.169	15.912	18.142	21.713	23.912	25.794	7,9%

Figura 2.43

Emissões do setor Resíduos, em CO₂e, por subsetor, de 1990 a 2016.

Como mostra a Figura 2.43, o principal gás emitido pelo setor foi o CH_4 (95,1%), sendo a Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) a fonte emissora mais significativa, seguida pelo Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D), correspondente a 62,1% e 37,0% do total de emissões de CH_4 do setor, respectivamente. Os gases N_2O e CO_2 representaram parcela menor de emissões em termos de CO_2e (4,1% e 0,8%, respectivamente).

2.7.1 Aspectos Metodológicos do Setor

As estimativas de emissões foram realizadas a partir da metodologia preconizada no IPCC 2006²⁴ e foram calculadas com dados nacionais oficiais, tais como população urbana e rural, geração de resíduo sólido municipal e de serviços de saúde, locais de disposição final de resíduos sólidos, variáveis climáticas dos municípios, composição gravimétrica dos resíduos, rotas ou sistemas de descarga de águas residuárias domésticas e industriais, fração de tratamento de esgoto, tecnologias de tratamento de águas residuárias, produção industrial e carga orgânica por unidade de produto.

O Quadro 2.15 apresenta as metodologias, dados de atividade e parâmetros/fatores utilizados em cada uma das categorias inventariadas. A metodologia Tier 2 foi utilizada para as categorias mais representativas, com destaque para a Disposição de Resíduos Sólidos (5.A), que contempla as emissões de Locais Manejados (5.A.1) e Não Categorizados (5.A.3).

Para as emissões pelo Tratamento Biológico de Resíduos (5.B), utilizou-se o Tier 1 para Compostagem (5.B.1), pois essa categoria foi pouco representativa em termos de emissão.

Para o subsetor Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (5.C) utilizou-se a metodologia Tier 2a para as emissões de CO_2 , e Tier 1 para os demais gases inventariados. Já para as emissões pelo Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) utilizou-se o Tier 2 para o CH_4 e Tier 1 para N_2O .

²⁴ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 5, Waste. (IPCC, 2006).

Quadro 2.15

Níveis metodológicos aplicados por gás e referências do setor Resíduos.

Nota: níveis metodológicos IPCC, 2006 –
T1: *Tier 1*;
T2: *Tier 2*;
T3: *Tier 3*.

Notações:
NA – não aplicável;
NO – não ocorre;
IE – incluído em outro local;
NE – não estimada.

			GASES ESTIMADOS E METODOLOGIAS					
SUBSETOR	CATEGORIA	SUBCATEGORIA	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	NM VOC
5.A. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	5.A.1. Locais Manejados		NA	T2	NA	NA	NA	NA
	5.A.2. Locais Não Manejados		NA	IE	NA	NA	NA	NA
	5.A.3. Locais Não Categorizados		NA	T2	NA	NA	NA	NA
5.B. TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	5.B.1. Compostagem		NA	T1	T2	NA	NA	NA
	5.B.2. Digestão Anaeróbia ²⁵		NO	NO	NA	NA	NA	NA
5.C. INCINERAÇÃO E QUEIMA A CÉU ABERTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	5.C.1. Incineração de Resíduos	5.C.1.a. Biogênico	T2a	NA	T1	NA	NA	NA
		5.C.1.b. Não Biogênico	T2a	NA	T1	NA	NA	NA
	5.C.2. Queima de Resíduos a Céu Aberto		T2a	T1	NA	NA	NA	NA
5.D. TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	5.D.1. Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas		NA	T2	T1	NA	NA	NA
	5.D.2. Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Industriais		NA	T2	NA	NA	NA	NA

²⁵ A categoria Digestão Anaeróbia (5.B.2) não foi contabilizada, uma vez que esta tecnologia ainda é incipiente no Brasil.

REFERÊNCIAS

DADOS DE ATIVIDADE

Dados populacionais: Censo Demográfico (1970; 1980; 1991; 2000; 2010), Estimativas da População (1992 a 1995; 1997 a 1999; 2001 a 2009; 2011 a 2016) e Contagem da População (1996; 2007) (IBGE, 2010; 2015); Lacuna estimada para as décadas de 1970 e 1980 e 1994, por meio de modelo polinomial de grau 2; CH₄ recuperado: Projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (UNFCCC, 2019).

Idem às informações do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (5.A).

Quantidade de resíduos de saúde incinerados obtidos a partir da população dos municípios com coleta e massa coletada (IBGE, 2008). Lacunas supridas a partir da interpolação linear desses dados.

Dados populacionais do Censo Populacional (1991, 2000 e 2010) (IBGE, 2010) e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (IBGE, 2015) (anos intermediários ao Censo) e lacunas para anos 1994 e 2016 foram estimadas.

População urbana das UF foi estimada anualmente por regressão linear bivariada simples entre os intervalos dos censos populacionais (IBGE, 1970; 1980; 1991; 2000; 2010). População rural estimada pela diferença entre total e urbana. Os dados de sistema de tratamento foram obtidos da PNAD (1992 e 1993, 1995 a 1999, 2001 a 2009 e 2011 a 2015) (IBGE, 2015) e do Censo Populacional (1991, 2000 e 2010) (IBGE, 2010). A fração da população atendida com cada tecnologia de tratamento estimada a partir de dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 2008).

Dados de produção industrial: Açúcar e Álcool (UNICA, 2019); Leite cru (IBGE, 2018a); Leite pasteurizado, (ABLV, 2019); Celulose (IBA; 2019); Cerveja, Abate de aves e bovinos (IBGE, 2017b).

FATORES DE EMISSÃO

Dados de População total (urbana e rural) com coleta de resíduo do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (MCID, 2018) e Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística - IBGE (IBGE, 1980; 1983; 2008). Modelo polinomial de grau 2 com base nos dados do IBGE (1980; 1983; 2008) e do SNIS (anos 2003 a 2016; MCID, 2018) de população total atendida com coleta de MSW e a massa coletada; O tipo de aterro em cada município foi obtido a partir da informação da unidade de disposição final de todos os municípios do Brasil (MMA, 2015) e o ano de início de operação dos aterros sanitários (MCID, 2018); Revisão de literatura nacional sobre a composição gravimétrica para cada unidade federativa e ano; Volume 3, Capítulo 3 (IPCC, 2006).

Volume 3, Capítulo 4 (IPCC, 2006).

Volume 3, Capítulo 5 (IPCC, 2006).

Volume 3, Capítulo 5 (IPCC, 2006).

Volume 3, Capítulo 6 (IPCC, 2006); Foram classificados os sistemas de tratamento utilizados no Brasil presentes nas PNSB (IBGE, 2008), com interpolação linear simples entre períodos, de acordo com valores default (IPCC, 2006); Dados da FAO (2009) para consumo de proteína, com interpolação linear simples nas lacunas de dados; Quantidade de lodo foi calculada com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrada na literatura nacional (Andreoli; Von Sperling; Fernandes, 2001); Volume 3, Capítulo 6 (IPCC, 2006).

Valores de carga orgânica utilizados: Açúcar: 21 e 82 (CTC, 1995; ANA, 2009); Álcool: 146 (ANA, 2009); Celulose:19 (SUHR, 2015); Volume 3, Capítulo 6 (IPCC, 2006); Dados sobre lodo foram calculados com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrada na literatura nacional (Andreoli; Von Sperling; Fernandes, 2001).



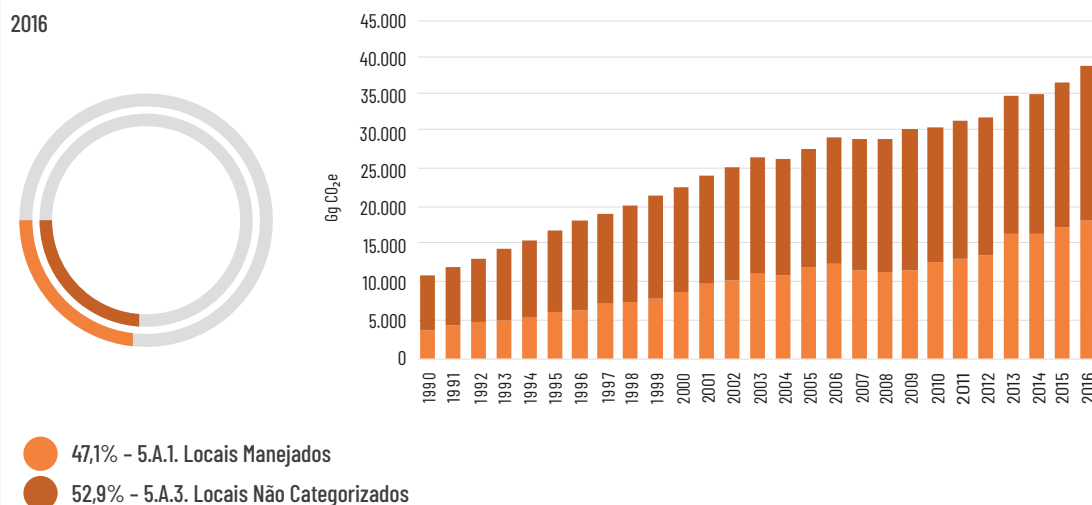
Conforme o IPCC 2006²⁶, a descrição de locais de disposição final indica uma classificação para aterros sanitários (5.A.1 – Locais Manejados), mas não especifica classificação para aterros controlados e vazadouros (lixões). Dessa forma, aterros controlados e vazadouros foram classificados como “Não Categorizados” (5.A.3), uma vez que não existem características suficientes sobre esses locais para possibilitar classificação em qualquer outra categoria.

2.7.2 Disposição de Resíduos Sólidos (5.A)

O subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) contempla apenas emissões de CH₄ que ocorrem durante a decomposição anaeróbica da matéria orgânica depositada em aterros sanitários (Locais Manejados – 5.A.1), aterros controlados e lixões (Locais Não Categorizados – 5.A.3). As emissões pela disposição de resíduos sólidos variam, principalmente, com a qualidade do local de disposição, o tamanho populacional, a quantidade e a composição gravimétrica do resíduo depositado.

As emissões associadas à Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) contabilizaram 39.001 Gg CO₂e em 2016, um aumento de 26,3%, se comparadas com 2010 (Figura 2.44). A disposição de resíduos em Locais Manejados (5.A.1) representou 47,1% em 2016 e teve um aumento de 43%, se comparado com as emissões de 2010. Tal fato se deve ao aumento da população atendida com coleta de resíduos e ao aumento do envio desses resíduos para aterros sanitários (média de 35% em 1990 para 51% em 2016), cuja capacidade de geração de CH₄ é maior que em aterros controlados e lixões. Já as emissões em Locais Não Categorizados (5.A.3) representou 52,9% e apresentou aumento de 14,2%, em comparação com as emissões de 2010. Em termos qualitativos de composição gravimétrica, “restos de alimentos” e “papel e papelão” foram os principais componentes na geração de CH₄ pela disposição dos resíduos sólidos municipais em aterros e lixões, respondendo por 60,6% e 32,4% do total de emissão gerado, respectivamente.

Figura 2.44
Emissões da Disposição de Resíduos Sólidos (5.A), em CO₂e, por categoria de emissão, de 1990 a 2016.



²⁶ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado pelo National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 5, Waste, chapter 3, Tab 3.1 (IPCC, 2006).

As estimativas de CH_4 já consideraram a redução das emissões devido à recuperação e queima desse gás em aterros sanitários, o que contribuiu com uma diminuição de 7,3% do total de emissões do subsetor em 2016. O CH_4 recuperado foi contabilizado a partir dos resultados apresentados pelos projetos de MDL registrados na UNFCCC. Essa recuperação de CH_4 começou a ocorrer em 2003, ano em que o primeiro projeto foi submetido e aprovado.

2.7.3 Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B)

O subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B)²⁷ contabilizou as emissões de CH_4 e N_2O associadas à Compostagem (5.B.1). A compostagem é um processo aeróbio, e sua emissão está relacionada com a quantidade, o tipo e a composição do resíduo orgânico depositado. As emissões referentes à compostagem de resíduos sólidos urbanos foram estimadas em 56 Gg CO_2e em 2016, que refletiu em um incremento de 32%, se comparado com 2010 (Figura 2.45), e se deve, principalmente, ao aumento da compostagem de resíduos sólidos orgânicos no Brasil nesse período. As emissões de CH_4 e N_2O representaram 53% e 47% do total de CO_2e em 2016, respectivamente.

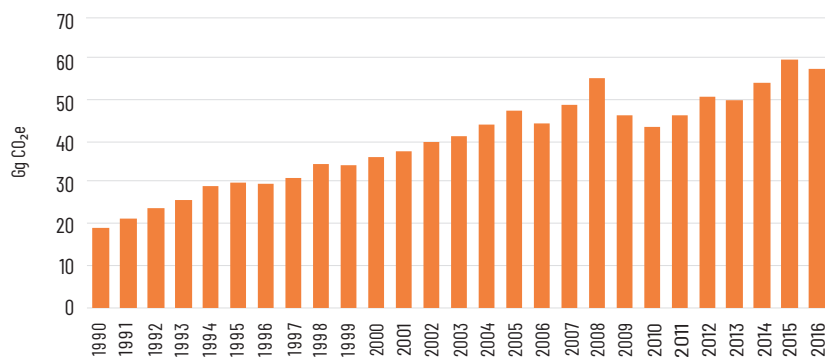


Figura 2.45
Emissões pelo Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B), em CO_2e , de 1990 a 2016.

²⁷ Para esta edição do Inventário, houve inclusão do subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B), devido à implementação do IPCC 2006.

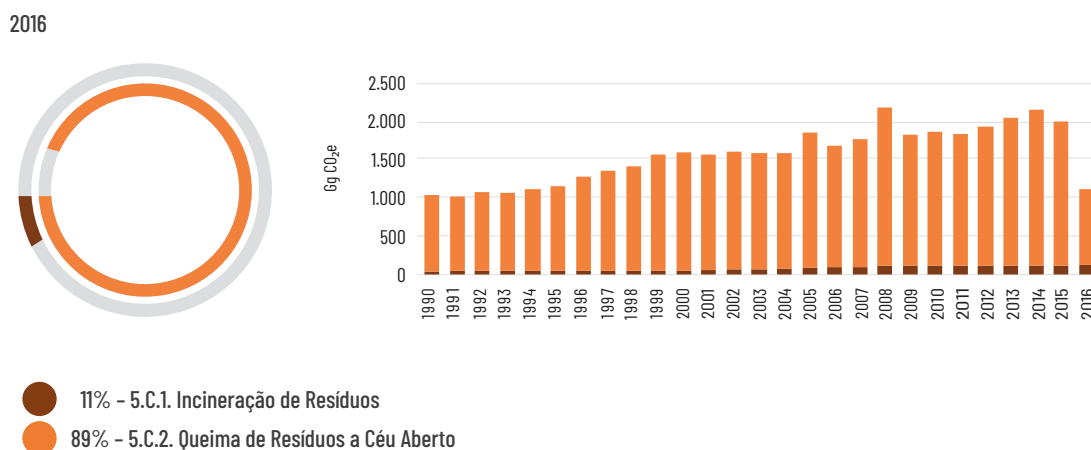
2.7.4 Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos (5.C)

O subsetor Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos (5.C) compreende as emissões de CH_4 , N_2O e CO_2 decorrentes do processo de combustão de resíduo de forma controlada ou não. No caso da queima a céu aberto, a combustão de carbono fóssil, substância presente principalmente em embalagens plásticas, é responsável pela emissão de CO_2 para a atmosfera e, por ser uma combustão realizada em ambiente não controlado, emite uma pequena fração do carbono na forma de CH_4 devido à ineficiência na aeração.

As emissões do subsetor contabilizaram 1.102 Gg CO_2e em 2016 (Figura 2.46) e foram provenientes, em sua maioria, da categoria Queima a Céu Aberto de Resíduos (5.C.2) (89%). Houve diminuição de 40% das emissões, se comparadas com 2010, devido, principalmente, ao aumento da reciclagem do plástico nesse período, o que possibilitou um menor incremento no carbono fóssil queimado.

As emissões pela Incineração de Resíduos (5.C.1) totalizaram 120 Gg CO_2e em 2016, ou 11% do subsetor. Nessa categoria foram consideradas as emissões pela incineração de resíduos de serviços de saúde, que ocorre com vistas a cumprir a legislação ambiental nacional. As emissões pela categoria Queima a Céu Aberto de Resíduos (5.C.2) totalizaram 982 Gg CO_2e . No Brasil, a prática de queima de resíduos a céu aberto ainda é muito utilizada, principalmente pela população que não é atendida pelo sistema de coleta seletiva de lixo. Em 2016, as emissões de CH_4 , N_2O e CO_2 do subsetor representaram 44%, 10% e 46%, respectivamente.

Figura 2.46
Emissões pela Incineração e Queima de Resíduos Sólidos (5.C), em CO_2e , por categoria de emissão, de 1990 a 2016.



2.7.5 Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D)

O subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) contabiliza as emissões de CH_4 e N_2O dos sistemas de Águas Residuárias Domésticas (5.D.1) e Águas Residuárias Industriais (5.D.2). As emissões de CH_4 ocorrem em ambientes anaeróbios e estão relacionadas com a quantidade de material orgânico degradável presente no efluente, bem como a temperatura do local e o tipo de tratamento utilizado. Já as emissões de N_2O estão associadas com a degradação do nitrogênio presente no efluente, por meio do processo de nitrificação e desnitrificação.

As emissões pelo Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) foram estimadas em 25.794 Gg CO_2e em 2016, com aumento de 7,9% se comparado com 2010. A categoria Águas Residuárias Domésticas (5.D.1) foi a mais representativa, com emissão de 21.397 Gg CO_2e , ou 83% das emissões do subsetor (Figura 2.47). Essas emissões tiveram aumento de 4,6%, se comparado com os resultados de 2010, e têm relação direta com o crescimento populacional, ampliação da rede de coleta e tratamento dos esgotos nos estados e municípios e a matéria orgânica presente no efluente, expressa como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), uma vez que essas são as principais variáveis que as influenciam.

Para a categoria Águas Residuárias Industriais (5.D.2), as emissões em 2016 foram estimadas em 4.398 Gg CO_2e (17% do subsetor), com aumento de 27% se comparadas com 2010. É válido destacar que a atividade de produção de leite cru e pasteurizado correspondeu a mais da metade das emissões dessa categoria até 2003, quando a contribuição da atividade de abate animal (aves, suínos e, principalmente, bovinos) passou a ser a mais representativa.

2016



- 83% - 5.D.1. Águas Residuárias Domésticas
- 17% - 5.D.2. Águas Residuárias Industriais

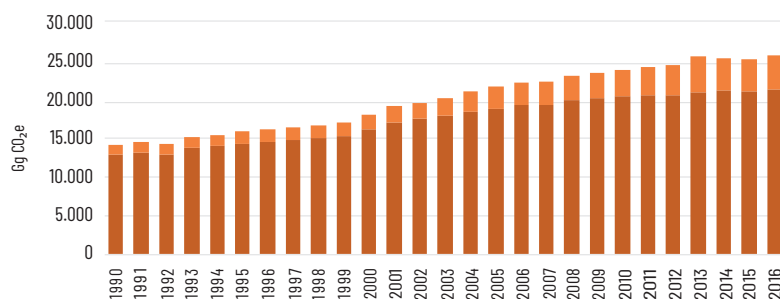
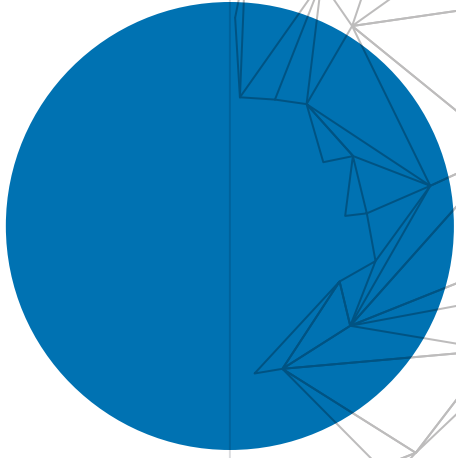


Figura 2.47

Emissões pelo Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D), em CO_2e , por categoria de emissão, de 1990 a 2016.

De cima para baixo, da esquerda para a direita: Burst - Pixels • Divulgação - pxhere • Wendersson Araujo - Sistema CNA

Saulo Cruz - Ministério de Minas e Energia © • Silvana Godoy - Pixabay



CAPÍTULO 3



IMPACTOS, VULNERABILIDADE

e Adaptação à
Mudança do Clima

QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC



A adaptação à mudança do clima

é o processo de ajuste dos sistemas naturais e humanos ao clima presente e futuro e seus efeitos. Em sistemas humanos, a adaptação procura moderar ou evitar danos potenciais ou explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, intervenções humanas podem facilitar o ajuste a mudanças do clima esperadas e seus efeitos (IPCC, 2014, p. 5).

Para saber mais sobre o PNA, consulte o item 4.1.5.

A abordagem integradora

combina o conceito teórico do nexo alimento-água-energia com aspectos relacionados a modos de vida sustentáveis (*sustainable livelihoods*, em inglês), riscos climáticos e segurança ambiental (MILHORANCE; BURSZTYN, 2019).

3.1 CONTEXTO E ABORDAGEM

O TEMA DA **ADAPTAÇÃO** VEM GANHANDO RELEVÂNCIA NO MUNDO, na medida em que os impactos relacionados ao clima se tornam mais evidentes, refletindo-se na sua gradativa incorporação na agenda política de diversos países, sobretudo a partir de 2011, com o estabelecimento do Marco de Adaptação de Cancun (*Cancun Adaptation Framework* – CAF, na sigla em inglês), durante a COP16.

Em conformidade com essa tendência, o crescimento da agenda de adaptação no Brasil culminou no lançamento do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA).

O PNA (2016) orienta que se deve assegurar a implementação satisfatória e coordenada das estratégias setoriais e temáticas de gestão de risco, prioritariamente nas áreas de segurança alimentar e nutricional, hídrica e energética, considerando as sinergias e a transversalidade dos temas nos diversos setores da economia, por meio da coordenação de políticas públicas, com adoção dos princípios de governança vertical e horizontal.

A implementação de ações de adaptação tem o potencial de contribuir de forma sinérgica com o avanço dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que fazem parte da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) para o período de 2016-2030. Segundo a UNFCCC (2017), a integração da agenda de adaptação e da Agenda 2030 com o Marco de Sendai¹ para Redução do Risco de Desastres pode fornecer uma base para o desenvolvimento sustentável, de baixo carbono e para o fortalecimento da resiliência² à mudança do clima.

Abordagem Integradora

Pretende-se que a integração de políticas climáticas no Brasil seja capaz de articular setores que, historicamente, possuem contornos muito específicos de atuação, sabendo que há interações complexas e multidimensionais entre os diversos níveis de governança, do local ao global, quando se trata de mitigação e adaptação à mudança do clima (ADELLE; RUSSEL, 2013; MICKWITZ et al., 2009; WEIZ et al., 2017).

Como forma de promover uma perspectiva integradora no equacionamento de questões-chave para a sociedade³, surgem diferentes abordagens que buscam estratégias metodológicas para análises integradoras e a identificação de interdependências e sinergias. Foram utilizadas algumas dessas propostas (MILHORANCE; BURSZTYN, 2019) para nortear os estudos de Impactos, Vulnerabilidade e Adaptação (IVA) elaborados nesta 4CN.

Os estudos de IVA da 4CN foram, assim, estruturados a partir das seguranças hídrica, energética, alimentar e socioambiental, conforme os conceitos descritos a seguir:

¹ Documento internacional específico para a redução de desastres, adotado em 2015 por países-membros da ONU na convenção de Sendai (Japão), com metas a serem alcançadas até 2030.

² Capacidade de sistemas sociais, econômicos e ambientais de lidar com eventos, tendências ou distúrbios perigosos, respondendo ou se reorganizando em maneiras que mantenham sua função essencial, identidade e estrutura, enquanto também salvaguardam sua capacidade para adaptação, aprendizado e transformação (IPCC, 2014)

³ Hagemann e Kirschke, 2017; Howells e Rogner, 2014; Pahl-Wostl, 2017; Scott, 2017; Weitz et al., 2017; Ringler, Bhaduri e Lawford, 2013; Castro e Bursztyn, 2019; Araújo et al., 2019.

SEGURANÇA HÍDRICA indica disponibilidade adequada de quantidade e qualidade de água para saúde, meios de vida, ecossistemas e produção, associada a um nível aceitável de riscos relacionados com a água em relação às pessoas, à economia e ao meio ambiente (GREY; SADOFF, 2007).

SEGURANÇA ENERGÉTICA envolve garantia da oferta de serviços energéticos, com minimização de interrupções e com preço acessível dentro de um sistema e mercado de energia que promovam a eficiência e a sustentabilidade; e que também sejam suficientemente flexíveis e preparados para lidarem com e se recuperarem de eventos repentinos e extremos, de qualquer natureza ou em qualquer espaço de tempo.

SEGURANÇA ALIMENTAR é definida como o estado em que “todas as pessoas em todos os momentos têm acesso físico, social e econômico a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para atender às suas necessidades alimentares e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável” (FAO 2014 apud FAO 1996).

SEGURANÇA SOCIOAMBIENTAL é a condição pela qual a existência humana, em todos os seus aspectos, ao interagir com os ecossistemas, favorecendo-se de seus serviços, tem assegurada uma vida digna e satisfatória, sem prejuízo aos demais seres vivos e ecossistemas, cuja integridade e valor intrínseco devem ser reconhecidos.

As seguranças estão relacionadas não somente à disponibilidade de recursos, mas também aos elementos ligados à sustentabilidade – possibilidade de acesso e de distribuição justa dos recursos pela população, proteção ambiental e desenvolvimento econômico –, e envolvem questões políticas, conjunturais e institucionais. Trata-se de uma evolução sobre as abordagens setoriais (IISD, 2013; Ringler, Bhaduri e Lawford, 2013, p. 617; Simpson e Jewitt, 2019).

A materialização da proposta de uma abordagem integradora nos estudos de IVA implicou dois níveis de integração: um dentro do escopo de cada segurança e outro entre as seguranças.

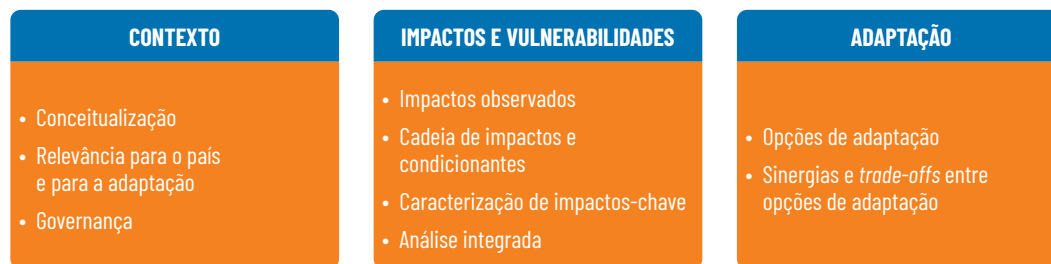
No que se refere ao primeiro nível, considera-se que há uma multiplicidade de setores e temas envolvidos dentro de cada segurança, bem como diferentes impactos e riscos encadeados e condicionados por aspectos climáticos e não climáticos, que atuam de maneira transversal, porém diferenciada no território. Assim, os resultados de cada segurança foram consolidados em análises a partir dos mesmos recortes territoriais, quais sejam aqueles correspondentes a cada bioma terrestre (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal), com inferências específicas também para cidades, zonas costeiras e oceanos.

Ainda no âmbito de cada segurança, para a avaliação dos impactos e riscos relacionados ao clima no país, com vistas a apoiar estratégias de adaptação, os estudos trouxeram dados sobre impactos observados em conjunto com a caracterização de cenários futuros. Esses cenários foram desenvolvidos com o apoio de modelos climáticos, cujas informações foram incorporadas a cada segurança segundo metodologias mais apropriadas para cada campo do conhecimento.

Figura 3.1
Sequência de desenvolvimento dos estudos de IVA da 4CN por seguranças.

Com relação ao segundo nível de integração, buscou-se identificar as inter-relações entre as seguranças, bem como sinergias e *trade-offs* entre potenciais opções de adaptação⁴. No tema da adaptação, adotou-se um processo participativo de levantamento e avaliação de opções que contou com especialistas de diversas áreas correlatas aos assuntos tratados nas seguranças.

Por fim, as análises de IVA por segurança ocorreram a partir da seguinte sequência de desenvolvimento:



3.2 MUDANÇA DO CLIMA NO BRASIL

3.2.1 Programa de Modelagem Climática no Brasil

Modelos Climáticos Globais

A avaliação de impactos e riscos relacionados ao clima baseia-se no uso de modelos climáticos, cujos cenários conduzem a um melhor entendimento do sistema climático atual e futuro, a fim de subsidiar estratégias de adaptação.

Para a realização de projeções futuras do clima, os modelos do sistema terrestre são condicionados por cenários de emissões de gases de efeito estufa (GEE). As Trajetórias Representativas de Concentração de GEE (*Representative Concentration Pathways* – RCPs) foram propostas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, no acrônimo em inglês), representando quatro cenários possíveis de concentrações, que estão correlacionados a forçantes radiativas (quantidade de aquecimento) até o final do século (2.6, 4.5, 6.0 e 8.5 watts por m²) (IPCC, 2014).

⁴ As sinergias podem ser entendidas como relações em que ações de adaptação potencializam outras. Por outro lado, são considerados *trade-offs* quando ações de adaptação minimizam determinados riscos ao mesmo tempo em que agravam outros, gerando conflitos de escolha.

Deve-se considerar que há duas fontes de incertezas associadas a esses cenários. A primeira fonte de incerteza envolve a trajetória futura das emissões dos GEEs na atmosfera. Ela é fortemente influenciada pelas decisões humanas sobre o caminho social, econômico e ambiental desejado. A segunda advém do fato de que os modelos matemáticos são representações imperfeitas do mundo real.

A utilização de conjuntos de simulações de modelos – chamados *ensembles* – permite que os efeitos de diferentes fontes de incerteza sejam analisados e fornece projeções plausíveis da mudança do clima. Nesse contexto, destaca-se a iniciativa internacional do *Coupled Model Intercomparison Project*⁵ (CMIP), que tem por objetivo reunir de maneira padronizada os resultados de modelos climáticos produzidos pelos diversos grupos de modelagem climática no mundo, os quais são amplamente utilizados pelas instituições científicas, incluindo o IPCC. O quinto e último relatório de avaliação do IPCC (AR5, no acrônimo em inglês), de 2014, foi subsidiado pelas informações do CMIP5.

Desde a publicação do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, em 2001, há uma compreensão cada vez melhor dos padrões climáticos esperados para o século XXI. É muito provável que ocorra aumento na precipitação nas altas latitudes, enquanto reduções são prováveis na maior parte das regiões continentais subtropicais, continuando os padrões observados nas tendências recentes.

Modelagem Regional no Brasil

Para analisar como a mudança do clima ocorre em nível regional, faz-se necessário aumentar a resolução espacial dos Modelos Climáticos Globais (MCG), que em geral têm resolução da ordem de uma a duas centenas de quilômetros, e/ou utilizar técnicas de regionalização (conhecidas como *downscaling*) para traduzir as informações fornecidas pelos MCGs numa escala espacial mais refinada (AMBRIZZI et al. 2019).

Nesse contexto, em nível nacional, destacam-se os projetos **CLARIS-LPB** (Rede Europeia/Sul-Americana para Avaliação da Mudança Climática e Estudos de Impacto na Bacia do Rio da Prata) (BOULANGER et al., 2010), o **CREAS** (*Regional Climate Change Scenarios for South America*)⁶ (MARENGO; AMBRIZZI, 2006; AMBRIZZI et al., 2007; MARENGO et al. 2009) e o **CORDEX** (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment⁷). Tais iniciativas serviram de base tanto para o desenvolvimento do programa de modelagem climática no Brasil como para subsidiar a produção da Segunda Comunicação Nacional (SCN) do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

A Terceira Comunicação Nacional (TCN) reuniu projeções futuras regionalizadas do [modelo regional Eta](#), com escala espacial de 20 km lat-lon, aninhado ao (recebe dados de entrada de) modelo global inglês *Hadley Centre Global Environmental Model* (**HadGEM2-ES**), modelo global japonês *Model for Interdisciplinary Research on Climate* (**MIROC5**) e **BESM** (*Brazilian Earth System Model*, em inglês) com diferentes cenários de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera (RCP 4.5 e 8.5). Esses resultados apoiaram a formulação do PNA (2016).

O modelo regional Eta foi instalado no CPTEC em 1996, com o fim de complementar a previsão numérica de tempo, posteriormente passando a ser utilizado para projeções climáticas de longo prazo.

⁵ Em português, Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados, o CMIP é um projeto internacional organizado em 1995 pelo Grupo de Trabalho em Modelagem Acoplada (WGCM) do Programa Mundial de Pesquisa Climática (WCRP).

⁶ Em português, Cenários Regionais de Mudanças Climáticas para a América do Sul.

⁷ Em português, Experimento Coordenado de Regionalização Climática. Mais informações, vide: <http://cordex.org>.

ABORDAGEM POR NÍVEL DE AQUECIMENTO. Para a Quarta Comunicação Nacional (4CN), em busca de maior alinhamento com o Acordo de Paris e os relatórios do IPCC, adotou-se a abordagem por níveis de aquecimento médio global (*Specific Warming Level* – SWL, na sigla em inglês), também denominado como *Global Warming Level* (GWL, na sigla em inglês), tendo como parâmetro os valores de 1,5 °C, 2 °C e 4 °C (MORICE et al. 2012) (vide BOX 3.1).

BOX 3.1

Nível de aquecimento (*Specific Warming Level* – SWL ou *Global Warming Level* - GWL⁸)

Em 2010, a COP16 da UNFCCC, em Cancun, formalizou o objetivo de limitar a 2 °C o aumento da temperatura média global. Posteriormente, no ano de 2015, o Acordo de Paris, aprovado durante a COP21, busca limitar o aumento da temperatura média global em até 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais, até o final do século XXI. Considera-se ainda que, segundo o IPCC 2018, as atividades humanas já causaram cerca de 1,0 °C de aquecimento global (variação provável de 0,8 °C a 1,2 °C).

O conceito de Nível de Aquecimento Específico (SWL) representa a variação da anomalia média global da temperatura do ar à superfície em relação ao período pré-industrial (aproximadamente 1870-1899), ou seja, o aumento ou redução de temperatura ao longo dos anos em relação a tal período. Essa metodologia visa estimar os impactos oriundos das atividades antropogênicas somados à variabilidade natural do clima.

Na última década, um número crescente de estudos foi desenvolvido considerando os impactos de diferentes níveis de aquecimento médio global na escala regional e local (JAMES; WASHINGTON, 2013; VAUTARD *et al.*, 2014; DEQUÉ *et al.*, 2016; NIKULIN *et al.*, 2018; LENNARD *et al.*, 2018). Em geral, esses estudos revelam que os padrões de temperatura regional não são determinados apenas pelos SWLs médios globais, que também dependem fortemente da região e época do ano. Além disso, a magnitude do aquecimento no nível de 1,5 °C, 2 °C ou superior (média global) pode ser muito maior que esses valores em nível local, conduzindo a condições climáticas mais extremas e severas do que poderia ser, incluindo outros aspectos além da temperatura, como precipitação, eventos extremos, nível do mar, etc., do que se considerado apenas o padrão global.

Outro aspecto importante é quantificar os impactos associados ao aumento médio global da temperatura em 1,5 °C e 2 °C com o objetivo de analisar se há uma redução significativa dos riscos climáticos entre os dois níveis, demonstrando os benefícios de limitar o aquecimento global a 1,5 °C (embora os cenários mais pessimistas indiquem níveis de aquecimento de 4 °C ou mais até o final do século). Tebaldi *et al.* (2015) destacam que os efeitos negativos mais proeminentes do incremento de 0,5 °C podem ser vistos principalmente em eventos extremos. Por exemplo, a probabilidade de ocorrência de eventos extremos devido ao aumento na média global de temperatura do ar em 2 °C é quase o dobro do que em 1,5 °C (FISCHER; KNUTTI, 2015).

Buscou-se, portanto, analisar as possíveis implicações para o país, decorrentes dos cenários climáticos futuros em que o aquecimento médio global de 1,5 °C, 2 °C e 4 °C (ou apenas SWL1,5, SWL2 e SWL4) são atingidos. Levou-se em conta que, conforme os SWLs se intensificam, maiores mudanças podem ser esperadas, as quais, provavelmente, produzirão impactos ainda mais pronunciados.

⁸ Publicações mais recentes podem utilizar o termo *Global Warming Level* (GWL), que possui o mesmo significado de *Specific Warming Level* (SWL) adotado neste documento.

3.2.2 Clima Atual

Realizou-se a análise das tendências do clima atual no Brasil juntamente com as discussões de possíveis mudanças na variabilidade do clima com ênfase na **temperatura do ar** e **precipitação** considerando o período 1980 – 2018, a partir de dados observacionais.

Para as análises de tendência envolvendo a variável meteorológica de temperatura (mínima, máxima e índice climático TX90p) foi utilizado o conjunto de dados do CPC/NOAA (*Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration* – www.cpc.ncep.noaa.gov). Em contrapartida, para as análises envolvendo a precipitação e os índices RX5day e CDD foi utilizada a base de dados de precipitação do CHIRPS (*Rainfall Estimates from Rain Gauge and Satellite Observations* – www.chc.ucsb.edu/data/chirps). O cálculo dos índices climáticos extremos de temperatura e precipitação teve como base as metodologias descritas no documento *Climate Data Operators* (CDO). A definição desses índices climáticos é do projeto *European Climate Assessment* (ECA), enquanto o software CDO foi desenvolvido no Instituto Max Planck de Meteorologia, da Alemanha, e representa um conjunto de operadores para processamento padronizado de dados climáticos.

A circulação atmosférica sobre a América do Sul apresenta padrões característicos de monção (MARENGO *et al.*, 2012), além disso a precipitação sobre o sul da Amazônia e nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil possui um ciclo anual bem definido, ou seja, duas fases distintas: a “úmida” e a “seca”. Apesar dessa característica, há uma grande variabilidade espacial e temporal da precipitação nas diversas regiões do país.

No setor norte da Amazônia observa-se um clima equatorial chuvoso, praticamente sem estação seca. Entretanto, a região Amazônica como um todo apresenta uma significativa heterogeneidade espacial e sazonal da pluviosidade, e ainda possui o maior total pluviométrico anual do país – superior a 2.000 mm/ano (ESPINOZA, 2015). Já na região semiárida do Nordeste do Brasil, a precipitação média anual varia entre 400 e 800 mm, com temperaturas médias acima de 23 °C, e evapotranspiração potencial da ordem de 2.000 mm/ano (MOSCATI; GAN, 2007). Por outro lado, o sul do Brasil apresenta um clima subtropical com temperaturas elevadas no verão e baixas no inverno, e índice pluviométrico anual em torno de 1.200 mm.

Considera-se ainda que alterações climáticas em escala regional ou menor são influenciadas não apenas pela mudança do clima em nível global, mas também por fatores locais associados aos processos de superfície como a urbanização, o desmatamento e, de modo geral, as mudanças de uso da terra; além de fenômenos climáticos de maiores escalas espaciais e temporais, tais como El Niño e La Niña, Oscilação Multidecadal do Atlântico e Oscilação Interdecadal do Pacífico. Desse modo, parte das tendências detectadas na precipitação, por exemplo, pode ser explicada por variações decadais/interdecadais do sistema climático. No entanto, é possível que outra porcentagem já seja uma consequência do atual aumento observado na temperatura média global devido às atividades antropogênicas, conforme discutido pelo PBMC (2014).

Principais Tendências Observadas

Observa-se claramente que as **temperaturas mínimas e máximas** (Figura 3.2, colunas 1 e 2) apresentam tendência de aquecimento, da ordem de 0,5 °C por década em praticamente todas as regiões do país e em todas as estações do ano, com destaque para a porção central (Mato Grosso, Tocantins, Goiás e oeste dos estados da Bahia, Minas Gerais e São Paulo) e região Norte durante as estações de inverno e primavera, onde os incrementos são de até 1 °C/década. Tendência de resfriamento de até 0,5 °C/década é observada, de forma mais pontual, principalmente na faixa leste do Nordeste e no extremo sul do Brasil.

Nota-se aumento no **número de dias com temperatura máxima extrema** (TX90p – número de dias com temperatura acima do percentil 90)(Figura 3.2, coluna 4) no período analisado (1980-2018). O incremento é superior a 30% por década em praticamente todo o país, com destaque para áreas da porção central, regiões Norte e norte do Nordeste, por apresentar aumentos expressivos em todas as escalas temporais, principalmente durante as estações de inverno (junho/julho/agosto – JJA) e primavera (setembro/outubro/novembro – SON), nas quais a tendência de aumento chega a ser superior a 90%.

Diferentemente das temperaturas, a tendência da **precipitação** anual (Figura 3.2, coluna 3) evidencia grande variabilidade espacial. Nota-se aumento da precipitação anual, principalmente no extremo norte da região Norte, centro-leste do Nordeste e na região Sul do país.

Na média anual para o verão (dezembro/janeiro/fevereiro – DJF), é observado um incremento de até 5 mm/década. Padrão oposto é verificado no sudoeste da região Norte, com reduções totais da ordem de 20 mm ao longo das últimas quatro décadas, ou seja, nos meses de verão chove em média 20 mm a menos do que o observado no início do período. Considerando-se que durante o verão ocorre o período com maior volume de precipitação na região Norte e que, durante essa estação, a região contribui fortemente para os regimes de chuva nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, essa tendência negativa também é verificada nas referidas regiões, principalmente nos estados de Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo, nos quais essa redução é observada de forma mais proeminente.

A região Nordeste se destaca com uma redução de até 5 mm/década, ou seja, de até 20 mm ao longo das décadas analisadas na média anual para a estação de outono (março/abril/maio – MAM), e incremento levemente positivo (inferior a 3 mm/década) durante o verão (DJF) e o inverno (JJA). Cabe ressaltar que, durante o trimestre MAM, ocorre climatologicamente a estação chuvosa na porção norte dessa região. Portanto, uma significativa redução de precipitação durante esse período pode impactar fortemente os setores socioeconômicos ao longo dos meses seguintes.

Verifica-se, portanto, ao longo de todas as estações, tendência negativa de precipitação na maior parte das regiões central, Sudeste e Nordeste do país, com incremento positivo na faixa norte da região Norte e partes da região Sul. Esses comportamentos ficam mais evidentes no acumulado anual, no qual se nota um padrão mais marcante de tendência positiva ao longo das últimas décadas no extremo norte da região Norte (de até 40 mm), na região Sul do Brasil (até 20 mm), e em áreas dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, porém de forma menos acentuada. Por outro lado, nas demais áreas do país, englobando os estados da região Nordeste, região Sudeste, o estado de Goiás e o sul do Tocantins, é observada uma tendência negativa da ordem de 20 mm nessas áreas.

Sobre os **eventos extremos de precipitação** (RX5day – quantidade máxima de chuva acumulada em cinco dias) (Figura 3.2, coluna 5), verifica-se um incremento anual positivo principalmente no leste da região Nordeste, no estado da Bahia, no leste da região Sudeste, em grande parte da região Centro-Oeste (com exceção do estado de Goiás) e em áreas intercaladas na região Norte. Nessas áreas, os totais pluviométricos dos eventos extremos tiveram um acréscimo da ordem de 8 a 40 mm nas últimas décadas. As maiores magnitudes são observadas no leste do Nordeste, onde uma persistência da tendência positiva é observada também nas escalas sazonais, principalmente durante o inverno (junho/julho/agosto). Isso sugere que o leve aumento na tendência de precipitação para essa faixa do Nordeste, durante o referido trimestre (Figura 3.2, coluna 3), possivelmente está associado a esses incrementos nos eventos extremos de precipitação.

Em relação aos **eventos de dias secos consecutivos** (CDD – número máximo de dias secos consecutivos, com precipitação < 1 mm) (Figura 3.2, coluna 6), observa-se uma tendência de aumento principalmente nas estações de inverno e primavera na faixa sul da região Norte, norte e oeste da região Nordeste e regiões Centro-Oeste e Sudeste do país, indicando uma possível intensificação da estação seca nessas áreas. O acréscimo acentuado na tendência dos eventos de dias secos consecutivos também é evidente no campo anual para essas áreas e para a região Nordeste como um todo.

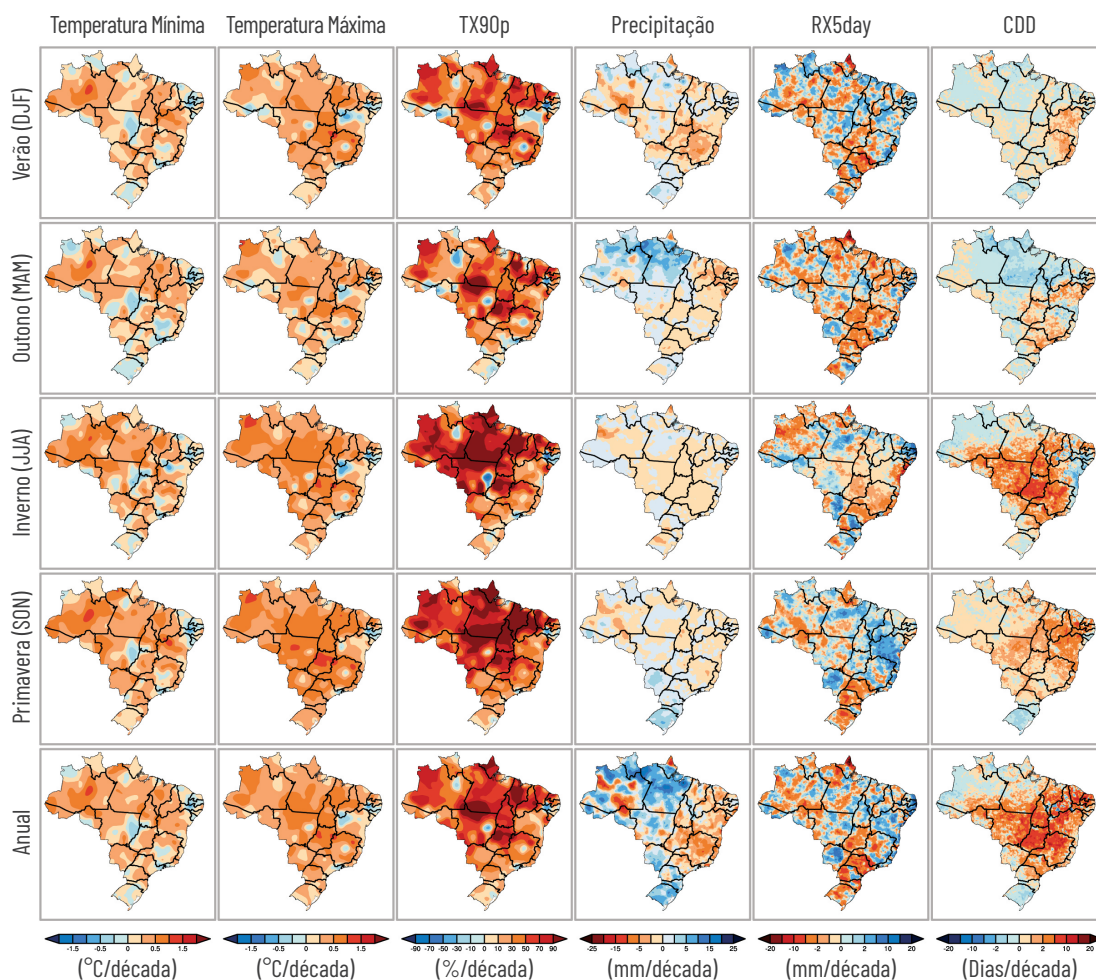


Figura 3.2
Tendências observadas das temperaturas mínima e máxima (graus Celsius/década); da precipitação anual (mm/década); do número de dias com temperatura máxima acima do percentil 90 – TX90p (%/década); e quantidade máxima de precipitação acumulada, no período de 1980-2018.

Em geral, os resultados apresentados estão de acordo com estudos prévios que investigaram os aspectos físicos, dinâmicos e termodinâmicos dos fenômenos atmosféricos e oceânicos. Esses estudos têm ressaltado que o clima do Brasil está mudando, em particular, a frequência de eventos extremos de precipitação, que estão ocorrendo com maior intensidade (PBMC, 2014), da mesma forma que a variabilidade das temperaturas e precipitação aparenta também estar sofrendo alterações importantes.

Estão disponíveis projeções climáticas sobre o território brasileiro (visualização e extração de dados) por meio do portal Projeções Climáticas no Brasil: <http://pclima.inpe.br/>

3.2.3 Projeções Climáticas

Conforme descrito anteriormente, pode haver diferenças entre as projeções de diferentes modelos climáticos. Assim, apresentam-se os resultados e análises de dois conjuntos de cenários climáticos futuros, derivados das simulações: (i) do modelo regional Eta (Chou et al. 2014a; Chou et al. 2014b), os quais foram adotados como base para os estudos de IVA; e (ii) do modelo HadGEM3-A (Projeto Helix), conforme processo de elaboração mostrado na Figura 3.3.

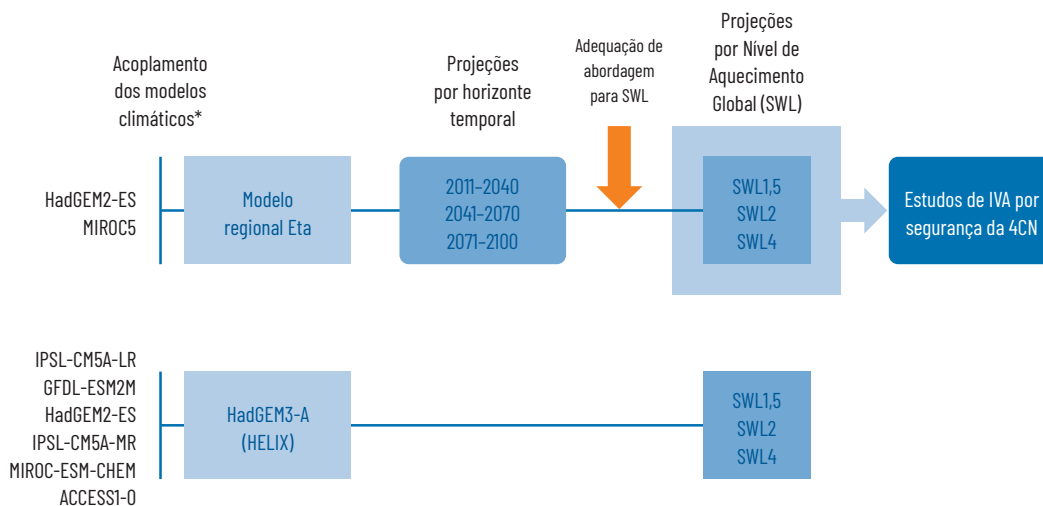


Figura 3.3
Fluxo da elaboração dos cenários climáticos futuros para a 4CN.

*modelos de forçamento do CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project)

Destaca-se que os estudos de IVA por seguranças apresentados nas seções seguintes foram subsidiados pelos resultados produzidos para a TCN com o modelo regional Eta forçado pelos modelos globais do CMIP5 (Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5) e adequados aos SWL1,5, SWL2 e SWL4, a partir da correspondência indicada na Tabela 3.1, com base em simulações do clima presente e as projeções do período de 2011 a 2100.

MODELO ATMOSFÉRICO	REALIZAÇÃO ETA	CMIP5 MODELO DE FORÇAMENTO	SWL1,5	SWL2	SWL4
ETA	r1	HadGEM2-ES	2011-2040	2041-2070	2071-2100
ETA	r2	MIROC5	2011-2040	2041-2070	2071-2100

Complementarmente aos resultados das projeções do Eta, foram realizadas análises para o Brasil a partir das projeções de clima futuro obtidas do modelo HadGEM3-A (*Global Atmosphere Hadley Centre Model, version 3*) (WALTERS *et al.*, 2016), parte do projeto HELIX e do CMIP6. Cada projeção se refere à integração do modelo HadGEM3-A com seis variantes de condições de contorno (correspondentes a cada modelo de entrada), considerando o RCP8.5, fornecendo assim um conjunto de seis projeções para um período de 122 anos, como se verifica na Tabela 3.2.

MODELO ATMOSFÉRICO	REALIZAÇÃO HELIX	CMIP5 MODELO DE FORÇAMENTO	SWL1,5	SWL2	SWL4
HADGEM3	r1	IPSL-CM5A-LR	2006-2036	2020-2050	2056-2086
HADGEM3	r2	GFDL-ESM2M	2021-2051	2037-2067	*
HADGEM3	r3	HadGEM2-ES	1998-2028	2018-2048	2056-2086
HADGEM3	r6	IPSL-CM5A-MR	2005-2035	2020-2050	2055-2085
HADGEM3	r8	MIROC-ESM-CHEM	2000-2030	2017-2047	2053-2083
HADGEM3	r9	ACCESS1-0	2012-2042	2024-2054	2066-2096

Tabela 3.1

Conjunto de simulações (realizações) regionais com o modelo regional Eta e os modelos de forçamento do CMIP5 correspondentes, bem como os períodos correspondentes em que os SWLs são alcançados.

Tabela 3.2

Conjunto de simulações globais de alta resolução do projeto HELIX com o modelo HadGEM3 e os modelos de forçamento do CMIP5 correspondentes. Também são listados os períodos em que um SWL é alcançado.

* O modelo correspondente não atingiu o SWL4 até o final da projeção (2100).

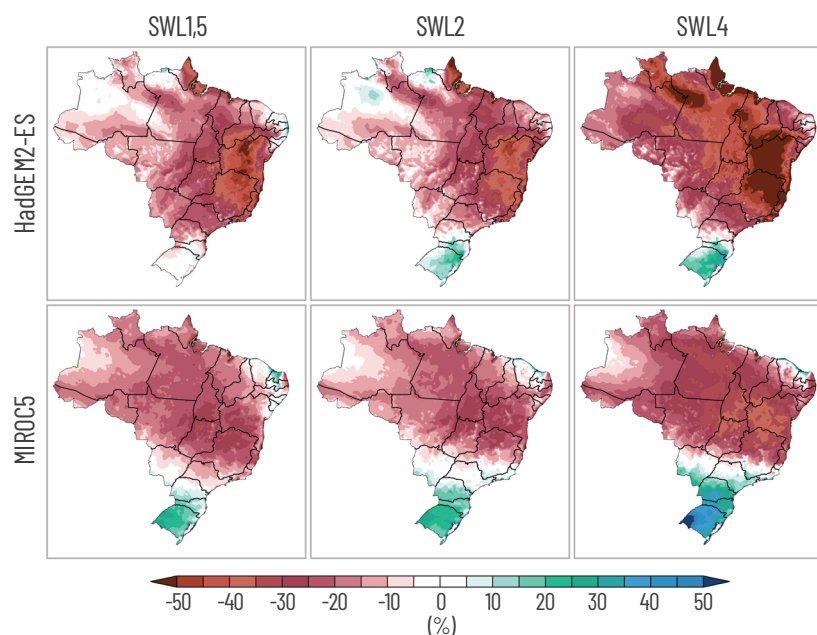
Projeções do Modelo Regional Eta

A Figura 3.4 mostra a mudança anual de precipitação sobre o Brasil, projetada para diferentes níveis de aquecimento (SWL1,5, SWL2 e SWL4) e em relação à média de 1961-1990 (clima atual) a partir dos resultados do modelo Eta. Nota-se que existe grande similaridade espacial apresentada pelos dois experimentos, com redução da precipitação na maior parte do Brasil, com exceção da maior parte da região Sul. Além disso, os cenários apresentados pelo Eta-HadGEM2-ES indicam maior redução na precipitação, principalmente nos estados de Minas Gerais e Bahia.

Figura 3.4

Projeções de precipitação: variação da precipitação anual (%) em relação ao período de referência (1961-1990) de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo Eta.

* Em vermelho redução da precipitação, e em azul aumento.



Em relação à projeção anual da temperatura mínima (Figura 3.5), a tendência é de aumento, que pode ser superior a 5 °C em praticamente todo o Brasil, de acordo com os resultados do modelo Eta-HadGEM2-ES (SWL4). Já os resultados das projeções do modelo Eta-MIROC5 apresentam um aumento máximo de temperatura mínima de até 5 °C na região Centro-Oeste. Os resultados apresentam tendências similares para temperatura máxima (Figura 3.6). Da mesma forma, as projeções do modelo Eta indicam tendência de aumento de dias quentes (TX90p), principalmente por meio do modelo Eta-HadGEM2-ES (Figura 3.7). A versão do modelo Eta-MIROC5 indica tendência bem inferior de aumento de dias quentes.

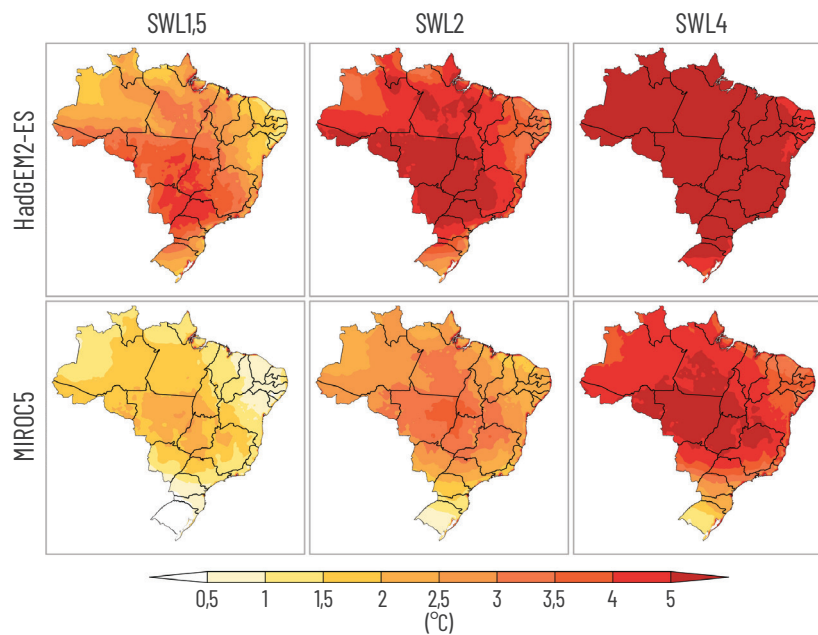
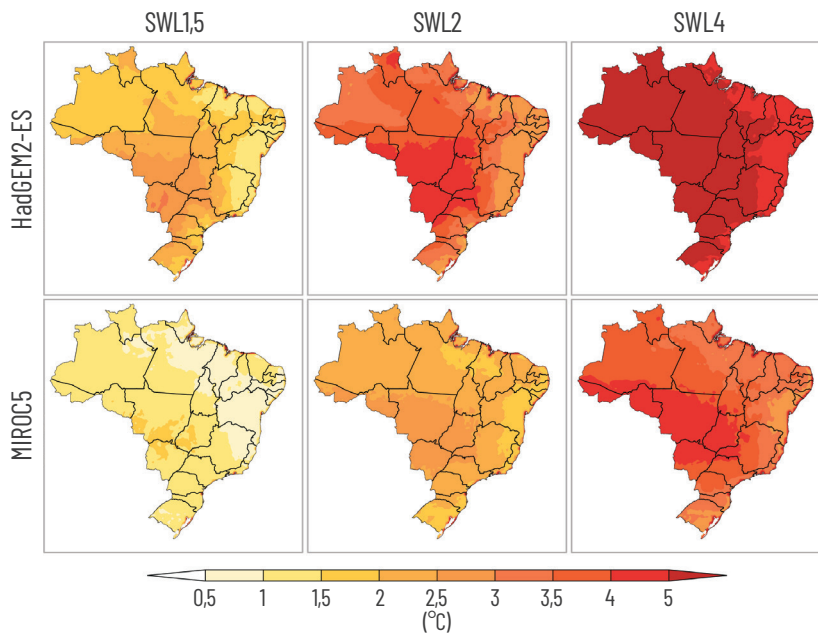


Figura 3.5

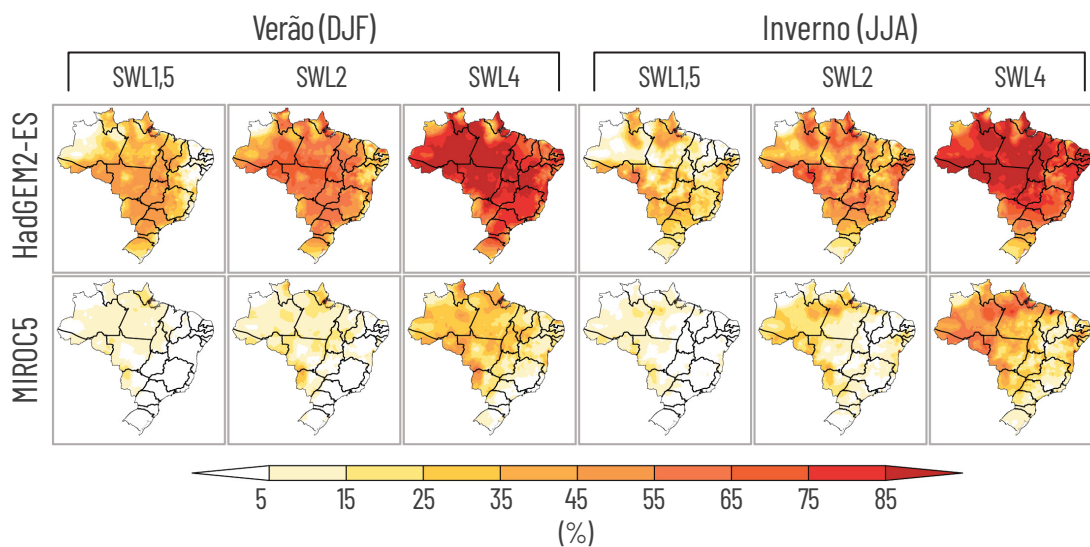
Projeções de temperatura: variação da média anual de temperatura mínima (°C) em relação ao período de referência (1961-1990), de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo Eta.

Figura 3.6

Projeções de temperatura: variação da média anual de temperatura máxima (°C) em relação ao período de referência (1961-1990), de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo Eta.

Figura 3.7

Projeções de extremos climáticos: aumento de dias quentes – TX90p (%) em relação ao período de referência (1961-1990) para o SWL1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo Eta.

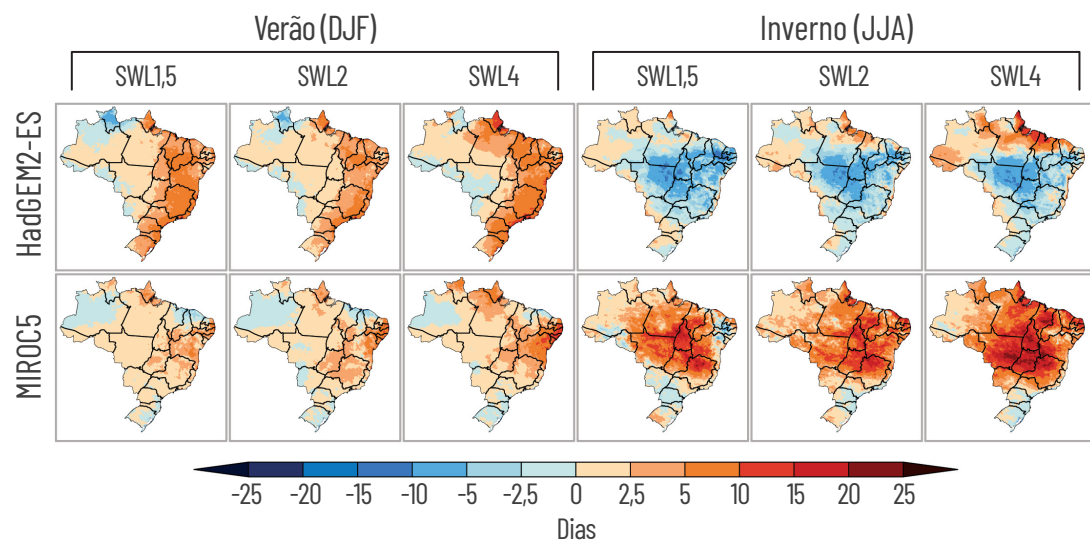


A Figura 3.8 apresenta a projeção de dias secos consecutivos (CDD) para o verão (DJF) e para o inverno (JJA), e os resultados indicam tendência de aumento de dias secos consecutivos principalmente no inverno para as projeções do modelo Eta-MIROC5. As projeções para o verão de ambos os resultados indicam tendência de aumento de dias consecutivos na região Nordeste e no norte da região Sudeste. Por outro lado, as projeções de precipitação máxima acumulada em 5 dias (Figura 3.9) indicam tendência de aumento principalmente na região Sul do Brasil. Em outras regiões do país, os modelos apresentam resultados diferentes em ambas as estações.

Figura 3.8

Projeções de extremos climáticos: número de dias secos consecutivos – CDD em relação ao período de referência (1961-1990) para o SWL 1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo Eta.

*Em vermelho aumento de dias secos consecutivos, e em azul redução.



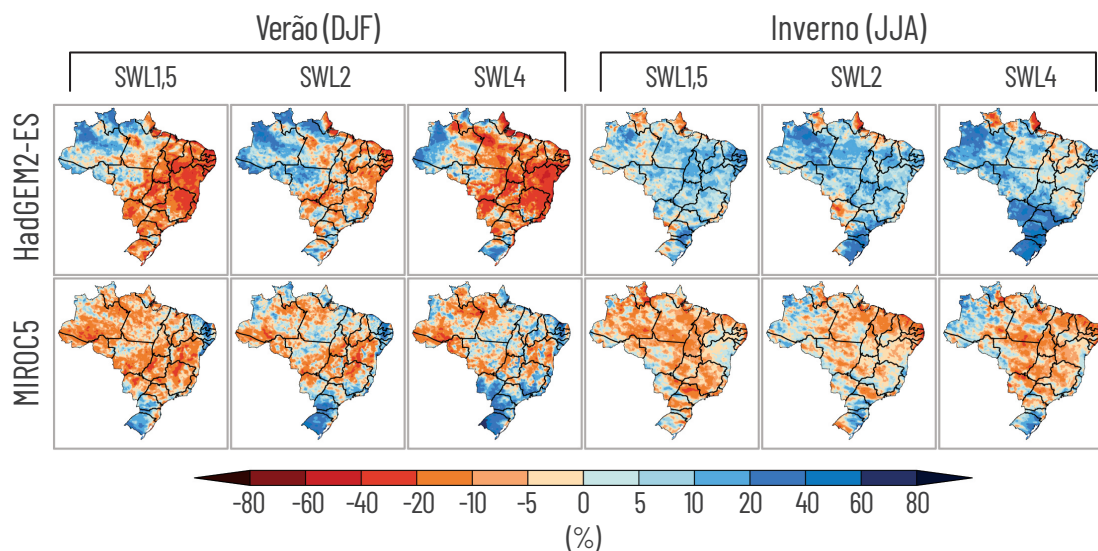


Figura 3.9
Projeções de extremos climáticos: variação da precipitação máxima acumulada em 5 dias – RX5day (%) em relação ao período de referência (1961-1990) para o SWL1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo Eta.

* Em vermelho redução da precipitação máxima acumulada em 5 dias, e em azul aumento.

Projeções do Projeto HELIX

A Figura 3.10 mostra a mudança anual de **precipitação** sobre o Brasil, projetada para diferentes níveis de aquecimento (SWL1,5, 2 e 4) e em relação à média do período 1981-2010 (clima atual). Os padrões de mudança são aproximadamente similares entre os diferentes níveis de aquecimento, divergindo somente em magnitude, ou seja, à medida que se aumenta o nível de aquecimento, as mudanças projetadas tornam-se maiores. Em geral, projeta-se redução de precipitação sobre grande parte da Amazônia (15-30%), enquanto no Sudeste e no Sul do país se nota um aumento, que é mais intenso para o SWL4, com incremento de precipitação em torno de 25% ao ano. Nota-se também que as áreas de mudança se expandem em direção ao centro do território brasileiro à medida que o SWL aumenta. Esses padrões são coerentes nos diferentes modelos forçantes, o que corrobora para uma menor incerteza nas projeções.

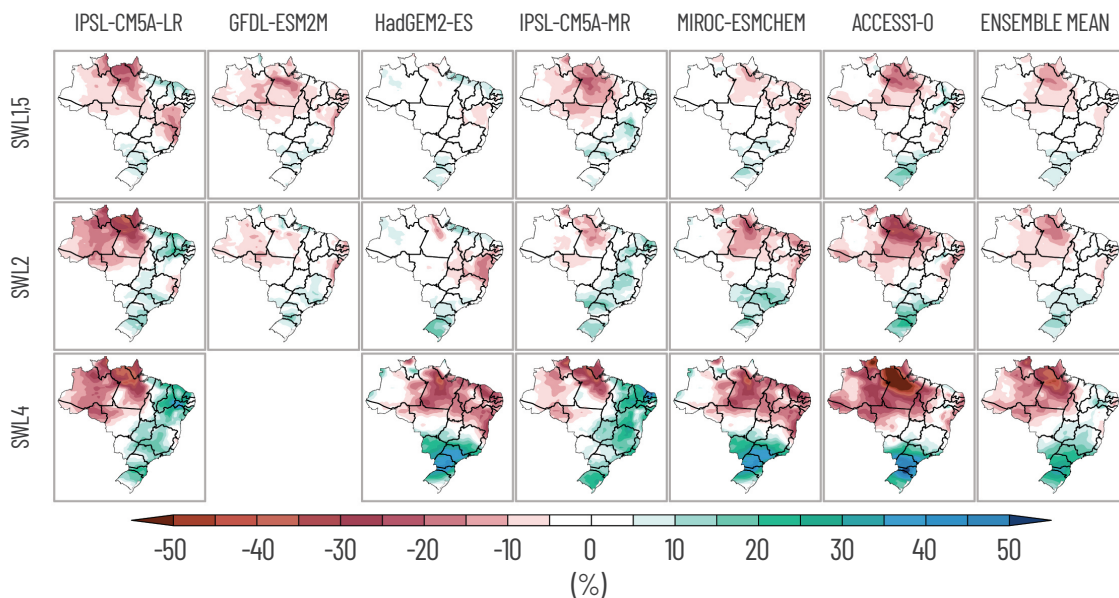


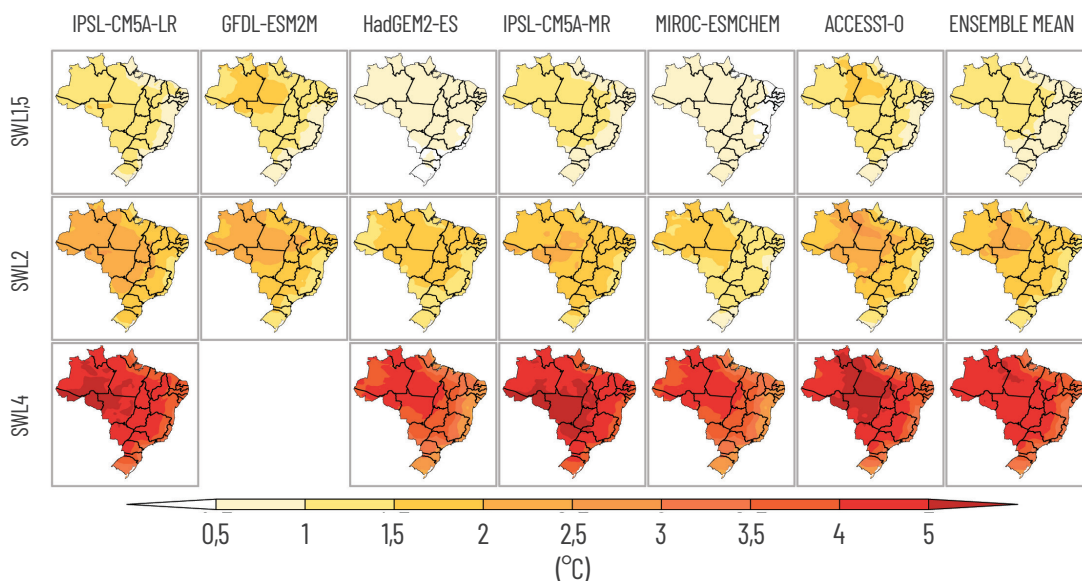
Figura 3.10
Projeções de precipitação: variação da precipitação anual (%) em relação ao período de referência (1981-2010), de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.

* Em vermelho redução da precipitação, e em azul aumento.

Os resultados das projeções de **temperatura (mínima e máxima)** (Figura 3.11 e Figura 3.12) indicam aumento sobre todas as regiões do Brasil, sendo igual ou superior ao SWL, ou seja, podendo ultrapassar os limiares de 1,5, 2 e 4 °C. A maioria dos modelos analisados apresenta um incremento significativo nas temperaturas mínimas e máximas para todos os SWL abordados, sendo eles o IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR e ACCESS1-0. Por outro lado, os menores incrementos são apresentados pelo subconjunto formado pelo HadGEM2-ES e MIROC-ESM-CHEM. O modelo GFDL-ESM2M, apesar de também se destacar pelo incremento nas temperaturas nos SWL1,5 e SWL2, não atingiu a temperatura de 4 °C na média global, por isso as projeções associadas a esse modelo para o SWL4 não são apresentadas.

Figura 3.11

Projeções de temperatura: variação da média anual de temperatura mínima (°C) em relação ao período de referência (1981-2010), de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.



Analisando a Figura 3.11 e a Figura 3.12, é possível identificar que as regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil apresentam as maiores possibilidades de alterações severas quanto ao aumento de temperatura, sendo essas as principais regiões onde as temperaturas mínima e máxima sofrem incrementos expressivos e em igual proporção, corroborando com as projeções apresentadas na Figura 3.10, em que elas mostram redução significativa na precipitação.

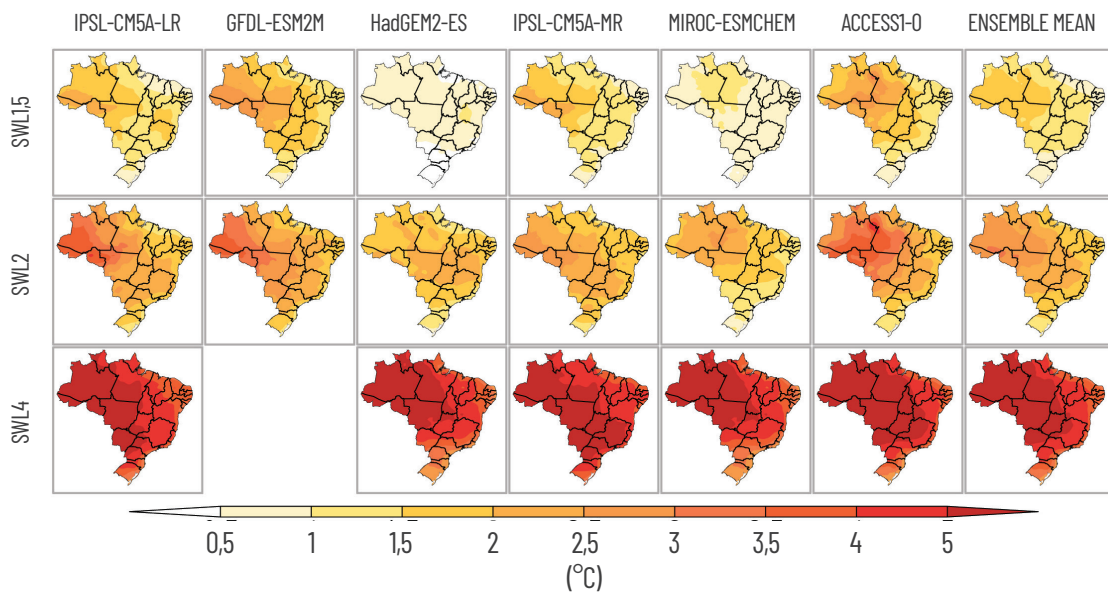


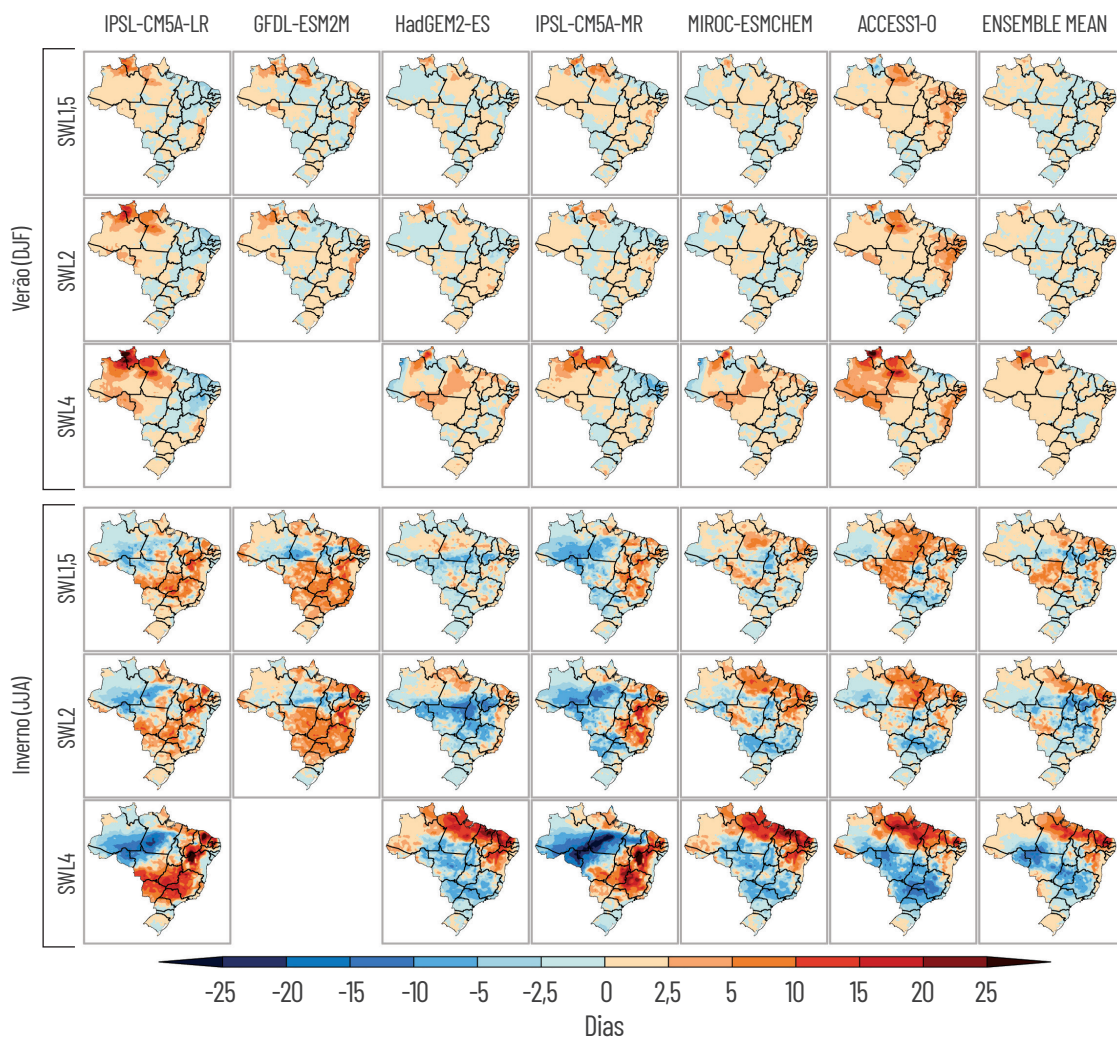
Figura 3.12 Projeções de temperatura: variação da média anual de temperatura máxima (°C) em relação ao período de referência (1981-2010), de acordo com o SWL1,5, SWL2 e SWL4 de cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.

Em geral, as projeções indicam um crescente aumento de **eventos extremos de secas** e estiagens prolongadas (Figura 3.13), principalmente no norte da região Norte e Nordeste, sendo que tais mudanças se tornam mais proeminentes no SWL4, particularmente no inverno, nos estados do Amapá, no norte do Pará e em praticamente toda a região Nordeste, apresentando um aumento substancial no número de dias secos consecutivos. Ainda sobre o SWL4, não há consenso entre os modelos em relação à redução ou ao aumento no período de estiagem nas regiões Sudeste e Centro-Oeste.

Figura 3.13

Projeções de extremos climáticos: número de dias secos consecutivos – CDD em relação ao período de referência (1981-2010), para o SWL 1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.

* Em vermelho aumento de dias secos consecutivos, e em azul redução.



O indicador apresentado na Figura 3.14 traz a informação de como os **máximos de precipitação** serão distribuídos. Durante o verão, os estados do Amazonas e Pará mostram relativa redução no percentual de precipitação acumulado durante esses eventos. Em contrapartida, nas demais áreas do país há uma indicação de aumento significativo, cujo padrão é observado em todos os SWLs. A ocorrência de extremos de precipitação estende-se por toda a região Norte e Sul durante o inverno. Entretanto, há maior dispersão entre as projeções dos modelos, principalmente nos SWL1,5 e SWL2 para o Brasil central. Para o sul da região Sudeste e a região Sul do Brasil, a predominância de aumento no percentual de precipitação intensa é verificada na maioria dos modelos, isso indica que essas regiões poderão estar suscetíveis ao aumento da ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos.

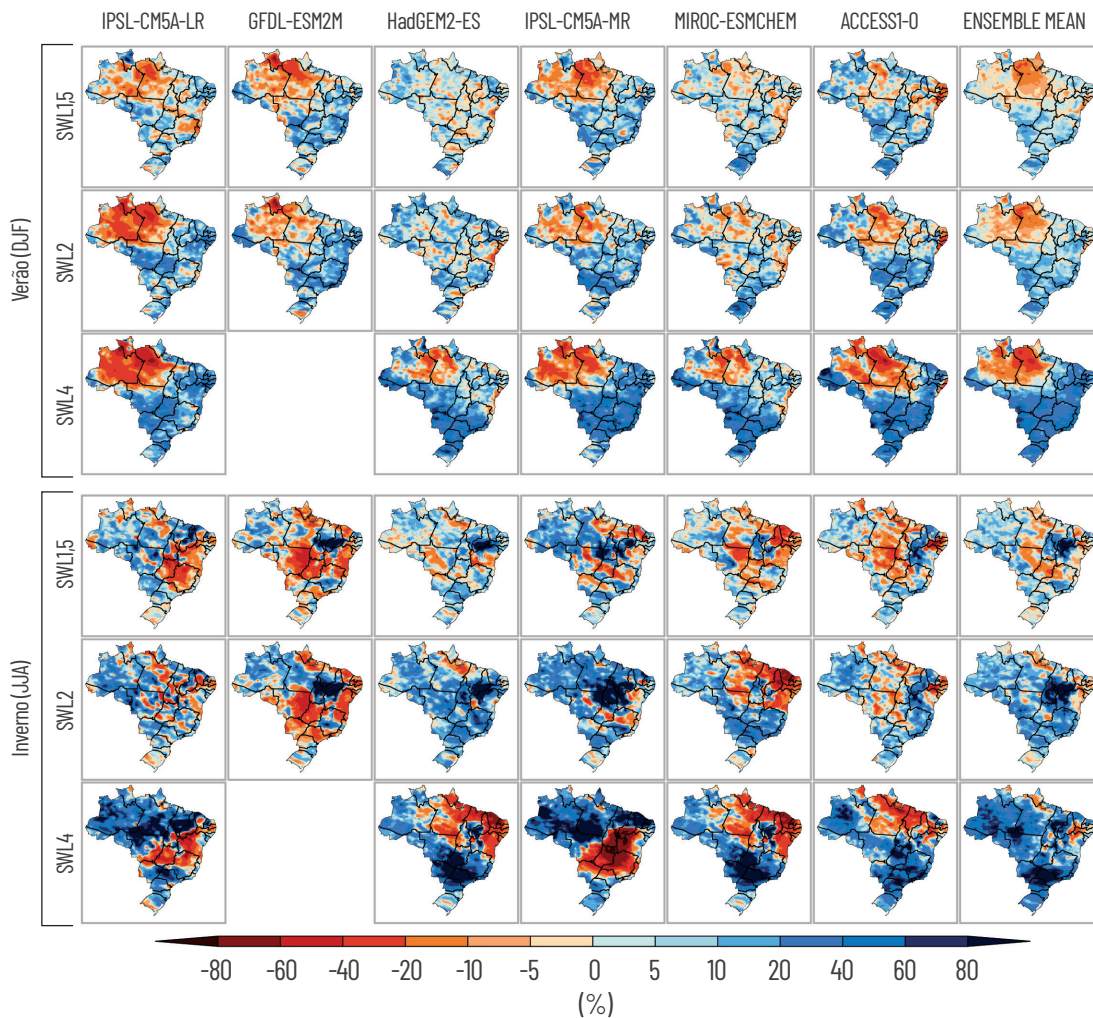


Figura 3.14

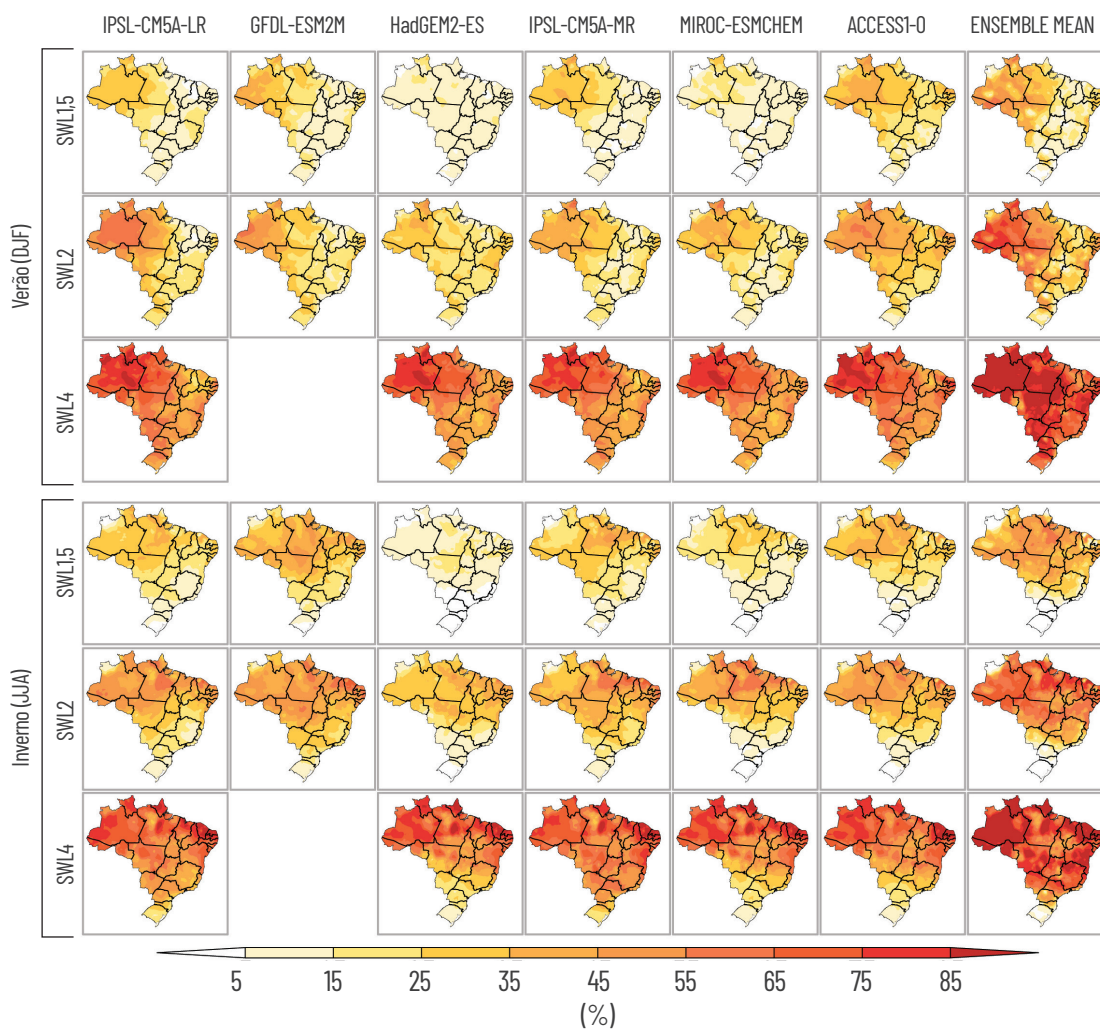
Projeções de extremos climáticos: variação da precipitação máxima acumulada em 5 dias – RX5day (%) em relação ao período de referência (1981-2010), para o SWL 1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.

* Em vermelho redução da precipitação máxima acumulada em 5 dias, e em azul aumento.

As análises de temperaturas mínimas e máximas anuais apresentadas nas Figuras 3.11 e 3.12, respectivamente, não evidenciam se o número de dias quentes e/ou de noites menos frias irão aumentar. Assim, analisando-se os resultados das **projeções de dias quentes** (Figura 3.15), observa-se um aumento significativo, com uma variação de 15 a 35% no SWL1,5, principalmente na região Norte durante o verão, e nas regiões Norte e Nordeste no inverno. No SWL2, o padrão de aumento é de 25 a 65%, com grande destaque para a região Norte, enquanto no SWL4, o aumento no número de dias quentes ultrapassa os 75% para as estações sazonais analisadas.

Figura 3.15

Projeções de extremos climáticos: aumento de dias quentes – TX90p (%) em relação ao período de referência (1981-2010), para o SWL1,5, SWL2 e SWL4 no verão e inverno para cada experimento realizado com o modelo HadGEM3.



Para o SWL4, nível de aquecimento de maior impacto, a partir dos resultados advindos do modelo climático global HadGEM3 (projeto HELIX), apresentam-se a seguir as observações mais relevantes:

- Incremento nas temperaturas mínimas e máximas de aproximadamente 4,5 °C, em todo o território nacional;
- Redução no volume precipitante na região Norte de até 35% e incremento de até 30% para a região Sul e faixa sul do Sudeste;

- Aumento no número de dias secos consecutivos na região Norte e leste do Nordeste, durante o verão, e no norte da Amazônia e em praticamente toda a região Nordeste durante o inverno. Tal situação evidencia a redução de precipitação, e a concentração em poucos dias dos volumes acumulados, isto é, associados a eventos extremos de precipitação;
- Aumento na magnitude em máximos pluviométricos acumulados em pouco tempo, aproximadamente 5 dias, para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul durante o verão, e noroeste da Amazônia e toda a faixa sul do Brasil durante o inverno;
- Aumento substancial de temperaturas máximas extremas tanto no verão quanto no inverno em todas as regiões do país, porém esse incremento é menos acentuado na região Sul, durante o inverno.

O aquecimento global decorrente do aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera resulta em uma série de alterações no sistema acoplado oceano-atmosfera. Mudanças nos ventos alteram a circulação oceânica nas camadas superiores, e a absorção de calor e CO₂ produz alterações significativas na termodinâmica e na biogeoquímica de toda a coluna de água. Dentre os aspectos mais preocupantes estão a acidificação do oceano e a elevação do nível médio do mar.

O aumento do nível do mar é um assunto que merece bastante atenção no contexto brasileiro, dada a alta exposição populacional nas cidades costeiras, bem como a localização de muitas das capitais estaduais. Esse fenômeno deve ser compreendido com base nas distintas contribuições que o geram: expansão volumétrica pelo aquecimento das águas e acréscimo de volume pelo degelo das componentes da criosfera nas porções continentais do planeta.

Do ponto de vista espacial, a taxa de elevação relativa do nível do mar não é homogênea em todos os pontos costeiros ao redor do globo, dado que efeitos locais/regionais ligados à movimentação da crosta terrestre podem influenciar as medições *in situ* feitas por marégrafos. Ao longo das bacias oceânicas, as medições proporcionadas pelos satélites altimétricos nas últimas três décadas também evidenciam a heterogeneidade das taxas de variação do nível do mar. A aferição entre essas medidas independentes garante a confiabilidade na estimativa de um valor médio global de +3,37 mm/ano nas últimas três décadas. Cabe destacar que esse valor é bem superior àqueles estimados com os dados de marégrafos das primeiras décadas do século XX, o que significa que a taxa de aumento está ficando cada vez maior ao longo do tempo.

No Brasil, embora medições maregráficas contínuas e de longo prazo sejam escassas, os registros existentes indicam taxas semelhantes de aumento do nível relativo do mar do Oiapoque ao Chuí, cujos valores oscilam ao redor do valor médio global. Mesmo com a distinta ocupação ao longo da costa, os diferentes regimes de maré e de influência de sistemas meteorológicos transientes, há expectativas de que todos esses ambientes costeiros sejam afetados pelo aumento do nível médio do mar, tanto em termos do funcionamento dos ecossistemas marinhos quanto em relação à infraestrutura das instalações litorâneas.

De modo geral, as localidades mais afetadas serão as planícies costeiras mais extensas, nas quais o aporte de água do mar pode ter efeitos na extensão da cunha salina e, portanto, no uso da água para fins de irrigação de culturas, de aquicultura/maricultura ou mesmo industrial. É esperado um aumento na frequência de ocorrência dos eventos de alagamentos de localidades situadas em cotas topográficas mais baixas em toda a orla; em particular, nos estados das regiões Sul e Sudeste, onde a influência de sistemas frontais é mais significativa e há maior amplitude das marés meteorológicas, é muito provável que o aumento do nível médio do mar venha causar aumento nos eventos extremos de inundações costeiras.

BOX 3.2

Nível do mar na costa brasileira: os desafios de um futuro próximo.

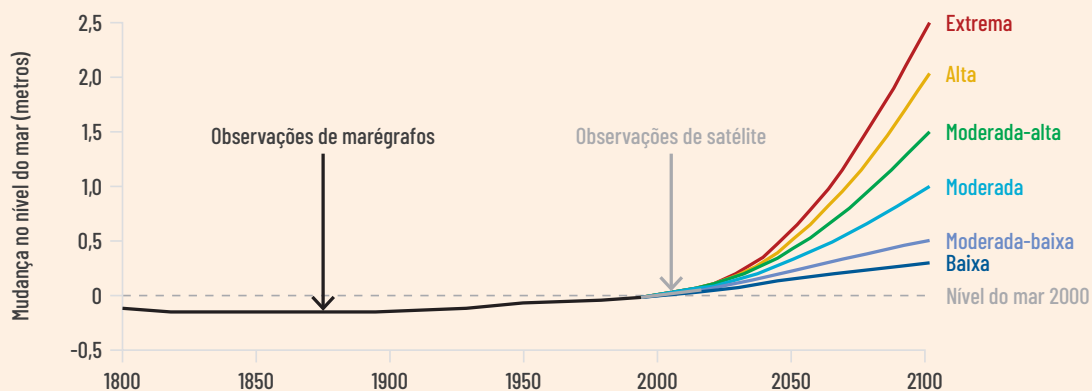
Nos diferentes cenários de aquecimento global elencados pelo IPCC, o aumento previsto do nível médio do mar varia consideravelmente, sendo significativamente maior nas projeções menos otimistas. Ao considerar que a taxa de elevação do nível do mar observado ao longo da costa brasileira é da mesma magnitude da média global, é possível se fundamentar nas estimativas de larga escala para elaborar perspectivas concretas desse aumento para o país. Nesse sentido, as estimativas apresentadas por Lindsey (2019) em um relatório sobre nível médio do mar em escala global são bastante pertinentes e muito preocupantes, pois consideram que o nível médio do mar pode se elevar entre 50 e 250 cm até o final do século, de acordo com a concentração de gases de efeito estufa (Figura 3.16). Os impactos gerados por elevações do nível médio do mar com essa magnitude serão muito significativos para o Brasil, com consequências econômicas e sociais de grande envergadura.

Figura 3.16

Nível do mar observado a partir de marégrafos (cinza escuro) e satélites (cinza claro) de 1800 a 2015, e seis possíveis cenários futuros até 2100 (linhas coloridas).

Fonte: adaptado da Figura 3.8 em Sweet *et al.* (2017) de NOAA Climate.gov.

* Os cenários diferem com base nas potenciais trajetórias de emissão de gases de efeito estufa e nas diferenças nas taxas plausíveis de perda de geleiras e mantos de gelo.



3.3 IMPACTOS E VULNERABILIDADES

As avaliações realizadas no contexto das seguranças hídrica, energética, alimentar e socioambiental consideraram diferentes tipologias de impactos relacionados ao clima com relevância para o país no presente e em cenários futuros. Embora sejam diversos os fatores condicionantes de vulnerabilidade e exposição a esses impactos, dada a grande heterogeneidade socioeconômica e biofísica existente no território brasileiro, é possível identificar aspectos comuns e/ou inter-relacionados entre si.

Conforme mencionado em seção anterior, os estudos apresentados neste capítulo adotam como recorte territorial de análise os biomas terrestres brasileiros, com inferências também para cidades, e zonas costeiras e oceanos. Ou seja, a referência a determinado bioma considera os múltiplos aspectos do território onde ele se encontra e não apenas a dimensão do ecossistema natural (a não ser em seções em que essa delimitação esteja especificada).

Em relação à **SEGURANÇA HÍDRICA**, cenários futuros indicam uma amplificação dos atuais impactos e vulnerabilidades relacionados ao clima no Brasil. A redução de disponibilidade hídrica nos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, cujos territórios são marcados pela alta concentração populacional e uso múltiplo da água, evidencia a fragilidade nas relações entre oferta e demanda de água em diferentes cenários de aquecimento. Merecem destaque também as vulnerabilidades existentes em todos os biomas, em especial na Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga, em relação à ocorrência de inundações e à baixa qualidade da água nas regiões metropolitanas. Da mesma forma, há vulnerabilidades associadas ao saneamento ambiental, como acessibilidade à água potável e ao esgotamento sanitário. Em relação à governança, embora a legislação brasileira seja avançada e enfatize a descentralização da gestão hídrica, o Brasil apresenta enorme variação em termos de capacidade institucional entre as diferentes unidades da federação e municípios.

Quanto à **SEGURANÇA ENERGÉTICA**, a mudança do clima implicará impactos em todas as cadeias energéticas no Brasil. As fontes energéticas com maior vulnerabilidade são a hídrica para geração de hidroeletricidade (principalmente nos biomas Amazônia e Caatinga) e as culturas bioenergéticas (soja e cana-de-açúcar) para produção de biocombustíveis (nos biomas Mata Atlântica e Cerrado) ou para a geração de bioeletricidade a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Por outro lado, a geração de energia proveniente de fontes de energia eólica e solar (para geração centralizada e descentralizada) poderia ser mantida e/ou incrementada (apesar de, no caso da energia eólica, os cenários indicarem redução do potencial em áreas do Nordeste, onde atualmente se encontra boa parte da capacidade instalada).

A redução da geração hidrelétrica, que representa 66,6% da capacidade instalada no país, exigirá sua substituição por outras tecnologias de geração, as quais implicam o incremento do custo marginal de energia do sistema elétrico e preço final de eletricidade, bem como das emissões de poluentes atmosféricos locais e de GEE, quando se tratar de fontes fósseis, com impactos sobre a população e os setores econômicos. O sistema elétrico brasileiro apresenta alto potencial adaptativo ao permitir a compensação de parte da geração hidrelétrica por outras fontes renováveis, além das fontes fósseis. Em especial, verifica-se em cenários futuros que há correlação favorável de complementaridade entre o potencial hidrelétrico e o eólico nacional. Considera-se ainda uma tendência de intensificação de eventos climáticos extremos (que pode impactar a infraestrutura energética, como a de transmissão) e de aumento do consumo elétrico.

Sobre a **SEGURANÇA ALIMENTAR**, é importante considerar que a demanda de alimentos no país vem aumentando nas últimas décadas, principalmente em função do crescimento da população e do consumo per capita. Em paralelo, a migração de agricultores familiares para as cidades leva a uma maior pressão sobre a produção, na medida em que diminui o número de produtores e aumenta o de consumidores no mercado. Ainda, o elevado volume de perdas e desperdícios de alimentos no país acarreta aumento dos custos e preços, o que afeta a disponibilidade e o acesso, principalmente para as famílias de baixa renda per capita ou que se encontram em extrema pobreza.

A mudança do clima traz efeitos diretos na capacidade produtiva agropecuária, influenciando, entre outros, a adequabilidade de cultivos às novas condições climáticas locais. Maiores perdas e custos na cadeia de produção, em razão da ocorrência de eventos extremos mais intensos e frequentes, podem exigir maior destinação de recursos financeiros para os seguros agrícolas, causar aumento dos preços e redução dos lucros do produtor. Destacam-se ainda projeções de maior necessidade de irrigação, sobretudo no Cerrado e na Caatinga, com potenciais conflitos pelo uso da água. Na pesca, alterações na temperatura dos oceanos e no pH da água poderão levar à migração de cardumes ou mesmo à sua mortalidade e à redução na produção (captura) em toda a faixa litorânea, rios e lagos, elevando o papel da aquicultura para assegurar a produção pesqueira.

Na **SEGURANÇA SOCIOAMBIENTAL**, aspectos de vulnerabilidade e exposição estão relacionados à sensibilidade ao aumento de temperatura, intensificação de eventos extremos e alteração em padrões de precipitação, que se sobrepõem às dimensões estruturais de pobreza, desigualdades socioeconômicas, segregação socioespacial nas cidades, nível de acesso a serviços básicos (como saúde e educação), marginalização por gênero e etnia (como povos indígenas, comunidades tradicionais, negros) e capacidade institucional dos atores governamentais para lidar com as mudanças climáticas e suas consequências.

Cenários futuros indicam perdas de adequabilidade climática associadas à mudança do clima em todos os biomas, com perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos. Em adição, evidências apontam para a importância das áreas protegidas e do ordenamento e gestão territorial para a minimização da exposição e vulnerabilidades dos ecossistemas aos impactos da mudança do clima. As taxas e magnitudes associadas à perda de habitats e serviços ecossistêmicos, decorrentes das mudanças do uso da terra e da mudança do clima no século XXI, têm exibido limites na capacidade de adaptação natural dos ecossistemas (SETTELE et al., 2014).

Projeções indicam aumento significativo da temperatura e incremento na incidência de extremos de seca e inundações, queimadas e focos de calor, bem como de doenças (transmitidas por vetores, de veiculação hídrica e térmica) e desastres, atingindo todos os biomas, mesmo que de forma heterogênea. Tal contexto é verificado não apenas em regiões mais pobres e remotas, distantes de serviços e de informação em tempo hábil para reação, e no que afeta povos e comunidades tradicionais, mas também em grandes centros urbanos, onde há populações marginalizadas e pobres.

Maior detalhamento sobre as análises de impacto e vulnerabilidade são apresentadas nas seções correspondentes às seguranças.

3.3.1 Impactos Observados

No contexto das seguranças hídrica, energética, alimentar e socioambiental, diversos impactos relacionados ao clima podem ser identificados no Brasil, sobretudo nas últimas décadas, os quais permitem compreender a relevância da agenda de adaptação, bem como fornecem elementos para o seu planejamento e implementação. Apresenta-se a seguir uma amostra de impactos observados no país, que atingem o território de maneira diferenciada:

O bioma **CAATINGA**, com alta incidência de pobreza, foi atingido por secas intensas entre 2011 e 2017, que afetaram mais de 80% dos municípios da região (IBGE, 2017). Em 2012, foi registrada a pior seca dos últimos 30 anos, com impacto direto na vida e na economia de 30 milhões de pessoas (NOVAES; FELIX; SOUZA, 2013). Em 2016, 24% dos municípios do semiárido reportaram surgimento e/ou aumento de áreas de desertificação (IBGE, 2017b).

Em 2012, ano em que ocorreu uma redução média de 500 mm na pluviosidade da região, a **produção de feijão e milho** no bioma sofreu perdas na ordem de 62% e 46%, respectivamente. Por exemplo, a produção de feijão em Araripina, sertão pernambucano, apresentou uma redução de 99,2% em 2012 (em relação ao ano anterior), quando a precipitação média anual foi de 400 mm, 43% menor que a média de chuvas na região⁹.

Dentre os impactos causados pela seca de 2012 a 2015 no Nordeste, estão os **surtos de diarreia**. Em 2013, as secas levaram os reservatórios ao esgotamento ou contaminação, com o consequente comprometimento do abastecimento de **água e internações** e mortes de crianças e idosos (RUFINO et al., 2016).

No **CERRADO**, os baixos índices de precipitação no final de 2016 impactaram o armazenamento dos principais reservatórios de abastecimento do Distrito Federal, o Descoberto e o de Santa Maria, que iniciaram 2017 com 22% e 42% de volume útil, respectivamente. A crise hídrica ocorrida esteve relacionada em parte a fatores climáticos e gerou impactos nos diversos usos da água (MESQUITA et al. 2018).

O reservatório de Serra da Mesa (bacia do rio Tocantins) é o maior em capacidade de armazenamento do país e vem, desde 2012, sofrendo diminuição do volume armazenado. Em 2017, chegou a menos de 6% do volume útil, menor valor observado desde o início de sua operação em 1998.

O reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Três Marias, localizado na bacia hidrográfica do rio São Francisco, em Minas Gerais, regula parte da vazão afluente de outras usinas localizadas a jusante (Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Paulo Afonso e Xingó). Entre 2000 e 2018, a UHE encontrou dificuldades operativas relacionadas ao baixo volume útil armazenado e no período mais crítico, entre 2014 e 2015, o volume ficou abaixo dos 10% da sua capacidade (ANA, 2019). Durante as secas em 2014, a UHE reduziu a **geração de energia elétrica** de 188 MWmed, em março de 2013, a 28 MWmed, em março de 2015 (menor geração no intervalo de tempo analisado) (ONS, 2019).

A partir de 2011, determinados **preços de alimentos** apresentaram relativa elevação. A soja foi vendida pelo produtor por R\$ 60,6 a saca (60 kg) em 2012, 42,3% mais cara do que em 2011, devido à forte redução de chuvas (em torno de 500 mm) que afetou boa parte do país, inclusive a principal região produtora, o bioma Cerrado (FAO,

⁹ Disponível em: climate-data.org

Em episódios de cheias na região Amazônica, a incidência de casos de diarreia, leptospirose e dermatites aumentou significativamente (HACON, S.; OLIVEIRA, B. F.; SILVEIRA, 2018; SOUSA et al., 2018).

A produção de açúcar foi mais sensível à quebra de safra, com uma queda de 6,7% em relação ao período anterior (UNICA, 2019). O aumento da produção do etanol, comparado à produção do açúcar, gerou um trade-off da segurança energética com a segurança alimentar.

2019; XAVIER *et al.*, 2016). Em 2012, a seca foi responsável pela redução de 45,8% na produção de soja no município de Tupanciretã, em Mato Grosso. O feijão foi vendido pelo produtor a R\$ 158,1 a saca em 2012, 55,9% mais caro do que em 2011, também relacionado à redução de chuvas nos biomas Cerrado e Caatinga. Por outro lado, em Sorriso/MT, no ano de 2014, houve uma redução de 24,5% na produção de milho, devido ao volume de chuva superior em 23,8% em relação ao ano anterior.

O bioma **AMAZÔNIA**, nas últimas duas décadas, foi altamente atingido por secas e enchentes extremas (MARENGO *et al.*, 2013; PINHO; MARENGO; SMITH, 2015; TOMASELLA *et al.*, 2013).

Durante a seca de 2005, o Acre registrou 400 mil pessoas e mais de 300 mil hectares de floresta afetados pelas **queimadas** (BROWN *et al.*, 2006). No mesmo estado, as secas de 2005 e 2010 aumentaram o número de focos de calor e a incidência de **doenças respiratórias** em crianças menores de 5 anos (SMITH *et al.*, 2015). Em 2010, 40 dos 62 municípios amazonenses declararam estado de emergência e houve liberação de US\$ 12 milhões pelo governo para ajuda às **comunidades** impactadas (PINHO, 2016). Entre 2013 e 2017, o estado de Roraima teve 93% de seus municípios atingidos pelas secas (IBGE, 2017b).

Em 2014, uma cheia histórica no Rio Madeira inundou comunidades e alagou parte da BR-364 em Rondônia, provocando **desabastecimento nas cidades** e aumento de doenças transmitidas por **contaminação da água**, como a leptospirose (FRANCA; MENDONÇA, 2015). Um total de 3.758 famílias foram desabrigadas e desalojadas, e a população ribeirinha foi severamente afetada pela enchente (CGU, 2014). Em 2015, o nível do Rio Acre atingiu cotas máximas de 18 metros e causou grandes inundações e destruição. A defesa civil declarou 5 mil **famílias desabrigadas** (CEPED, 2015).

Na **MATA ATLÂNTICA**, os impactos causados pela seca prolongada de 2014 foram vastos e envolveram diversos setores. A capacidade de produção da **indústria**, a produtividade da **agricultura** e até o funcionamento de hospitais e escolas foram comprometidos (NOBRE *et al.*, 2016). A escassez de chuvas em 2014 e 2015 afetou as atividades na Hidrovia Tietê-Paraná, uma das mais importantes do país, em termos de valores e volumes transportados (ANA, 2019).

A mesma seca em 2014 afetou a safra de cana-de-açúcar consideravelmente, sobretudo nos estados de São Paulo e Minas Gerais (UNICA, 2014a; NOBRE *et al.* 2016). Observou-se, em 2014, uma redução de 7,8% na produtividade por área colhida no centro-sul em relação ao ano anterior¹⁰, atingindo 12,1% de redução no estado de São Paulo (UNICA, 2014ab). A queda na produtividade resultou em uma safra 4% menor que a registrada no ano anterior.

A infraestrutura do **sistema de distribuição e transmissão de energia elétrica** também tem sido afetada por eventos climáticos. A região Sul foi atingida por um ciclone extratropical (Furacão Catarina) em 2003 e por alguns tornados nos últimos anos.

¹⁰ Cabe a ressalva de que a produtividade de uma plantação de cana-de-açúcar não depende apenas de fatores climáticos, mas também da idade média do canavial, uma vez que há uma tendência de redução da concentração de açúcares totais recuperáveis nos colmos da cana a cada ciclo anual de corte. Assim, a renovação dos canaviais é uma decisão de cunho econômico de cada produtor, que acaba por impactar os indicadores de produtividade agregados.

O déficit de vegetação nativa no Bioma e a alta fragmentação dos remanescentes (BUSTAMANTE; METZGER et al., 2019; SCARANO; CEOTTO, 2015) levam à maior vulnerabilidade nas cidades. **Alagamentos associados a chuvas intensas** atingiram mais de 90% dos municípios da região entre 2013 e 2017 (IBGE, 2017b). Na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, houve 916 mortes e mais de 35 mil desabrigados, em consequência de chuvas extremas que causaram **deslizamentos** de grandes massas de terra, além de enxurradas e alagamentos por toda a região (MARENGO; ALVES, 2012).

O temporal ocorrido em fevereiro de 2020 no Rio de Janeiro foi o mais volumoso da história da cidade em um período de uma hora. Na mesma época, a cidade de São Paulo registrou a maior chuva acumulada para o mês em 37 anos.

No **PAMPA**, o cultivo de soja enfrentou condições meteorológicas desfavoráveis na safra de 2011/2012 na região de Passo Fundo (RS), com períodos de deficiência hídrica e com altas temperaturas (acima dos 30 °C), além de distribuição irregular das chuvas (EMBRAPA, 2012). Isso resultou em redução de 32% na quantidade produzida em 2012 com relação a 2011 (IBGE, 2019). A produção de **biodiesel** no estado do Rio Grande do Sul em 2012 foi 6,45% inferior à registrada no ano anterior (ANP, 2018). No período de 2013 a 2017, 50% dos municípios no Pampa foram atingidos por **enchentes e inundações** (IBGE, 2017b). Da mesma forma que a Mata Atlântica, o Pampa é um bioma bastante alterado.

As **ZONAS COSTEIRAS** têm sofrido com as alterações climáticas por meio do aumento da temperatura superficial e acidificação dos oceanos, aumento do nível do mar, erosão costeira e desaparecimento dos corais. Na cidade costeira de Cananeia, no estado de São Paulo, dados observacionais de 50 anos indicaram aumento do **nível do mar** de 4,2 mm por ano (COSTA, 2007). A população caiçara que ocupa o Parque Estadual da Ilha do Cardoso já foi impactada por **erosão costeira e inundações** (STONOGA, 2017; TOMAZELA, 2016). Da mesma forma, alterações dos manguezais nas últimas décadas têm provocado mudanças na linha da costa, no estoque de carbono e na reprodução de espécies marinhas (COPERTINO et al., 2017). Tais dinâmicas têm levado a impactos significativos sobre os modos de vida da população, com **redução de estoque pesqueiro**, perda de infraestrutura e realocações de pessoas por causa de processos erosivos e de enchentes (MARTINS; GASALLA, 2018).

A alta **URBANIZAÇÃO** e a falta de cobertura vegetal contribuem com a formação de **ilhas de calor** e comprometem a provisão de serviços ecossistêmicos de regulação climática para a sociedade (RICE et al., 2018). Em 2019, grandes capitais brasileiras apresentaram aumento expressivo nas temperaturas médias, com ocorrências de ondas de calor, a exemplo da cidade do Rio de Janeiro, cuja temperatura média no verão ultrapassou 39 °C, com elevada sensação térmica (INMET, 2019). Destaca-se ainda o aumento nos **casos de dengue** relacionados ao aumento de temperatura e de extremos chuvosos no Maranhão (SILVA et al., 2016), na Amazônia (HORTA et al., 2014), no Rio de Janeiro (GOMES; NOBRE; CRUZ, 2012) e nas principais cidades brasileiras (BARCELLOS; LOWE, 2014).

Para saber mais sobre os recursos hídricos no país, consulte o item 1.1.3.

3.4 SEGURANÇA HÍDRICA

3.4.1 Contexto

Conceituação

A segurança hídrica vai além de avaliações do déficit hídrico e engloba também aspectos econômicos, sociais, de saúde e ambientais. Com um leque amplo de conceitos, a depender do propósito, do enfoque e da escala de análise (COOK; BAKKER, 2012), o ponto em comum é a necessidade de atendimento às demandas essenciais para a sobrevivência humana, em termos da garantia de quantidade e qualidade de água.

Assim, os conceitos podem abarcar a proteção dos ecossistemas (UN WATER, 2013; WATERAID, 2012; WWC, 2013) ou a proteção da saúde pública, cujo foco pode ser a redução de doenças de veiculação hídrica (VAN BEEK; ARRIENS, 2014; WATERAID, 2012). A segurança hídrica também envolve acesso à água para as necessidades humanas básicas, para os meios de subsistência e os serviços ecossistêmicos locais, além do bom gerenciamento dos riscos de desastres a ela relacionados (WATERAID, 2012).

Assim, nesta 4CN, conceitua-se a segurança hídrica como a disponibilidade adequada de quantidade e qualidade de água para saúde, meios de vida, ecossistemas e produção, associada a um nível aceitável de riscos relacionados com a água em relação às pessoas, à economia e ao meio ambiente (GREY; SADOFF, 2007).

Relevância da Segurança Hídrica para o País e para a Adaptação

SETORES ECONÔMICOS E ÁGUA

A economia e a manutenção dos modos de vida da população brasileira são fortemente condicionadas pelo clima e pelos regimes hidrológicos de suas bacias hidrográficas. Atividades econômicas, como agricultura e indústria, são dependentes do clima e da disponibilidade hídrica na região em que são desenvolvidas. Segundo projeções da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), as retiradas de água para suprimento a diversos usuários e setores podem alcançar 2.600 m³/s no Brasil em 2030, aumento de cerca de 24% em comparação com 2017.

Em 2012, a indústria representou 20,7% do PIB nacional e foi responsável por 8,78 milhões de postos de trabalho. O setor responde por 17% da vazão retirada total e 7% da vazão consumida, de acordo com o relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2014).

A irrigação, atividade de maior uso, responde por 52% da vazão de retirada dos recursos hídricos e 68,4% da vazão efetivamente consumida (ANA, 2018). Partindo das estimativas de 2015, projeta-se a incorporação de 3,14 milhões de hectares irrigados – média de pouco mais de 200 mil hectares ao ano – o que aproximaria o país da área total de 10,09 milhões de hectares irrigados em 2030 (ANA, 2017). Esse incremento corresponde a um aumento de 45% sobre a área atual e ao aproveitamento de 28% do potencial efetivo estimado.

No Brasil, há também grande demanda de água para produção de energia, uma vez que o país é um grande produtor mundial de energia hidráulica, sendo que 66,6% da eletricidade, em 2018, foram provenientes desse tipo de fonte (EPE, 2019).

REGIÕES BRASILEIRAS SOB PRESSÕES VARIADAS

As regiões brasileiras apresentam contextos climáticos e socioambientais bastante diversos em relação aos recursos hídricos. Algumas regiões convivem com as secas, enquanto outras, por pressões de ordem populacional, possuem demanda que ultrapassa a capacidade dos sistemas hídricos.

A região semiárida do Nordeste brasileiro é marcada pela condição de escassez de água, com apenas 4% do total dos recursos hídricos do país, embora represente 18% do território nacional e abrigue 30% da sua população (SOUZA FILHO *et al.*, 2018). Algumas dessas áreas são classificadas como de alto risco hídrico, com ocorrência de chuvas anuais inferiores a 500 mm, déficit hídrico e secas prolongadas, predominância de rochas cristalinas¹¹ e de rios intermitentes, e grande utilização de açudes para garantir a oferta de água.

O São Francisco, um dos maiores rios do Brasil, é responsável pelo abastecimento de grande parte do Nordeste (SANTOS *et al.*, 2012). Com 631.133 km² e extensão de quase 2.900 km, sua bacia representa cerca de 7,5% da área total do Brasil e abrange população estimada de 14 milhões de habitantes. Suas águas servem a múltiplos usos, tais como abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, pesca, energia hidrelétrica e transporte (SANTOS *et al.*, 2012), suprimindo água para 11% da agricultura irrigada no país.

A região Sudeste, embora com ocorrência de rios perenes, é marcada por conflitos por recursos hídricos. O Sudeste concentra 40% da população e é responsável por 60% do PIB do país, mas sua disponibilidade hídrica é de 6% do total (SOUZA FILHO *et al.*, 2018).

O Cerrado é um dos 34 *hotspots* de biodiversidade do mundo e representa importante produção agropecuária. Nele se encontram as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata); e os aquíferos Guarani, Bambuí e Urucaia, com papel estratégico para reserva de água e proteção da biodiversidade.

¹¹ As rochas cristalinas são menos porosas e dificultam a penetração e o acúmulo de água subterrânea. Contudo, nessas rochas, em virtude de esforços tectônicos, há a presença de falhas e fraturas que permitem o armazenamento de água. Nos terrenos cristalinos, a produtividade dos poços depende da presença, da abertura e da conectividade das fraturas, características que determinam a capacidade de conduzir e armazenar água das rochas. Nas regiões semiáridas, em que prevalece o intemperismo físico, o manto é pouco espesso ou inexistente, restringindo ainda mais a potencialidade dos terrenos cristalinos.

O município de Bauru (SP) tem 60% do sistema de abastecimento urbano dependente da água do Aquífero Guarani.

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Em relação aos conflitos por água subterrânea, estudos no Aquífero Guarani – Sistema Bauru (Sudeste) e no Alter do Chão (Amazônia) têm demonstrado que o atual cenário é de exploração intensa dos aquíferos, com reduções consideráveis em seus níveis de água (BOICO; WENDLAND; BATISTA, 2018; SARAIVA, 2017) e com indícios de aumento de pressão a longo prazo causada por aumentos populacionais (BOICO; WENDLAND; BATISTA, 2018).

PARA ALÉM DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

As crises hídricas ocorridas em diversas regiões do Brasil, desde 2012 (sistema Cantareira, em São Paulo, em 2014; rios Pardo, Mucuri e São Mateus, nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, em 2015; Brasília, no Distrito Federal, em 2017; Tocantins-Araguaia, no Maranhão, em 2017; Nordeste setentrional, de 2012 a 2017) (ANA, 2018), evidenciam que a vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica não depende apenas de sua disponibilidade hídrica e de suas características naturais, mas também das altas demandas e da qualidade de suas águas.

A eficiência do serviço de saneamento é central para a segurança hídrica. O índice médio de atendimento de rede de coleta de esgoto no país é de 60% da população de áreas urbanas, e a média de tratamento do esgoto gerado é de 45% (SNIS, 2016).

Governança na Segurança Hídrica

Conforme a Constituição Federal de 1988, a União tem a competência privativa para legislar sobre águas e pode, por lei complementar, autorizar os estados federados a legislar sobre questões específicas relacionadas ao tema. Em adição, a União tem o dever de gerenciar e fiscalizar os diversos usos das águas sob seu domínio. Não obstante, há uma competência material comum entre União, estados e municípios para proteger o meio ambiente, combater a poluição, preservar as florestas, a fauna e a flora.

O Código de Águas (Decreto nº 24.643/1934) constitui a legislação original sobre o direito das águas. A Lei nº 9.433/1997, conhecida como a Lei das Águas, promulgada após ter sido debatida durante os anos 1980 e 1990, instituiu a **Política Nacional de Recursos Hídricos** (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Dentre os princípios básicos dessa lei, destacam-se a gestão integrada, a bacia hidrográfica como unidade de gestão territorial, a gestão participativa e descentralizada e a água dotada de valor econômico (BRASIL, 1997).

A **Agência Nacional de Águas** (ANA), uma autarquia especial com autonomia administrativa, financeira e status de agência reguladora, foi criada pela Lei nº 9.984/2000 com atribuições de implementar a PNRH, segundo

seus princípios, instrumentos de ação e arranjos institucionais previstos, que incluem o **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**, os **comitês de bacias hidrográficas**, as **agências de água** e os órgãos e entidades do serviço público federal, estadual e municipal.

O **Plano Nacional de Recursos Hídricos**, publicado em 2006, é um dos instrumentos que orientam a gestão das águas no Brasil. Construído em amplo processo de envolvimento institucional, objetiva definir um conjunto de diretrizes e políticas públicas voltadas para a “melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade, gerenciando as demandas e considerando ser a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social”.

Planos de Recursos Hídricos. Previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, são documentos que definem a agenda dos recursos hídricos de uma região e incluem ações de gestão, projetos, obras e investimentos prioritários. Além disso, fornecem dados atualizados que contribuem para o enriquecimento das bases da ANA.

Os planos são elaborados em três níveis: bacia hidrográfica, nacional e estadual. Contam também com o envolvimento de órgãos governamentais, da sociedade civil, dos usuários e de diversas instituições que participam do gerenciamento dos recursos hídricos.

Os Planos Estaduais de Recursos Hídricos (PERH) têm o papel de atuar integradamente e em cooperação com a esfera nacional para a elevação da eficiência na oferta e no uso das águas. Os PERHs buscam apresentar soluções de compromisso, principalmente com objetivo de minimizar conflitos pelo uso da água, tendo em vista os múltiplos interesses dos usuários da água, do poder público e da sociedade civil organizada, ou ainda propiciar a prevenção e a mitigação de eventos hidrológicos críticos, tais como as secas ou inundações.

O **Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano** (Vigiáqua) é estruturado a partir dos princípios do Sistema Único de Saúde (SUS) e consiste em um conjunto de ações em saúde pública para garantir o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade. Encontrase estabelecido na legislação vigente (Decreto Federal nº 79.367/1977), sob a atribuição do Ministério da Saúde (MS), como parte integrante das ações de promoção da saúde e prevenção dos agravos transmitidos pela água.

O **Plano Nacional de Segurança Hídrica** (PNSH), lançado em 2019, é um instrumento para a tomada de decisão na implementação de infraestrutura hídrica estratégica para o país e estabelece um programa de investimentos para as intervenções de acordo com prioridades regionais, com vistas a garantir a oferta de água e redução de riscos de eventos extremos de cheias e secas (ANA, 2019).

O acompanhamento da implementação do **Plano Nacional de Recursos Hídricos**, em articulação com setores usuários e a sociedade civil, é parte das atribuições da ANA, com acompanhamento da Câmara Técnica do Plano (CTPNRH/CNRH).

3.4.2 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Hídrica

Cadeia de Impactos

PRESSÕES CLIMÁTICAS NO CICLO HIDROLÓGICO. Diversos processos físicos que podem impactar as componentes do ciclo hidrológico são desencadeados pela mudança do clima, com destaque a alterações na variabilidade, sazonalidade e/ou intensificação do regime de chuvas, na evapotranspiração potencial, no fluxo das vazões, na biogeoquímica dos corpos d'água e oceanos e no nível médio do mar (NMM) (MAGRIN *et al.*, 2014).

ALTERAÇÕES NESSES PROCESSOS FÍSICOS DEFLAGRAM IMPACTOS DE ORDEM AMBIENTAL E SOCIOECONÔMICA. Os de ordem ambiental estão relacionados a alterações na oferta de água, ou seja, quantidade e qualidade de águas superficiais e subterrâneas, à alteração/destruição de territórios, bem como à perda de serviços ecossistêmicos e da biodiversidade. Os de ordem socioeconômica, desencadeados pelos ambientais, estão relacionados com modos de vida da população, condições de saúde e higiene, interferências na capacidade produtiva, aumento de conflitos setoriais durante crises hídricas e aumento na incidência de desastres.

FATORES NÃO CLIMÁTICOS TAMBÉM CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DA VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS NATURAIS E HUMANOS. Grandes aglomerações urbanas, uso e ocupação do solo desordenados, aumento progressivo das demandas hídricas e deficiências em investimentos em infraestrutura hídrica, quando associados a períodos de escassez de chuvas, resultam em crises hídricas. O aumento na frequência de secas pode agravar esse cenário, afetar a capacidade de regularização de reservatórios, do sistema produtivo, e impactar diretamente a política de outorga estabelecida para o clima presente (ANA, 2018).

OS AMBIENTES NATURAIS DESEMPENHAM PAPEL FUNDAMENTAL NA SEGURANÇA HÍDRICA, pois garantem e controlam a estabilidade dos solos, a resposta hidrológica da bacia, a qualidade das águas, o ciclo natural de erosão, as entradas e saídas dos fluxos de água, a recarga de águas subterrâneas e mantêm o fluxo de base, que garante as vazões de rios e reservatórios durante a estiagem. As matas ciliares têm importância na proteção das margens dos rios, lagos e nascentes, e sua perda pode provocar assoreamento dos corpos d'água e carregamento de resíduos que comprometem a qualidade e a disponibilidade das águas (JACOBI; GRANDISOLI, 2017; JOLY, METZGER; TABARELLI, 2014; SCARANO; CEOTTO, 2015).

A **Mata Atlântica**, por exemplo, é responsável por prover água para aproximadamente 75% da população brasileira (JOLY, METZGER; TABARELLI, 2014) e tem a função fundamental de manter os fluxos de umidade no balanço hídrico e climático nas escalas regional e global (DAVIDSON *et al.*, 2012). Os efeitos das secas ocorridas na Floresta Amazônica repercutiram na segurança hídrica e na conservação dos serviços ecossistêmicos da região do Pantanal (BERGIER *et al.*, 2018). O Pantanal tem uma estação de inundação generalizada e prolongada durante o verão que poderá ser afetada pelas mudanças e perdas nos transportes de umidade atmosférica reciclada pela Floresta Amazônica (BERGIER *et al.*, 2018), sabendo que a umidade também vem do Oceano Atlântico tropical.

Estima-se que a população brasileira cresça 12% entre 2018 e 2047, aumentando de 208 para 233 milhões de habitantes (IBGE, 2018). Quando a demanda excede a oferta, aumenta o risco de desabastecimento das cidades e os custos de tratamento.

AS INUNDAÇÕES podem ocorrer e produzir impactos em razão de dois processos que acontecem isoladamente ou combinados: inundações graduais (cheias ou enchentes), que estão associadas à ocorrência de chuvas intensas em toda a bacia hidrográfica, e inundações bruscas (enxurradas ou alagamentos), que normalmente estão associadas ao processo de urbanização.

Os desastres naturais em cidades provocam impactos maiores nas áreas mais pobres e expostas¹², nas quais já existem vulnerabilidades em relação aos recursos hídricos, à falta de saneamento e ao contato com doenças de veiculação hídrica (CONFALONIERI, 2003; DEBORTOLI et al., 2017; ESPINOZA, RONCHAIL, MARENGO; SEGURA, 2018; MAGRIN et al., 2014; MENEZES et al., 2018a; SOUSA, AMANCIO, HACON; BARCELLOS, 2018).

A intensificação de eventos extremos, em especial os que resultam em inundações associadas a perdas e danos de bens, serviços, infraestrutura, saúde e atividades socioeconômicas, afeta diretamente a qualidade de vida da população e a segurança socioambiental.

AUMENTOS NA TEMPERATURA DO AR E DAS ÁGUAS E O AUMENTO DO NÍVEL DO MAR AFETAM A QUALIDADE DAS ÁGUAS.

Aumentos na temperatura do ar e das águas do mar e interiores provocam alteração dos processos químicos e biológicos que afetam a qualidade das águas. Um dos principais impactos é a redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, que afeta a capacidade de autodepuração dos corpos d'água e de manutenção das comunidades aquáticas. O aquecimento das águas superficiais de lagos e reservatórios também aumenta a estratificação vertical desses corpos d'água. Isso reduz a mistura das águas superficiais com as águas mais profundas, o que favorece a proliferação de algas. Os aumentos do nível do mar podem intensificar a erosão costeira, a frequência e a intensidade de inundações. Distúrbios no provimento de bens e serviços, redução de espaços habitáveis e intrusão marinha, que reduz a qualidade da água doce e ocasiona perda da biodiversidade, são exemplos de impactos que podem ser causados (MARENGO et al., 2017).

As fontes de contaminação de águas são inúmeras, consistindo em resíduos domésticos orgânicos, poluição industrial e agrícola, e poluição térmica via efluentes industriais de refrigeração que estimulam o desenvolvimento de patógenos, bactérias e vírus. Além disso, existe relação entre poluição difusa, floração de algas e ocorrência de cianobactérias, que se reproduzem com facilidade em ambientes eutrofizados e, em altas concentrações, estão associadas à produção de compostos tóxicos e carcinogênicos nos corpos d'água (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006). A alta concentração de nutrientes na água e o aumento gradativo de temperatura podem favorecer a predominância de compostos tóxicos sobre não tóxicos (MEREL *et al.*, 2013).

REDUÇÃO NA QUALIDADE DAS ÁGUAS GERA CUSTOS SOCIOECONÔMICOS. Sistemas de saneamento deficitários ampliam a incidência de doenças de veiculação hídrica (SPILKI, 2015). De acordo com o Painel Saneamento Brasil, o Brasil registrou 258 mil internações por doenças de veiculação hídrica em 2017 (TRATABRASIL, 2019). Alterações na qualidade dos recursos hídricos, associadas ao lançamento de poluentes e redução das vazões, podem aumentar os custos de tratamento para o abastecimento doméstico e uso industrial, afetar o uso na irrigação, a biodiversidade aquática e a pesca, aumentar a incidência de doenças e ocasionar a perda de valores turísticos e paisagísticos (TUNDISI, 2008; TUNDISI *et al.*, 2015).

¹² Populações vulneráveis são as que correm maiores riscos, uma vez que têm pouca capacidade de lidar com ameaças externas (JACOBI; GRANDISOLI, 2017; JACOBI; FRACALANZA; EMPINOTTI, 2017).

O bioma Mata Atlântica é marcado por uso intenso da água em suas atividades produtivas e de consumo, com a presença concomitante de atividades de mineração, de grandes aglomerados urbanos e do sistema sudeste de reservatórios hidrelétricos.

CONFLITOS DE USO MÚLTIPLO. Alterações em padrões climáticos, ao afetar a disponibilidade de água, podem se transformar em crises hídricas, provocar incertezas quanto ao fornecimento de água, tensionar a relação dos usuários estabelecidos na região e potencializar usos competitivos, por exemplo, entre a agricultura irrigada e outros setores usuários (ANA, 2017). A redução da disponibilidade hídrica projetada em cenários de clima futuro, associada às tendências crescentes de retirada para os próximos 20 anos, podem amplificar os conflitos já existentes entre as seguranças hídrica, alimentar, energética e socioambiental.

A competição pela água nos sistemas produtivos gera um aumento do custo de produção dos alimentos, causado por redução da oferta e diminuição da capacidade de estoque. Mudanças no regime hídrico e efeitos de eventos hidrológicos extremos também podem afetar a matriz energética brasileira, fortemente dependente da disponibilidade hídrica, o que pode exigir mudanças no mix de fontes energéticas, com possíveis consequências nos custos de geração e investimento, assim como nas emissões de GEEs.

Avaliação de Impactos-chave

De acordo com a cadeia de impactos e os impactos observados na segurança hídrica no país, nesta avaliação foram considerados “impactos-chave”:

- Alteração na disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos; e
- Variação nas ocorrências de eventos extremos de origem hidrometeorológica.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

Os “impactos-chave” foram abordados de maneira transversal, com base no modelo do Índice de Segurança Hídrica proposto por Gain *et al.* (2016).

O Índice de Segurança Hídrica aqui apresentado tem como principal atributo considerar aspectos que condicionam os riscos relacionados à mudança do clima, tanto no contexto atual como em cenários futuros. Para diferenciá-lo de outros índices de mesmo nome, porém com diferentes finalidades e estruturas metodológicas, adota-se aqui a sigla ISHmc.

A estrutura metodológica adotada para a análise é apresentada de forma resumida no quadro seguinte.

DIMENSÃO	PERSPECTIVA TEMPORAL	O QUE BUSCA AVALIAR (PARA OPERACIONALIZAR A SEGURANÇA HÍDRICA)	PESO NA COMPOSIÇÃO DO ISH _{mc}
DISPONIBILIDADE	Clima e demanda presentes e futuros	Se há disponibilidade de recursos hídricos suficientes.	0,45
ACESSIBILIDADE	Estacionária	Se os recursos hídricos existentes, em especial os serviços de provimento de água potável e de saneamento básico, são acessíveis para as sociedades e ecossistemas.	0,20
SEGURIDADE E QUALIDADE	Estacionária	Se os recursos disponíveis e acessíveis são de boa qualidade e quais os níveis de risco de inundações e cheias.	0,20
GOVERNANÇA	Estacionária	Se as condições de governança e gestão garantem a sustentabilidade dos recursos hídricos.	0,15

Cada dimensão é representada por um índice composto por um conjunto de indicadores.

DIMENSÃO - DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A dimensão Disponibilidade inclui dois indicadores integrados com soma ponderada, que representam escassez e estresse hídrico.

COMPOSIÇÃO DA DISPONIBILIDADE	DESCRIÇÃO	ÍNDICE ADOTADO	PESO NO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE
ESCASSEZ HÍDRICA	Situação de escassez hídrica quando a retirada é maior do que a oferta	WEI - Índice de Exploração de Água (<i>Water Exploitation Index</i>)	0,70
ESTRESSE HÍDRICO	Situação de estresse hídrico ocorre quando há episódios de seca generalizada, associada a crises hídricas e perdas na agricultura, por exemplo	SPEI - Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (<i>Standardised Precipitation Evapotranspiration Index</i>)	0,30

A Disponibilidade foi avaliada para o clima presente (1961-1990) e três níveis específicos de aquecimento médio global (SWL1,5, SWL2 e SWL4), com as projeções de clima de dois modelos regionais - Eta-HadGEM-2ES e Eta-MIROC5.

EVOLUÇÃO DA DISPONIBILIDADE ENTRE PRESENTE E FUTURO. Os mapas com as diferenças entre as projeções de clima futuro e simulações de clima presente, em porcentagem, para a dimensão Disponibilidade estão apresentados na Figura 3.17.

Quadro 3.1
Composição do ISH_{mc}.

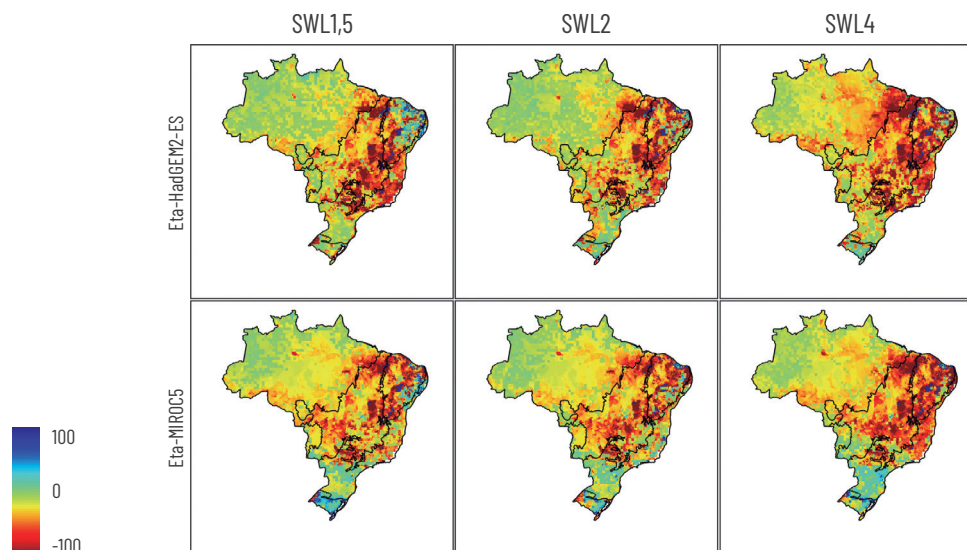
Quadro 3.2
Composição do Índice de Disponibilidade Hídrica.

Embora a exploração de água subterrânea seja fonte de abastecimento relevante em diversas regiões do país, devido à ausência de dados na escala nacional, não foi considerada nesta dimensão.

Figura 3.17

Mapas da Dimensão Disponibilidade com as diferenças entre projeções de clima futuro e simulações de clima presente em porcentagem.

* Os valores positivos, em cores frias, representam melhora das condições de Disponibilidade enquanto valores negativos, em cores quentes, indicam uma diminuição.



Os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica indicaram as maiores mudanças, com reduções de Disponibilidade Hídrica em cenários futuros. É apontada uma tendência de aumento das vazões no Sul e de redução no Norte e no Nordeste, com a possibilidade de aumento na frequência dos eventos de cheia e inundações na região Sul e de eventos de seca nas regiões Norte e Nordeste (BRASIL, 2015; RIBEIRO NETO *et al.*, 2016).

DIMENSÃO - ACESSIBILIDADE

Para a dimensão Acessibilidade, foram utilizados indicadores referentes ao acesso à água potável e à rede de esgotamento sanitário, com dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD de 2016, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Conforme a fórmula recomendada por Gain (2016), o índice de Acessibilidade foi ponderado como segue:

$$\text{Acessibilidade} = (\text{Água Potável} \times 0,60) + (\text{Esgoto} \times 0,40)$$

Os resultados da PNAD (2016) mostram que mais de 72,4 milhões de brasileiros (35% da população total do Brasil) habitam em residências que não estão ligadas às redes de esgoto. A baixa acessibilidade ao esgotamento sanitário nos domicílios se destaca na Amazônia, Caatinga, Cerrado e Pantanal. O percentual de domicílios com abastecimento regular de água no Brasil, contudo, é mais alto: 97,5%, sendo a rede geral de distribuição a principal fonte de abastecimento.

DIMENSÃO - SEGURIDADE E QUALIDADE

Na dimensão SEGURIDADE E QUALIDADE foram utilizados indicadores referentes à VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES e à QUALIDADE DA ÁGUA, com espacialização dos dados na escala municipal. Conforme a fórmula recomendada por Gain (2016), o índice de Seguridade e Qualidade é ponderado como segue:

$$\text{Seguridade e Qualidade} = (\text{Seguridade} \times 0,50) + (\text{Qualidade} \times 0,50)$$

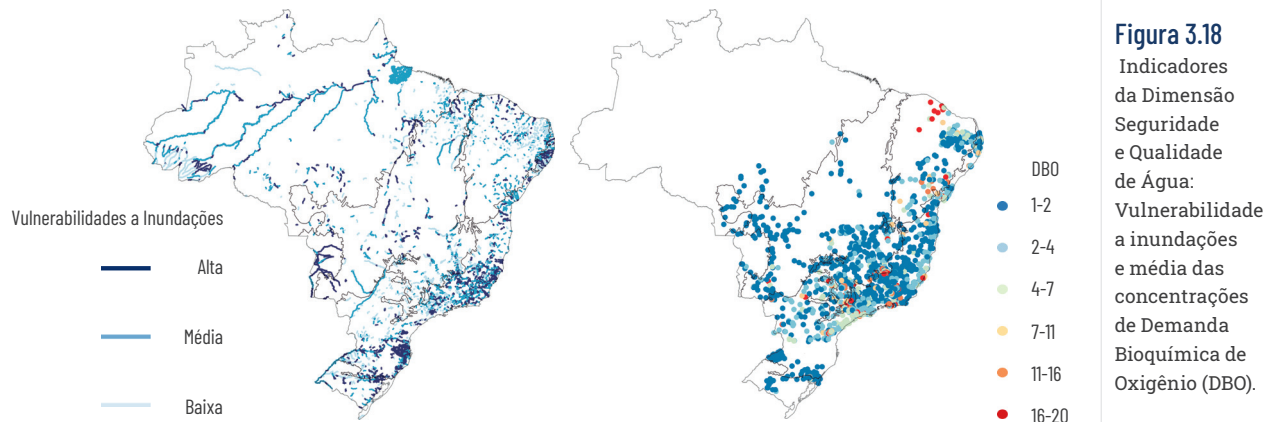


Figura 3.18

Indicadores da Dimensão Seguridade e Qualidade de Água: Vulnerabilidade a inundações e média das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

Fonte: SNIRH/ ANA.

Num balanço geral, no âmbito da dimensão Seguridade e Qualidade, os biomas Amazônia e Caatinga apresentaram, na média, as piores condições. A Amazônia é vulnerável às cheias extremas, enquanto a Caatinga apresenta baixa qualidade de água em seus açudes. A Mata Atlântica apresentou as melhores condições de segurança, embora apresente problemas pontuais de qualidade da água nos centros urbanos.

DIMENSÃO - GOVERNANÇA

A dimensão Governança, traduzida como a capacidade institucional em lidar com conflitos pelo uso da água, foi representada pela situação dos planos estaduais de recursos hídricos (PERH), pela existência de comitês de bacias hidrográficas estaduais (CBHs), interestaduais e únicos e pela malha de monitoramento de qualidade de água indicada pelo parâmetro DBO. Embora a existência de planos e comitês não garanta uma efetiva gestão dos recursos hídricos, são elementos fundamentais de sua estrutura. Da mesma forma, se há monitoramento, considera-se que a região tem capacidade/informação para lidar com conflitos.

A integração da dimensão Governança seguiu a fórmula abaixo:

$$\text{Governança} = (\text{Comitês} \times 0,50) + (\text{PERH} \times 0,30) + (\text{Monitoramento} \times 0,20)$$

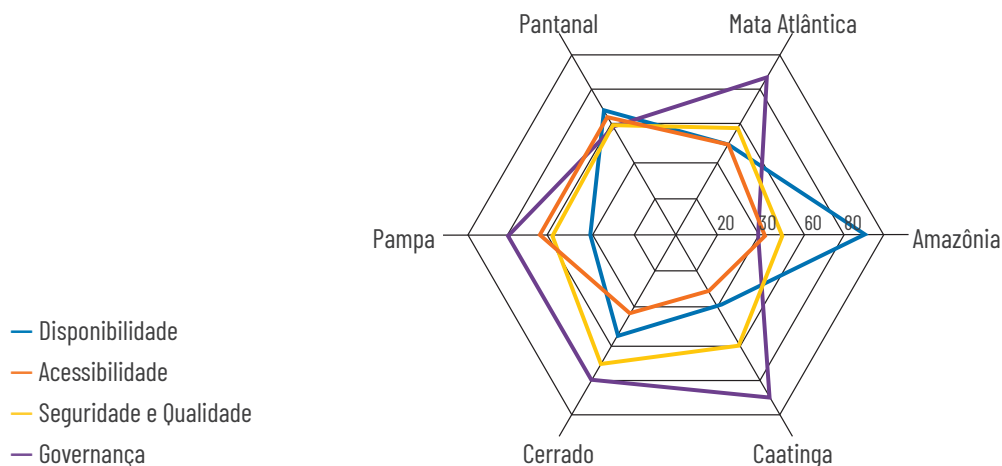
Em relação aos PERHs e CBHs, os biomas Caatinga, Pampa e Mata Atlântica, embora ainda apresentem seus desafios de governança, estão munidos dos requisitos mínimos para avançar em suas pautas prioritárias. Já os biomas Amazônia, Pantanal e Cerrado ainda estão se articulando no desenvolvimento desses instrumentos e se encontram em situação de maior fragilidade.

ISHmc (Disponibilidade, Acessibilidade, Seguridade e Qualidade e Governança)

A Figura 3.19 apresenta os resultados de cada dimensão do ISHmc por bioma (mediana) para o presente, considerando a dimensão Disponibilidade simulada pelos dados do modelo Eta-HADGEM2-ES.

Figura 3.19

Mediana de cada dimensão do ISHmc para cada bioma, sendo a Disponibilidade simulada pelo modelo Eta-HADGEM 2-ES (o modelo Eta-MIROC5 apresentou resultado similar) para o clima presente (1961-1990).

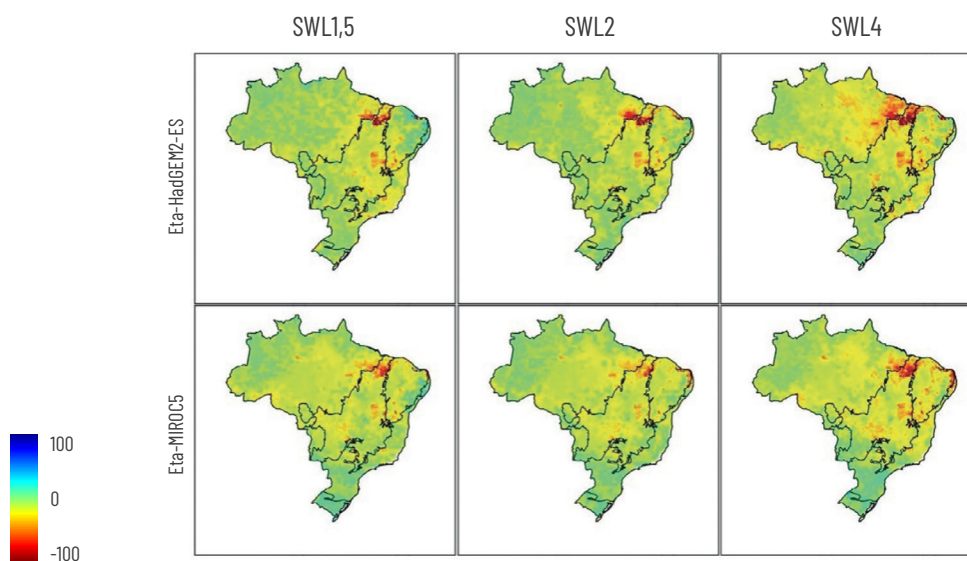


À exceção da Amazônia e do Pantanal, os resultados indicam que a atual situação da Disponibilidade, se considerarmos a incidência de secas e os níveis de exploração de água, não é mais de abundância e sim de alerta em relação à utilização dos recursos hídricos, com resultados mais críticos para Caatinga e Pampa.

Em relação à dimensão Acessibilidade, a Caatinga, o Cerrado e a Amazônia apresentaram as piores pontuações, com a Mata Atlântica também com valor baixo. Em relação a Seguridade e Qualidade, não há uma diferença significativa entre os biomas, com um valor ligeiramente menor que os demais na Amazônia, mas todos com

uma condição de vulnerabilidade nessa dimensão. E, em relação à Governança, a Amazônia se apresentou como o bioma com mais fragilidades.

Na Figura 3.20, a seguir, pode-se visualizar de maneira mais precisa as variações relativas do ISHmc entre cada cenário de clima futuro e o clima presente.



À exceção do Pampa e da parte ocidental da Amazônia, para os demais biomas todos os cenários indicam situação de piora da segurança hídrica. No entanto, a área de abrangência das alterações e a sua intensidade variam de cenário para cenário.

A Caatinga foi o bioma que apresentou os menores valores de segurança hídrica para os cenários de clima presente e futuro, enquanto a Mata Atlântica e a Amazônia apresentaram valores médios superiores, mas com tendência de agravamento. Na Mata Atlântica, ocorrem áreas de baixa segurança de forma pontual, porém não menos relevantes, por se tratar de grandes centros metropolitanos. Na Caatinga, Cerrado e Amazônia oriental, de forma geral, observaram-se as piores condições de segurança hídrica para clima futuro (Figura 3.20).

Importante ressaltar que os biomas Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado juntos abrigam, aproximadamente, um total de 170 milhões de habitantes (IBGE, 2010). A Caatinga abriga, de acordo com o Censo de 2010 (IBGE, 2010), aproximadamente 8 milhões de população rural, o Cerrado tem 4,2 milhões e a Amazônia tem 4,5 milhões. No total, somam aproximadamente 16,7 milhões de pessoas em área rural que podem ter sua segurança hídrica reduzida e ser diretamente impactadas pela mudança do clima no Brasil.

Figura 3.20

Mapas com as diferenças entre projeções do ISHmc para cenários de clima futuro e simulações de clima presente em porcentagem.

* Os valores positivos, em cores frias, representam melhora das condições de segurança hídrica enquanto valores negativos, em cores quentes, indicam uma diminuição.

BOX 3.3

Índice de segurança hídrica do Brasil do Plano Nacional de Segurança Hídrica.

Reitera-se que o ISHmc tem uma perspectiva de longo prazo, relacionando-se a aspectos de vulnerabilidade e exposição no contexto da mudança do clima, conforme trazido no item metodologia. Outros índices de segurança hídrica foram elaborados a partir de metodologias distintas para atender a diferentes finalidades, a exemplo daquele produzido no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH).

O Índice de Segurança Hídrica (ISH) foi concebido no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA), em 2019, com o objetivo de estabelecer graus de segurança hídrica em todo o território nacional. O índice foi criado para retratar, com simplicidade e clareza, as diferentes dimensões da segurança hídrica, e incorpora o conceito de risco aos usos da água. A partir de uma métrica objetiva no espaço e no tempo, é passível de atualização e de aplicação sistemática em todo o território nacional.

Os conceitos envolvidos na composição do ISH foram estruturados segundo dimensões (Humana, Econômica, Eossistêmica e de Resiliência), indicadores, variáveis ou atributos. A metodologia inovadora do ISH foi desenvolvida com dados observados advindos de diversos estudos preexistentes da ANA e órgãos afins e aplicada em escala de alto grau de detalhamento (ottobacias). As ottobacias são subdivisões das bacias hidrográficas em áreas menores (da ordem de 5 km²) realizadas de acordo com a metodologia desenvolvida pela ANA com base no método de codificação de cursos de água de Otto Pfafstetter. As quatro dimensões agregadas compõem o ISH, representado na Figura 3.21 a seguir.

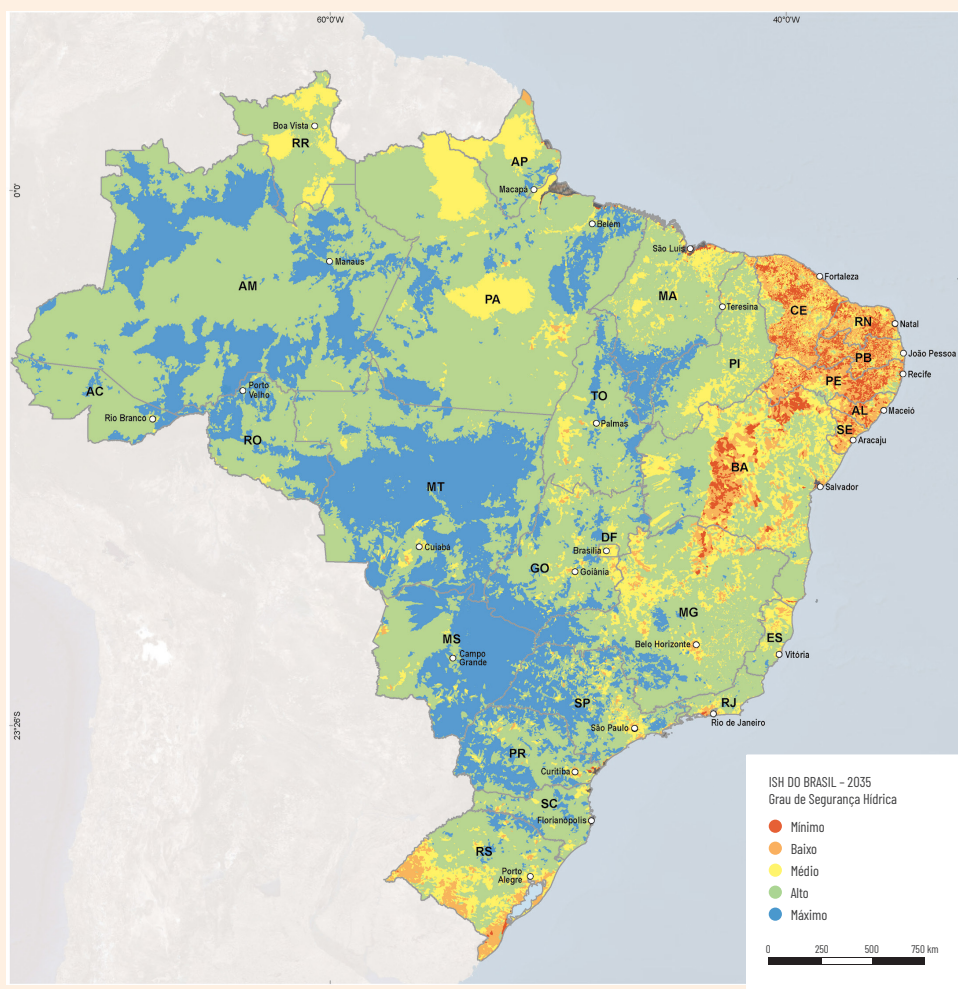


Figura 3.21
Mapa do Grau de Segurança Hídrica projetado para 2035- representado pelo ISH.

Fonte: ANA (2019).

Em 2035 predominam áreas com menor segurança hídrica no Nordeste, com impacto do clima semiárido, caracterizado por disponibilidade hídrica nula em boa parte do tempo (cursos d'água intermitentes) e grande variabilidade pluviométrica inter e intra-anual, com reflexos nos indicadores das dimensões ecossistêmica e de resiliência. Na metade sul do Rio Grande do Sul, a elevada pressão sobre os recursos hídricos disponíveis e o baixo índice de segurança hídrica derivam da histórica ocupação do solo por lavouras de arroz irrigado pelo método de inundação, associada à grande variabilidade pluviométrica. No caso das Regiões Metropolitanas, a baixa segurança hídrica é resultado das demandas expressivas dos grandes aglomerados urbanos, além da má qualidade das águas, poluídas principalmente por esgotos domésticos sem tratamento adequado. Nas regiões com maior segurança hídrica, o resultado do ISH se deve à maior disponibilidade hídrica natural combinada com pequena pressão de demandas, o que se reflete em todas as dimensões. Cabe ressaltar também a importância relativa dos reservatórios, que aportam às suas áreas de influência uma resiliência maior aos eventos extremos de secas, elevando a segurança hídrica dessas regiões.

3.4.3 Principais Resultados na Segurança Hídrica

Os resultados indicam especificidades nos impactos e vulnerabilidades relacionados à segurança hídrica para cada bioma brasileiro, a partir de uma visão integrada das quatro dimensões do ISHmc.

A **Amazônia** possui alta disponibilidade hídrica, mas apresenta baixa avaliação nas demais dimensões do ISHmc. Há déficits de infraestrutura e serviços de saneamento básico, com instrumentos básicos de gestão dos recursos hídricos, planos estaduais e comitês de bacias hidrográficas ainda em estado inicial de elaboração ou ausentes. Também há incipiência de pontos de monitoramento de qualidade de água. Tal contexto revela uma situação de fragilidade da governança regional para conhecer e lidar com os impactos dos eventos extremos de secas e inundações que ocorrem frequentemente. Os cenários de clima futuro indicam redução das vazões e aumento de eventos extremos de secas e cheias. Dessa forma, a região pode se tornar ainda mais vulnerável, considerando as pressões de ordem socioeconômica, tais como o atual déficit de infraestrutura, saneamento básico e pontos de monitoramento, assim como desmatamento, presença de população em situação de pobreza e povos tradicionais.

No **Cerrado**, a relação entre oferta e demanda atualmente é de alerta, uma vez que há regiões com retiradas intensas de água para irrigação. Na dimensão Acessibilidade, a limitada cobertura dos serviços de esgotamento sanitário, em especial ao saneamento rural, e a contaminação de lençol freático foram consideradas as maiores fragilidades no contexto atual. Os cenários futuros indicam redução de vazões e evidenciam que os riscos atuais podem ser amplificados, em função da expansão agrícola baseada na irrigação, associada à falta de saneamento e de controle de qualidade de água e de fontes de poluição difusa, em especial no meio rural, assim como perdas na biodiversidade.

A **Caatinga** apresentou a pior situação para a dimensão Disponibilidade no presente, com muitas regiões nas quais a escassez de água é crítica. Essa situação ocorre, em parte, devido à sua condição natural de déficit hídrico, com sazonalidade de regime de chuvas marcada por longas e severas estiagens que resultam em rios de regimes intermitentes. A outra parte justifica-se pelas intensas retiradas de água pelos grandes centros urbanos e polos de agricultura irrigada. Embora apresente a melhor situação em relação à dimensão Governança, com presença de instrumentos de gestão bem estabelecidos, as crises hídricas têm sido recorrentes na região. Os cenários futuros indicam redução das vazões e aumento de eventos extremos de secas e, considerando as pressões de ordem socioeconômica, tais como o atual déficit de infraestrutura e de saneamento básico, associadas à presença de população em situação de pobreza e de agricultura familiar, a região pode se tornar ainda mais vulnerável em relação à qualidade e à quantidade de água.

A **Mata Atlântica** apresentou melhores condições de segurança hídrica em relação aos outros biomas. No entanto, nos seus grandes centros metropolitanos a exploração de água é considerada crítica. Apesar de apresentar instrumentos de gestão mais sólidos e estabelecidos, as condições de Acessibilidade, Segurança e Qualidade de Água ainda são limitadas e bem abaixo das médias mundiais. Os cenários futuros indicam redução de vazões e aumento de eventos extremos de secas e cheias. Tais eventos colocam o bioma em situação de vulnerabilidade quando associados às pressões socioeconômicas, como desigualdade social; infraestrutura deficiente, em especial de drenagem; ocupações irregulares; altos níveis de produção e consumo. Situações de desabastecimento, aumentos de episódios de enchentes e deslizamentos e de doenças de veiculação hídrica, assim como perdas de safras, podem ser agravados em cenários de mudança do clima.

O **Pantanal**, embora tenha alta disponibilidade hídrica atualmente, encontra-se em situação de alerta, pois há déficits de infraestrutura, serviços de saneamento básico e de monitoramento e controle de qualidade de água. Ademais, os instrumentos básicos de gestão dos recursos hídricos, os planos estaduais e os comitês de bacias hidrográficas, ainda se encontram em estado inicial de elaboração. Isso revela uma situação de fragilidade da governança regional para lidar com os eventos extremos de secas. A limitada condição de acessibilidade aos serviços de esgotamento sanitário, em especial ao saneamento rural, de controle das fontes de poluição difusa e a consequente contaminação de lençol freático foram consideradas as maiores vulnerabilidades no contexto atual. Os cenários futuros indicam aumento de episódios de secas excepcionais que podem causar mudanças consideráveis nos pulsos de inundação, de forma que os riscos atuais poderão ser amplificados e a região poderá se tornar ainda mais vulnerável à poluição difusa, contaminação de água subterrânea e perda de biodiversidade.

O **Pampa** apresentou alta disponibilidade hídrica para o contexto atual, acessibilidade aos serviços de saneamento básico acima da média dos demais biomas e instrumentos de gestão de recursos hídricos bem estabelecidos. No entanto, as pressões socioeconômicas, tais como a demanda crescente de água para produção agropecuária, em especial para a produção de arroz irrigado, indicam fragilidades, associadas também ao controle das fontes de poluição difusa e à contaminação de lençol freático. Os cenários futuros indicam aumento de eventos extremos de secas e cheias e evidenciam que impactos relacionados às alterações na qualidade de água, tais como conflitos pelo uso múltiplo da água e perdas de biodiversidade, podem ser amplificados.

As **Zonas Costeiras** foram apontadas como susceptíveis ao aumento do nível do mar. De acordo com o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2014), essa porção do território vem sendo afetada por erosões e inundações costeiras. Perdas de bens, restrição de serviços, redução de espaços habitáveis, intrusão marinha e perda da biodiversidade e de produção pesqueira são alguns exemplos dos impactos associados. Podem ocorrer também modificações na qualidade da água em função da saturação e da salinização das bacias que deságuam no litoral. As regiões mais afetadas são os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo (ALFREDINI *et al.*, 2013; HARARI; FRANÇA; CAMARGO, 2007; MARENGO *et al.*, 2018c). Cidades importantes podem ser consideradas vulneráveis à elevação do nível do mar, que, junto com tempestades e ventos mais fortes, podem causar danos e prejuízos à população e à economia.

3.5 SEGURANÇA ENERGÉTICA

3.5.1 Contexto

Conceituação

O acesso a fontes de energia modernas permite ganhos em mobilidade, produtividade, maior acesso à informação e à educação, redução da pobreza e maior tempo de lazer, dentre outros benefícios, o que contribui com melhorias na qualidade de vida e com o desenvolvimento sustentável (AIE; BM, 2015; UN, 2016; UN, 2018; LUO; ZHANG, 2012; REDDY, 2015; REDDY *et al.*, 2009).

A segurança energética pode estar associada a aspectos físicos, técnicos e socioeconômicos (ANG *et al.*, 2015; MÅNSSON *et al.*, 2014; WINZER, 2012), conforme apresentado a seguir.

- Físicos: referem-se às dotações energéticas de um país ou região, quantitativamente, qualitativamente e em termos de diversificação (PIMENTEL, 2006; RANJAN; HUGHES, 2014).
- Técnicos: refere-se à robustez do sistema contra interrupções no fornecimento de energia associadas a falhas na infraestrutura (redes de transmissão, oleodutos, usinas de produção de energia, refinarias, etc.) (ANIFOWOSE *et al.*, 2012; SOVACCOOL, 2012).
- Socioeconômicos: a extensão na qual a estrutura econômica depende de serviços específicos de energia para produzir riqueza indica sua vulnerabilidade (JEWELL *et al.*, 2014; REDDY, 2015).

Algumas características da segurança energética não dependem diretamente de condições econômicas, por exemplo a disponibilidade natural de recursos, os impactos de acidentes ou crises climáticas e desastres naturais, particularmente relevantes para os países em desenvolvimento (MOREIRA; ESPARTA, 2006; STADELMANN; CASTRO, 2014; SUZUKI, 2015). As incertezas políticas e institucionais também podem representar riscos relevantes para a

segurança energética em algumas regiões, o que dificulta, por exemplo, o processo de transferência e difusão de tecnologias de energia renovável nos países em desenvolvimento (BOLDT *et al.*, 2012; HASELIP *et al.*, 2011).

Segurança energética será abordada sob o contexto da garantia da oferta de serviços energéticos, com minimização de interrupções, a preço acessível dentro de um sistema e mercado de energia que operem com eficiência, sustentabilidade e que sejam suficientemente flexíveis e preparados para lidarem com as mudanças climáticas, incluindo eventos repentinos e extremos de qualquer natureza ou duração.

Relevância da Segurança Energética para o País e para a Adaptação

FORTE PRESENÇA DE RENOVÁVEIS NA MATRIZ ELÉTRICA DO PAÍS. As fontes renováveis representaram 83,3% da oferta interna de eletricidade no país em 2018. A capacidade instalada de energia hidráulica é de 104.139 MW, correspondente a 66,6% da oferta total (EPE, 2019), com 281 usinas hidrelétricas (UHE), 427 pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e 693 centrais de geração hidrelétricas (CGH) (ANEEL, 2018a).

O crescimento da energia eólica, solar e termelétrica à biomassa vêm contribuindo para que a matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável (EPE, 2017). Apesar de a eólica ainda representar, em 2018, 8% da geração elétrica, o uso dessa fonte tem apresentado um incremento significativo, com capacidade instalada de 14.390 MW, 14,4% a mais que no ano anterior. Posiciona-se, portanto, como a terceira fonte no país, atrás somente da hidráulica e da biomassa (EPE, 2019), e com elevado potencial nas regiões Nordeste e Sul.

Potencial da energia solar. É uma fonte renovável com grande potencial no Brasil, tanto para uso térmico quanto para geração de energia elétrica por via heliotérmica¹³ ou fotovoltaica. A disponibilidade do recurso é maior na região Nordeste, seguida das regiões Centro-Oeste e Sudeste. A energia fotovoltaica pode tanto ser conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN), com capacidade instalada de 1.798 MW em 2018, a maior parte na região Nordeste seguida pela Sudeste; ou ser uma fonte de geração distribuída, com capacidade instalada de micro e minigeração de 526,3 MW (EPE, 2019).

A ALTA RELEVÂNCIA DA BIOENERGIA NO BRASIL. O país é o segundo maior produtor de etanol e biodiesel no mundo, com a produção em larga escala como combustível veicular e com a geração de bioeletricidade para o SIN, a partir do bagaço de cana excedente nas destilarias (USDA, 2018; GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2008; HORTA NOGUEIRA *et al.*, 2013). A maior produção de cana-de-açúcar está situada no centro-sul¹⁴, região que produziu 93% do etanol nacional na média das safras de 2014 a 2018, sendo 49% no estado de São Paulo (UNICA, 2019). A soja, principal matéria-prima do biodiesel fabricado no Brasil, é plantada principalmente nos estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, que representaram 28%, 18% e 16% do montante da produção no Brasil,

¹³ A energia heliotérmica é baseada no processo de uso e acúmulo do calor proveniente dos raios solares com a utilização de concentradores. A energia solar concentrada é produzida com a ajuda de diversos espelhos para aquecer a água, que será transformada em vapor que irá girar uma turbina, para gerar eletricidade.

¹⁴ Regionalização geoeconômica do Brasil, formada pelas regiões Sul, Sudeste (com exceção do norte de Minas Gerais) e Centro-Oeste (com exceção do norte de Mato Grosso)

respectivamente; na média dos anos de 2013 e 2018 (IBGE, 2019). O biodiesel no Brasil é produzido exclusivamente para a demanda interna, considerando o percentual mínimo obrigatório de mistura no diesel para o óleo diesel B¹⁵.

SETORES USUÁRIOS DE ENERGIA PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA. O consumo total de energia primária no Brasil foi de 255,7 Mtep em 2018. Desses, 32,7% corresponderam ao setor de transportes e 31,7% ao uso industrial. O consumo de energia no setor de transporte deve-se principalmente ao óleo diesel (43,6% do total consumido) e à gasolina (25,8% do total consumido), devido ao transporte rodoviário de cargas e passageiros. As fontes renováveis chegaram a 23% do total de energia consumida no setor em 2018 – etanol com 18,8% e biodiesel com 4,4% (EPE, 2019).

Com relação à eletricidade, a oferta total no Brasil em 2018 foi de 636,4 TWh, sendo os setores industrial, residencial e comercial os consumidores predominantes, correspondendo a 37,5%, 25,4% e 16,9%, respectivamente, da demanda de eletricidade nesse ano (EPE, 2019).

O SETOR DE TRANSPORTE DE ENERGIA é composto principalmente pelas redes de transmissão e distribuição de eletricidade do SIN, que suportam cerca de 96% da capacidade de produção de energia elétrica do país ao conectar, por meio de seus quatro subsistemas, as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte (ANEEL, 2005), além de oleodutos e gasodutos.

O SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN) TRAZ VANTAGENS OPERATIVAS E SEGURANÇA. A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias (ONS, 2019). A operação do SIN é centralizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

Com predominância de usinas hidrelétricas no SIN, a gestão operativa do sistema é diretamente dependente do regime pluviométrico das diferentes regiões hidrográficas. Essas regiões, por apresentarem períodos úmidos e de estiagem distintos, acabam por se complementarem, já que a energia gerada em uma região com abundância de água pode ser redirecionada para regiões mais secas em determinado período.

As usinas termelétricas localizadas nas proximidades dos principais centros de carga desempenham papel estratégico para a segurança do SIN. Essas usinas são acionadas (ou despachadas) em função das condições hidrológicas vigentes e permitem a gestão dos estoques de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas para assegurar o atendimento futuro (ONS, 2019), mas geram aumento dos custos de geração em razão dos combustíveis utilizados, além de emissões de GEE.

A MUDANÇA DO CLIMA PODE SER ESPECIALMENTE DESAFIADORA PARA O BRASIL, dada a alta participação de fontes renováveis em sua matriz (ARROYO, 2018; JONG et al., 2019; LUCENA et al., 2018; PAREDES et al., 2017). Algumas características do Sistema Elétrico Brasileiro relacionam-se diretamente com os efeitos da mudança do clima. A dimensão continental do país implica sistemas de transmissão em larga escala e entre regiões, portanto mais susceptíveis a fatores climáticos. A necessidade de compatibilização entre diferentes capacidades de oferta e perfis de demanda pode se agravar em um cenário de variabilidade climática mais intensa. Igualmente, a elevada participação de fontes hidrelétricas torna o sistema dependente da capacidade de regularização dos reservatórios e, portanto, vulnerável a mudanças nos padrões de precipitação. Por fim, o elevado investimento e o tempo de construção de grande parte das obras empreendidas pelo sistema colocam maior peso nas decisões presentes e conferem menor flexibilidade frente a condições futuras.

Com capacidade de geração ainda reduzida no Brasil, a micro e a minigeração distribuída vêm crescendo, tanto em termos de potência instalada, quanto em número de unidades consumidoras que produzem a própria energia.



¹⁵ Lei Federal nº 13.033/2014.

Governança na Segurança Energética

POLÍTICA E PLANOS

A **Política Energética Nacional**, instituída pela Lei nº 9.478/1997, estabelece as diretrizes para administrar e explorar os recursos energéticos (BRASIL, 1997). Dentre as instituições-chave do sistema energético brasileiro, estão a Casa Civil da Presidência da República, o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Ele assessoria a Presidência da República em relação às diretrizes e políticas para o setor energético (SCHAEFFER et al., 2015), enquanto o MME tem como foco a execução de políticas energéticas (BRASIL, 1997). O MME é auxiliado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que oferece suporte ao planejamento energético por meio de estudos e pesquisas.

Dois documentos básicos orientam as decisões do setor: o Plano Decenal de Energia (PDE), que indica projeções da expansão energética em médio prazo e serve de base para os leilões de energia e contratação da expansão ao mercado livre; e o **Plano Nacional de Energia** (PNE 2030), que foca o longo prazo por meio da exposição de tendências para a expansão do sistema energético, projeção da demanda de energia, entre outros objetivos (EPE, 2007).

PROGRAMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

O Brasil tem longa experiência na formulação de políticas públicas ligadas ao setor energético, tais como o **Programa Nacional do Alcool** (Proálcool), que promoveu o álcool etílico, de produção nacional, como combustível veicular em substituição à gasolina importada (GOLDEMBERG; COELHO; GUARDABASSI, 2008) e o **Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel** (PNPB), que forçou a entrada do biodiesel na matriz energética do país por meio de percentuais mínimos de mistura com óleo diesel – Lei nº 11.097/2005 (MME, 2018).

As políticas para a geração elétrica em larga escala tiveram início na década de 1960, período em que foram construídas grandes usinas hidrelétricas com reservatórios, que correspondem a grande parte da capacidade instalada no Brasil e são a base do SIN (SCHAEFFER et al., 2015).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), voltado para fontes renováveis, teve como objetivo, na primeira fase (2004-2008), implementar 3,3 GW de capacidade de geração das fontes eólica, solar e biomassa. Em sua segunda fase, pretende alcançar 10% de energias alternativas na matriz elétrica nacional até 2026, porém as metas foram substituídas pelo sistema de leilões de energias alternativas após a reforma do setor elétrico, ocorrida em 2003 (SCHAEFFER et al., 2015).

O sistema de contratação de energia por meio de leilões segue o critério de menor tarifa. Houve três leilões exclusivos para contratação de fontes alternativas de energia (PCHs, biomassa e eólica) em 2007, 2010 e 2015. Nos dois primeiros, a maioria da energia contratada foi proveniente de usinas eólicas, já em 2015 usinas termelétricas à biomassa existentes representaram a maior parte (SCHAEFFER *et al.*, 2015; CCEE, 2015).

Recentemente, foram lançadas as diretrizes do **programa RenovaBio**, que propõe a criação de uma política nacional de biocombustíveis com o objetivo de promover sua expansão e, desta forma, assegurar a previsibilidade para o mercado de biocombustíveis, assim como contribuir com reduções na emissão de gases de efeito estufa (BRASIL, 2017).

3.5.2 Impactos e Vulnerabilidades da Segurança Energética

Cadeia de Impactos

O setor energético é altamente suscetível a impactos advindos de alterações no clima, a eventos extremos e a aspectos socioeconômicos, tanto no lado da oferta (nas etapas da cadeia energética, energia primária, produção e transformação) quanto no lado do transporte e da demanda (ARNELL *et al.*, 2005; BULL *et al.*, 2007; SCHAEFFER *et al.*, 2008; LUCENA *et al.*, 2010; LUCENA *et al.* 2018; SCHAEFFER *et al.*, 2012).

VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS NA CADEIA. A segurança energética pode ser afetada por fatores que alteram as interações nas cadeias energéticas, que podem ser climáticos ou não climáticos.

- **CLIMÁTICOS:** a exposição de um sistema energético aos impactos de mudanças e variações climáticas depende de sua configuração, ou seja, do conjunto de recursos utilizados e opções tecnológicas e da magnitude da variação dos elementos do clima (LUCENA *et al.*, 2008).
- **NÃO CLIMÁTICOS:** fatores de pressão socioeconômicos e tecnológicos podem afetar a configuração da matriz energética, com efeito na vulnerabilidade e exposição do sistema energético. Esses fatores também podem afetar o acesso a fontes de energia e a prestação de serviços energéticos, o que coloca em situação de risco o desenvolvimento e a melhora da qualidade de vida da população (LUO; ZHANG, 2012; REDDY, 2015; REDDY *et al.*, 2009).

Fatores socioeconômicos influem também na variação da demanda da energia em razão do crescimento da população; da variação do PIB e das atividades econômicas; e do padrão de consumo e comportamental das pessoas. Além disso, a demanda de energia depende da eficiência energética de cada tipo de tecnologia utilizada nos diferentes setores econômicos (indústria, agropecuária, mineração, entre outros).

Alterações no regime de vazões ou de sazonalidade das chuvas geram riscos ao SISTEMA HIDRELÉTRICO, que depende em grande medida da capacidade de armazenamento de água nos reservatórios das usinas (SCHAEFFER *et al.*, 2012). Entretanto, devido a fatores ambientais e outras necessidades de uso da água, há uma tendência a que o aproveitamento do potencial hidrelétrico remanescente seja cada vez mais baseado em usinas a fio d'água, com pequenos reservatórios, o que reduz a capacidade do sistema de compensar as variações climáticas, tornando-o mais vulnerável.

Ademais, como os reservatórios de usinas hidrelétricas podem prover outros serviços de natureza não energética, como controle de cheias e armazenamento para períodos de seca, a diminuição da vazão natural afluente e a consequente redução do nível dos reservatórios afetam tanto a geração hidrelétrica quanto os múltiplos usos dessa fonte hídrica. Novas instalações de usinas hidrelétricas com reservatórios, por sua vez, podem alterar de forma importante a disponibilidade de água a jusante das barragens, além de impactar outros usuários consuntivos da água e provocar mudanças no uso da terra.

Mix de fontes. A diversidade da matriz elétrica no SIN possibilita a compensação de impactos climáticos na geração elétrica entre diferentes fontes. Segundo o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), essa compensação dota o sistema elétrico de uma capacidade intrínseca de adaptação, a assim chamada Capacidade Adaptativa (BRASIL, 2016b). No entanto, deve-se considerar a possível variação nos custos de geração e as emissões de GEE.

O regime de ventos define o potencial de GERAÇÃO EÓLICA (LUCENA *et al.*, 2009). A velocidade do vento varia significativamente com a altura, tipo de cobertura do solo e vegetação. A mudança do clima pode trazer impactos sobre o potencial eólico, uma vez que mudanças na variabilidade horária, diária ou sazonal natural de velocidade do vento têm impacto significativo na energia produzida a partir de turbinas eólicas (SCHAEFFER *et al.*, 2012).

A presença de nuvens e a variação de temperatura têm impacto sobre a quantidade de irradiação solar disponível para a GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E HELIOTÉRMICA (BULL *et al.*, 2007). Um aumento de temperatura e umidade do ar e de nebulosidade reduz a eficiência dos painéis solares para produção de energia.

Oportunidades. O aumento da disponibilidade de energia solar para geração fotovoltaica nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia pode beneficiar o acesso à energia em áreas remotas. Além disso, influi na geração de emprego e renda e na capacitação tecnológica.

O aumento na frequência de eventos climáticos extremos impacta tanto a produção quanto a colheita das **culturas energéticas**. Dentre os fatores climáticos incluem-se as ondas de calor, a intensificação de veranicos (períodos com baixa umidade do ar e altas temperaturas fora de estação), os eventos extremos.

IMPACTOS DIRETOS NA INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA. A infraestrutura das instalações de produção energética (usinas termelétricas, plantas de refino de petróleo, destilarias, etc.) e os sistemas de transporte (linhas de transmissão, gasodutos, entre outros) e de distribuição de eletricidade poderão ser impactados pela ocorrência de deslizamentos, enchentes, ciclones, incêndios florestais e aumento de temperaturas, com danos aos ativos da rede, apagões e necessidade de maior investimento em manutenção e reparo; além de possíveis falhas em transformadores de energia elétrica (SCHAEFFER *et al.*, 2012; IPCC, 2014; ANEEL, 2018d).

IMPACTOS NA DEMANDA POR ENERGIA. A demanda energética pode ser afetada pela mudança do clima. Temperaturas do ar mais altas implicam maior demanda por resfriamento (conforto térmico). Além disso, a variação da temperatura pode influenciar o setor de transportes ao alterar o desempenho de motores a combustão. A variação de temperaturas e precipitação podem gerar estresse hídrico e influenciar outros setores, tais como da agropecuária, devido à maior demanda de energia elétrica para o bombeamento na irrigação. E ainda o setor energético e industrial pode requerer maior retirada de água e de eletricidade para processos como resfriamento (SCHAEFFER *et al.*, 2012).

A possível variação da temperatura do ar nos próximos anos poderá influenciar o equilíbrio dos padrões de demanda de energia para aquecimento e resfriamento em diferentes setores, tais como edifícios residenciais, comerciais, de serviços e públicos, transporte e indústrias (IEA, 2019). Esses efeitos físicos têm implicações diretas para a confiabilidade do fornecimento de energia, além de aumentar custos e impactos ambientais. De acordo com IEA (2019), a tendência para os próximos anos é que o crescimento contínuo da população, o desenvolvimento das economias emergentes e a mudança do clima levem a maior demanda por aquecimento e resfriamento de ambientes.

IMPLICAÇÕES DA NECESSIDADE DE MAIOR OFERTA. Nos biomas Cerrado e Mata Atlântica está concentrada a maior demanda de energia decorrente da densidade populacional e do setor industrial. Assim, esses biomas seriam os mais vulneráveis em caso de flutuações na oferta de energia. Um aumento de demanda devido às mudanças climáticas (ex. temperatura) e outros fatores podem implicar aumento na geração de energia elétrica, emissões de poluentes e de custos da geração.

IMPACTOS ECONÔMICOS. Outros possíveis impactos são o aumento de custos na geração de eletricidade, devido aos investimentos para instalação de novas usinas elétricas (de outras fontes energéticas) e novas redes de transmissão e distribuição, que por sua vez afetam a população e todos os setores econômicos pelo aumento do preço final da eletricidade.

Avaliação de Impactos-chave

De acordo com a cadeia de impactos no sistema energético brasileiro, foram avaliados os seguintes “impactos-chave”:

- Alteração na oferta de geração hidrelétrica e impacto na matriz elétrica;
- Alteração na disponibilidade dos recursos de energia eólica e solar;
- Efeitos na complementaridade de fontes para geração elétrica com fontes renováveis (recursos hídrico, solar e eólico);
- Alteração na oferta de biocombustíveis; e
- Alteração da demanda de energia do ponto de vista da manutenção do conforto térmico diante do aumento de temperatura.

Fontes fósseis não foram avaliadas em detalhe por três motivos: a vulnerabilidade dessas fontes aos impactos climáticos é menor (SCHAEFFER *et al.*, 2012); a participação de fontes renováveis no mix energético brasileiro é muito alta; a avaliação foi realizada sob a premissa de cumprimento das metas propostas pela NDC brasileira, em que a participação de fontes renováveis deverá se manter.

ALTERAÇÃO NA OFERTA DE GERAÇÃO HIDRELÉTRICA E SEU IMPACTO NA MATRIZ ELÉTRICA

Abordagem Metodológica

PROJEÇÃO DE VAZÕES AFLUENTES DAS UHE. Para avaliação da alteração na oferta de energia hidrelétrica utilizaram-se resultados da variação do escoamento superficial, processados por Ribeiro *et al.* (2016) nos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, e cenários de aquecimento SWL2 e SWL4, comparados a um cenário-base.

SIMULAÇÃO DA VARIAÇÃO DA GERAÇÃO HIDRELÉTRICA (ENERGIA NATURAL AFLUENTE). As vazões afluentes já ajustadas foram utilizadas como dados de entrada do **Modelo Computacional de Decisão de Investimentos (MDI)**, com o objetivo de simular o atendimento da demanda de energia para determinado período a um custo mínimo de expansão, considerando restrições técnicas e econômicas. Essa modelagem é utilizada para prever a variação da geração hidrelétrica no SIN, representada em Energia Natural Aflente (ENA) (MWmed), em cenários de mudanças climáticas.

AValiação DO NOVO MIX DE GERAÇÃO ELÉTRICA. A variação da ENA no MDI leva a um novo mix da capacidade instalada na expansão de oferta elétrica. Dessa maneira, é possível avaliar como os impactos da mudança do clima na geração hidrelétrica, que representou 65% da geração elétrica do SIN em 2018 (ONS, 2019), podem influenciar

O custo de expansão é composto pelo custo de investimento somado ao custo de operação e manutenção. É utilizado no Plano Decenal de Energia da Empresa de Pesquisa Energética e utilizado no PDE 2026 e PDE 2027 (EPE, 2017; 2018).

na expansão da matriz elétrica, na variação do custo do sistema elétrico e nas emissões de GEE em cada cenário proposto¹⁶. As premissas e restrições assumidas na modelagem seguem o **PDE 2026** (EPE, 2017), considerado **Cenário de Expansão de Referência** (REF), com algumas considerações particulares¹⁷.

Resultados para Energia Natural Afluente (ENA)

Os resultados da ENA no **cenário de Expansão de Referência (REF)** (retirado do PDE 2026) indicam que o subsistema Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO) tem a maior quantidade de energia (43%), seguido pelo subsistema Sul (S) (28%), Norte (N) (17%) e Nordeste (NE) (12%). Dessa maneira, possíveis impactos climáticos, principalmente no subsistema SE/CO, poderiam influenciar na transferência de geração hidrelétrica para outros subsistemas, ou gerar uma nova distribuição do mix de fontes de geração elétrica.

DIMINUIÇÃO DA CAPACIDADE EM TODOS OS CENÁRIOS. As análises do SIN como um todo mostram que, a partir da ENA, há uma diminuição da capacidade de geração hidrelétrica para todos os cenários de SWL comparada com o cenário REF. Pelo modelo Eta-HadGEM2-ES, o impacto é mais significativo, com uma redução que varia entre 27% e 41%. Já o modelo Eta-MIROC5 apresenta uma redução no potencial de geração hidrelétrica entre 6% e 10%. A Figura 3.22 mostra a distribuição dos impactos na ENA em cada subsistema interligado.

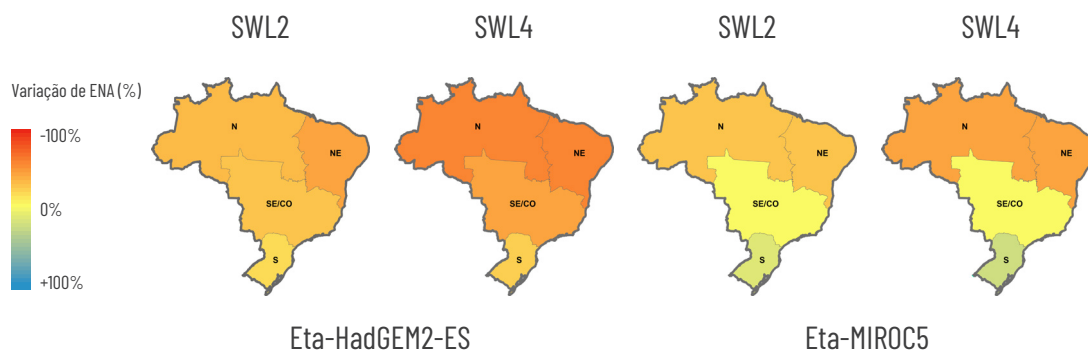


Figura 3.22
Variação da Energia Natural Afluente de cada cenário de aquecimento, em relação ao Cenário de Referência.

¹⁶ O plano de expansão ideal considera o custo, a localização, a geração sazonal, a confiabilidade de cada fonte energética e os projetos de novas usinas.

¹⁷ (i) A expansão de biomassa de cana-de-açúcar está limitada a no máximo 500 MW/ano, a partir de 2021, e de biomassa florestal a 100 MW/ano a partir de 2023, devido às limitações impostas pela oferta de matéria-prima; (ii) não existe restrição na expansão das usinas eólica e solar, como ocorre no PDE; (iii) a contribuição de potência dos projetos hidroelétricos é estimada a partir das ENAs calculadas neste estudo; (iv) novas usinas termoeletricas a carvão mineral só podem ser instaladas a partir de 2029, conforme MME/EPE (2017); (v) Indicação de uma expansão uniforme (cujo montante foi otimizado pelo MDI) de oferta eólica entre as regiões Nordeste e Sul a partir de 2021, sendo 80% alocados no Nordeste e 20% na região Sul (MME/EPE 2017).

Resultados para Alterações no Mix de Fontes de Geração Elétrica

A matriz elétrica no cenário REF (com base nas perspectivas de expansão do PDE 2026, conforme citado acima) tem a capacidade instalada distribuída entre 46% hidrelétrica, 17% eólica, 12% gás natural, 9% biomassa, 8% carvão mineral, 5% solar, 3% derivados de petróleo e 1% nuclear. A capacidade total adicional a ser contratada no Cenário REF é de aproximadamente 94 GW, dos quais cerca de 30% são provenientes da fonte eólica, 17,7% carvão mineral, 17,3% gás natural, 12,6% biomassa, 12% representam a expansão hidrelétrica e 10,7% solar.

Os cenários de aquecimento influenciam na expansão da geração hidrelétrica, e com isso em todo o mix de fontes de geração elétrica. A Figura 3.23 mostra a distribuição total da matriz elétrica (em termos de capacidade instalada) no cenário REF e em cada cenário de aquecimento simulado com o apoio de modelos climáticos.

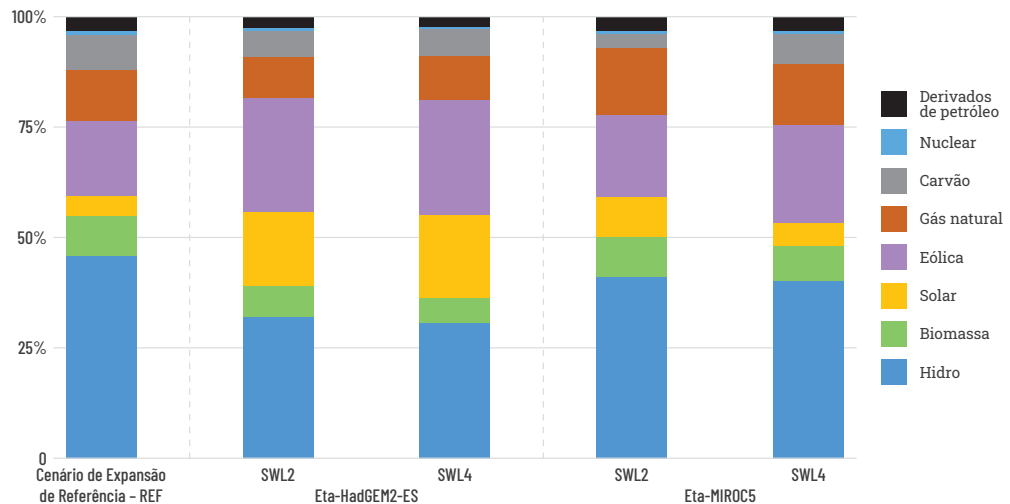


Figura 3.23

Expansão da matriz elétrica brasileira no cenário de expansão de referência (REF) e nos SWL2 e SWL4 para os modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5.

Varição dos Custos e Emissões de GEE no Novo Mix Projetado

O aumento da capacidade instalada das diferentes fontes energéticas nos cenários de aquecimento gera um aumento do custo marginal de expansão (Figura 3.24). Esses custos estão diretamente vinculados à ENA, uma vez que o modelo opta por alternativas mais caras que a hidrelétrica para compensar a perda energética. Assim, no

SWL4, em que a ENA sofreu maior redução, os custos são mais elevados. Além disso, o aumento na participação de energias renováveis nos cenários do modelo Eta-HadGEM2-ES se deve ao elevado custo marginal de energia, que passa a permitir que o modelo opte por essas fontes.

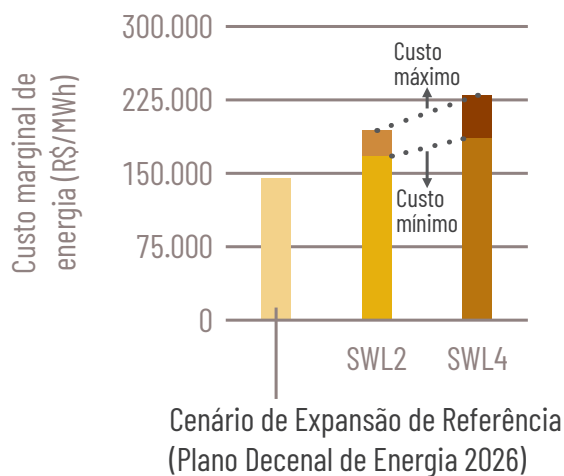


Figura 3.24
Custo marginal de energia no cenário REF e nos SWLs para os modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5.

No SWL2, apesar de os cenários apresentarem maior participação, em termos de capacidade instalada de outras fontes renováveis em substituição à fonte hídrica, a geração de energia elétrica com base em usinas termelétricas a gás natural aumenta. Ou seja, há maior despacho na geração de usinas termelétricas (considerando tanto usinas preexistentes como novas infraestruturas). Por outro lado, no SWL4, o modelo sinaliza o esgotamento de alternativas mais baratas de geração, passando a viabilizar mais investimentos nas fontes eólica e solar.

Em relação às emissões de GEE, nos cenários SWL2, apesar de apresentarem participação de outras fontes renováveis em substituição à fonte hídrica, as emissões estimadas são maiores do que no cenário REF, devido à maior proporção de despacho de usinas termelétricas (UTEs) a gás natural. Enquanto, nos cenários mais impactados pela mudança do clima (SWL4), a entrada expressiva de energia renovável intermitente (para compensar a perda hídrica) leva a uma redução das emissões de GEE (de até 12%).

ALTERAÇÃO NA DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E EÓLICA ON-SHORE

Abordagem Metodológica

Para análise do impacto sobre a disponibilidade do **recurso solar para geração fotovoltaica**, avaliou-se a variável de radiação de **Onda Curta Incidente à Superfície (OCIS)**. No caso da **energia eólica**, a análise foi realizada por meio da densidade de potência do vento à altura de 100m, aqui chamada de **densidade de potência eólica** (função do cubo da velocidade do vento).

Esses resultados foram processados a partir dos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 e os cenários SWL2 e SWL4. A análise baseou-se na variação absoluta da disponibilidade do recurso energético através das médias anuais.

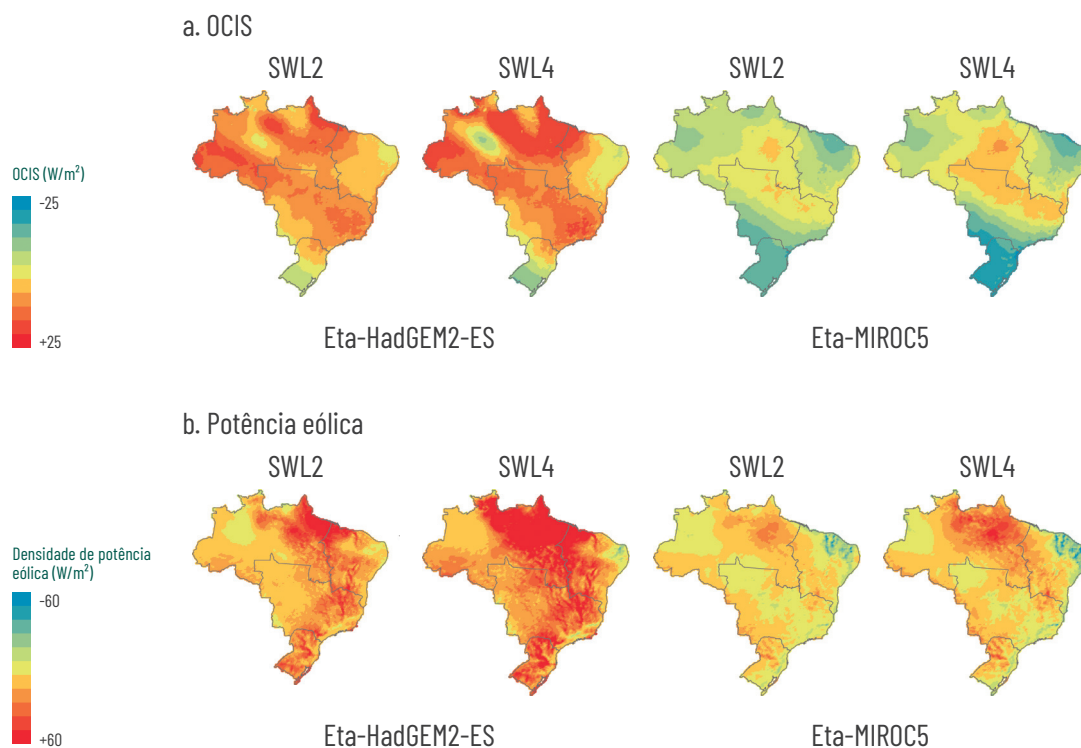
Resultados para Geração Fotovoltaica e para Geração Eólica

Com relação à geração fotovoltaica, constata-se que o modelo Eta-MIROC5 simula maior radiação OCIS (222 até 329 W/m^2) do que o Eta-HADGEM2-ES (209 até 325 W/m^2) no período de referência, mas o Eta-HADGEM2-ES indica aumentos mais expressivos em cenários futuros. Quanto à densidade do potencial eólico, verifica-se um aumento na disponibilidade do recurso para ambos os modelos climáticos. A Figura 3.25 mostra a espacialização dos resultados obtidos.

Figura 3.25

Resultados da variação absoluta anual da OCIS (a) e densidade de potência eólica (b) entre os SWL2 e SWL4 e o cenário-base.

* Os mapas têm escala espacial de grade e apresentam a delimitação dos subsistemas do SIN.



Cabe indicar que algumas áreas nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (bioma Caatinga) apresentam uma pequena diminuição da disponibilidade do recurso eólico em ambos os cenários do modelo Eta-MIROC5 e no cenário SWL4 do modelo Eta-HadGEM2-ES. Nesses estados, a capacidade instalada representa aproximadamente 54% do total instalado no país.

EFEITOS NA COMPLEMENTARIDADE PARA GERAÇÃO ELÉTRICA ENTRE FONTES RENOVÁVEIS (RECURSOS HÍDRICOS, SOLAR E EÓLICO)

Metodologia de Análise

As mudanças climáticas podem mudar negativamente ou intensificar o grau de complementaridade¹⁸ entre diferentes fontes de geração, em diferentes regiões/subsistemas. Com base nos modelos climáticos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 para os cenários SWL2 e SWL4, foram avaliadas três relações de complementaridade, entre: as fontes hídricas (hidro-hidro); fonte eólica e hídrica (hidro-eólica); e solar e hídrica (hidro-solar).

A partir das variáveis **vazões naturais afluentes, radiação solar de onda curta incidente à superfície (OCIS) e densidade do potencial eólico**, foram verificadas as correlações entre um conjunto de *hotspots* – ou seja, pontos de interesse – para cada fonte energética, considerando uma escala espacial de biomas e uma escala temporal mensal (a seleção dos *hotspots* de energia hidráulica considerou a sua capacidade instalada e resultados de correlação fortes. No caso da disponibilidade dos recursos solar e eólico, aplicou-se um raio de 50 km para definição dos *hotspots*).

CORRELAÇÃO ENTRE HOTSPOTS. A correlação positiva entre os *hotspots* significa que eles apresentam disponibilidade dos recursos energéticos em períodos similares e, por esse motivo, serão identificados neste trabalho como *hotspots* que não se complementam em termos energéticos. Em contrapartida, correlações negativas são identificadas como *hotspots* complementares.

Foram identificados 19 *hotspots* de energia hidrelétrica, 15 do recurso solar e 9 da energia eólica. A Amazônia, apesar de não ser o bioma com o maior aproveitamento hidrelétrico do país, é a área que concentra a maioria dos *hotspots* (oito) de energia hidráulica, devido ao maior número de bacias hidrográficas e maior distinção entre o comportamento das vazões naturais afluentes das hidrelétricas.

Resultados

Os biomas Amazônia e Cerrado apresentam forte complementaridade entre as fontes hídricas em relação à região sul da Mata Atlântica. Com o aumento do nível de aquecimento, as relações de complementaridade aumentam de intensidade entre os biomas Amazônia e Mata Atlântica, entretanto o inverso ocorre em relação aos biomas Cerrado e Mata Atlântica.

Em relação à complementaridade hidro-eólica, o resultado mais significativo refere-se à relação encontrada entre o *hotspots* de energia hidrelétrica na Caatinga, localizado na bacia do rio São Francisco, e os *hotspots* de energia eólica também localizados na Caatinga, na Mata Atlântica e no Cerrado. A relação de complementaridade

¹⁸ Complementaridade é a capacidade de fontes energéticas gerarem energia elétrica em períodos e/ou regiões diferentes, de forma a compensar os momentos de baixa produção de energia das demais fontes presentes no sistema.

entre essas regiões é forte e não se altera significativamente com o aumento do nível de aquecimento nos dois modelos climáticos.

Por fim, a intensidade das relações de complementaridade hidro-solar obtidas nos modelos climáticos divergiu. No modelo Eta-MIROC5 os resultados obtidos foram mais fortes na relação entre os *hotspots* de hidrelétricas encontradas na Amazônia e os de solar do mesmo bioma e na Caatinga. Em contrapartida, as relações de complementaridade entre essas duas fontes não foram significativas no modelo Eta-HADGEM2-ES.

ALTERAÇÃO NA OFERTA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

Abordagem Metodológica

Para a análise qualitativa do impacto das mudanças climáticas na produção de biodiesel e etanol foi realizada uma revisão de estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para a cultura da soja (ASSAD *et al.*, 2016) e para cana-de-açúcar (ZULLO *et al.*, 2018), avaliando-se como a variação da disponibilidade do recurso agrícola poderia afetar a produção do biocombustível.

Os ZARCs da soja e cana-de-açúcar referentes a cada estudo (cenário-base e SWLs) foram superpostos com as áreas de delimitação de biomas, juntamente com a localização das usinas existentes de biodiesel e etanol (EPE, 2019).

Assad *et al.* (2016) realizaram simulações sobre a possível variação do ZARC da soja, considerando diversos fatores que afetam a produtividade, dados de chuva e temperatura do modelo Eta-HadGEM2-ES (RCP 8.5), para o cenário-base (1961-1990), e SWL1,5, SWL2 e SWL4.

Na análise sobre a cana-de-açúcar realizada por Zullo *et al.* (2018), considerou-se um cenário de referência (1976-2005) e um cenário projetado (2021-2050), com base nos resultados dos modelos HadGEM2-ES e MIROC5 no RCP8.5. A modelagem de ZARC considerou seis níveis de risco climático (agrupados em três níveis de risco: baixo, médio e alto), a partir de diferentes parâmetros de temperatura média anual e de déficit hídrico, que influenciarão no processo de germinação e produção da cana-de-açúcar.

Resultados para Produção de Biodiesel (Soja)

As projeções mostram uma tendência no aumento de áreas de alto risco para a cultura de SOJA em todos os biomas, com a exceção do Pampa, que contém áreas com alto risco já no cenário-base (Figura 3.26).

O bioma **Cerrado** indica uma área de baixo risco para cultura de soja de 92% de ocupação no cenário-base, porém se projeta uma redução das áreas aptas com o aumento do nível de aquecimento: 41% de áreas aptas para

o cenário SWL1,5; 37% para o cenário SWL2; e 10% para o cenário SWL4. O bioma **Mata Atlântica** apresenta uma ocupação de 48% de áreas de baixo risco climático no cenário-base, com uma projeção de redução mais intensa dessa área quanto maior o nível de aquecimento: 5% para o cenário SWL1,5; 2% para o cenário SWL2; e nenhuma área apta para o cenário SWL4. No **Cerrado** e na **Mata Atlântica** estão localizadas aproximadamente 84% das usinas de biodiesel em operação, por isso há probabilidade de alto impacto na oferta da principal matéria-prima empregada atualmente na produção do biocombustível. A consideração de novas usinas em **outros biomas**, como na Caatinga, é limitada devido ao alto risco climático para soja na maior parte desse bioma.

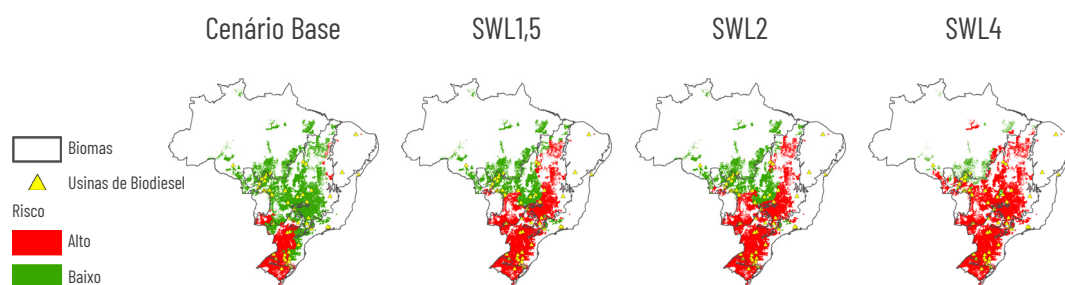


Figura 3.26 Distribuição das usinas de biodiesel por bioma e zoneamento de risco climático para cultura de soja. Modelo Eta-HadGEM2-ES e RCP 8.5.

Fonte: Elaboração própria com base em Assad *et al.* (2016); IBGE (2004); EPE (2019).

Resultados para Produção de Etanol (Cana-de-açúcar)

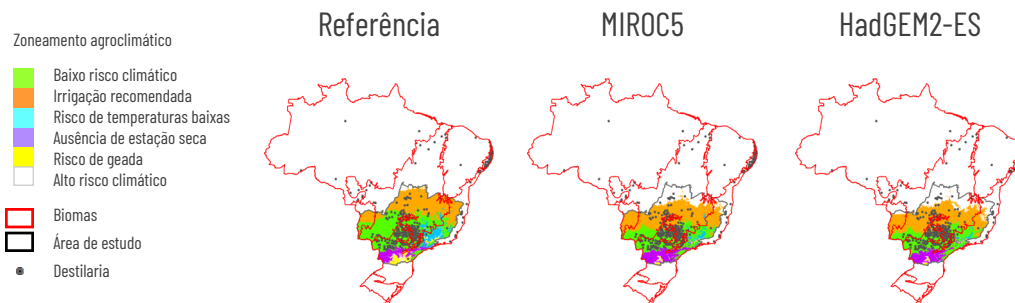
Na área de estudo de zoneamento agroclimático de Zullo *et al.* (2018) encontram-se 288 usinas, distribuídas entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, que representam 76% do total de usinas no país. Os resultados mostram que para o horizonte de 2020-2050 as áreas de baixo risco climático podem ser reduzidas de 46% (cenário de Referência) para 31% e 28%, nos modelos MIROC-5 e HadGEM2-ES, respectivamente. Além disso, projeta-se um aumento de ocupação de área com um risco médio, o que significa que o cultivo de cana-de-açúcar nessa zona dependerá de irrigação.

Assim, a vulnerabilidade da cana-de-açúcar não dependerá apenas das condições climáticas, mas também da competição pelo uso de água com outros usuários. Os resultados mostram um aumento de ocupação de área com alto risco para a lavoura da cana-de-açúcar, passando de 18% de ocupação da área de estudo no cenário de referência para 30% e 27% de ocupação projetadas pelo HadGEM2-ES e MIROC-5, respectivamente (Figura 3.27).

Figura 3.27

Mapas com as variações de zoneamento agroclimático da cana-de-açúcar para os modelos HadGEM2-ES e MIROC-5 e RCP 8.5 (período 2020-2050).

Fonte: Zullo *et al.* (2018); IBGE (2004); EPE (2019).



ALTERAÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA PARA CONFORTO TÉRMICO

Abordagem Metodológica

Para avaliar a alteração da demanda de energia do ponto de vista da manutenção do conforto térmico diante do aumento de temperatura, considerou-se um aumento no uso de aparelhos para resfriamento residencial (como condicionadores de ar). Adotou-se uma metodologia de avaliação indicativa da necessidade de resfriamento, por meio do **indicador de Graus-Dias de Resfriamento - GDR** (*cooling degree days*, em inglês), entendido como o número de dias em que a temperatura do ar exterior supera a temperatura de conforto (em que não há necessidade de resfriamento), o qual pode ser relacionado com a variação da demanda de energia. Para esta avaliação foram selecionadas as cidades brasileiras com população maior que 250.000 habitantes, totalizando 101 cidades.

Obtém-se os GDR por meio do somatório anual do número de dias em que a temperatura média diária supera a temperatura de conforto-padrão (assumido em 19 °C, segundo Atalla *et al.* (2018)).

Resultados

Os valores de GDR encontrados nos SWL2 e SWL4 para as cidades analisadas são dispostos em conjunto com a sua população (Figura 3.28), uma vez que o aumento na necessidade de resfriamento pode se traduzir em uma demanda energética maior ou menor em função do número de habitantes das cidades¹⁹.

¹⁹ Cabe indicar que a quantidade de habitantes considerada em cada cidade é estática, não sendo considerada uma projeção do crescimento demográfico no tempo.

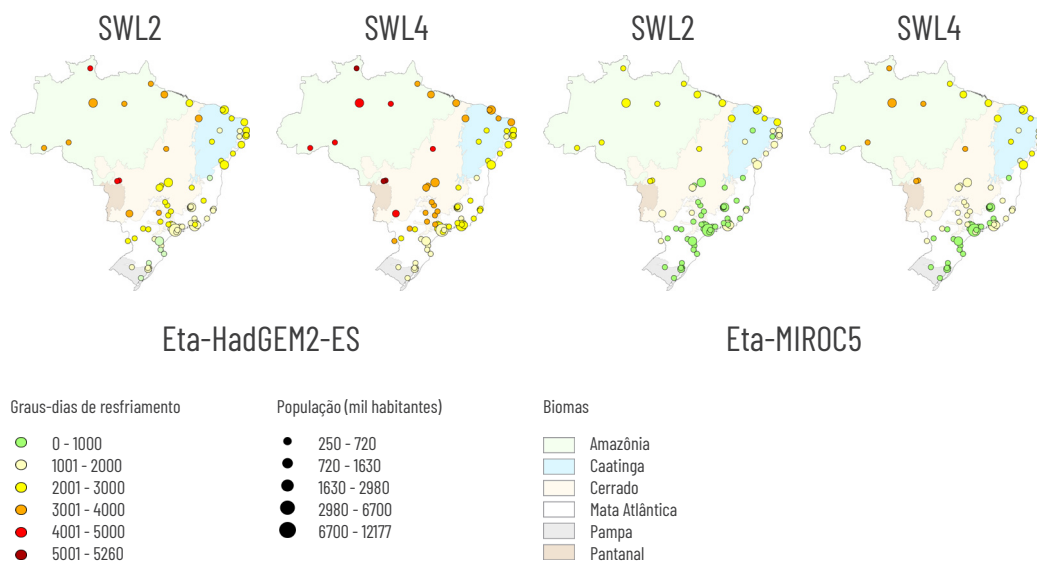


Figura 3.28
Resultados dos GDRs para os modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5, para os SWL2 e SWL4.

Os resultados do modelo Eta-HadGEM2-ES apresentaram valores de GDR maiores do que os encontrados para o Eta-MIROC5, em virtude de sua tendência em projetar temperaturas maiores em todos os níveis de aquecimento. Entretanto, observa-se para os dois modelos a tendência de aumento de necessidade de resfriamento conforme o nível de aquecimento se eleva.

Os maiores valores de GDR estão na faixa entre 5.260 e 3.864 e os menores entre 46 e 700. Esses valores são comparáveis com a pesquisa realizada por Sivak (2009), que achou um valor máximo de GDR de 3.954 na cidade de Madras (Índia) e um valor mínimo de 805 na cidade de Madrid (Espanha). Os biomas Amazônia, Pantanal e parte do Cerrado apresentaram os maiores valores para GDR. A Mata Atlântica, apesar de não representar os maiores resultados, é o bioma no qual se encontra a maioria da população brasileira e, portanto, a demanda energética para atendê-los pode representar parte significativa do aumento esperado para resfriamento.

3.5.3 Principais Resultados na Segurança Energética

A **VARIAÇÃO DO POTENCIAL HIDRELÉTRICO** deve-se a mudanças da vazão natural afluyente que alteram a energia natural afluyente (ENA) das usinas hidrelétricas (UHE)²⁰. Os resultados indicam uma diminuição da ENA nos subsistemas Nordeste (bioma Caatinga), Norte (bioma Amazônia) e Sudeste/Centro-Oeste (biomas Mata Atlântica e Cerrado). Os que apresentam maior redução da ENA são os subsistemas Norte e Nordeste, que juntos representam 29% da ENA no Cenário de Expansão de Referência (REF) (PDE 2026).

²⁰ Observaram-se tanto UHE com reservatórios quanto a fio d'água.

Essas regiões, principalmente a Norte, são responsáveis pelo intercâmbio de energia elétrica para as regiões Sul e Sudeste/Centro-Oeste em determinados períodos do ano. Além disso, a diminuição da vazão natural afluenta reduz o nível dos reservatórios, o que afeta diretamente a geração hidrelétrica, os multiusuários de água e outros serviços, assim como o de armazenamento de água para períodos de seca.

ALTERAÇÕES NA MATRIZ ELÉTRICA. Nos cenários projetados de redução na geração hidrelétrica, o mix de participação de fontes energéticas no sistema elétrico se altera com o aumento da participação de termelétricas a combustíveis fósseis (gás natural) e biomassa no despacho de energia, e da entrada de capacidade instalada de fontes renováveis, o que pode impactar o custo médio da energia, as emissões de poluentes atmosféricos e de GEE. A mesma tendência ocorre para a EXPANSÃO DA MATRIZ ELÉTRICA, já necessária para garantir o atendimento à demanda futura de energia, o que indica a necessidade de inclusão de novas infraestruturas e tecnologias, renováveis ou não, que podem aumentar os custos de investimento e o custo médio de expansão e, conseqüentemente, causar um incremento do preço final da eletricidade.

Simulações indicam que a participação das usinas hidrelétricas na expansão elétrica deve diminuir. Um dos fatores é a redução da ENA, o que torna as UHE menos viáveis do que outras fontes. Outro fator é a sazonalidade, já que uma usina pode não ser priorizada na modelagem, mesmo tendo um custo menor, devido a sua incapacidade de atendimento da demanda energética em períodos de menor oferta de outras fontes. O investimento em pequenas usinas hidrelétricas descentralizadas, como alternativa energética, também poderia ser impactado pela baixa vazão natural afluenta.

NECESSIDADE DE EXPANSÃO E ENTRADA DE RENOVÁVEIS. Os resultados de expansão indicam a necessidade de 80% a 90% a mais de capacidade instalada, em relação aos resultados do cenário-base, para atender à demanda de energia projetada. Essa projeção implica inserção das fontes de energia eólica e solar como alternativa à queda da hidroeletricidade, que possuem um fator de capacidade baixo em relação a outras fontes de energia.

O cenário de expansão de Referência já indica a participação de 31% de fontes de energia renováveis não hidro na matriz elétrica. Os cenários dos modelos Eta-HadGEM2-ES e Eta-MIROC5 consideram uma participação aproximada entre 35% e 50% dessas fontes.

OPORTUNIDADES COM SOLAR. Para a energia solar poderá haver a manutenção ou o aumento da disponibilidade do recurso para geração fotovoltaica nos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Amazônia (subsistemas Norte e Sudeste/Centro-Oeste), com a mudança do clima beneficiando a penetração de usinas fotovoltaicas, tanto no SIN quanto de forma descentralizada.

MAIOR DISPONIBILIDADE PARA EÓLICAS. Os resultados para geração eólica *on-shore* indicam, em geral, um aumento na disponibilidade do recurso para geração elétrica em todos os biomas, com exceção de algumas áreas nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (bioma Caatinga), que apresentam uma pequena diminuição da disponibilidade do recurso no SWL4, e onde a capacidade instalada representa aproximadamente 54% da capacidade total no país. Assim, a geração eólica *on-shore* teria potencial para aumentar sua penetração com o aumento da capacidade instalada na expansão da matriz elétrica, apesar de eventuais impactos negativos em áreas em que já há empreendimentos em operação.

Descentralização do sistema elétrico. Contribui para o acesso de energia em áreas remotas e reduz a necessidade de construção de novas linhas de transmissão de energia para conexão ao SIN, o que também reduz impactos ambientais oriundos da sua implantação. A geração distribuída não necessita de investimentos governamentais em linhas de transmissão e não concorre pela ocupação do uso do solo. Existem muitos projetos nacionais de geração fotovoltaica distribuída, principalmente para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais e/ou isoladas no bioma Amazônia e Caatinga, que podem ser utilizados como modelo para compensar as possíveis perdas do potencial de geração elétrica com PCHs. Além disso, a descentralização pode ser utilizada em cidades e dessa forma reduzir a pressão sobre o sistema elétrico interligado e aumentar a segurança de oferta de energia.

OPORTUNIDADES COM COMPLEMENTARIDADE DE FONTES. Na análise de complementaridade, as correlações mais destacadas estão entre o potencial hidrelétrico e eólico (hidro-eólico) e entre usinas hidrelétricas (hidro-hidro). Os resultados principais entre hidro-eólica são em *hotspots* nos biomas Amazônia-Caatinga, Caatinga-Caatinga e Mata Atlântica-Cerrado. Tal condição é importante dada a relevância para a geração hidrelétrica desses biomas, somada a uma possível redução de disponibilidade hídrica nos cenários de mudanças climáticas. Por outro lado, a complementaridade hidro-hidro é observada em *hotspots* nos biomas Amazônia-Mata Atlântica. Essas correlações indicam que se poderia manter a geração hidrelétrica, considerando a variação da sazonalidade nessas áreas, mesmo com o impacto das mudanças climáticas nas ENAs. Complementaridades com fontes de biomassa, apesar de não terem sido modeladas, podem apresentar potencial para compensar as variações da fonte hidrelétrica.

VARIAÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA, POR INFLUÊNCIA DA MUDANÇA DO CLIMA, AFETA O SIN. O indicador de conforto térmico para resfriamento sinalizou que as populações de cidades nos biomas Amazônia e Caatinga seriam as mais afetadas pela necessidade de aumento do uso de resfriamento. No entanto, o aumento da demanda por resfriamento na Mata Atlântica e no Cerrado, ainda que relativamente menor, resulta em um impacto mais intenso para o sistema elétrico, devido à maior concentração de consumidores. No entanto, o possível aumento de demanda de energia projetado por esse indicador nos biomas Amazônia e Caatinga poderia ser atendido por sistemas descentralizados de fontes energéticas, como a solar.

INFRAESTRUTURA DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO PRECISAM SER COMPATÍVEIS COM OS NOVOS DESAFIOS. O Brasil possui um sistema interligado que possibilita a compensação de impactos climáticos na geração elétrica com a operação de outras fontes energéticas, como as termelétricas (capacidade adaptativa). No entanto, o sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica pode sofrer alterações causadas por eventos climáticos extremos e incêndios florestais.

BIOENERGIA. Aproximadamente 84% das usinas de biodiesel em operação estão localizadas no Cerrado e na Mata Atlântica, onde se evidencia um possível impacto de elevada magnitude na oferta de insumos para a produção desse biocombustível. Quanto ao etanol, os resultados indicam que a área onde se localizam 76% das atuais usinas produtoras poderia ser afetada pela redução de áreas aptas para lavoura de cana-de-açúcar. É indicada uma redução de 35% das áreas de baixo risco para cultivo da cana-de-açúcar (Zullo *et al.*, 2018). Essa área reduzida se redistribui entre áreas de alto risco (principalmente) e com risco médio, nas quais há necessidade de emprego de técnicas de

irrigação. A expansão da cultura para novas áreas poderá influenciar na produtividade da planta, aumentar suas necessidades de irrigação e incrementar sua vulnerabilidade, ou gerar impactos para outros setores.

Esse cenário para a produção de biocombustíveis pode incrementar o desafio de aumentar a bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030 (BRASIL, 2015a). Além disso, considerando que a principal geração de bioeletricidade ocorre durante a safra, período concomitante ao da estiagem e redução da geração hidrelétrica, a matriz elétrica seria afetada pela redução da geração hidrelétrica e da bioeletricidade no mesmo período do ano.

3.6 SEGURANÇA ALIMENTAR

3.6.1 Contexto

Conceituação

Em reunião da Cúpula Mundial de Alimentação, realizada pela FAO, em 1974, a segurança alimentar foi conceituada como a “disponibilidade em todos os momentos, de reservas mundiais adequadas de alimentos básicos para sustentar a expansão constante do consumo de alimentos e para compensar as flutuações na produção e nos preços” (Declaração Universal sobre Erradicação da Fome e Má Nutrição, 1975). Em 1983, a FAO incluiu nesse conceito a garantia de acesso das pessoas vulneráveis (ligada à questão da pobreza, seus fatores determinantes e consequências envolvidas) às fontes disponíveis, mantendo um equilíbrio entre oferta e demanda, assegurando que todas as pessoas em todos os momentos tenham acesso físico e econômico aos alimentos básicos dos quais necessitam (FAO, 2019), sendo a definição adotada nessa 4CN.

Debates sobre a questão da fome, em nível internacional, foram iniciados com a Conferência de Alimentação de *Hot Springs*, nos Estados Unidos, em 1943, com pauta voltada à alimentação da população mundial, de forma que cada país pudesse ter sua produção independente. Segue-se a criação da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization – FAO*, na sigla em inglês), em 1945, sendo considerada a principal iniciativa de articulação internacional para o planejamento de estratégias contra a fome em nível global (HIRAI; ANJOS, 2007). O direito à alimentação foi reconhecido como um direito universal durante a Declaração Universal dos Direitos Humanos, de 1948.

Para assegurar uma condição de segurança alimentar devem ser considerados quatro fatores: disponibilidade física de alimentos; acesso físico e econômico aos alimentos; uso dos alimentos na dieta alimentar; estabilidade e continuidade temporal na disponibilização de alimentos. Dessa forma, a segurança alimentar está condicionada à

disponibilidade, quantidade, qualidade, acesso e preços dos alimentos. Em relação ao acesso aos alimentos, a renda da população é primordial (BEZERRA et al., 2017; BENTO et al., 2015). Em relação à disponibilidade, em quantidade e qualidade adequados, a capacidade de produção de alimentos pelos diferentes sistemas agropecuários é central. A sustentabilidade dessa capacidade produtiva, no entanto, depende intrinsecamente das condições climáticas, e está, portanto, ameaçada pela crescente incerteza climática observada. Assim, além da influência sobre a manutenção da produção e dos modos de vida associados à agropecuária, a mudança do clima, com todos os seus vetores, é uma ameaça direta à segurança alimentar, um direito universal da humanidade.

Relevância da Segurança Alimentar para o País e para a Adaptação

A agropecuária brasileira contempla grande diversidade de sistemas de produção e representa setor de destaque na economia do país e para a manutenção de modos de vida, dentre outras funções socioeconômicas e ambientais que exerce. Além de abastecer a sociedade brasileira, a produção agropecuária nacional contribui com a segurança alimentar global, com sua importante participação no mercado internacional (AMARAL; GUIMARÃES, 2017).

Além da variedade de cultivos agrícolas (milho, feijão, arroz, mandioca, café, soja, trigo, entre outros) e da criação de animais e seus derivados (carne bovina e suína, frango, leite, ovos e outros), a pesca e a aquicultura também são setores importantes para a oferta de alimentos no Brasil, muito embora a maioria desses produtos tenha produção em baixa escala e, conseqüentemente, baixa comercialização, apesar da elevada diversidade de espécies no país (EMBRAPA, 2014).

A agricultura é uma atividade inteiramente influenciada pelas condições ambientais e muito dependente das condições meteorológicas (MOORHEAD, 2009), sendo a maior parte da variabilidade da produtividade agrícola decorrente da variabilidade climática sazonal e interanual, sobrepujando questões econômicas, políticas, de infraestrutura e sociais (BRASIL, 2015; NAKAI et al., 2015). A mudança do clima tem, portanto, potencial de impactar diretamente a capacidade produtiva da agropecuária, mas também indiretamente, na dispersão de vetores de doenças, insetos predadores, pragas, polinizadores e outros fatores que influenciam a atividade (GHINI, et al., 2011; HOFFMANN, 2011).

No setor agropecuário, os danos associados a extremos climáticos no período 2005-2015 representaram em torno de 67% do total de perdas econômicas no país, seguido por danos à infraestrutura, que representaram 16% do total (MIKOSZ, 2017). Para a agricultura familiar, os extremos hidrometeorológicos que têm incorrido em perdas de lavouras e safras também afetam o modo de vida dos agricultores (SARAIVA *et al.*, 2018).

O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO BRASIL nas últimas décadas deve-se aos avanços tecnológicos, desenvolvidos nacionalmente para a realidade tropical e subtropical do país, às condições climáticas favoráveis,

Para saber mais sobre as atividades agropecuárias nacionais, consulte o item 1.4.2.

à grande extensão de seu território, permitindo o atendimento de forma autossuficiente à crescente demanda interna. A produção de grãos aumentou 40% entre as safras de 2010/2011 e de 2017/2018, saindo de 163 milhões para 228,3 milhões de toneladas, com destaque para as culturas do milho e da soja (CONAB, 2018a). Já a produção de carne cresceu 27%, entre 2009 e 2017, saindo de 19,6 milhões para 24,9 milhões de toneladas, com destaque para carne bovina e frango (FERREIRA; VIEIRA FILHO, 2019). A exportação de carne bovina representa cerca de 3% das exportações brasileiras, com um aumento de quase 45% nos últimos 5 anos (GOMES *et al.*, 2019).

A produção brasileira de pescados foi de 1,286 milhão de toneladas em 2016, sendo a pesca responsável por 705 mil toneladas e a aquicultura 581 mil toneladas (FAO, 2018b), com a expectativa de que a produção da aquicultura ultrapassará a de peixes de captura nos próximos anos (FAO, 2018b; PEIXEBR, 2019; SIQUEIRA, 2017; BRABO *et al.*, 2016). Em 2017, o país importou 383,6 mil toneladas em pescados (PEIXEBR, 2019).

SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA. O Brasil possui uma diversidade de sistemas de produção, que variam desde sua escala, tipo de gestão, aos tipos de manejo tecnológicos adotados. Dentre eles, destacam-se o sistema plantio direto – que em 20 anos passou de aproximadamente 9 milhões para 32 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2018) – e os integrados de produção (ILP, ILPF e SAFs), que já representam mais de 11 milhões de hectares (EMBRAPA, 2018a). Em relação aos sistemas que estão certificados como produção orgânica, as unidades de produção passaram de 6.700 em 2013 para aproximadamente 15.700 em 2016, totalizando cerca de 750 mil hectares (MDA, 2016a).

Uso de agrotóxicos²¹. Os agrotóxicos são desenvolvidos para o enfrentamento de ameaças à produção agropecuária por agentes patogênicos (pragas ou vetores de doenças) a plantas e animais, com diferentes graus de toxicidade, variando de bioinsumos de bases naturais e insumos de alta toxicidade. O uso de insumos externos tem como objetivo maior segurança do produtor quanto à garantia da produção final, sendo, portanto, insumo essencial para garantir a disponibilidade do alimento, etapa básica para a garantia da segurança alimentar. É fundamental, no entanto, que seu uso seja bem orientado, pois existem riscos ambientais e à saúde humana e ambiental que devem ser levados em consideração (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018). Entre outros, o declínio de insetos polinizadores em escala global está associado, entre outros fatores, ao uso de determinados agrotóxicos (POTTS *et al.*, 2010; GOULSON *et al.*, 2015; GIANNINI *et al.*, 2015). Portanto, o uso de insumos de toxicidade inadequada e fora dos padrões recomendados podem representar uma ameaça de longo prazo à segurança alimentar, visto que 68% das principais culturas alimentares dependem de polinizadores (NOVAIS *et al.*, 2018). Destaca-se que, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), a Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM) estruturou ainda em 2002 a Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos (VSPEA), com o objetivo de adotar medidas integradas de prevenção dos fatores de risco, promoção à saúde, assistência e vigilância dos agravos e das doenças decorrentes da intoxicação exógena por agrotóxicos.

²¹ Agrotóxicos são compostos de substâncias químicas destinadas ao controle, destruição ou prevenção, direta ou indireta, de agentes patogênicos para plantas e animais.

DEPENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA. Dadas as elevadas distâncias no território brasileiro e pelo grande volume e diversidade de produtos agrícolas, distribuídos por todas as regiões, a infraestrutura de transporte e armazenamento desempenha função preponderante na cadeia da agropecuária, contando com modais terrestres (ferroviário e sobretudo rodoviário), assim como aquaviários (tanto em águas interiores como marítimas) e, para alguns casos, o aeroviário. Destaca-se que a infraestrutura logística de transporte é fundamental para minimizar os índices de perdas de alimentos²², que impactam a sua disponibilidade e acessibilidade pela população, aspectos que tendem a ser pressionados pela mudança do clima (ARRUDA, 2017). Estima-se que as perdas ao longo das cadeias de produção e abastecimento variem entre 10 e 30%, chegando a 40% em alguns casos (IPEA, 2018).

Perdas e desperdícios na cadeia. Segundo dados das Nações Unidas, 26,3 milhões de toneladas de alimentos (10% do total disponível) foram perdidos em 2013 no Brasil, sendo o arroz e o milho os principais produtos (FERNANDES et al., 2016). Há também elevado desperdício de alimento²³ que ocorre no final da cadeia alimentar (varejo e consumo). Estima-se que 41,6 kg de alimentos por pessoa a cada ano são desperdiçados no Brasil, na seguinte proporção: arroz (22%), carne bovina (20%), feijão (16%), frango (15%) e outros (EMBRAPA, 2018b).

SEGURANÇA ALIMENTAR E POBREZA. No tema da segurança alimentar no Brasil, é importante considerar a desigualdade social e incidência da pobreza (BARROS *et al.*, 2000). No Brasil, o número de pessoas desnutridas passou de 8,6 milhões, no período de 2004-2006, para 5,2 milhões, no período de 2015-2017 (FAO, 2018). Apesar da redução da desnutrição, 52 milhões de pessoas (período 2013-2014) vivem com algum grau de insegurança alimentar, atingindo cerca de 22,6% dos domicílios no país (ALMEIDA *et al.*, 2017; IBGE, 2014).

Adicionalmente, desde a perspectiva do setor de produção de alimentos, diversas políticas e instrumentos normativos incorporam a gestão do clima e sua variabilidade sobre o setor agropecuário. Há também intenso trabalho de pesquisa em andamento, buscando alternativas tecnológicas, de processos e arranjos técnicos, voltados para adaptação e sustentabilidade ambiental.

²² Perdas de alimentos referem-se a alimentos derramados, espalhados, estragados e perdidos, ou quando há perda de qualidade e valor durante seu processo produtivo.

²³ Desperdício de alimentos ocorre, por exemplo, quando o consumidor compra produtos que estragam antes de serem consumidos em sua residência, ou mesmo aspectos culturais que levam ao descarte de alimentos de boa qualidade.

Governança na Segurança Alimentar

O MAPA também é responsável por políticas públicas voltadas à pesca e aquicultura desde 2015, com a extinção do Ministério da Pesca e Aquicultura (Decreto Lei nº 11.958/2009), sendo suas atribuições designadas pela Secretaria de Aquicultura e Pesca (SAP/ MAPA).

O **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)** formula e implementa as políticas para o desenvolvimento da agropecuária brasileira, integrando os aspectos de mercado, tecnológicos, organizacionais e ambientais para o atendimento dos consumidores do país e do exterior, promovendo a segurança alimentar, geração de renda e emprego, redução das desigualdades e inclusão social (MAPA, 2018c). Coordena a atuação da **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)** e da **Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)** (MAPA, 2018d). A **Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo (SAF)**, criada pelo Decreto nº 9.667/2019, promove a política de desenvolvimento do Brasil rural, incluindo questões de acesso à terra, estrutura fundiária, inclusão produtiva, renda da agricultura familiar, entre outras. A promoção da sustentabilidade dos sistemas de produção é uma competência predominante da **Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação (SDI)**, que em sua estrutura, entre outros, coordena o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), onde se concentram as ações de promoção de adaptação à mudança do clima, sistemas de produção conservacionistas, entre outros.

A SAF é também responsável pela manutenção de programas que visam o acesso à alimentação básica, tais como o PROGRAMA NACIONAL DE ALIMENTAÇÃO ESCOLAR (PNAE) e o PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS (PAA). O PNAE (Decreto nº 37.106/1955) é gerenciado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) (FNDE, 2018) e visa oferecer alimentação escolar, ações de educação alimentar e nutricional a estudantes em todas as etapas da educação básica pública (MEC, 2014). O PAA (Decreto nº 10.696/2003) objetiva colaborar com o enfrentamento da fome e da pobreza no Brasil e fortalecer a agricultura familiar, com base na compra, sem licitação, de alimentos produzidos pela agricultura familiar, assentados da reforma agrária e comunidades tradicionais, para a formação de estoques estratégicos e distribuição às pessoas em situação de insegurança alimentar e nutricional (MDS, 2018a). Políticas governamentais como o PAA e o PNAE se relacionam com a mudança do clima ao adquirir alimentos de origem agrícola e pecuária e estimular o crescimento de práticas sustentáveis como os sistemas agroflorestais.

Os marcos legais e institucionais da agenda da Segurança Alimentar e Nutricional (SAN) incluem a criação do **Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional** (Lei nº 11.346/2006); a recriação do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional; a instalação da Câmara Intersetorial de Segurança Alimentar e Nutricional; e a elaboração do Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (2012/2015) (MDS, 2019).

Conselho Nacional de Segurança Alimentar (Consea): órgão colegiado de assessoramento imediato à Presidência da República, criado pelo Decreto nº 807/1993 (IPEA, 2012) e recriado pela Lei nº 10.683/2003, para coordenar programas federais ligados à segurança alimentar e nutricional.

Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional (CAISAN): criada pelo Decreto nº 6.273/2007, é responsável pela coordenação e pelo monitoramento intersetorial das políticas públicas na esfera federal, relacionadas à segurança alimentar e nutricional, ao combate à fome e à garantia do direito humano à alimentação adequada, com a competência de elaborar, coordenar a execução e monitorar os resultados e impactos da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PNSAN), instituída pelo Decreto nº 7.272/2010, e do Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (PLANSAN) (MDSA, 2017; BRASIL, 2007).

POLÍTICAS LIGADAS AO SETOR

Diversas políticas e instrumentos incorporam a questão climática na agenda do setor agropecuário e contribuem com a promoção da segurança alimentar no país. Como já mencionado, destaca-se o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (**Plano ABC**), criado em 2011, que promove sistemas de produção sustentáveis, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa pelo setor agrícola, bem como ações de adaptação, com o apoio de mapeamentos de áreas sensíveis, visando incrementar a resiliência dos agroecossistemas e desenvolver e transferir tecnologias. Conta ainda, dentre outros instrumentos, com uma exclusiva linha de crédito.

O **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)** disponibiliza em cada ano-safra, por município e cultura, a quantificação dos riscos climáticos que podem ocasionar perdas na produção, estabelecendo assim as áreas de baixo ou alto risco e os respectivos calendários de plantio, sendo um instrumento de grande relevância no contexto da adaptação à mudança do clima.

O país oferece diversos programas de crédito rural e de garantia ao produtor frente a perdas de safra causadas por eventos climáticos, bem como oscilações de preços dos produtos no mercado. Menciona-se o **Proagro**, o **Proagro Mais**, além do **Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR)**, cada um com características específicas, buscando cobrir diferentes necessidades dos produtores e a diversidade de sistemas produtivos e peculiaridades regionais do país.

Destacam-se ainda, vinculados ao **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf)**, que promove o financiamento de custeio agrícola, o programa **Garantia-Safra**²⁴, voltado aos agricultores familiares que vivem no Nordeste do Brasil e no Norte do estado de Minas Gerais, e o **Seguro da Agricultura Familiar (SEAF)**, voltado a agricultores familiares de todo o país.

²⁴ Tem como objetivo garantir condições mínimas de sobrevivência aos agricultores familiares de municípios sistematicamente sujeitos a perda de safra, devido ao fenômeno da estiagem ou excesso hídrico.

Visando dinamizar a produção sustentável dos sistemas agrícolas da agricultura familiar, foi publicada a Lei Geral de ATER (Assistência Técnica e Extensão Rural), Decreto nº 12.188/2010, a qual promove a universalização dos serviços de assistência técnica e extensão rural para os agricultores familiares. Essa norma instituiu a **Política Nacional de ATER** (Pnater) com princípios e diretrizes voltados para o desenvolvimento sustentável, a participação social, a produção de base agroecológica e a qualificação das políticas públicas (CASTRO ; PEREIRA, 2017). A ação de Empresas de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) em cada estado, em parceria com o governo federal, governos municipais e diversas instituições públicas e privadas, visa a promoção do desenvolvimento rural sustentável e a produção de alimentos saudáveis, para garantir segurança alimentar e geração de renda (EMATER, 2018).

O **Programa Fomento Rural**, criado pelo Decreto nº 12.512/2011, objetiva apoiar a estruturação produtiva das famílias rurais mais pobres, ampliando ou diversificando a produção de alimentos e as atividades geradoras de renda, contribuindo para a melhoria da segurança alimentar e nutricional e a superação da situação de pobreza (MDS, 2018a).

Em 2012, foi criada a **Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PNAPO)**, instituída pelo Decreto nº 7.794/2012, que tem por objetivo a integração entre capacidade produtiva, uso e conservação da biodiversidade e dos demais recursos naturais, equilíbrio ecológico, eficiência econômica e justiça social.

Menciona-se ainda a Lei para Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651/2012), conhecida como Código Florestal, que contribui para a estruturação de sistemas sustentáveis de produção agropecuária, que tem como um de seus instrumentos o **Programa de Regularização Ambiental (PRA)**, estabelecido pelo Decreto nº 8.235/2014 e que conta com o **Cadastro Ambiental Rural (CAR)**. Contribuem para essas ações a Política Nacional de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Lei nº 12.805/2013) e a Política Agrícola para Florestas Plantadas (Decreto nº 8.375/2014).

Por fim, destaca-se a **Política Nacional de Irrigação** (Lei nº 12.787/2013), que visa incentivar a ampliação da área irrigada no país, de forma sustentável, com benefícios para a produtividade agrícola e a competitividade do agronegócio.

3.6.2 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Alimentar

Cadeia de Impactos

Os impactos da mudança do clima sobre o setor agropecuário surgem como um fator de risco à segurança alimentar no país, pois poderão restringir a produção dos principais produtos voltados à alimentação da população (PINTO et al., 2019; ASSAD et al., 2013; PINTO; ASSAD, 2008). Deve-se considerar também que haverá um aumento da demanda por alimentos, influenciada pelo aumento da população, do consumo per capita (demanda interna) e pelas exportações de produtos agropecuários (demanda externa).

Para saber mais sobre o Código Florestal, consulte o item 4.1.1.

O potencial de perdas no setor agropecuário é elevado e poderá haver uma redução de capacidade de produção em cerca de 11 milhões de hectares de terras agriculturáveis até 2030 (TORTELLI, 2018).

CLIMA E PRESSÕES SOCIOECONÔMICAS. Fatores condicionantes dos impactos na segurança alimentar incluem aspectos climáticos (anomalias de temperatura e precipitação) e de pressão socioeconômica (demanda por alimentos, armazenamento e transporte, tecnologias e produtividade, dinâmica do uso da terra, etc.), que podem aumentar ou diminuir a vulnerabilidade, resiliência e exposição dos sistemas de produção e acesso a alimentos.

IMPACTOS CLIMÁTICOS NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

O AUMENTO DA TEMPERATURA MÉDIA e sobretudo a frequência de dias com temperaturas extremas, sejam altas ou baixas, e a diminuição do gradiente de temperatura entre dia e noite, terão um forte impacto no metabolismo vegetal e no bem-estar animal, com grandes impactos sobre a capacidade produtiva (HOFFMANN, 2011; BRASIL, 2015). Na pecuária, implicaria o estresse térmico para os animais, além de influenciar o surgimento de doenças e pragas, entre outros impactos.

Projeta-se ainda a ocorrência de **EVENTOS EXTREMOS** de temperatura (máximas e mínimas) mais intensos e frequentes, que podem provocar alterações no metabolismo, afetando o desenvolvimento das culturas. Uma das preocupações é o aumento do intervalo com temperaturas fora da faixa ideal para as plantas, além da alternância entre temperaturas diurnas e noturnas.

ALTERAÇÃO DOS REGIMES DE PRECIPITAÇÃO. Tanto alterações na média como na variabilidade das chuvas afetam a produção agropecuária. Projeções climáticas apontam para alterações na distribuição sazonal da precipitação, com maior concentração de chuvas de alta intensidade em um breve espaço de tempo, ao invés de uma distribuição espaçada da chuva durante o período produtivo (HOFFMANN, 2011). Em adição, projeta-se aumento da variabilidade nas ocorrências de chuva, principalmente na estação chuvosa, nos diversos biomas brasileiros (MARENGO et al., 2011), de reduções nas médias nas regiões Norte e Nordeste e de aumento na região Sul (MARENGO; BERNASCONI, 2014). Tais mudanças poderão impactar negativamente os sistemas produtivos, visto que, no Brasil, apenas 5% das áreas agrícolas são irrigadas (BRASIL, 2015; NAKAI et al., 2015). Ou seja, 95% da área cultivada no país está sujeita às variações naturais da chuva, tanto em quantidade quanto na distribuição sazonal. Esses padrões pluviométricos potencializam impactos negativos no sistema, seja pelo potencial erosivo das chuvas, seja pela sua ausência em períodos críticos dos ciclos produtivos (ROSSATO et al., 2017).

NA PESCA E AQUICULTURA, o aumento da temperatura implica a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, influenciando diretamente os processos fisiológicos para o desenvolvimento dos peixes. O aumento da temperatura da água superficial impacta diretamente a capacidade de sobrevivência e reprodução dos peixes, bem como em outros processos biológicos dos ecossistemas aquáticos, por exemplo, as alterações no pH da água que afetam a disponibilidade de nutrientes. No ambiente marinho, especificamente, o aumento da temperatura dos oceanos, do nível do mar e da frequência e intensidade de tempestades pode limitar a pesca artesanal, com os recursos pesqueiros sujeitos a alterações nos períodos de reprodução, migração das espécies, aumento de enfermidades, nos padrões de distribuição latitudinal e de profundidade, no tamanho das populações, na composição das comunidades,

Na safra 2013-2014, ondas de calor intenso atingiram todo o país e provocaram grandes perdas na produtividade, prejudicando produtores e afetando o fornecimento de alimentos (SILVEIRA et al., 2014).



bem como em relações de competição e predação (FARACO, 2012). Dessa forma, a mudança do clima apresenta desafios adicionais ao gerenciamento da produção de pescados, impactando potencialmente os recursos vivos, as comunidades, o setor pós-colheita e o mercado consumidor (GASALLA et al., 2017).

A mudança do clima deve afetar de forma diversa cada região brasileira e, por conseguinte, desencadear diferentes impactos aos sistemas de produção agropecuária que caracterizam cada realidade. Na Amazônia, estima-se que um nível de aquecimento de 4 graus poderá reduzir de 40 a 45% as ocorrências de chuva (FAPESP, 2019). Assim, cultivos agrícolas serão afetados, principalmente em regiões em que predominam a agricultura de sequeiro²⁵ e de subsistência, que dependem da ocorrência de chuvas para atender à necessidade hídrica da planta.

Secas prolongadas estão ocorrendo de forma mais frequente e duradoura, atingindo áreas vulneráveis à disponibilidade de água, como o Semiárido, afetando não apenas a produção de alimentos na região, mas também o uso da água pela população local (ROSSATO et al., 2017), e atingindo regiões que apresentam grande potencial de produção, como o bioma Cerrado, responsável por grande parte da produção de grãos no país (TORQUATO et al., 2010).

ALTERAÇÃO NA GEOGRAFIA DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO PAÍS. A mudança do clima poderá alterar as características ideais para a produção de diversos cultivos tradicionalmente produzidos e que fazem parte da estruturação da paisagem cultural de nossas regiões. Uma das soluções propostas, desde uma perspectiva tecnológica, é a migração dos cultivos para regiões com condições climáticas mais favoráveis para o seu desenvolvimento (SACCARO JUNIOR; VIEIRA FILHO, 2018; EMBRAPA, 2008). A busca por uma harmonização entre as demandas de cultivo e a aptidão da região, associada a um planejamento racional, pode favorecer a recuperação de áreas degradadas, em detrimento da conversão de florestas.

PERDAS E DESPÉDICIOS DE ALIMENTOS, COMO FATORES QUE INFLUENCIAM A SEGURANÇA ALIMENTAR (COSTA et al., 2015; BELIK et al., 2012). Sob a perspectiva da mudança do clima, perdas e desperdício de alimento, em qualquer etapa entre o cultivo e o consumo, devem ser minimizados. Primeiramente, porque se estão descartando produtos essenciais para a sobrevivência e o bem-estar da população, mas também em razão de que o alimento que não é aproveitado desperdiça energia para a produção, solo para o cultivo, gera emissões de GEE e perdas econômicas nas diferentes fases da cadeia produtiva. No caso do Brasil, as etapas de armazenamento e transporte representam elevadas perdas de alimentos no país, principalmente aqueles consumidos in natura, tais como verduras, frutas e legumes. De modo geral se prevê intensificação das perdas na cadeia produtiva da agropecuária, que refletirá no aumento nos custos de produção e nos preços de alimentos e, conseqüentemente, em modificação do padrão de consumo das famílias, principalmente as de menor poder aquisitivo, e nos ganhos dos produtores (BLUM, 2001).

QUALIDADE NUTRICIONAL DOS ALIMENTOS. A mudança do clima influenciará não somente a oferta, mas também a perda da qualidade nutricional dos alimentos. Níveis elevados de dióxido de carbono diminuem as concentrações de proteínas das culturas de trigo, cevada, arroz e batata em 10 a 15%, e da soja em 1,4% (THE LANCET COMMISSIONS, 2019b).

²⁵ A agricultura de sequeiro (predominante no país) é o cultivo sem irrigação, ou seja, apenas com o aproveitamento das chuvas e da água armazenada no solo.

Áreas de florestas cumprem papel fundamental na prestação de serviços ecossistêmicos para diversas atividades da sociedade, sobretudo a agropecuária. Sua redução afeta os serviços relacionados à manutenção dos ciclos hídricos, conservação dos solos, polinização, regulação climática, entre outros (VASCONCELLOS; BELTRÃO, 2018).

ESCASSEZ HÍDRICA E A AGRICULTURA IRRIGADA. Para fazer frente à potencial escassez hídrica e à instabilidade de chuvas, a agricultura irrigada pode ser uma alternativa para minimizar perdas por eventos de seca e estiagem, garantindo a manutenção da capacidade de produção de alimentos. É importante, no entanto, que a adoção de técnicas de irrigação seja acompanhada por efetiva gestão hídrica, considerando estratégias de reservação, reúso de águas, sempre associadas com o adequado manejo do solo para potencializar tanto seu uso quanto o armazenamento. A perspectiva de aumento no uso da irrigação no país, sobretudo no Cerrado (ANA, 2017), pode estar comprometida por crises hídricas resultantes dos baixos níveis nos reservatórios, associadas ao aumento do consumo de água, desperdícios e diminuição na ocorrência de chuvas.

Avaliação de Impactos-chave

De acordo com a cadeia de impactos na segurança alimentar, foram avaliados dois “impactos-chave” relacionados ao clima:

- Alterações na oferta e demanda de alimentos;
- Perdas, custos e preços na cadeia produtiva da agropecuária.

OFERTA E DEMANDA DE ALIMENTOS

Abordagem Metodológica

Analisou-se a produção de alimentos (oferta) tendo como base dados históricos de produção, projeções futuras a partir de índices macroeconômicos e simulações de cenários climáticos, considerando produtos da agricultura, da pecuária e da pesca/aquicultura. Com isso foi possível avaliar os riscos ao abastecimento interno, ou seja, o suprimento da demanda projetada pela oferta projetada. Por fim, foi realizada uma avaliação da necessidade de novas áreas plantadas sob os regimes climáticos projetados.

Os **dados históricos de produção brasileira** foram obtidos no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), período 2001-2017. Para a **projeção da produção**, período 2018-2050, utilizou-se o índice macroeconômico referente ao Valor Bruto de Produção (VBP), produzido pela Fipe/USP (MCTIC, 2017), com projeções para o período 2015-2050. Nesse índice, consideram-se aspectos que foram responsáveis pelo aumento da produção no período histórico, tais como o uso de novas tecnologias, manejos agrícolas adequados e aumento de área de plantio. Alguns produtos como o feijão, ovos e peixes não possuem informações sobre o VBP, sendo utilizadas as taxas de crescimento projetadas até 2050 pela FIESP (2017). A **projeção da oferta interna com o impacto das mudanças climáticas** foi calculada descontando-se o percentual de variação da produtividade e/ou produção decorrentes, do período presente até 2050 (2030 para a produção de carne bovina), sobre a oferta interna calculada por meio do VBP.

Resultados e Análises

Impactos da Mudança do Clima na Produtividade Agrícola

A oferta de alimentos no país apresentou aumento nas últimas décadas; e, considerando as projeções macroeconômicas de VBP da Fipe/USP, sem mudança do clima a produção continuaria aumentando.

Estudos de impactos climáticos indicam que a produção agrícola brasileira será afetada pela mudança do clima, reduzindo a produtividade e, conseqüentemente, a produção da maioria dos produtos agropecuários e pesca/aquicultura do país (Tabela 3.3).

Tabela 3.3
Produtividade (t/ha) e produção média (t) atual e projetada com base em cenários de mudança do clima.

* Média de 2008-2017;
** Média de 2006-2011;
*** Valores projetados em 2030.

AGRICULTURA				
Produtos	Produtividade atual (t/ha)*	Produtividade projetada em 2050 (t/ha)	Variação (%)	Fonte
ARROZ	4,9	4,2	-15,2	Fernandes <i>et al.</i> , 2012.
CAFÉ	1,4	1,1	-21,5	Pinto <i>et al.</i> , 2019; Tavares, 2017.
FEIJÃO	0,9	0,7	-23,1	Campos <i>et al.</i> , 2010; Oliveira, 2007; Martins and Assad, 2007.
MANDIOCA	14,0	14,7	+4,8	Araújo <i>et al.</i> , 2014.
MILHO	4,7	2,3	-51,0	Bender, 2017.
SOJA	2,9	0,60	-79,6	Fernandes <i>et al.</i> , 2012.
TRIGO	2,5	1,3	-46,2	Fernandes <i>et al.</i> , 2012.
PECUÁRIA				
Produtos	Produção atual (toneladas)*	Produção projetada em 2050 (toneladas)	Variação (%)	Fonte
BOVINOS	9.360.800	8.705.544***	-7,0	Assad <i>et al.</i> , 2013.
LEITE	32.292.367.500	26.273.381.450	-18,8	Klosowski, 2019
OVOS	3.553.769.000	3.433.668.734	-3,4	Klosowski, 2019
PESCA/AQUICULTURA				
Produtos	Produção atual (toneladas)**	Produção projetada em 2050 (toneladas)	Variação (%)	Fonte
PEIXES	95.077	84.609	-11,0	FAO, 2018b.

Impactos da mudança do clima na disponibilidade de áreas aptas ao plantio

Da mesma forma, as culturas agrícolas sofrerão impactos na disponibilidade de áreas aptas ao plantio. Observa-se que os percentuais de redução de produtividade (Tabela 3.3) são similares aos apresentados por projeções do Zoneamento Agrícola de Risco Climático²⁶ (ZARC) (Tabela 3.4), evidenciando compatibilidade entre esses resultados.

Culturas	Total de área de baixo risco no ano-base (2012) (milhões ha)	NÍVEL DE AQUECIMENTO			
		ÁREAS DE BAIXO RISCO NO SWL2		ÁREAS DE BAIXO RISCO NO SWL4	
		Total (milhões ha)	Varição em relação ao ano-base (%)	Total (milhões ha)	Varição em relação ao ano-base (%)
ARROZ	2,41	2,23	-7,5	2,08	-13,9
FEIJÃO*	1,96	1,06	-45,6	0,84	-57,1
FEIJÃO**	1,02	0,40	-61,2	0,29	-71,9
MILHO*	7,60	6,65	-12,5	5,91	-22,2
MILHO** SAFRINHA	7,47	1,13	-84,9	0,20	-97,3
SOJA	24,98	8,56	-65,7	4,69	-81,2
TRIGO	1,91	1,60	-16,5	1,46	-23,8

Tabela 3.4

Área Plantada (ano-base 2012), em milhões de hectares, para culturas agrícolas e impacto na redução das áreas de baixo risco.

Fonte: MCTI, 2016.

* Primeira safra;
** Segunda safra.

²⁶ Instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. A partir de análises de risco climático, o MAPA publica a relação de municípios aptos ao plantio com baixo risco climático e seus respectivos calendários de semeadura, por cultura e por unidade da federação, subsidiando não só a tomada de decisão do produtor como também o acesso ao Proagro, ao Proagro Mais e à subvenção federal ao prêmio do seguro rural.

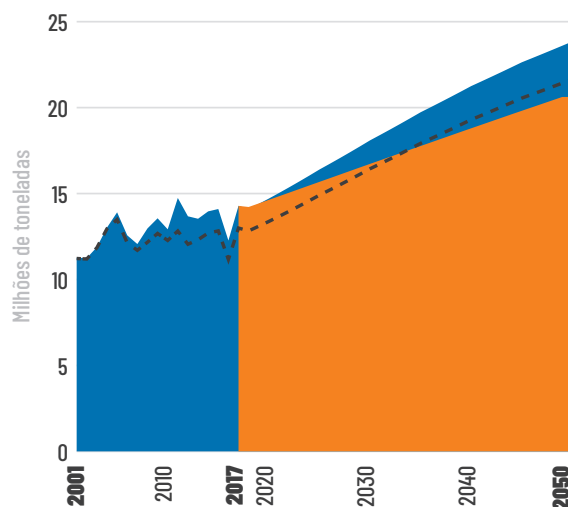
ARROZ: poderá ter redução em 15,2% em sua produtividade até 2050 (Tabela 3.3), com a oferta interna projetada diminuindo de 23,8 milhões de toneladas para 20,6 milhões, ficando ligeiramente abaixo da demanda interna. Segundo os dados do ZARC, a redução de áreas aptas poderá ser de até 13,9% no SWL4 (Tabela 3.4). O arroz possui requisitos térmicos mais elevados, sendo a sua produção levemente penalizada pela fotossíntese quando em temperaturas abaixo do ideal. Com o aumento da temperatura observa-se um aumento na produtividade, porém em países de clima mais quente, como o Brasil, onde as condições térmicas para a fotossíntese já estão próximas do ideal, ocorrem reduções no rendimento final (FERNANDES et al., 2012).

Figura 3.29
Projeções da oferta interna de arroz “sem” e “com” a mudança do clima (MC) (até 2050).



ARROZ

- Oferta interna
- Oferta interna (MC)
- - - Consumo interno



²⁷ Figuras: Relação entre oferta interna (VBP), oferta interna sob os impactos das mudanças climáticas (MC) e demanda doméstica (2001-2050) para os principais produtos da segurança alimentar brasileira. Fonte: Elaboração própria a partir de FAO, 2019; Pinto *et al.*, 2019; Klosowski, 2019; FAO, 2018b; Bender, 2017; Fiesp, 2017; Tavares, 2017; MCTI, 2016; Araújo *et al.*, 2014; Assad *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2010; Martins e Assad, 2007; Oliveira, 2007.

FEIJÃO: as projeções indicam um potencial de redução de até 23,1% na sua produtividade (Tabela 3.3), afetando a oferta interna, que pode reduzir de 5 para 4 milhões de toneladas, quando a demanda interna seria de 5 milhões de toneladas. O ZARC mostra que a redução de áreas aptas poderá atingir um percentual de até 64,5% (média dos valores de redução da primeira e segunda safras) no SWL4 (Tabela 3.4). Projeções de aumento de temperatura e de redução de precipitação são as causas para a redução da produtividade do feijão, associada principalmente ao encurtamento da fase fenológica (Campos et al., 2010; Costa et al., 2009; Oliveira, 2007; Martins e Assad, 2007).

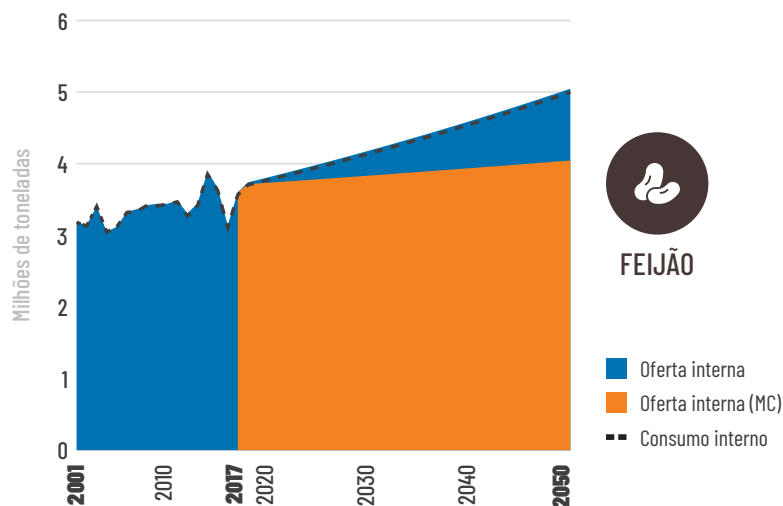


Figura 3.30
Projeções da oferta interna de feijão "sem" e "com" a mudança do clima (MC) (até 2050).

MILHO: está prevista uma redução em 51% na produtividade (Tabela 3.3), de forma que a oferta interna projetada teria redução de 121,8 milhões de toneladas para 60,4 milhões, abaixo da demanda interna de 81,6 milhões de toneladas. Essa estimativa é similar com a projeção do ZARC em que a redução de áreas aptas poderá ser de até 59,8% (média dos valores de redução do milho e milho safrinha) no SWL4 (Tabela 3.4). Em adição, Martins et al. (2019) mostraram que as perdas de produtividade de milho na região Nordeste do Brasil, em regime de sequeiro, podem variar de 30% a 60% para os SWL2 e SWL4, respectivamente. As mudanças climáticas afetam negativamente a produtividade do milho, tanto na 1ª como na 2ª safra (sobretudo esta última) devido ao encurtamento do ciclo da cultura e pelo maior déficit hídrico nos cenários futuros (Bender, 2017).

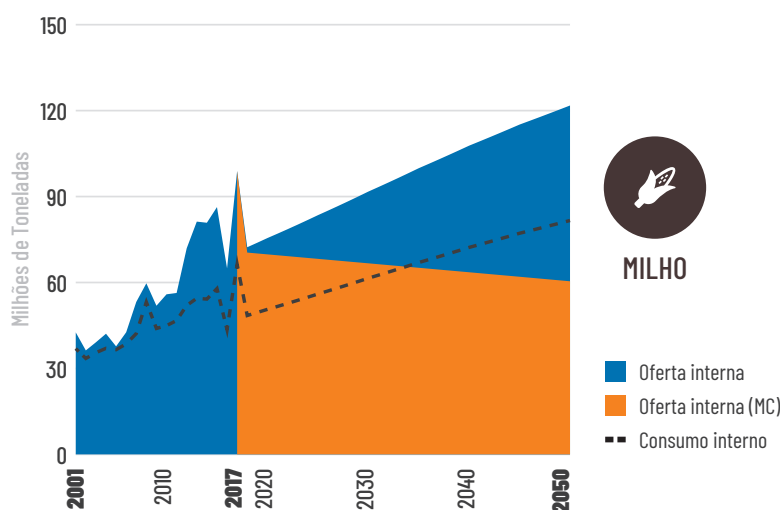


Figura 3.31
Projeções da oferta interna de milho "sem" e "com" a mudança do clima (MC) (até 2050).

SOJA: poderá ter redução de produtividade de até 79,6% em 2050, segundo os cenários climáticos (Tabela 3.3), o que implicaria mudança da oferta interna de 190,2 para 38,5 milhões de toneladas, enquanto a demanda interna seria de 90,4 milhões de toneladas. A redução de áreas aptas projetada pelo ZARC é de até 81,2% no SWL4 (Tabela 3.4). Reduções na produtividade da soja ocorrem devido às limitações hídricas durante a produção, principalmente no período de enchimento de grãos, reduzindo o ciclo da cultura (FERNANDES et al., 2012).

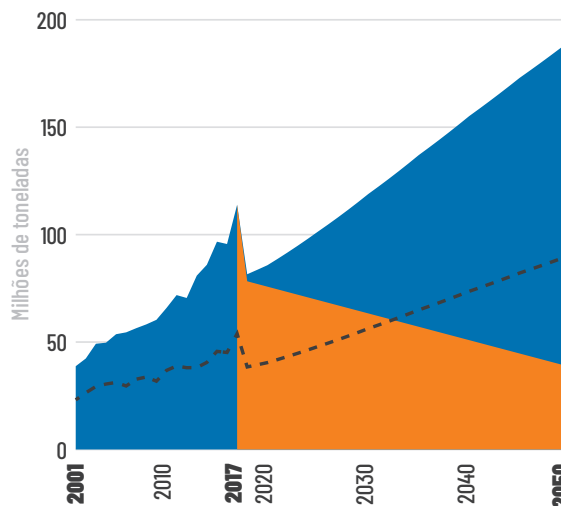
Figura 3.32

Projeções da oferta interna de soja “sem” e “com” a mudança do clima (MC) (até 2050).



SOJA

- Oferta interna
- Oferta interna (MC)
- - - Consumo interno



TRIGO: os cenários climáticos apontam que o trigo poderá ter redução de 46,2% em sua produtividade até 2050 (Tabela 3.3), o que representa uma redução da oferta interna futura de 23,3 milhões de toneladas para 18,7 milhões, enquanto a demanda interna seria de 21,1 milhões. O ZARC aponta uma redução de áreas aptas até 23,8% em SWL4 (Tabela 3.4). As reduções de produtividade do trigo são devidas ao encurtamento do ciclo da colheita, dado o maior acúmulo de tempo térmico, deixando menos dias disponíveis para o enchimento dos grãos. A disponibilidade insuficiente de água pode afetar mais a produtividade do trigo do que outros fatores, sugerindo o desenvolvimento de variedades com características de maior resistência à escassez de água, como maior capacidade de aprofundar a porção do solo explorada pelas raízes e distribuição do ângulo foliar mais favorável (FERNANDES et al., 2012).

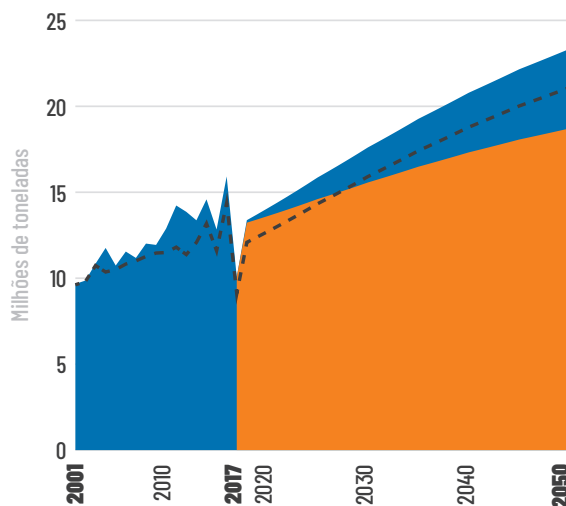
Figura 3.33

Projeções da oferta interna de trigo “sem” e “com” a mudança do clima (MC) (até 2050).



TRIGO

- Oferta interna
- Oferta interna (MC)
- - - Consumo interno



PRODUTOS DA PECUÁRIA: projetou-se também redução na produção dos principais produtos da pecuária nos próximos anos, em função dos impactos da mudança do clima. A redução na oferta interna de carne bovina será de 7,0% (ASSAD et al., 2013), atingindo um total de 11,9 milhões de toneladas em 2030, ao invés de 12,8 milhões de toneladas sem a influência da mudança do clima, e acima da demanda interna de 10,3 milhões.

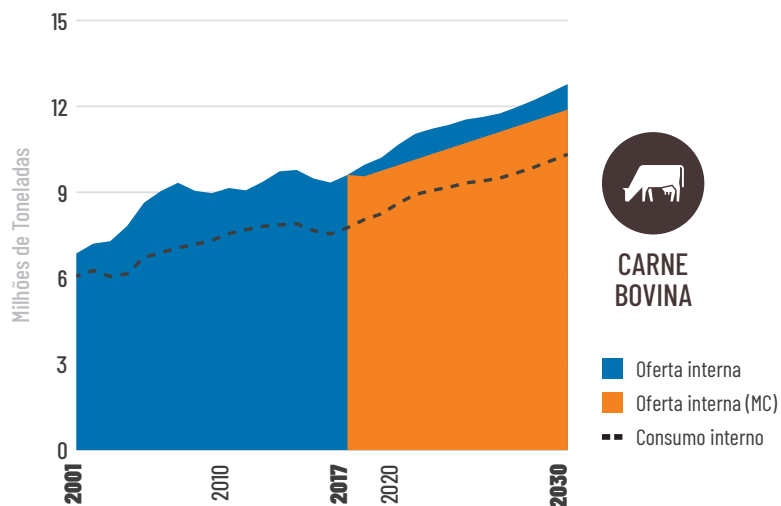


Figura 3.34
Projeções da oferta interna de carne bovina “sem” e “com” a mudança do clima (MC) (até 2050).

LEITE E OVOS: a oferta interna de leite e ovos será reduzida em 18,8% e 3,4%, respectivamente, atingindo um total de 47,7 bilhões de litros e 11,8 bilhões de dúzias em 2050, números abaixo da demanda doméstica que corresponderá a 58,1 bilhões de litros e 12,1 bilhões de dúzias, respectivamente.

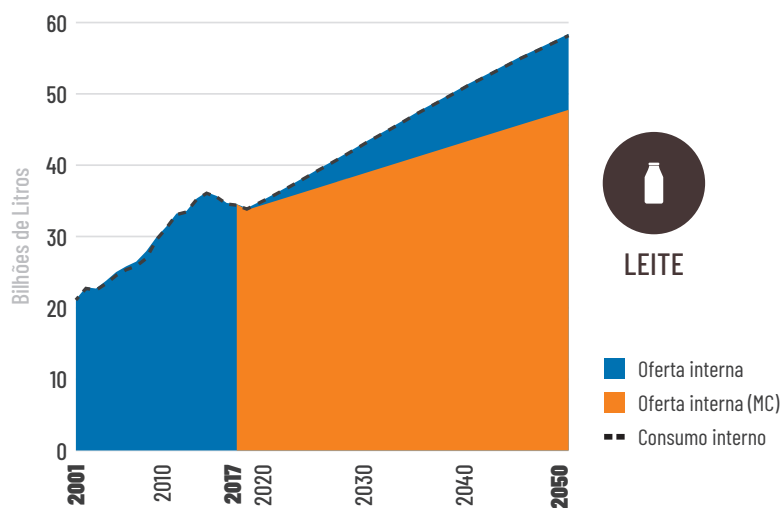


Figura 3.35
Projeções da oferta interna de leite “sem” e “com” a mudança do clima (MC) (até 2050).

PEIXES: a oferta, que será menor em 11,0%, atingindo um total de 5 milhões de toneladas, associada ao aumento da demanda doméstica, que será de 5,2 milhões de toneladas, tornará o país mais dependente das importações.

Necessidade de Área Plantada sob novo Regime Climático

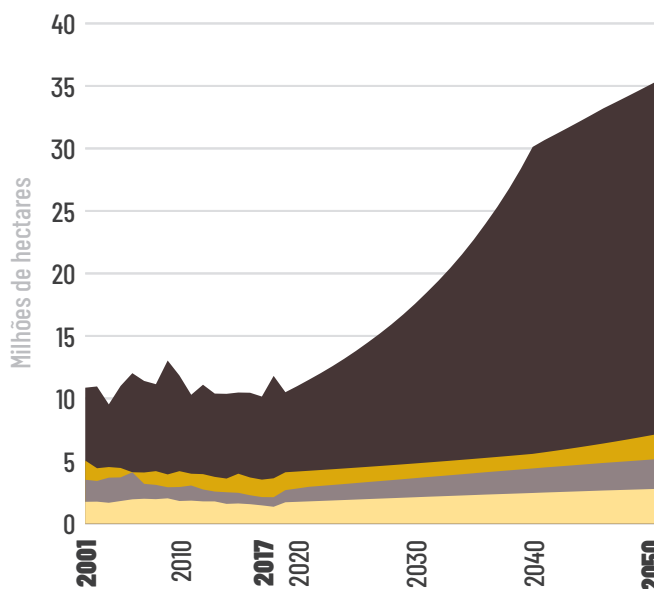
Em razão da potencial redução de produtividade em função da mudança do clima, e se não houver intervenção técnica para a adoção de sistemas mais resilientes, com melhor capacidade de adaptação à mudança do clima, associados a uma efetiva gestão de risco, projetou-se a necessidade de áreas plantadas para determinados cultivos para atender à demanda doméstica no futuro (Figura 3.36). Atualmente, o feijão requer 3,6 milhões de hectares para atender a demanda doméstica, porém em 2050 esse número deverá aumentar para 7,2 milhões de hectares. No caso do milho, a área de plantio para atender a demanda doméstica deverá aumentar em 201,7% até 2050 (alcançando um total de 35,6 milhões de hectares), devido à projeção de redução da produtividade em 51% com a mudança do clima (Tabela 3.4) e ao aumento da demanda doméstica. Se for considerado que não haverá redução na produtividade, a demanda por área será de 17,3 milhões de hectares em 2050, atualmente são plantados 11,8 milhões de hectares (milho safra e safrinha) no país. Ressalta-se que esses resultados não significam necessariamente que haverá demanda por novas áreas na mesma proporção, pois grande parte da produção de milho e feijão são cultivados em segunda safra, em rotação com outras culturas como a soja, minimizando o aumento demonstrado na Figura 3.36.

Figura 3.36

Área plantada para atendimento da demanda doméstica dos principais produtos da segurança alimentar brasileira (2001-2050), em um cenário de mudanças climáticas.

Fonte: FAO, 2019; Bender, 2017; FIESP, 2017; MCTI, 2016; Araújo *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2012; Campos *et al.*, 2010; Martins e Assad, 2007; Oliveira, 2007.

- Milho
- Feijão
- Arroz
- Mandioca



Aumento da Irrigação e Possíveis Trade-offs

Outro efeito potencial decorrente da mudança do clima é o aumento do uso da irrigação (projetado em 10 milhões de hectares em 2030), que já vem apresentando crescimento significativo nas últimas décadas, passando de 1,5 milhão de hectares em 1980 para 7 milhões de hectares em 2015 (ANA, 2017). A produção de grãos no Cerrado é a principal responsável pelo aumento da área irrigada no país. Martins *et al.* (2019) demonstraram que a redução da produtividade de milho no Nordeste brasileiro, com uso de irrigação, foi menos severa que as quedas de produtividade encontradas para o milho em regime de sequeiro. As reduções projetadas limitaram-se a 20% para todas as simulações, exceto para o final do século no cenário mais pessimista (SWL4). Muito embora essa atividade possa contribuir para a minimização dos impactos das alterações climáticas sobre a produção agrícola, deve ser planejada e implementada de forma integrada com outros usos da água.

PERDAS, CUSTOS E PREÇOS NA CADEIA PRODUTIVA DA AGROPECUÁRIA

Abordagem Metodológica

Esta seção analisa o perfil das perdas de produção agrícola do país, a evolução dos custos na produção agrícola e dos preços dos alimentos. Em seguida, analisa os principais programas de financiamentos e créditos agrícolas governamentais e seus impactos sofridos nos últimos anos, para, por fim, discutir as perdas de produção associadas com a alteração na disponibilidade de áreas aptas ao cultivo.

Perdas de produção (até a pré-colheita) foram calculadas por meio do índice de perdas agrícolas, conforme metodologia aplicada pelo IBGE (2004).

Consideraram-se as mudanças de áreas aptas no período presente e futuro por meio das projeções do ZARC elaboradas no âmbito da Terceira Comunicação Nacional (TCN) (MCTI, 2016), simulados por meio do modelo Eta-HadGEM2-ES.

Dados climáticos históricos (precipitação e temperaturas máxima e mínima) foram obtidos na base de dados de Xavier *et al.* (2016a,b)²⁸ para o período 1980-2017. Com esses dados foram calculadas a média anual de precipitação e a temperatura para o período presente (1980-2009) e anomalias para os anos seguintes.

Por fim, foi realizada uma comparação da produção agrícola no Brasil e os dados de perdas, custos e preços com dados históricos de clima – temperatura e precipitação (disponibilizados pelo IBGE) e de eventos climáticos extremos (seca, chuva intensa, estiagem, geada e granizo), com base nas informações disponibilizadas por Mikosz (2017) para diversos municípios brasileiros nos últimos anos.

²⁸ Disponível em: <https://utexas.app.box.com/v/Xavier-et-al-IJOC-DATA>. Acesso em: 18 dez. 2018).

Resultados e análises

Perfil das Perdas Agrícolas

Anomalias climáticas que afetam a atividade agropecuária incluem, sobretudo, alterações em regimes de precipitação e aumentos de temperatura e seus efeitos decorrentes, em diferentes escalas temporais. Reduções de precipitação foram observadas de forma mais evidente nos anos de 2012 e 2015, com anomalias negativas de até 500 mm na maior parte do país, atingindo principalmente regiões que compõem os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Por outro lado, em 2015, a região Sul do país (Pampa e Mata Atlântica) apresentou aumento de precipitação com anomalias positivas de até 1.000 mm. Aumento de temperatura foi observado em praticamente todo o país, onde as anomalias positivas foram de até 3 °C, principalmente nos biomas Caatinga e Cerrado (XAVIER *et al.*, 2016).

A **Caatinga** vem apresentando elevadas perdas na produção de diversas culturas devido às secas que atingem a região nos últimos anos. As perdas na produção de milho e feijão foram superiores a 40% em 2012 e 2016. Para a cultura da mandioca, as perdas foram de 34,3% em 2012. Perdas de produção para o milho no bioma **Cerrado** também foram observadas, 8,7% em 2016, o que é significativo dada a elevada produção nessa região. No caso do arroz, nos biomas **Pampa e Cerrado**, houve redução de 7% e 10,1% em 2016 devido à ocorrência de estiagens. Perdas na produção de café também foram significativas na **Zona Costeira** em 2016, com redução de 16,7%. A soja apresentou perdas mais expressivas em 2012, nos biomas **Mata Atlântica e Pampa** (18,6% e 38,1%, respectivamente). Em relação ao trigo, foram observadas perdas de produção em todos os biomas em que é cultivado, sendo a redução de 18,5% no **Cerrado** (2013), e 15,6%, 28,2% e 60,9% em 2015, na **Mata Atlântica, Pampa e a Zona Costeira**, respectivamente, devido principalmente à ocorrência de estiagens (MIKOSZ, 2017).

Custos na Produção Agrícola Nacional

A produção agropecuária envolve custos (fixos e variáveis) relacionados a fatores como arrendamento de terras, insumos, sementes, adubos, entre outros. Nas últimas décadas, o custo de produção apresentou aumento nos principais produtos em todo o país.

O custo médio de produção do milho e milho safrinha, entre 2010 e 2012, aumentou 19% na **Mata Atlântica** e 30% no **Cerrado**, sendo a taxa de inflação nacional nesse período de aproximadamente 18,3% (CONAB, 2018), com base no Índice Nacional de Preço ao Consumidor Amplo (IPCA). O custo de produção de suínos também apresentou aumento nos últimos anos nas principais regiões produtoras, havendo aumento de 31%, entre 2014 e 2016, na **Mata Atlântica**, 41% no **Cerrado** e 20% na **Caatinga**, sendo a taxa de inflação nesse período de aproximadamente 23,4% (IBGE, 2019a), com base no IPCA.

Preço dos Alimentos

O preço de alimentos no Brasil apresenta variações de acordo com diversos fatores, como perdas de produção. De forma geral, os preços pagos aos produtores apresentaram aumento nos últimos anos. O milho, por exemplo, entre 2013 e 2016, sofreu um aumento superior a 45%, sendo a inflação do período em 33,8%, mostrando que houve aumento líquido no preço do produto. Na pecuária, a carne bovina, entre 2013 e 2016, teve um aumento de 51,9%, sendo a inflação do período aproximadamente 43%. A forte seca por que a região semiárida vem passando desde 2011 influenciou substancialmente o preço de atacado. O bioma **Caatinga** apresentou preços elevados entre os anos de 2010 e 2016 em relação aos outros biomas na maioria dos produtos comercializados.

GASTOS PÚBLICOS POR MEIO DE PROGRAMAS DE FINANCIAMENTOS E CRÉDITOS AGRÍCOLAS. A comunicação de perdas no Proagro tem se mostrado variável ao longo dos anos em função da periodicidade dos eventos cobertos pelo programa e em maior número no Proagro Mais, que atende especificamente os produtores da agricultura familiar. Na safra 2012-2013, o número de adesões por comunicação de perdas foi quase três vezes maior quando comparado à safra anterior. Esse aumento coincide com período de forte seca que vem atingindo o bioma Caatinga (Semiárido) desde 2011. Na safra 2017-2018, o número de adesões por comunicação de perdas voltou a aumentar e foi 1,5 vez maior que a safra anterior, sendo o valor enquadrado nessa safra um dos maiores já aplicados (cerca de R\$ 13,5 milhões). Nas safras 2012-2013 e 2017-2018, o percentual de adesões por comunicações de perdas de produtores da agricultura familiar em relação ao número total de adesões foi de 66,5% e 69,2%, respectivamente (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015; 2019).

Ações do Garantia-Safra, voltadas aos produtores da agricultura familiar na região semiárida do país, podem minimizar os efeitos da perda sistemática de safra por ocorrências de eventos de seca ou excesso de chuva. Entre os estados atendidos pelo Garantia-Safra, Ceará e Bahia são os que mais utilizam os recursos disponibilizados, recebendo 32,4% e 18,8% do montante pago nos últimos anos. O número de pagamentos realizados aumentou a partir da safra 2011-2012 devido à ocorrência de seca nesse período, atingindo a marca de 769 mil pagamentos, cerca de 1,4 bilhão de reais (MDA, 2016c). Nesse período, a região semiárida passou por uma redução nas ocorrências de chuva, apresentando um desvio de -300 a -500 mm. Com a mudança do clima, a região semiárida do país estará exposta a maiores ocorrências de eventos de seca (ARAÚJO *et al.*, 2014), potencialmente demandando maior atuação do Garantia-Safra.

Disponibilidade de Áreas Aptas para a Realização do Cultivo

O Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos (ZARC) indica as áreas de baixo e alto risco agroclimáticos. O risco é determinado pela relação ETR/ETM (evapotranspiração real e evapotranspiração máxima), que depende da temperatura e da oferta de água, ou seja, se relaciona à deficiência hídrica durante o ciclo das culturas (Figura 3.37).

As perdas na produção agrícola poderão ser intensificadas com as mudanças climáticas, visto que a tendência será de redução nas áreas aptas de cultivo da maioria das culturas, conforme análise a seguir:

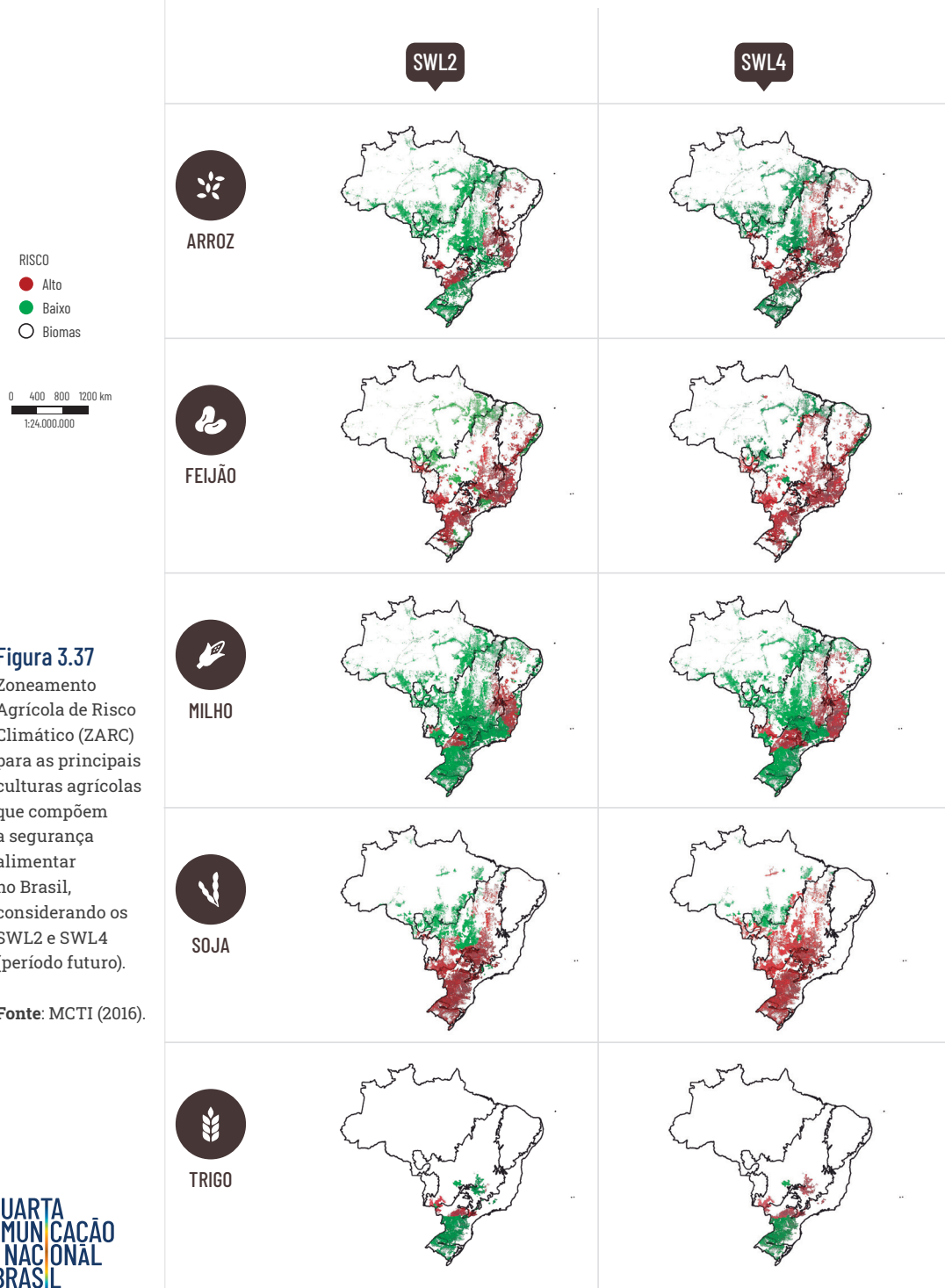


Figura 3.37
Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) para as principais culturas agrícolas que compõem a segurança alimentar no Brasil, considerando os SWL2 e SWL4 (período futuro).

Fonte: MCTI (2016).

Arroz: O maior índice de perda de áreas aptas em cenários de aquecimento é observado para a cultura do arroz de sequeiro no bioma Cerrado. No SWL4 poderão aumentar as áreas de alto risco climático em 335,4 mil hectares, reduzindo as de baixo risco de 2,41 milhões de hectares em 2012 para 2,08 milhões de hectares (-13,9%). Esse contexto limita a produção de arroz somente às áreas irrigáveis e com boa oferta de chuva em parte dos biomas Cerrado e Amazônia.

Milho safrinha: É uma cultura com alta vulnerabilidade climática, cujo risco tende a aumentar com a elevação da temperatura e da deficiência hídrica, limitando a produção em quase todo o território nacional. No SWL4 poderão aumentar as áreas de alto risco climático em 7,3 milhões de hectares, reduzindo as de baixo risco de 7,47 milhões de hectares em 2012 para 204,3 mil hectares (-97,3%). Perdas de áreas de baixo risco também serão observadas na cultura do milho safra de verão (safra 1). No SWL4 poderão aumentar as áreas de alto risco climático em 1,7 milhão de hectares, reduzindo as áreas de baixo risco de 7,6 milhões de hectares para 5,91 milhões de hectares (-22,2%). No Sul do país, os biomas Pampa e Mata Atlântica terão condições favoráveis para produção de determinadas culturas devido à redução na ocorrência de geadas.

Feijão (primeira safra): As áreas de alto risco poderão aumentar em 1,1 milhão de hectares no SWL4, reduzindo as áreas de baixo risco de 1,96 milhão de hectares para 838,9 mil hectares (-57,1%). A tendência é de se confinar o plantio na parte sul do bioma Mata Atlântica, onde as temperaturas são mais amenas e o déficit hídrico reduzido. Parte do sul do bioma Cerrado também poderá se manter como área produtora. Na cultura do feijão para a segunda safra, as áreas de alto risco poderão aumentar em 733,4 mil hectares no SWL4, reduzindo as áreas de baixo risco de 1,02 milhão de hectares para 286,9 mil hectares (-71,9%). A perspectiva é que a produção seja confinada na parte sul do bioma Mata Atlântica, no Cerrado e Amazônia, onde o déficit hídrico é reduzido no período da produção da segunda safra.

Soja e trigo: No caso da soja, as áreas de alto risco poderão aumentar em 20,3 milhões de hectares no SWL4, reduzindo as áreas de baixo risco de 24,98 milhões de hectares para 4,69 milhões de hectares (-81,2%). Já para o trigo, as áreas de alto risco poderão aumentar em 23,8% (455,2 mil hectares) no SWL4, reduzindo as áreas de baixo risco de 1,91 milhão de hectares para 1,46 milhão de hectares. Dentre os fatores, podem-se citar os invernos mais quentes e o aumento das temperaturas noturnas.

3.6.3 Principais Resultados na Segurança Alimentar

A produção de alimentos no Brasil cresceu nas últimas décadas e continua crescendo gradativamente, mais em função do aumento da produtividade do que pela ampliação de novas áreas de cultivo. No entanto, a atividade agropecuária é muito vulnerável às adversidades impostas pelo clima. Extremos climáticos têm afetado a capacidade produtiva de todos os sistemas em todo o território nacional, com fortes impactos econômicos e nos modos de vida rurais. O setor agropecuário já tem observado perdas em função das ocorrências de eventos extremos. Em 2012, houve perdas de produção superiores a 40% nas culturas de feijão e milho e de 34,3% para mandioca, na Caatinga. Nesse ano, o bioma Pampa teve perdas de produção de 38,1%, na cultura de soja, e em 2015 a Zona Costeira teve perdas de 60,9% para a cultura do trigo.

Esta redução na produtividade, em não se adotando medidas de adaptação, poderá induzir ao aumento de áreas cultivadas para atender às demandas interna e externa.

Na **Caatinga**, a agricultura familiar poderá ser a mais afetada, com redução na produtividade de milho e feijão. A seca foi responsável, por exemplo, pela quebra na safra, em 2012, na região Nordeste, reduzindo a produção de milho em 99,2% em Araripina/PE.

PROJETA-SE A REDUÇÃO DE PRODUTIVIDADE DE DIVERSAS CULTURAS AGRÍCOLAS NO HORIZONTE DE 2050, TAIS COMO: 15,2% (arroz), 21,5% (café), 23,1% (feijão), 46,2% (trigo), 51,0% (milho) e 79,5% (soja), afetando a oferta de alimentos. Na pecuária a redução na produção projetada é de 3,4% (ovos) e 18,8% (leite), até 2050, e de 7,0% (carne bovina) até 2030. Na pesca e aquicultura a redução na produção de peixes será de 11,0% até 2050. Além disso, as culturas agrícolas sofrerão perdas de áreas de baixo risco climático, no SWL4, correspondendo a 13,9% (arroz), 22,2% (milho de 1ª safra), 23,8% (trigo), 57,1% (feijão de 1ª safra) e 81,2% (soja).

AS VULNERABILIDADES REGIONAIS SÃO HETEROGÊNEAS. Cabe ressaltar, no entanto, que há diferentes vulnerabilidades presentes em cada região, a depender dos modelos e escalas de produção, disponibilidade de serviços de assistência técnica e acesso à informação, sobretudo para unidades familiares de produção e comunidades tradicionais, bem como dos níveis de degradação ambiental e fragmentação de ecossistemas.

Cerrado e Caatinga – As secas e estiagens serão diferenciadas regionalmente, causando reduções na produtividade e perdas de produção, atingindo os grandes centros produtores de alimentos no país. Os eventos de seca e estiagem cada vez mais frequentes e intensos vêm reduzindo a disponibilidade de água e afetando as atividades agropecuárias, em especial a agricultura de sequeiro. Para minimizar perdas há potencial para aumentar a demanda de uso da irrigação na agricultura, sendo esse aumento já estimado em torno de 45% até 2030 (10 milhões de hectares) (ANA, 2017), sem considerar os efeitos das mudanças climáticas. Atualmente, o Cerrado possui a maior área irrigada no país (2,9 milhões de hectares), voltada principalmente para a produção de milho, soja e trigo. No entanto, o uso da água para irrigação deve ser compatibilizado com os outros usos da água, tais como abastecimento e produção de energia.

Mata Atlântica, Amazônia e Pantanal – Da mesma forma, a redução da precipitação, o aumento da temperatura e a maior ocorrência de eventos extremos (estiagens e chuvas fortes) devem impactar os sistemas produtivos.

Pampa – Além do aumento da temperatura, projeta-se aumento na precipitação média e na ocorrência de eventos extremos (geadas, granizo e chuvas fortes), incluindo períodos de seca, com consequências para a produção de alimentos, com destaque para o cultivo de soja e arroz. Em 2012, por exemplo, a região Sul apresentou redução no volume de chuva, reduzindo a produção de soja em 45,8%, em Tupanciretã/RS, e redução de 25,5% na safra de arroz, em 2005, no Rio Grande do Sul.

Zonas costeiras – Com a ocorrência de eventos extremos (chuvas fortes) e aumento da temperatura dos oceanos, poderá haver redução nos estoques pesqueiros.

CUSTOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA SÃO AFETADOS PELA MUDANÇA DO CLIMA, observou-se nos biomas Mata Atlântica e Cerrado aumento de até 30% no custo da produção do milho (2010-2012); na Caatinga o custo na produção de carne suína (2014-2016) cresceu 41%. O preço dos alimentos também se alterou, o milho (saca com 60 kg) ficou 45% mais caro entre 2013-2016. Soja e feijão (saca com 60 kg) ficaram 40% e 50% mais caros, respectivamente, entre os anos de 2011-2012, quando houve a ocorrência de secas e estiagens nos biomas Caatinga e Cerrado. Na pecuária, também houve oscilações nos preços, tendo a carne bovina (15 kg) aumentado 51% entre 2013-2016.

IMPLICAÇÕES NAS POLÍTICAS DE PROTEÇÃO AO PRODUTOR. Nesse contexto, tanto o Proagro como o Garantia-Safra, instrumentos de seguro agrícola, sofrem reflexos de períodos de extremos climáticos. Secas e chuvas excessivas são os eventos que trazem mais prejuízos aos produtores e que ocorrem com maior frequência. Houve, nos últimos anos, aumento gradativo nos gastos públicos devido à maior demanda nas adesões e pagamentos realizados, principalmente na região Nordeste, onde ocorreram secas mais intensas e frequentes. No período de 2011-2012, o Proagro contabilizou volume significativo de coberturas deferidas em todo o país, grande parte destinada aos produtores da agricultura familiar (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015). No mesmo período, ações do Garantia-Safra também atingiram marcas expressivas de pagamentos devido a eventos de seca na região semiárida. Depreende-se, portanto, que gastos com seguro agrícola poderão ser afetados pela mudança do clima.

3.7 SEGURANÇA SOCIOAMBIENTAL

3.7.1 Contexto

Conceituação

Referência explícita à segurança socioambiental no contexto das mudanças climáticas ainda é recente na literatura, embora a questão esteja presente em vários estudos sob outras denominações. Estes, de forma geral, partem das definições de segurança humana (*human security*, em inglês) e de modo de vida e meios de subsistência (*livelihoods*, em inglês) para chegar a um conceito abrangente de segurança socioambiental (BIGGS et al., 2014; ADGER et al., 2014; OLSSON et al., 2014; HOEGH-GULDBERG et al., 2018; ROY et al., 2018).

Globalmente, as alterações dos ecossistemas e habitats têm avançado de forma intensa desde o período da revolução industrial, caracterizando o chamado Antropoceno²⁹ (CRUTZEN, 2006). Avaliar os impactos, vulnerabilidades e riscos na segurança socioambiental frente às alterações climáticas significa considerar as dinâmicas entre os sistemas sociais (indivíduos, governança, instituições e mercado) e os naturais, traduzidos em serviços ecossistêmicos de provisão, suporte e regulação para o bem-estar humano (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; OSTROM 2009). Tais interações podem ser referidas por dinâmicas socioecológicas³⁰, ou socioambientais como serão tratadas neste documento.

²⁹ A perspectiva do Antropoceno envolve forças de estruturas dinâmicas, complexas e entrelaçadas, entre clima, ecossistemas, sociedade, economia de mercado e governança, que resultam em fenômenos emergentes e consequências não intencionais, manifestando um mundo mais quente e com incidência de extremos climáticos em múltiplas escalas espaciais (BAI et al., 2016; O'NEILL et al., 2017; BRONDIZIO et al., 2016).

³⁰ Neste documento, utilizaremos a palavra socioambiental para descrever e se referir aos sistemas socioecológicos (Ostrom, 2009).

Serviços ecossistêmicos são os serviços provenientes direta ou indiretamente dos ecossistemas, que proporcionam benefícios às necessidades humanas (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; COSTANZA *et al.*, 2017; DAILY, 1997; DURAIAPPAH *et al.*, 2005). Nesse sentido, atribui-se um valor utilitário à biodiversidade e aos ecossistemas a partir da sua importância econômica e de uso (HAINES-YOUNG; MARION POTSCHIN, 2010) e ao mesmo tempo considera também o valor intrínseco da natureza, para além do aspecto monetário, expresso, entre outros espaços de saberes, no conhecimento e modos de vida e cultura de povos indígenas e comunidades tradicionais (DIAZ *et al.*, 2018). Os serviços são classificados como: de provisão (água, alimentos, fibras, pescado, energia, entre outros); de regulação (climática, purificação da água, polinização, controle de vetores e patógenos, entre outros); culturais (turismo, valorização espiritual, estética da paisagem e bem-estar humano); e de suporte (produtividade ou manutenção da biodiversidade e solos, por exemplo) (AGARD; SCHIPPER, 2014; MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Diante dessa perspectiva, nesta 4CN, adota-se como conceito de segurança socioambiental a condição pela qual a existência humana, em todos os seus aspectos, ao interagir com os ecossistemas, favorecendo-se de seus serviços, tem assegurada uma vida digna e satisfatória sem prejuízo aos demais seres vivos e ecossistemas, cuja integridade e valor intrínseco devem ser reconhecidos. As análises das dinâmicas socioambientais são capazes de destacar forçantes das produções e reproduções das vulnerabilidades dos ecossistemas, dos atores sociais e de setores em diferentes escalas do espaço e do tempo (ARAUJO *et al.*, 2019).

Relevância da Segurança Socioambiental para o País e para a Adaptação

O Brasil é um país de média a alta vulnerabilidade socioambiental às mudanças climáticas (VIOLA; FRANCHINI, 2014); (i) por ter uma longa faixa costeira com alta densidade populacional (LEAL FILHO *et al.*, 2018); (ii) por ser um país de base agrícola (*food based*, em inglês), tanto para produção de alimentos quanto para produção de produtos agropecuários para o mercado internacional (LAPOLA *et al.*, 2014; MARTINELLI; FILOSO, 2008); (iii) por conter a maior extensão de floresta tropical do mundo, rica em biodiversidade e diversidade cultural (MAFFI, 2005; MITTERMEIER, ROBLES-GIL; MITTERMEIER, 1997); e ainda (iv) por apresentar altos índices de pobreza e desigualdade socioeconômica, principalmente em assentamentos urbanos precários, que dificultam acesso a saúde, educação e renda (CEDEPLAR/MMA/PNUD, 2017; DARELA *et al.*, 2016; PINHO *et al.*, 2014).

BIODIVERSIDADE E ECOSISTEMAS

Ainda que o Brasil possua grandes extensões de ecossistemas naturais e seminaturais mantidas em regime de proteção, principalmente no bioma Amazônia, as projeções climáticas e de uso da terra indicam um risco significativo de perda da biodiversidade (FALEIRO *et al.* 2013; 2018; LEMES *et al.* 2013; LOYOLA *et al.* 2014; RIBEIRO

et al. 2016; 2018; SALES et al. 2017a; SILVA et al. 2018; VIEIRA et al., 2018 apud OMETTO et al., 2018) e dos serviços ecossistêmicos no futuro (COSTA et al. 2018; DINIZ-FILHO et al. 2012; FALEIRO et al. 2018; GIANINNI et al. 2017; VIEIRA et al., 2018 apud OMETTO et al., 2018).

Atualmente, no âmbito federal, sem considerar as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), há um total de 296 unidades de conservação (UC), das quais 185 estão na categoria de Uso Sustentável e 149 de Proteção Integral, que representam cerca de 20% do território nacional (CNUC/MMA, 2019). Um aumento no número de unidades de conservação por biomas ocorreu no país no final dos anos 1980, principalmente em *hotspots* da Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado, mas menos expressivas nos biomas Caatinga, Pampa e Pantanal (SARAIVA et al., 2018). Os esforços para a conservação de ecossistemas marinhos avançaram até 2018³¹, superando os 10% previstos pela Meta de Aichi até 2020. No entanto, os números ainda são incipientes quando comparados com os biomas terrestres (BUSTAMANTE; METZGER et al., 2019).

A biodiversidade brasileira representa de 10 a 20% da diversidade global de espécies (MOTTA, 2015) e compreende cerca de 30% das florestas tropicais do mundo (MYERS et al., 2000). Em estimativa, o número de espécies endêmicas da flora e fauna no bioma Amazônia é de 1.314 e 2.600, respectivamente; na Caatinga é de 232 e 2.579, respectivamente; no Cerrado é de 631 e 7.347; na Mata Atlântica é de 2.731 e 10.349; no Pampa é de 60 e 260; no Pantanal é de 63 e 167; e no Marinho é de 334 espécies da fauna (BRASIL, 2019).

A DIVERSIDADE SOCIOCULTURAL BRASILEIRA é um elemento importante que se soma à biodiversidade presente neste país de dimensões continentais para compreender os diferentes modos de vida, valores culturais, históricos, bem como a interação com o ambiente em que estão inseridos. Para exemplificar essa questão, o Brasil reúne 305 etnias indígenas, 900 mil índios que falam ao menos 274 línguas (IBGE, 2016), que estão vulneráveis aos impactos e riscos das alterações do uso da terra e incidência de extremos climáticos (SARAIVA et al., 2018). No caso do bioma Amazônia, aproximadamente 561 Territórios Indígenas (TI), distribuídos em 116,8 milhões de hectares e que representam cerca de 20% da área.

URBANIZAÇÃO E PRESSÕES CLIMÁTICAS

A urbanização é vetor de modificação dos habitats, sobretudo quando ocorre de forma acelerada e desordenada, que compromete a saúde e o bem-estar humano e aumenta a sua susceptibilidade aos extremos climáticos. Os impactos na incidência de doenças e desastres relacionados aos extremos climáticos, como desconforto térmico e doenças cardiovasculares em idosos (LAPOLA et al., 2019), respiratórias e de veiculação hídrica (HACON; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2018), além de alagamentos e deslizamentos de terra (PEREZ, 2016), afetam principalmente as populações pobres que vivem em áreas densas com infraestrutura precária (MIKOSZ, 2017).

Sobretudo a urbanização ao longo da extensa zona costeira brasileira (8.500 km), ocupada por cerca de 25% da população brasileira (BRASIL, 2011), distribuída em aproximadamente 400 municípios³² do país, tem sido grande vetor da perda de vegetação nativa e de serviços ecossistêmicos.

³¹ Em 2018 foram criadas duas APAs, cada uma com 40 milhões de hectares (ha), além do Monumento Natural de Trindade e Martim Vaz, com 6 milhões de hectares, e o de São Pedro e São Paulo, com 4 milhões de hectares. O Brasil passa de 1,5% de áreas marinhas protegidas para 25%, o que possibilita o cumprimento da Meta 11 de Aichi, que prevê a proteção de 17% das áreas marinhas e costeiras de cada país até 2020 (Decretos nº 9.313/2018 e nº 9.312/2018).

³² Ministério do Meio Ambiente (MMA) sobre “Características e limites da Zona Costeira e Espaço Marinho”. Disponível em: www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/zona-costeira-e-seus-m%C3%BAltiplos-usos/caracteristicas-da-zona-costeira.html.

Em adição, dentro de um conjunto complexo de vetores, a perda de produtividade agrícola aliada ao avanço de áreas de desertificação influencia processos de migração no semiárido (LINDOSO et al., 2018), o aumento da densidade habitacional em assentamentos urbanos precários e pressões urbanas sobre os ecossistemas (BUSTAMANTE; METZGER et al., 2019).

Governança da Segurança Socioambiental

São descritas, a seguir, as principais políticas públicas nacionais voltadas à conservação ambiental, povos e comunidades tradicionais, agricultura familiar, cidades e gestão de riscos e proteção social.

CONSERVAÇÃO AMBIENTAL, POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS

O principal instrumento de governança ambiental do país é a **Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)** (Lei nº 6.938/1981), cujo objetivo principal é a “preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar no país as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana”.

A Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN) (Lei nº 12.651/2012), ou **Novo Código Florestal**, estabelece normas gerais de proteção da vegetação, de Áreas de Preservação Permanente (APP), de Reserva Legal (RL), de exploração florestal e de controle e prevenção dos incêndios florestais (BRASIL, 2012). A **Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg)** e o **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)**, ambos de 2017, visam a recuperação de RLs, de APPs e de áreas degradadas com baixa produtividade agrícola.

O **Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)** (Lei nº 9.985/2000), implementado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e demais entidades nacionais e subnacionais, atua no ordenamento territorial a fim de priorizar a conservação da biodiversidade, o uso sustentável dos recursos naturais, incentivar cadeias produtivas da biodiversidade, bem como o extrativismo feito por povos indígenas e comunidades tradicionais, de modo a garantir a manutenção do modo de vida, subsistência e economia (MMA, 2011).

Destaca-se ainda a **Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT)** (Decreto nº 6.040/2007), que dispõe sobre o reconhecimento e visibilidade dos Povos e Comunidades Tradicionais (PCT) e da regularização dos seus territórios, cuja implementação é de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Social. A **Política Nacional de Gestão Territorial e Ambiental em Terras Indígenas (PNGATI)** (Decreto nº 7.747/2012) visa a proteção, recuperação e uso sustentável dos recursos naturais em terras indígenas, como forma de garantia das condições de vida e cultura desses povos. Sua coordenação e execução são da Fundação Nacional do Índio (FUNAI) (Lei nº 5.371/1967), vinculada ao Ministério da Justiça e ao

Para saber mais sobre as características ambientais do país, consulte o item 1.1.

Conselho Nacional de Política Indigenista. As **Reservas Quilombolas** (Decreto nº 4.887/2003) garantem o direito de uso da terra e são cedidas aos descendentes de escravos negros e moradores de áreas rurais.

Alguns programas de proteção socioambiental visam recompensar financeiramente a conservação da floresta e ecossistemas a povos indígenas e populações tradicionais, tais como o **Programa Bolsa Verde**³³ e o **Programa Bolsa Floresta**³⁴.

No âmbito de estratégias sobre biodiversidade, cadeia produtiva sustentável e segurança alimentar, sobretudo para povos indígenas e comunidades tradicionais, ressaltam-se o **Plano Nacional de Promoção das Cadeias de Produtos da Sociobiodiversidade (PNPSB)**, o **Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica (PLANAPO)** e a **Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Sociobiodiversidade (PGPM-Bio)** (MMA, 2016).

O Brasil possui ainda o **Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM)**, criado em 2004, que foi também estabelecido para outros biomas, como o Cerrado (**PPCerrado**), com destaque também ao programa de monitoramento de focos de calor e queimadas realizado pelo INPE.

A Comissão Nacional de Combate à Desertificação (CNCDD) é a responsável pela implementação da **Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**, transversal a outras políticas setoriais, programas, projetos e atividades governamentais correlatas no país.

Para os ecossistemas aquáticos, o Brasil é signatário desde 1971 da **Convenção de Ramsar (CR)**, que contempla ações de conservação de Áreas Úmidas, com a inclusão de suas diretrizes em diferentes modalidades das UCs (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019).

CIDADES E GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES

As políticas e os instrumentos de ordenamento territorial em nível local, em conjunto com o **Zoneamento Ecológico-Econômico** regional, são fundamentais para assegurar e incrementar a resiliência das áreas urbanas que tenham alto valor ambiental. O **Estatuto da Cidade** (Lei nº 10.257/2001) define as diretrizes do parcelamento e uso do solo urbano e estabelece o **Plano Diretor**, principal instrumento urbanístico, obrigatório para municípios com mais de 20 mil habitantes (entre outros critérios).

³³ Constitui um auxílio de renda para a população rural e extrativista desenvolverem atividades de produção e geração de renda.

³⁴ Compensação financeira para os serviços prestados de conservação da floresta pelas populações tradicionais e indígenas do Amazonas.

É importante apontar os programas federais **Minha Casa Minha Vida**, que busca facilitar o acesso à casa própria para as famílias de baixa renda, e o **PlanSAB**, que visa universalizar o saneamento ambiental, reduzir a proliferação de doenças de veiculação hídrica e os impactos dos desastres naturais nas áreas urbanas.

O **Ministério do Desenvolvimento Regional** é responsável pelo gerenciamento de desastres em áreas urbanas, com medidas de planejamento urbano e de combate a desastres. Neste contexto, destaca-se a **Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC)** (Lei nº 12.608/2012), que dispõe sobre apoio aos municípios para a elaboração de Planos de Redução de Risco e arranjos institucionais entre Defesa Civil federal, estaduais e municipais. O **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais**, de 2011, criou também o **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden)**, sob a gestão do **Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)**, que monitora as ameaças naturais em áreas de riscos nos municípios e emite alertas de risco de desastres hidrogeometeorológicos às defesas civis estaduais e municipais. Por fim, o **Serviço Geológico do Brasil (CPRM)** é responsável, em nível federal, pela elaboração de mapas de vulnerabilidade para enchentes e deslizamentos de terra (MIKOSZ, 2017).

Como forma de fortalecimento da capacidade de respostas do **Sistema Único de Saúde (SUS)** em face das situações de emergência em saúde pública, como são os casos de desastres, o **Ministério da Saúde**, no âmbito da Coordenação-Geral de Emergências em Saúde Pública (CGEMSP) do Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública (DSASTE), conta com o **Programa Vigilância em Saúde Ambiental Associada aos Desastres de Origem Natural (Vigidesastres)**. O programa promove o desenvolvimento de ações a serem adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública para a redução do risco de exposição da população, da infraestrutura e dos profissionais de saúde aos impactos ocasionados por desastres de origem natural. A CGEMSP gerencia ainda com o **Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde (CIEVS)**, cujo principal objetivo é a identificação das emergências em saúde pública, de modo contínuo e sistemático, e a ampliação da capacidade técnica de respostas a eventos que se constituem em emergências em saúde pública, incluindo capacitação de recursos humanos para instituir ações de investigação, controle e prevenção.

PROTEÇÃO SOCIAL

Determinados programas e serviços são essenciais na manutenção da saúde e bem-estar humanos, como o **Programa Bolsa Família** (Lei nº 10.836/2004), referência mundial em combate à pobreza e à desigualdade social, cujo objetivo é o alívio da pobreza e a inclusão social para a promoção de educação, saúde e emprego, por meio de coordenação intersetorial entre as três esferas da federação.

No semiárido do Nordeste brasileiro, que compreende o bioma Caatinga, há décadas existem políticas intersetoriais para reduzir os impactos dos extremos de secas recorrentes. A **Superintendência de**

Para saber mais sobre políticas sociais no país, consulte o **item 1.4**.

Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (Lei nº 3.962/1959) atua no desenvolvimento socioeconômico da região, com vistas à minimização dos impactos da seca na emigração regional e na produção da agricultura familiar.

O **Sistema Único de Saúde (SUS)** é formado por uma ampla rede de proteção social, como o **Programa Saúde da Família (PSF)**, para atender dentro das comunidades mais pobres do país, atuando principalmente na saúde preventiva. Relacionado à mudança do clima, em 2011 foi criado o **Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSMC)**, que estabelece medidas de adaptação do SUS para minimizar as vulnerabilidades das populações carentes e fortalecer a resposta dos serviços de saúde frente à mudança do clima, além de compor uma Força Nacional para contingência de situações de emergência em casos de inundações, deslizamentos de terra, secas prolongadas e epidemias.

Diante da importante relação entre qualidade do ar e saúde, o Sistema Único de Saúde (SUS) conta, no âmbito da Coordenação Geral de Saúde Ambiental (CGVAM) do Ministério da Saúde, com a **Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Contaminantes Atmosféricos (Vigiar)**, que visa a promoção da saúde da população exposta aos fatores ambientais relacionados aos poluentes atmosféricos de origem natural e/ou antrópica (proveniente de fontes fixas, de fontes móveis, de atividades relativas à extração mineral, da queima de biomassa ou de incêndios florestais). As ações do Vigiar são desenvolvidas em conjunto com as Secretarias de Saúde Municipais, Estaduais e do Distrito Federal.

3.7.2 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Socioambiental: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos

Devido à grande abrangência temática da segurança socioambiental, as análises foram estruturadas sob duas vertentes: a primeira tratando de **ecossistemas e serviços ecossistêmicos**; e a segunda de **desastres, migrações e saúde**.

Cadeia de Impactos: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos

A mudança do clima e os processos por ela alterados são retroalimentados pelas mudanças do uso da terra (MUT), gerando uma cadeia de impactos.

A biodiversidade

tem papel de mediadora de todos os serviços ecossistêmicos de provisão, regulação, suporte e culturais (DÍAZ *et al.*, 2018).

A mudança do clima

é um obstáculo para a erradicação da pobreza e desigualdades socioeconômicas e pode colocar mais pessoas nesta situação (HALLEGATTE; ROZENBERG, 2017).

A perda de recifes de corais, associada ao aquecimento dos oceanos, reduzirá ainda mais os estoques pesqueiros (DONNER; POTERE, 2007), que junto com a sobrepesca comprometerão o modo de vida e renda de cerca de 1 milhão de pescadores, principalmente do Norte e Nordeste do país (SARAIVA *et al.*, 2018).

PRESSÕES CLIMÁTICAS contemplam o aumento da temperatura, alteração em padrões de precipitação (incluindo aumento na incidência e na magnitude de eventos extremos), ondas de calor, aumento do nível do mar e da temperatura dos oceanos e acidificação dos oceanos.

FATORES NÃO CLIMÁTICOS TAMBÉM CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DA VULNERABILIDADE DOS SISTEMAS NATURAIS E HUMANOS. A mudança do clima, juntamente com outros vetores de degradação, tem levado ao aumento da susceptibilidade e vulnerabilidades dos ecossistemas e da **biodiversidade**, o que prejudica sua condição de fornecer **serviços ecossistêmicos** essenciais para o bem-estar e o desenvolvimento humano e econômico. Citam-se como exemplo os fatores de pressão de mudanças de uso da terra, crescimento populacional, alteração em padrões de consumo e tecnológicos e atividades socioeconômicas.

A partir de outra perspectiva, a pobreza, a marginalização (por gênero, etnia, raça e classe social) e a desigualdade socioeconômica, incluindo falta de acesso a tecnologias e infraestrutura, se sobrepõem à degradação e perda de ecossistemas e são fatores condicionantes de vulnerabilidades a diferentes impactos relacionados ao clima (ADGER *et al.*, 2014; OLSSON *et al.*, 2014). Destacam-se ainda as populações tradicionais, os povos indígenas e produtores familiares que dependem diretamente da integridade da floresta e dos serviços ecossistêmicos por ela providos, o que torna esses grupos altamente vulneráveis aos impactos da degradação ambiental e da **mudança do clima**.

OS PONTOS DE INFLEXÃO E SUAS INCERTEZAS. Os impactos climáticos, sobrepostos aos processos oriundos das mudanças do uso da terra, incidem sobre os ecossistemas de forma não linear, heterogênea no tempo e no espaço e são ainda pouco elucidados, tal como o debate sobre os pontos de inflexão ou *"tipping points"*³⁵ (LENTON *et al.*, 2008). Os *"tipping points"* estão associados a limiares de mudança (incluindo os fatores climáticos), que se ultrapassados podem comprometer a estabilidade dos ecossistemas e gerar impactos negativos para a economia e a sociedade. Esses limiares são difíceis de prever e ainda mais de reverter, mas devem ser reconhecidos para poder antever e gerenciar riscos emergentes (OPPENHEIMER *et al.*, 2014), que desafiam a governança para a sustentabilidade e o combate à mudança do clima (ROCHA, PETERSON; BIGGS, 2015; SCHEFFER *et al.*, 2001).

Ponto de inflexão da Floresta Amazônica. A perda de parte da floresta pode comprometer a integridade do ecossistema (LOVEJOY; NOBRE, 2018; NOBRE, *et al.*, 2016). Este ponto de inflexão aconteceria com o desmatamento de 40% sobre a distribuição original da floresta e afetaria o ciclo hidrológico da região, o que provocaria uma redução da disponibilidade de umidade e um prolongamento da estação seca e consequentemente a transição a um novo patamar de estabilidade ecológica (MALHI *et al.*, 2008; LOVEJOY; NOBRE 2018; LAPOLA *et al.*, 2018). Como a floresta amazônica regula o ciclo hidrológico na Amazônia e transporta umidade às regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, favorecendo a ocorrência de chuvas (MARENGO *et al.*, 2004; ARRAUT *et al.*, 2012), a pressão antrópica sobre esse ecossistema pode colocar em risco o clima continental (NOBRE; SELLERS; SHUKLA, 1991; MARENGO *et al.*, 2018; WATTS *et al.*, 2019).

³⁵ Pontos de inflexão ou de não retorno ao estado e funcionalidade originais.

CRESCENTE PAPEL DA MUDANÇA DO CLIMA NA DEGRADAÇÃO ECOSISTÊMICA. Para o Brasil, análises de modelagem dos efeitos cumulativos de vetores climáticos e não climáticos na variação na abundância média de espécies revelam que as mudanças do uso da terra sempre tiveram um papel histórico preponderante na alteração dos ecossistemas³⁶ terrestres e ambientes marinhos (JOLY et al., 2019). A redução na abundância média de espécies até 1970 foi estimada em 22,6%, com pequena participação da mudança do clima. A partir dessa década, observa-se a crescente influência da mudança do clima nos processos de perda de biodiversidade. Em 2050, a perda chegaria a 45%, ou seja, um incremento de 23,4% em relação a 1970, sendo somente a mudança do clima responsável por cerca de até 10%, conforme a trajetória analisada (OMETTO et al., 2018).

OCUPAÇÃO DE ÁREAS COSTEIRAS E CONSEQUÊNCIAS SOBRE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS. Nas áreas costeiras, a ocupação urbana impacta a provisão de água e alimentos (sobrepesca, por exemplo), gera poluição e perda de serviços ecossistêmicos de suporte para a estabilidade costeira e culturais, como recreação e turismo (BUSTAMANTE; METZGER et al., 2019). A vulnerabilidade das cidades costeiras, com assentamentos precários e falta de vegetação nativa, é associada principalmente a inundações e processos erosivos oriundos (e agravados) da elevação do nível do mar e o aumento da frequência e magnitude de eventos extremos (COPERTINO et al., 2017).

PROVISÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS SOB RISCO. Pressões sobre os ecossistemas, habitats e biodiversidade causados por alterações do clima e do uso da terra têm impactos diretos na capacidade de provisão de serviços desses sistemas naturais, assim como nos sistemas humanos deles dependentes.

Disponibilidade hídrica. Os solos bem estruturados, tais como os solos florestais, por exemplo, capturam e armazenam água e podem desempenhar um papel importante no fornecimento de água potável para abastecimento humano, agricultura, pecuária e para geração de energia. A perda de resiliência dos ecossistemas esperada a partir do SWL2 para Amazônia, Mata Atlântica e Cerrado poderá comprometer a disponibilidade hídrica nas diversas regiões e aumentar a competição entre diferentes setores como abastecimento urbano e produção agropecuária.

Produção de alimentos. É diretamente dependente da qualidade do solo e da disponibilidade hídrica e está associada à vegetação nativa e aos serviços ecossistêmicos de polinização. As alterações dos ecossistemas causadas pela mudança do clima têm tornado a produção de alimentos vulnerável à incidência de extremos climáticos (GOMES et al., 2019).

Alteração do modo de vida da população, principalmente entre os povos indígenas e populações tradicionais e agricultores familiares, associada aos impactos de extremos climáticos nas práticas agrícolas, de pesca, comerciais e de subsistência estão diretamente relacionadas à degradação ambiental e níveis de pobreza e desigualdade socioeconômica (LAPOLA et al., 2018; PINHO; MARENGO; SMITH, 2015; TOMASELLA et al., 2013). Erosão costeira e continental e assoreamento dos rios geram migrações “forçadas”, tanto da população caiçara que ocupa as zonas costeiras quanto da população ribeirinha que ocupa as margens de grandes rios (CEDEPLAR/MMA/PNUD, 2017; LAPOLA et al., 2018; PINHO, 2016).

Os impactos da mudança do clima em ecossistemas alterados podem comprometer também o turismo (BUSTAMANTE, METZGER et al., 2019; MIKOSZ, 2017).

³⁶ Nessas análises de MUT não foi considerado o bioma Pantanal.

Saúde humana. Ecossistemas alterados implicam maior vulnerabilidade à mudança do clima na saúde da população. Ou seja, a menor presença de vegetação nativa e/ou maior de áreas degradadas se refletem no aumento da incidência de doenças de veiculação hídrica e/ou dispersão por vetores (ex.: dengue, malária e febre amarela) (BARCELLOS; LOWE, 2014; SENA *et al.*, 2017). Da mesma forma, ecossistemas equilibrados e a preservação de sistemas naturais em áreas urbanas contribuem para o controle de ondas de calor, as quais afetam principalmente populações mais vulneráveis como idosos, crianças e mulheres grávidas, (LAPOLA *et al.*, 2019).

Fragmentação na Mata Atlântica. As mudanças no regime de precipitação e secas prolongadas indicam perda de produtividade primária da Mata Atlântica (PIRES *et al.*, 2017). A alta fragmentação do bioma leva a criação de bordas que afetam negativamente a estrutura da vegetação, biodiversidade, biomassa e, conseqüentemente, o serviço de estocagem de carbono (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; ROBINSON *et al.*, 2015). As florestas sem ou com pouco efeito de borda retêm até três vezes mais carbono do que fragmentos pequenos (MAGNAGO *et al.*, 2017). Ademais, a Mata Atlântica, frente aos demais biomas, é sem dúvida o de menor capacidade adaptativa frente aos impactos das mudanças climáticas, justamente pelo fato de dispor somente de 14% de sua cobertura vegetal original (LAPOLA *et al.*, 2014).

Avaliação de Impactos-chave na Segurança Socioambiental: Ecossistemas e Serviços Ecossistêmicos

ABORDAGEM METODOLÓGICA

De acordo com a cadeia de impactos relacionados ao clima na segurança socioambiental, os “impactos-chave” avaliados são:

- Alteração dos ecossistemas, habitats e biodiversidade;
- Ocorrência de episódios de incêndio;
- Perda de serviços ecossistêmicos.

ANÁLISES DE IMPACTOS POR BIOMAS. Os “impactos-chave” foram analisados sob uma perspectiva integrada para cada bioma brasileiro, considerando resultados de **modelagem de resiliência dos biomas à mudança do clima** realizada com base na distribuição de nicho climático, a partir de variáveis de temperatura e precipitação para o período atual (1960-1990) e cenários futuros (SWL1,5, SWL2 e SWL4).

Resiliência dos biomas refere-se à “habilidade da floresta de absorver perturbações e se reorganizar para manter suas funções e estruturas de funcionamento, considerando que os ecossistemas raramente voltam ao seu estado e condições prévias à perturbação” (SCHEFFER, 2009, p. 357). Considera-se a resiliência como a taxa de recuperação depois da perturbação e a perturbação máxima que a floresta pode absorver antes de transformar-se em outro tipo de ecossistema (GUNDERSON, 2000; SCHEFFER *et al.*, 2009).

Complementarmente, consideraram-se demais fatores que atuam de maneira sinérgica sobre a perda de resiliência dos biomas, tais como mudanças de uso da terra, atividades socioeconômicas, urbanização, entre outras, além da mudança do clima.

Diversas incertezas dificultam a projeção precisa de cenários de uso da terra e o impacto futuro das alterações climáticas nos ecossistemas dos biomas brasileiros (OMETTO *et al.*, 2018). No entanto, dados observados oferecem bons indicadores dos impactos e vulnerabilidades dos biomas brasileiros no cenário atual (LAPOLA *et al.*, 2014; SOARES-FILHO *et al.*, 2006; STRASSBURG *et al.*, 2017).

Quanto às **Zonas Costeiras**, além dos fatores de resiliência dos biomas modelados, há aspectos específicos relacionados ao clima, tais como elevação do nível do mar, aumento da temperatura dos oceanos, erosão costeira e acidificação, com desdobramentos e impactos negativos sobre os serviços ecossistêmicos e biodiversidade aquáticos, descritos no BOX 3.5. Oceanos e Resiliência Socioambiental nas Zonas Costeiras à Mudança do Clima.

Nicho climático é entendido aqui como o conjunto de condições climáticas favoráveis para a ocorrência de cada um dos biomas no Brasil.



Modelagem de Resiliência dos Biomas à Mudança do clima. Para estimar a resiliência (ou potencial de resposta ecoclimática) dos biomas, partiu-se da premissa de que cada tipo de vegetação está adaptado a determinadas condições climáticas. Se, no futuro, um bioma for exposto a condições diferentes, às quais não está adaptado, sua resiliência poderia diminuir até um ponto em que se transformaria, resultando em características de vegetação de outro bioma. Assim, cada bioma representa um estado estável dentro de um sistema multiestável (SCHEFFER *et al.*, 2012) e apresenta uma resposta fenotípica peculiar às condições climáticas predominantes de uma região, consolidada ao longo da história evolutiva (DONOGHUE; EDWARDS, 2014).

Quatro preditores climáticos (LEHMANN *et al.*, 2014; OLIVERAS; MALHI, 2016) foram selecionados a partir de dois eixos ecoclimáticos, conforme Anjos e Toledo (2018): **disponibilidade de umidade** – (1) precipitação acumulada anual e (2) sazonalidade da precipitação; e **disponibilidade energética** – (3) temperatura média anual e (4) amplitude anual de temperatura. Tais variáveis foram obtidas a partir do modelo climático Eta-HadGEM2-ES (CHOU *et al.*, 2014), com resolução espacial de 0.20° (~20km). Mais de 21 mil pontos distribuídos igualmente por todo o país foram selecionados, contendo, além da informação da presença ou ausência dos biomas terrestres, padrões de chuva e de temperatura para o presente e para o futuro.

A “resiliência” representa o grau de dominância de certo bioma dentro de determinados limites biogeográficos. Altos valores dessa variável indicam que um bioma tem forte predominância em comparação a outros. Por outro lado, baixos valores apontam para maior suscetibilidade a eventos de transição para outros estados estáveis dos ecossistemas. Para melhor interpretação dos resultados, entende-se que, onde o valor da resiliência é 0, não se observa o bioma, enquanto valores positivos não nulos são aproximações da probabilidade de se encontrar o bioma naquele local, tanto no período histórico como nos cenários futuros. O maior valor de resiliência encontrado nos biomas no Brasil foi de 996 (nas suas condições originais), de forma que a faixa de cores adotada nos mapas é de 0 a 1.000, para contemplar esse valor máximo.

Os resultados obtidos evidenciam que, no clima atual, cada bioma ocupa determinada faixa do gradiente ambiental climático. Dentro desse contexto, todos apresentam alta resiliência relativa nos seus domínios e resiliência baixa ou intermediária nas faixas de transição dos biomas, com pouca sobreposição de ocupação do nicho climático (temperatura e precipitação) entre eles³⁷.

ANÁLISE DE IMPACTOS POR BIOMA

Apresenta-se para cada bioma uma análise (quali-quantitativa) da exposição dos ecossistemas e habitats diante das respectivas projeções de resiliência, frente às evidências e às tendências associadas com demais fatores de pressão não climáticos.

³⁷ Os resultados dessa modelagem também já foram descritos por Zanin, Machado e Albernaz (2016), mostrando compatibilidade com os resultados.

Amazônia

A Amazônia é um *hotspot* de biodiversidade e constitui a maior floresta tropical do mundo, com fornecimento de serviços ecossistêmicos de regulação climática de escala regional e global (BYERS *et al.*, 2018; MITTERMEIER; ROBLES-GIL; MITTERMEIER, 1997). Da mesma maneira, é um *hotspot* de mudança do clima dada a sensibilidade da floresta ao aumento de temperatura, redução e aumento das precipitações e da umidade (COX *et al.*, 2004, NOBRE *et al.*, 2016); e, por estar localizada nos trópicos, o aumento médio das temperaturas globais se faz muito mais expressivo (HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018; IPCC, 2014). No âmbito socioeconômico, as cidades da Amazônia têm sido tratadas como um *hotspot* de vulnerabilidade socioclimática devido ao aumento expressivo de temperatura, perda de cobertura florestal e de serviços ecossistêmicos, altos índices de pobreza e falta de infraestrutura (DARELA *et al.*, 2016; TORRES; MARENGO, 2014).

Amazônia: Perda de Habitats, Ecossistemas e Biodiversidade

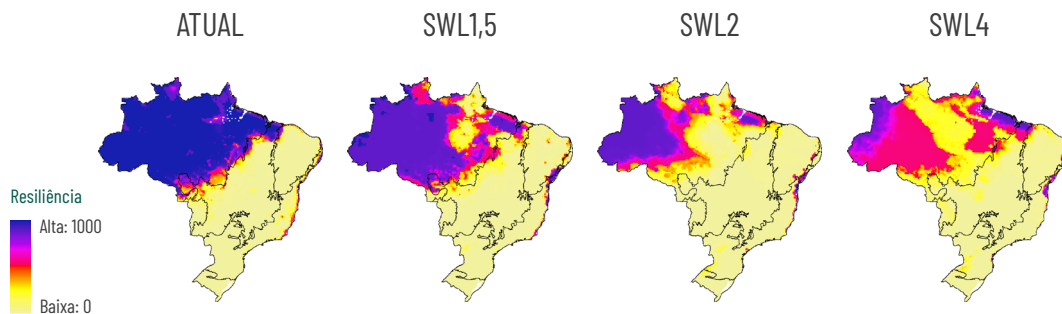


Figura 3.38

Projeções de resiliência do bioma Amazônia, no presente e nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.

A **amplitude de resiliência** no espaço ecoclimático do período de referência ocupado pela Amazônia (níveis altos de precipitação e temperatura) denota alta capacidade adaptativa da floresta. As tendências de diminuição de precipitação e umidade afetariam a sua resiliência, com o limiar de sua alteração sensível a uma diminuição da precipitação anual abaixo de 1.500 mm/ano. As projeções mostram uma alteração significativa na resiliência e evidenciam perda na maior parte do bioma, a partir do SWL1,5 e se concentra em alta resiliência apenas na parte oeste do bioma, mas com retração significativa em níveis de aquecimento mais elevados (Figura 3.38). Tal cenário resulta em aumento da mortalidade de árvores, redução da biomassa florestal e incremento na incidência de episódios de incêndio, até a perda de biodiversidade e de serviços ecossistêmicos (ANJOS; TOLEDO, 2018; OMETTO *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2018).

O aumento de episódios de incêndios florestais afeta a estrutura da floresta, leva à perda de biodiversidade, compromete os serviços ecossistêmicos, além de aumentar as emissões de gases de efeito estufa (ARAGÃO *et al.*, 2014).

Figura 3.39

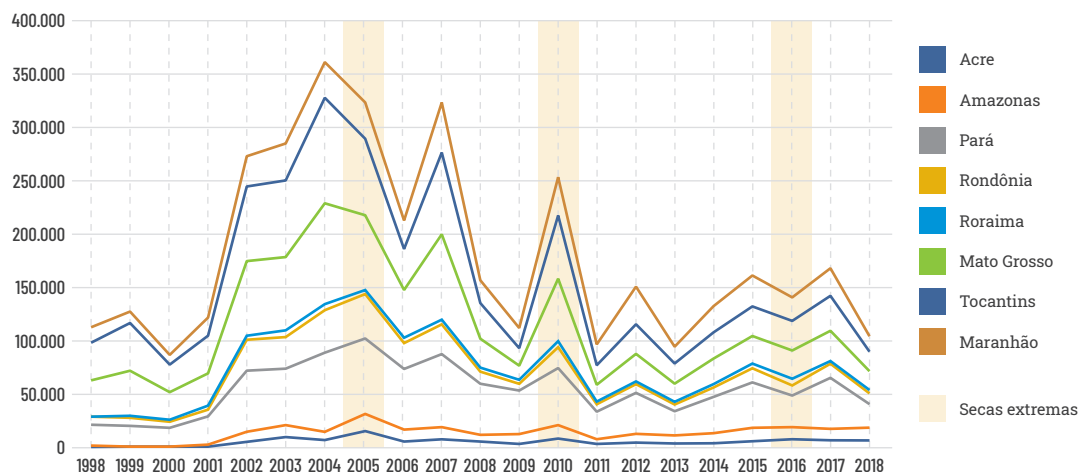
Total de focos de calor ativos detectados pelo satélite de referência, no período de 1998 até 2018, para os estados da Amazônia Legal e picos de extrema seca em 2005, 2010 e 2016.

Elaboração própria com base nos dados disponibilizados pelo INPE³⁸.

A floresta amazônica tem sido submetida às forças de mudança de uso da terra, o que aumenta sua susceptibilidade aos impactos das mudanças climáticas e compromete sua capacidade de regeneração (DAVIDSON *et al.*, 2012; HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018; MARENGO *et al.*, 2018). As taxas de desmatamento na Amazônia durante a última década tiveram uma queda expressiva em relação aos níveis de 2004, mas a partir de 2016-2018 voltaram a crescer (AGUIAR *et al.*, 2016; ARAGÃO *et al.*, 2018).

Amazônia: Incidência de Incêndios

Na região amazônica, o fogo é uma técnica amplamente difundida especialmente para a limpeza de terras e manejo agrícola, além de uso para a caça e rituais religiosos por povos indígenas e comunidades tradicionais (HECHT, 2006). Nos últimos 20 anos, em conjunto com o aumento da conversão de florestas para outros usos, secas severas amplificaram as ocorrências de incêndio (CAMPANHARO *et al.*, 2019). Para a Amazônia Legal, nos estados do Acre, Amazonas e Pará, durante as secas de 2005, 2010 e 2016, houve um aumento significativo nos números de focos ativos de calor devido à queima de biomassa (Figura 3.39).



No estado do Acre, durante o ano extremamente seco de 2010, os incêndios se espalharam para regiões remotas, o que impactou áreas protegidas privadas e públicas, com área total afetada aproximadamente 16 vezes maior do que nos anos meteorologicamente normais (CAMPANHARO *et al.*, 2019).

³⁸ Disponível em: http://www.inpe.br/queimadas/portal/estatistica_estados

Uma avaliação recente mostrou que, apesar de a taxa de desmatamento ter diminuído 76% entre 2003 e 2015, em 2015, a incidência de incêndios durante a seca aumentou 36% em relação aos 12 anos anteriores. Em 2015/2016, estimou-se que cerca de 46% do bioma na parte brasileira tenham sido atingidos por seca severa e extrema, comparado com 16% e 8% para as secas em 2009/2010 e 2004/2005, respectivamente (ANDERSON *et al.* 2018).

Há evidências sobre a associação entre as emissões da queima de biomassa da floresta e a incidência de **doenças respiratórias**, principalmente em crianças menores que 5 anos (CARMO; ALVES; HACON, 2013). Na Amazônia, durante as secas de 2005 e de 2010, houve aumento de 1,2 a 27% de internações de crianças (menores que 5 anos) por doenças respiratórias (SMITH *et al.*, 2014). Em 2018, em cidades dos estados do Amapá, Pará, Maranhão e Mato Grosso foram registrados aumentos significativos de internações de crianças (menores de 10 anos) por problemas respiratórios (total de 5.091 internações por mês, quando o valor esperado seria de 2.589). No Pará, em 2018 foi registrado um total de 86 óbitos de crianças (menores que 5 anos) por problemas respiratórios. Apenas em 2018, calcula-se que as internações de crianças por problemas respiratórios teriam gerado um custo excedente de R\$ 1,5 milhão nos hospitais públicos e conveniados com o SUS (BARCELLOS *et al.* 2019).

Amazônia: Serviços Ecossistêmicos

Outro impacto decorrente é a perda de **produtividade primária da floresta** como sumidouro de CO₂ (ARAGÃO *et al.*, 2018). A capacidade das florestas em reter carbono tem sido comprometida, possivelmente em função da redução da umidade ou por uma saturação do efeito de fertilização por CO₂ (LAPOLA *et al.*, 2018). O sumidouro líquido de carbono (produtividade líquida) na Amazônia brasileira pode ser neutralizado ou revertido durante os anos de seca (ARAGÃO *et al.*, 2014).

Em adição, evidências recentes mostram que as florestas afetadas pelo fogo têm níveis de biomassa $24,8 \pm 6,9\%$ abaixo do valor da biomassa das parcelas de controle não queimadas após 31 anos, o que indica que incêndios florestais, sobretudo na Amazônia, podem reduzir significativamente a biomassa florestal por décadas e aumentar as taxas de mortalidade das árvores (SILVA *et al.*, 2018).

Na Amazônia, estudos evidenciam a relação entre o desmatamento, a urbanização e a incidência de episódios de fogo, que proporcionam ambientes para propagação do mosquito transmissor da malária (*Anopheles darlingi*) e aumento na incidência da doença na região (HAHN *et al.*, 2014), além de **dengue** e de **doenças cardiorrespiratórias** (BRONDÍZIO *et al.*, 2016b; JACOBSON *et al.*, 2014; LAPOLA *et al.*, 2019; OLIVEIRA ALVES, *et al.*, 2017).

Na região do Bioma, tanto o baixo quanto o alto volume dos rios impactam o transporte, os **modos de vida e as atividades produtivas da população**, o que compromete de forma sistêmica a infraestrutura, o abastecimento de alimentos, o fornecimento de energia, os serviços de saúde e de educação (LAPOLA *et al.*, 2017; PINHO; MARENGO; SMITH, 2015). No bioma Amazônia, caso o aquecimento global chegue a 2 °C, poderá levar a uma **redução das vazões** dos principais rios em até 25%, o que repercutiria em impactos negativos significativos na segurança alimentar e hídrica da população (BETTS *et al.*, 2018).

A perda da umidade oriunda do bioma Amazônia, que junto com a umidade do Oceano Atlântico tropical trazida pelos ventos alísios gera padrões de chuva (rios voadores) no Sul-Sudeste do país (ARRAUT *et al.*, 2012; MARENGO *et al.*, 2004, 2020; NOBRE, 2014), poderá comprometer a produção agrícola dessa região. Tal cadeia de impactos, atrelada às mudanças ambientais e climáticas, revela a importância do serviço ecossistêmico de **regulação climática** da Amazônia, que transpassa a dimensão da escala local para a regional e global.

Os grandes **centros urbanos** na Amazônia são altamente vulneráveis aos impactos dos eventos de seca e inundações, devido à alta densidade populacional e índice de pobreza (PINHO *et al.*, 2014). Análise sobre vulnerabilidade socioclimática para o Brasil mostra que os grandes centros no bioma Amazônia são *hotspots*, como Manaus e Belém (DARELA FILHO *et al.*, 2016; TORRES *et al.*, 2012). O acesso precário às zonas urbanas coloca essas áreas e sua população em situação de alta vulnerabilidade a riscos socioambientais perante eventos extremos (PARRY *et al.*, 2017).

Para os ecossistemas urbanizados dos deltas e estuários na Amazônia, um índice de vulnerabilidade urbana às inundações a partir das dimensões de exposição, sensibilidade socioeconômica e infraestrutura indicou que 60-90% da população urbana é altamente vulnerável e a maioria dos setores urbanos está exposta a riscos de enchentes, alagamentos e problemas de saúde, associados também à pobreza e deficiências estruturais básicas, como acesso insuficiente à água potável ou coleta inadequada de resíduos (MANSUR *et al.*, 2016).

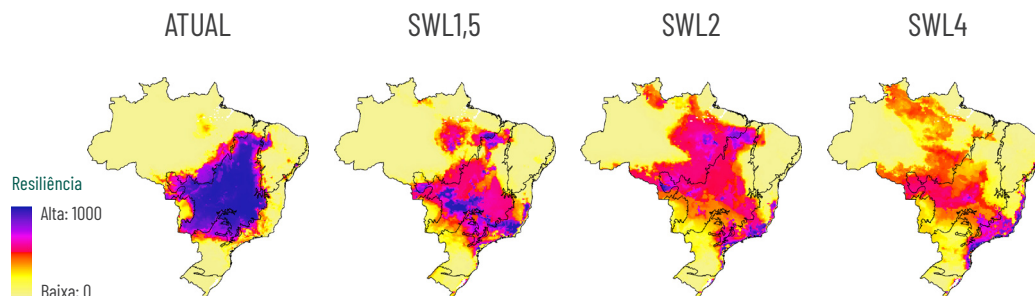
Cerrado

O Cerrado brasileiro, tal como a Amazônia, é reconhecido como um *hotspot* de biodiversidade e considerado a savana mais rica do mundo, pois abriga 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas, além de cerca de 4.800 tipos de plantas e vertebrados endêmicos (STRASSBURG *et al.*, 2017). O bioma ocupa 2 milhões de km² do território nacional, está presente em 15 estados brasileiros e abriga três grandes bacias hidrográficas, de forma a contribuir com 43% na provisão de água nacionalmente (LAHSEN; BUSTAMANTE; DALLA-NORA, 2016; STRASSBURG *et al.*, 2017). O Bioma possui menos de 19% de vegetação nativa e apenas 7,5% de sua área são protegidos com UCs e TIs.

Cerrado: Perda de Habitats, Ecossistemas e Biodiversidade

Figura 3.40

Projeções de resiliência do bioma Cerrado no presente e nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.



Para o Cerrado, a faixa de **amplitude de resiliência** é alta, maior do que para a Amazônia. O bioma apresenta relativa baixa resiliência em relação ao aumento das precipitações (~2,500 mm/ano) e maior tolerância ao gradiente de altas temperaturas no período atual. Também apresenta nível intermediário de biomassa. As projeções mostram que, a partir do SWL1,5, áreas mais propícias ao Cerrado se expandem sobre áreas antes ocupadas pelos biomas Amazônia e Mata Atlântica e região costeira. Para o SWL2, avança significativamente sobre grande parte da Amazônia e da Mata Atlântica. Para SWL4, os modelos indicam uma diminuição da resiliência na região que é atualmente ocupada pelo bioma Amazônia. Nesse mesmo cenário, a região costeira (Mata Atlântica) é ocupada pelo Cerrado, com resiliência intermediária (Figura 3.40).

Resultados da modelagem de resiliência corroboram com as evidências do IPCC, que mostram que uma elevação de temperatura de 3 °C no Cerrado, a partir de 2070, incorrerá em empobrecimento do ecossistema (HOEGH-GULDBERG *et al.*, 2018; IPCC, 2014).

O Cerrado, nos últimos 15 anos, sofreu uma perda de vegetação intensa, em torno de 236 mil km² entre 2000 a 2015, correspondente a mais da metade do registrado na floresta amazônica para o mesmo período. Alguns dos efeitos do desmatamento são a fragmentação e perdas de habitat, que em conjunto com a mudança do clima são fatores preponderantes para a perda de biodiversidade e espécies endêmicas (OMETTO *et al.*, 2018). Da mesma maneira, projeções de perda de habitat indicam altos riscos de extinção de mamíferos e plantas endêmicas, além de perdas previstas de 50% de áreas com adequação climática para distribuição de *Dipteryx alata* (baru), espécie vegetal nativa, por exemplo (DINIZ-FILHO *et al.*, 2012).

Apesar de a savana possuir menor sensibilidade ao estresse climático e maior capacidade de adaptação, se comparada com os biomas de floresta, como a Amazônia e a Mata Atlântica, o Cerrado se apresenta vulnerável aos impactos relacionados ao clima.

Cerrado: Incidência de Incêndios

Episódios de fogo são agentes naturais da ecologia do Cerrado, porém o aumento na frequência e na intensidade de eventos (fora dos padrões históricos do bioma) compromete a capacidade de recuperação da sua flora e fauna, o que altera também a qualidade do solo e dos elementos do ciclo hidrológico (BUSTAMANTE *et al.*, 2012). O bioma Cerrado tem sido o mais impactado pelo fogo nas últimas décadas, de forma que em dez anos (2000 a 2010) os incêndios detectados afetaram o equivalente a 203 milhões de ha (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019).

Os efeitos acoplados das alterações climáticas com alteração no regime de precipitação, aumento da temperatura e das secas prolongadas implicam aumento no potencial de incêndios (ocorrência e propagação), bem como de temporadas de fogo mais longas para as próximas décadas no país (LIU; STANTURF; GOODRICK, 2010). A substituição da vegetação nativa por espécies exóticas, com diferentes inflamabilidades e adaptações ao fogo, associadas a um clima mais quente e seco, alteraram significativamente o regime e a severidade do fogo, o que afetou a capacidade de resistência das espécies nativas com impactos significativos na biodiversidade (ENRIGHT

et al., 2015; KELLY; BROTONS, 2017). Projeções sugerem um aumento sistemático de dias de perigo crítico de fogo, de cerca de 20% no presente, para 28% em 2021-2050 e 32% em 2071-2100 (JOLY et al., 2019).

Cerrado: Serviços Ecosistêmicos

O Cerrado é um ecossistema crítico para estabilização climática, preservação da biodiversidade e prestação de serviços ecosistêmicos fundamentais, como a regulação do ciclo da água (DICKIE et al., 2016; LAPOLA et al., 2014; SCARANO; SANTOS, 2018; STRASSBURG et al., 2014).

Nas últimas décadas, o bioma tem sido impactado por eventos extremos de temperatura, seca e precipitação, com perdas econômicas principalmente associadas ao setor da agropecuária e de abastecimento urbano (MESQUITA, LINDOSO; RODRIGUES FILHO, 2018; SAWYER, 2009). A degradação e a perda de resiliência no bioma até o final do século (Figura 3.40) irão comprometer a produção de grãos, decorrente da perda de serviços ecosistêmicos, cujos impactos perpassam todos os aspectos econômicos e políticos (AYEB-KARLSSON et al., 2016). Em adição, dados observacionais indicam uma correlação entre a redução das chuvas e o incremento de secas no Cerrado com o comprometimento da disponibilidade hídrica das principais bacias do bioma (BUSTAMANTE; METZGER et al., 2019; SAWYER, 2009).

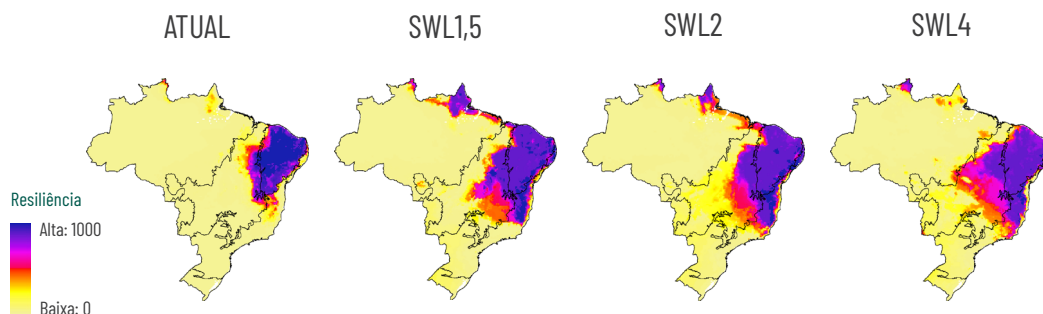
Caatinga

A Caatinga é atualmente um dos biomas mais alterados no Brasil, com cerca de 57% desmatados (BUSTAMANTE; METZGER, 2018; OMETTO et al., 2018), possui apenas 1% de sua área protegida e poucos estudos sobre ações de conservação (KOCH; ALMEIDA-CORTEZ; KLEINSCHMIT, 2017). A expansão pecuária e outras atividades, como urbanização, levaram à conversão de 45% da cobertura original, o que impactou a biodiversidade terrestre e aquática diretamente, pela conversão de uso da terra, e indiretamente pela utilização de insumos na agricultura (OMETTO et al., 2018; SCHULZ et al., 2016).

Caatinga: Perda de Habitats, Ecossistemas e Biodiversidade

Figura 3.41

Projeções de resiliência do bioma Caatinga no presente e nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.



A faixa de amplitude das variáveis ecoclimáticas (temperatura e precipitação) onde a Caatinga apresenta alta resiliência é bem estreita no período atual. As projeções futuras mostram outro estado estável, mais característico de deserto, sem biomassa, com altas temperaturas e níveis críticos de precipitação. Tais fatores indicam uma tendência maior ao processo de aridização que, em conjunto com a degradação ambiental, pode levar a uma expansão de áreas de desertificação com a diluição da **amplitude da resiliência**. Nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4 pode ocorrer uma expansão do bioma Caatinga para as zonas costeiras, regiões Sudeste e Centro-Oeste do país, sobre os biomas Mata Atlântica e Cerrado (Figura 3.41).

Para a Caatinga, a mudança do clima tem levado a estações com extremos de secas mais severas e prolongadas, o que já afeta 18% das áreas adequadas para espécies arbóreas especialistas de florestas tropicais sazonalmente secas (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Evidências recentes mostram a importância das áreas protegidas na proteção dos processos ecossistêmicos e da vegetação nativa contra os efeitos negativos da mudança do clima e do desmatamento e para a redução do processo de desertificação. As áreas estritamente protegidas apresentam maior produtividade e resistência considerável a baixos níveis de precipitação na Caatinga, quando comparadas ao uso sustentável ou áreas desprotegidas (ACOSTA SALVATIERRA *et al.* 2017).

Caatinga: Serviços Ecossistêmicos

O bioma Caatinga concentra 35% da área de **agricultura familiar** no país, responsável por parte da produção e diversificação de alimentos para o abastecimento do mercado nacional (EMBRAPA, 2014).

Apenas em Pernambuco, Paraíba e Sergipe, 25-32% da área total são ocupados pela agricultura familiar. Os processos de aridização e consequente perda de resiliência esperada no bioma nos diferentes níveis de aquecimento acima do SWL2 aumentarão as vulnerabilidades da agricultura familiar, que terão suas produtividades e modo de vida impactados. Os índices de pobreza nesse bioma também são expressivos, com índice de desenvolvimento humano (IDH renda, saúde e educação) baixo e intermediário comparado com outras regiões do país (IBGE, 2017a), o que mostra aspectos de vulnerabilidade social frente aos impactos da mudança do clima.

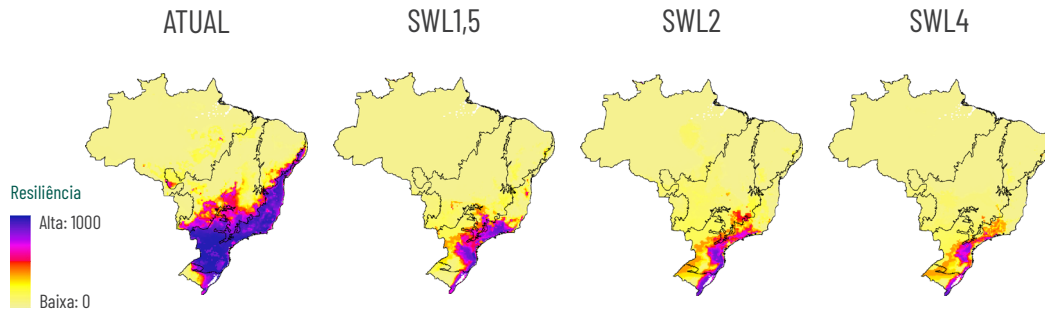
Mata Atlântica

Diante de uma ocupação antiga e bem consolidada, a Mata Atlântica é o bioma que sofreu a maior alteração de habitats e ecossistemas, restando apenas 14% da vegetação nativa (LAPOLA *et al.*, 2014; REZENDE *et al.*, 2018). A maioria dos remanescentes da Mata Atlântica tem menos de 50 ha (0,5 km²) e quase metade da floresta encontra-se a menos de 100 metros de uma área de borda, o que leva à inviabilidade de muitos processos ecológicos e biodiversidade associados (RIBEIRO *et al.*, 2009). Ometto *et al.* (2018) apontam que nas florestas sazonais do interior e na região do Rio São Francisco há apenas 5% a 7% da cobertura original, enquanto mais de 30% da cobertura de Mata Atlântica estão mantidos nas florestas úmidas da Serra do Mar.

Mata Atlântica: Perda de Habitats, Ecossistemas e Biodiversidade

Figura 3.42

Projeções de resiliência do bioma Mata Atlântica no presente e nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.



Para a Mata Atlântica, o padrão de divisão de **faixas de resiliência** é bem forte, com alta amplitude de temperatura (12 °C até 26 °C) mas com uma faixa mais restrita às médias anuais de precipitação (~1.200 e 2.000mm/ano), o que sugere um limiar crítico para a Mata Atlântica de transição para outro bioma, como o Cerrado. Para o SWL1,5, uma retração da ocupação do bioma é projetada com perda significativa de resiliência, ou seja, resiliência baixa na maior parte ocupada pelo bioma e resiliência intermediária e alta concentrada no litoral. Com o SWL2 a alta resiliência ocorre apenas em pequenas manchas da região costeira, sendo que, para o SWL4, a maioria do bioma se torna com baixa resiliência (Figura 3.42).

As principais perdas de habitat e alterações dos serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica ocorreram principalmente por causa da urbanização, uma vez que o bioma abriga uma parcela significativa da população e atividade econômica no país (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; CEDEPLAR/MMA/PNUD, 2017). No bioma estão inseridas sete das nove principais bacias hidrográficas no Brasil, que atualmente estão comprometidas e/ou ameaçadas dado o elevado nível de expansão da mancha urbana, consumo e poluição nessas áreas (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; SOS MATA ATLÂNTICA, 2018). Devido à elevada perda e transformação do habitat da Mata Atlântica, o bioma é o de menor capacidade adaptativa frente aos impactos das mudanças climáticas (LAPOLA *et al.*, 2014), contudo, evidências recentes mostram que pela primeira vez em uma série histórica, em 2018, a Mata Atlântica não registrou desmatamento (líquido) e mostrou um incremento na recuperação florestal no estado de São Paulo (SOS MATA ATLÂNTICA, 2018).

Mata Atlântica: Serviços Ecossistêmicos

A perda de serviços ecossistêmicos no bioma Mata Atlântica devido às altas taxas de urbanização e à mudança do clima têm impactado a saúde da população, com aumento significativo de episódios de **dengue** na região, que estão diretamente associados à sensibilidade do mosquito transmissor, ao aumento das temperaturas e às alterações no padrão de precipitação (BARCELLOS; LOWE, 2014). No período de 2013 a 2017, a maioria dos casos de dengue (surto

e óbitos) foi registrada durante a seca de 2015 e 2016 e em áreas urbanizadas e periurbanas, sobretudo no Sudeste, seguido pelo Nordeste e Centro-Oeste. Tais evidências de impactos na saúde estão diretamente ligadas ao déficit de vegetação nativa e a uma maior susceptibilidade socioambiental, pela ausência da biodiversidade na função de regular a ocorrência de pragas, de parasitas e prover condições de saúde para a população.

Da mesma forma, o déficit de vegetação nativa indica perda de **produtividade primária** associada a mudanças nos regimes de precipitação e secas prolongadas, comprometendo a capacidade desse ecossistema e da floresta primária em absorver carbono (PIRES *et al.*, 2017).

Outro serviço ecossistêmico do bioma está relacionado à **provisão de água**, cuja demanda é expressiva nas regiões abrangidas. As projeções para 2030 apontam para uma maior retirada e consumo de água no cultivo da cana-de-açúcar, sobretudo em estados como São Paulo e da Zona da Mata no Nordeste brasileiro (Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco e Sergipe) (ANA, 2017). Esses resultados, associados aos cenários de aumento de extremos de seca, denotam maior competitividade entre diferentes setores pelo uso da água, incluindo o industrial e o abastecimento urbano.

Evidências recentes também indicam que, nos cenários de aquecimento global na Mata Atlântica, os serviços de **polinização** serão comprometidos devido à alta fragmentação no bioma, incorrendo em uma redução na diversidade de polinizadores e perdas entre 8 e 100% das safras de caqui, tomate, tangerina e girassol até 2050 (GIANNINI *et al.*, 2017). Dada a relevância desses serviços para a produção agrícola de alimentos e diversidade nutricional para a população, é trazido um estudo de caso (BOX 3.4).

Manchas urbanas e serviços ecossistêmicos. O bioma Mata Atlântica abriga 145 milhões de pessoas (72% da população do Brasil), a grande maioria na **zona costeira**, e 38 das 50 maiores **cidades** do país (IBGE, 2017a; SOS MATA ATLÂNTICA, 2018; IBGE, 2017a). A pressão da mancha urbana nos serviços ecossistêmicos é grande e as projeções indicam que aumentarão até 2030 (CEDEPLAR/MMA/PNUD, 2017; SARAIVA *et al.*, 2018). Na megacidade de São Paulo, a pegada ecológica urbana³⁹ *per capita* é 25% maior do que a de todo o restante do estado e 49% maior do que a média do Brasil (WWF, 2012, p. 61).

A tendência de aumento e concentração populacional nas cidades e megacidades poderá demandar mais recursos naturais, podendo gerar alteração de ecossistemas, perda de seus serviços, aumento da incidência de doenças e impactos na produção de alimentos e abastecimento das cidades (BUCKERIDGE, 2015; MARENGO; SCARANO, 2016; ROY *et al.*, 2018).

Pampa

A principal atividade econômica no bioma Pampa é a agropecuária, e as variabilidades climáticas já têm incorrido em expressivas perdas agrícolas e pecuárias, o que favorece a migração de produtores para as regiões Centro-Oeste e Norte do país (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; OMETTO *et al.*, 2018). A vulnerabilidade a extremos climáticos no bioma é relativamente alta, por exemplo, durante o período de 2013 a 2017, ~50% dos municípios do bioma no

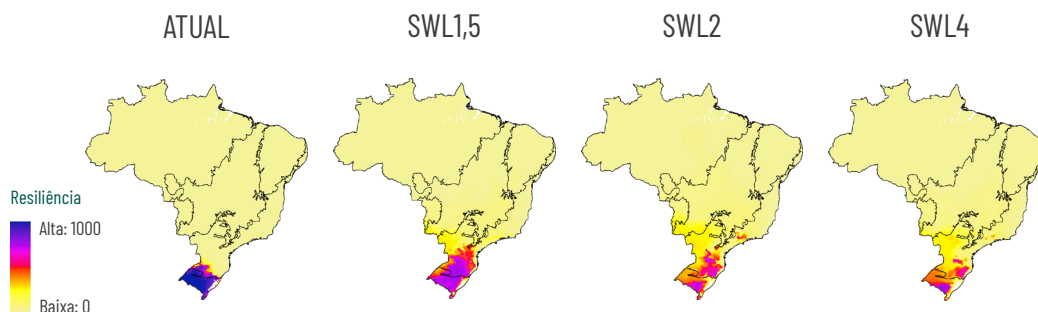
³⁹ Metodologia de contabilidade ambiental que avalia a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais, expressa em hectares globais (gha).

Sul do país foram atingidos por enchentes e inundações (IBGE, 2017b). Com apenas 26% da vegetação nativa, alta fragmentação dos habitats e menos de 3% de suas áreas protegidas (0,6% do total das UCs do país), o bioma tem baixa capacidade de adaptação frente à mudança do clima (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; JENKINS *et al.*, 2015).

Pampa: Perda de Habitats, Ecossistemas e Biodiversidade

Figura 3.43

Projeções de resiliência do bioma Pampa no presente e nos cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.



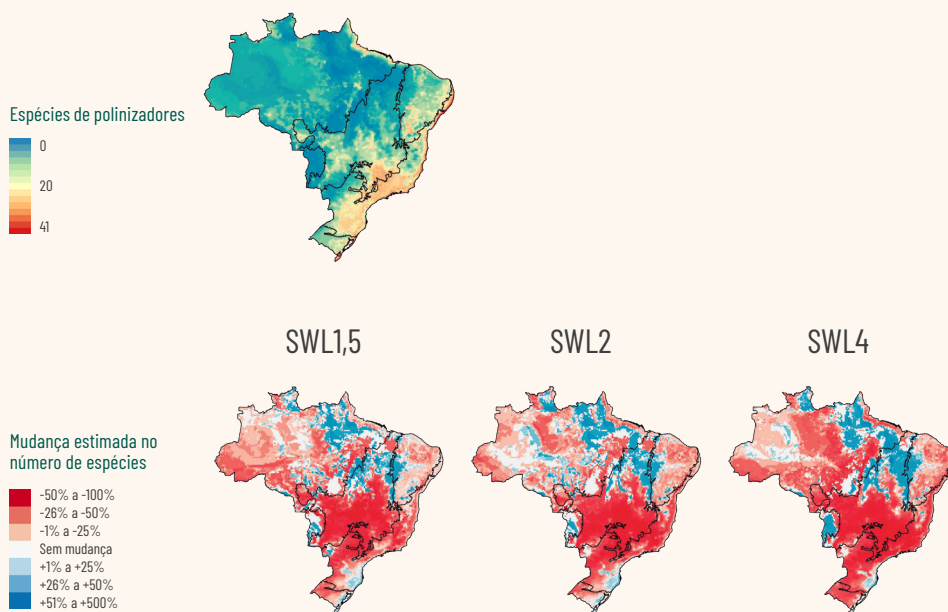
Para o bioma Pampa, os limiares de variação na temperatura são os mais baixos (~18 - 22 °C), com faixa relativamente estreita de precipitações (1.100 a 2.000 mm) para alta **resiliência** (Figura 3.43). O bioma perde a alta resiliência em todos os níveis de aquecimento, concentrando-se em apenas uma faixa no extremo sul do país no final do século. Também ocorre uma expansão desse bioma para outras áreas ocupadas pelo Cerrado em todos os níveis de aquecimento, mas com baixa resiliência. Da mesma maneira que para os outros biomas, a perda de biodiversidade é esperada, comprometendo a funcionalidade dos ecossistemas, bem como a provisão de serviços dos ecossistemas para a sociedade.

Pampa: Serviços Ecossistêmicos

As espécies invasoras podem levar à perda de espécies nativas, alteração nos processos ecológicos e provisão de serviços ecossistêmicos. A invasão de espécies de herbáceas no Pampa, além de alterar o equilíbrio entre as espécies vegetais endêmicas do campo nativo, dominam o estrato herbáceo e alteram o ciclo natural do fogo. A propagação do mosquito *Aedes aegypti*, outra espécie invasora, contribui com o aumento de casos de **dengue, febre amarela, zika e chikungunya**. A falta de cobertura vegetal (como matas ciliares no entorno de encostas e outras) e biodiversidade deixam de providenciar o serviço ecossistêmico de proteção contra **enchentes e inundações**, agindo como “áreas de amortecimento”, minimizando o escoamento superficial, erosões e escorregamentos (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019). Em adição, apenas em 2019, várias grandes capitais brasileiras, como Porto Alegre, tiveram um aumento expressivo nas temperaturas médias, com ocorrência de **ondas de calor** (INMET, 2019).

Um dos serviços ecossistêmicos mais importantes fornecidos pela biodiversidade é a polinização, crítico para diversas lavouras de importância econômica. O clima delimita a distribuição geográfica das espécies polinizadoras em escala global e continental, e a mudança do clima deve alterar os limites da distribuição das espécies terrestres (BUSTAMANTE *et al.*, 2019). No Brasil, importantes produtos, como a castanha-do-brasil, caju, maçã, maracujá, melão, melancia, abacate, ameixa, cebola e goiaba, e até mesmo a soja, por exemplo, dependem de polinização externa, algumas em menor grau.

Foi projetada a distribuição geográfica futura de 53 espécies de abelhas essenciais para a produtividade de urucum, acerola e maracujá no Brasil (GIANNINI *et al.* 2017), por meio de modelagem de nicho ecológico. De acordo com as simulações, as áreas que atualmente concentram os maiores valores de riqueza de espécies de polinizadores no Brasil estão nas regiões Sudeste e Sul, bem como em todo o litoral brasileiro. Dessa forma, destaca-se a Mata Atlântica como o bioma que contém a maior riqueza potencial (até 41 espécies das 53 analisadas) entre os seis biomas brasileiros. Os cenários de mudanças climáticas indicam, em sua maioria, vastas áreas de perda de espécies, especialmente no Cerrado e na Mata Atlântica. O cenário de maior aquecimento (SWL4) prevê que algumas regiões da Mata Atlântica e do Cerrado possam perder adequabilidade climática para até 100% dos polinizadores avaliados.



* Os cenários de SWL representam a perda (-1% a -100%), manutenção ou ganho (+2% a +500%) de número de espécies em relação ao cenário histórico. Variáveis utilizadas na modelagem: variação diurna da temperatura, sazonalidade de temperatura, temperatura máxima do mês mais quente, precipitação do mês mais úmido e sazonalidade de precipitação. Método de modelagem de nicho ecológico: MaxEnt (PHILLIPS *et al.*, 2006), através da biblioteca dismo (HIJMANS *et al.*, 2017) do software R (R CORE TEAM, 2017).

⁴⁰ Disponível em: sblink.cria.org.br/

⁴¹ Disponível em: <https://www.gbif.org/>

BOX 3.4

Impacto da mudança do clima nos polinizadores.

Figura 3.44

Riqueza potencial de espécies de polinizadores no cenário histórico (1971-2000) e nos SWL1,5, 2 e 4.

Fonte dos dados: lista de espécies de Gianinni *et al.* (2017); registros de ocorrência de speciesLink⁴⁰ e GBIF⁴¹; variáveis climáticas do modelo Eta-HadGEM2-ES (CHOU *et al.* 2014).

BOX 3.5

Oceanos e Resiliência Socioambiental nas Zonas Costeiras à Mudança do Clima.

O Brasil possui uma das maiores linhas de costa do mundo (~ 9.000 km²), a sua Zona Econômica Exclusiva (ZEE), até 200 milhas da costa equivalem em superfície à área da Amazônia Legal, com cerca de 3,5 milhões de quilômetros quadrados (GERHARDINGER *et al.*, 2018; KERR *et al.*, 2016; PRADO; SEIXAS; BERKES, 2015a). A larga extensão costeira abriga remanescentes de Mata Atlântica, partes do bioma Amazônia e da Caatinga (MARRONI; ASMUS, 2013) e em torno de 25% da população do país (equivalente a mais de 50 milhões de pessoas) em uma área de apenas 4% da área total do território nacional (BRASIL, 2011, p. 124) (Figura 3.45).

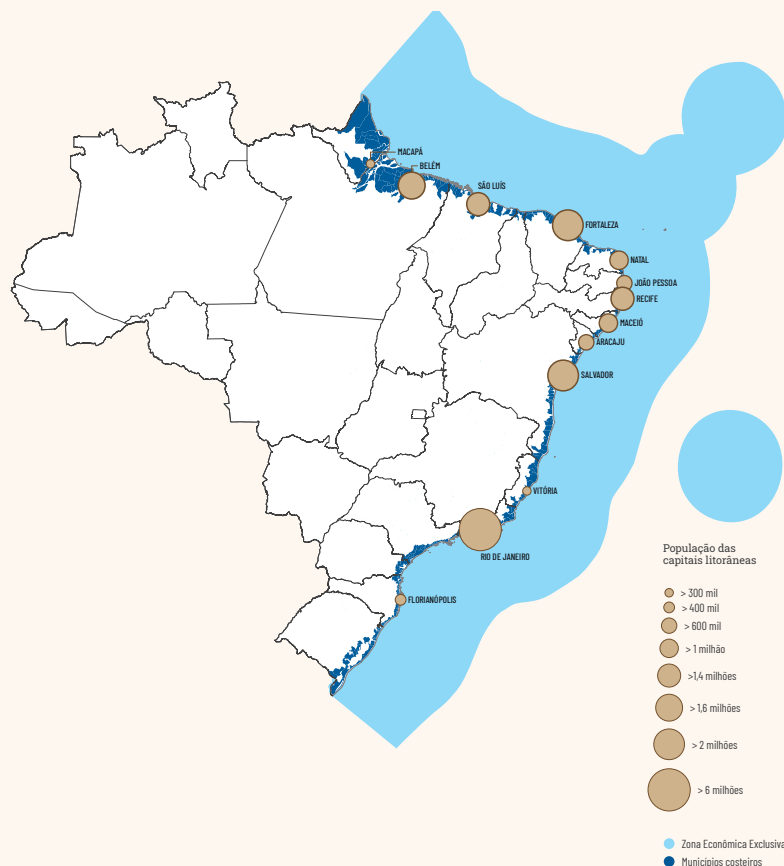


Figura 3.45

A Zona Econômica Exclusiva e municípios e capitais costeiras (IBGE, 2010).

Os oceanos apresentam papel central em capturar CO₂ e oferecem um serviço de regulação climática, benéfico para a população e a economia em múltiplas escalas espaciais (BERGSTROM *et al.*, 2019; COPERTINO *et al.*, 2017; WEATHERDON *et al.*, 2016). Da mesma forma, os ambientes costeiros, com vegetação de manguezais ou marismas, acumulam CO₂ na forma de material orgânico nos sedimentos.

Os oceanos e as zonas costeiras são fundamentais para processos de adaptação à mudança do clima, sobretudo considerando a ampla gama de serviços ecossistêmicos fornecidos (HORTA *et al.*, 2012). A vegetação costeira, os recifes de corais ou de algas atuam como amortecedores físicos e químicos de estressores globais (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; COPERTINO *et al.*, 2017). Os eventos extremos como tempestades e/ou chuvas intensas têm seu impacto absorvido em parte por recifes de algas, que reduzem os danos decorrentes de eventos na região costeira (WEATHERDON *et al.*, 2016). Os corais recifais representam um tipo de florestas submersas e funcionam como berçário, refúgio e zona de alimentação de muitas espécies de relevância socioeconômica (TEDESCO *et al.*, 2017).

Todavia, o aquecimento dos oceanos, a elevação do nível do mar, a incidência de extremos climáticos (tempestades, secas, inundações) e a acidificação têm levado à perda de recifes de corais, mangues, bancos de algas e gramas marinhas (CRAMER *et al.*, 2014; OPPENHEIMER *et al.*, 2014), o que enfraquece as defesas costeiras e expõe os manguezais a tempestades e ondas oceânicas, dentre outros impactos.

Em adição, o aquecimento do Oceano Atlântico tem levado a variações significantes nos padrões de chuvas na Amazônia e Nordeste do Brasil (bem como em todo o território nacional), o que evidencia a escala regional de importância do papel de regulação climática e a interdependência entre ecossistemas terrestres e oceânicos (MARENGO *et al.*, 2019). Destaca-se que a falta ou o excesso de chuvas altera o funcionamento dos ambientes costeiros. Em Santa Catarina foi documentada redução da salinidade costeira, o que pode estar associado ao desaparecimento de florestas submersas e de seus serviços ecossistêmicos, como aqueles relacionados ao estoque de carbono e produção primária (HORTA *et al.*, 2012).

As vulnerabilidades dos oceanos e da zona costeira vêm aumentando devido a dinâmicas associadas ao ordenamento territorial e de governança, que representam fontes de alteração desses ecossistemas, poluição e sobrepesca (COPERTINO *et al.*, 2017; GERHARDINGER *et al.*, 2018; HORTA *et al.*, 2012). Há uma intersecção dos riscos relacionados às mudanças climáticas com áreas ecológica e socialmente vulneráveis nas zonas costeiras no país, tendo em vista a pobreza e a desigualdade socioeconômica da população urbana, povos caiçaras, indígenas e quilombolas que dependem das zonas costeiras e dos oceanos para seu modo de vida e economia (SARAIVA *et al.*, 2018). Dos municípios costeiros brasileiros, 82% têm menos da metade de seus domicílios conectados à rede de esgoto, o que implica o despejo irregular desses dejetos nos cursos d'água que deságuam no mar (IBGE, 2010). Além disso, a produção pesqueira e outros recursos aquáticos essenciais para a subsistência e economia estão comprometidos pela sobre-exploração e manejo inadequado, além de ameaçados pelas mudanças climáticas.

As perdas do esqueleto de algas calcárias, organismos que estruturam bancos gigantes e cimentam as formações recifais, podem chegar a 80% ao serem expostas à acidificação e diferentes temperaturas (MUÑOZ *et al.* 2018). Quando combinado o aquecimento (já observado durante as ondas de calor) e o avanço da poluição costeira, a perda de 50% da capacidade de calcificação reduz a produção primária das algas calcárias de 90 a 100% (SCHUBERT *et al.*, 2019). Projeções de aquecimento global até 2100 mostram a redução da adequação do nicho de espécies como a alga *Sargassum vulgare*, uma das principais estruturadoras das florestas submersas brasileiras, de 10-50% em algumas áreas, deslocando de ambientes com afinidades tropicais para áreas mais ao sul.

O processo de aquecimento impactará produtos e serviços de ecossistemas costeiros, principalmente pesqueiros. Limitar o aquecimento global a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais é essencial para a sobrevivência dos sistemas recifais e algas calcárias, pois a partir de 2 °C eles desaparecerão por completo (ROY *et al.*, 2018).

O Brasil possui cerca de 2.475.000 km² de áreas protegidas (29,7% de Áreas Marinhas, 27,7% na Amazônia, 8,9% na Mata Atlântica, 8,8% na Caatinga, 8,1% no Cerrado, 4,6% no Pantanal e 3,1% no Pampa).

PAPEL DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UC) E TERRAS INDÍGENAS (TI) PARA A RESILIÊNCIA DOS BIOMAS

As projeções de resiliência dos ecossistemas frente à mudança do clima indicam diminuição em todos os biomas em cenários futuros. É importante entender o papel das áreas protegidas, dado que os ecossistemas nessas áreas são provedores de serviços de importância para diversos setores e para o bem-estar humano.

O risco sobre as áreas protegidas tende a aumentar com o incremento na média global de temperatura. Com a perda de resiliência dos biomas na maioria das áreas protegidas no país, com exceção do extremo oeste da Amazônia, a eficácia dessas áreas em manter a viabilidade de processos ecológicos frente aos impactos das mudanças climáticas será reduzida.

Evidências recentes mostram a importância das diferentes categorias de UCs e TIs em conter processos de desmatamento, degradação florestal e incidência de queimadas (ROCHEDO *et al.*, 2018; ADENEY; CHRISTENSEN; PIMM, 2009; URIARTE *et al.*, 2012), além de providenciar serviços ecossistêmicos em múltiplas escalas (local e regional) para a população, inclusive para os grandes centros urbanos (MEDEIROS; YOUNG, 2011).

As comunidades extrativistas residentes em Unidades de Conservação de Uso Sustentável federais, em especial as Reservas Extrativistas (Resex), Florestas Nacionais (Flona) e Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), cadastradas até o final de 2016, representam 56.903 famílias e em torno de 300 mil pessoas. Segundo dados de 2016 da Secretaria de Patrimônio da União – SPU, residem 58.417 ribeirinhos em territórios beneficiados pelo Termo de Autorização de Uso Sustentável – TAU em área da União. A população indígena é de 896 mil pessoas, representando aproximadamente 0,42% da população total do país, dos quais 36,2% residiam em áreas urbanas e 63,8% em áreas rurais, até 2010 (BRASIL, 2017). Apenas no bioma Amazônia, os povos indígenas e a população ribeirinha somam cerca de 1 milhão de pessoas, número subestimado em razão de muitos viverem remotamente ou em situação de invisibilidade perante o Estado e a sociedade (PINHO *et al.*, 2014; PINHO; MARENCO; SMITH, 2015).

Para os povos indígenas, os serviços ecossistêmicos providenciados pela “natureza” são percebidos como intrinsecamente interconectados (VIVEIROS DE CASTRO, 1996). Nesse contexto, a proteção de territórios indígenas e de povos tradicionais, além de assegurar a provisão de inúmeros serviços ecossistêmicos, é relevante para manter os valores culturais e os modos de vida. As práticas indígenas e dos povos tradicionais são sustentáveis, mas convivem com fatores de pressão em suas áreas, como pesca predatória e comercial, atividades madeireiras, mineração e outras (NOGUEIRA *et al.*, 2018; PINHO; ORLOVE; LUBELL, 2012).

Para se evitar maiores impactos sobre biomas brasileiros em cenários futuros, decorrentes da interação entre perda e fragmentação de habitats com a mudança do clima, é importante a priorização de proteção de trechos de conectividade entre a Amazônia Ocidental, Pantanal e a restauração de trechos de Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa (SEGAN; MURRAY; WATSON, 2016). Da mesma maneira, assegurar e demarcar as terras indígenas tem um papel preponderante na proteção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos de relevância global (ROCHEDO *et al.*, 2018).

3.7.3 Impactos e Vulnerabilidades na Segurança Socioambiental: Desastres, Migrações e Saúde

Cadeia de Impactos: Desastres, Migrações e Saúde

Dentre os efeitos esperados da mudança do clima no Brasil incluem-se o aumento de temperatura, alteração no regime de chuvas e aumento na ocorrência de extremos de clima, com especial destaque aos extremos chuvosos, secas, elevações e sobre-elevações do nível do mar.

DESASTRES

Eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, secas ou ondas de calor, caracterizam-se por ocorrerem em intensidade, duração ou temporalidade anormais ao estado climático médio (MARENGO, 2009). O que os classifica como desastres são os efeitos que esses fenômenos têm na sociedade (TOMINAGA *et al.*, 2009). As chuvas de alta intensidade e curta duração causam alagamentos, enxurradas e inundações; as chuvas de média intensidade e longa duração encharcam o solo; e a subsequente ocorrência de chuvas de curta duração e alta intensidade, com o solo já encharcado, causa os deslizamentos, particularmente em áreas com alto risco de desastres (TOMINAGA, 2009).

Os eventos extremos de chuva podem intensificar a ocorrência de desastres como enchentes, inundações, enxurradas e deslizamentos, que causam mortes, deixam pessoas desabrigadas e alteram as relações sociais de comunidades. Também afetam a saúde da população e aumentam o risco de contaminação por doenças de veiculação hídrica e outras.

Vulnerabilidade social e desastres. A falta de infraestrutura urbana, como drenagem de águas pluviais e saneamento ambiental, bem como a ocupação de várzeas e encostas, intensificam o impacto dos extremos chuvosos nas áreas urbanas (TUCCI, 2008). Isso acontece principalmente, mas não exclusivamente, nos assentamentos precários e informais, onde também reside a população mais pobre e vulnerável – são famílias que não têm capacidade financeira para construir suas casas em condições e locais apropriados e para reconstruir suas vidas pós-desastre.

EFEITOS NA SAÚDE

AS DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA são caracterizadas por surtos e epidemias, são associadas a eventos extremos como ondas de calor, enchentes e inundações, assim como a fatores sociais como aglomeração populacional de baixa renda, condições inadequadas de saneamento e infestação de transmissores de doenças. Nas gastroenterites, os surtos da doença foram associados, em períodos pós-inundações (HELLER *et al.*, 2003; AHERN *et al.*, 2005); e, em secas prolongadas, à contaminação de alimentos e à desidratação decorrentes do aumento da temperatura (FLEURY *et al.*, 2006; NAUMOVA *et al.*, 2007; XU *et al.*, 2014).

AS ONDAS DE CALOR estão associadas ao aumento das taxas de estresse e insolação, exacerbações das doenças cardiovasculares, insuficiência renal e lesão renal aguda por desidratação (HACON; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2018).

Diversos estudos têm quantificado o efeito da temperatura assumindo uma resposta linear abaixo e acima de um limiar definido como temperatura de mortalidade ou internação mínima (MCMICHAEL *et al.*, 2011; BACCINI *et al.*, 2011; HAJAT; KOSATKY, 2009). Recentemente, além da temperatura, outras variáveis, como a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e a radiação solar também vêm sendo incorporadas em índices que traduzem a resposta fisiológica do corpo em determinadas condições climáticas.

Em relação às DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES, a temperatura e a precipitação são os principais condicionantes climáticos, mas a degradação ambiental, além de contribuir diretamente para as condições climáticas de reprodução dos vetores, aumenta o risco de transmissão dessas doenças e sua expansão geográfica. A influência de fatores climáticos nas doenças vetoriais varia de acordo com as características particulares de cada agravo.

PROCESSOS MIGRATÓRIOS

A falta de água para dessedentação e cultivo pode induzir processos migratórios. As variações, mesmo que sutis, do clima afetam os agricultores familiares com perdas de colheitas, meios de subsistência e aumento do preço dos alimentos, o que pode exacerbar a migração para áreas urbanas e aumentar a pobreza (OLSSON *et al.*, 2014). A migração e o adensamento dos assentamentos urbanos mais pobres pressionam as áreas de preservação ambiental, como mananciais, o que interfere no abastecimento de água e outras atividades dependentes dos serviços ecossistêmicos, aumentando os riscos de desastres (WINSEMIUS *et al.*, 2018). Não menos importantes são os aspectos de segregação social, aumento de demanda de infraestruturas e serviços urbanos e impactos sobre a segurança alimentar, tendo em vista o aumento de populações consumidoras de alimentos em detrimento de produtoras, dentre demais questões relacionadas às migrações.

Migração histórica e pressões na segurança alimentar, energética e hídrica. A migração rural-urbana, que cresceu desde a década de 1950, passou a reduzir apenas recentemente, em virtude do já esvaziado meio rural. A concentração populacional em centros urbanos vem aumentando a demanda (IBGE, 2010) por alimento, energia, água e infraestrutura em geral, sobretudo longe da área onde esses elementos são produzidos (IBGE, 2018).

VULNERABILIDADE SOCIAL E CLIMÁTICA. As populações socioeconomicamente mais vulneráveis são também as mais vulneráveis aos impactos da mudança do clima (OLSSON *et al.*, 2014). Os impactos da mudança do clima na vida humana são complexos e podem ser potencializados ou minimizados em função de determinantes individuais e coletivos. Tais fatores são inerentes a determinada organização social e suas inter-relações e incluem aspectos como idade, capacidade do sistema de saúde e condicionantes sociais. A situação de moradia, alimentação, higiene pessoal, saneamento e acesso aos serviços de saúde também são fatores sociais que influenciam a vulnerabilidade de populações expostas a fatores de estresse climático. Elas, somadas a outras exposições ambientais, poderão atuar sinergicamente e gerar ainda mais risco para as populações (HACON; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2018).

Deve-se considerar que 85% da população brasileira vive em cidades, quase 25% em regiões metropolitanas do país, sendo que grande parte não possui saneamento ambiental e drenagem urbana adequados (IBGE, 2010). São cidades de grande desigualdade socioeconômica, com enclaves de pobreza e favelização (CALDEIRA, 2000).

Avaliação dos Impactos-chave na Segurança Socioambiental: Desastres, Migrações e Saúde

De acordo com a cadeia de impactos na segurança socioambiental apresentada, os “impactos-chave” a serem estudados com maior detalhamento serão:

- Desastres de origem hidrometeorológica, em especial enxurradas, inundações, alagamentos e deslizamentos de terra.
- Migrações populacionais com forçantes climáticas, com foco no Nordeste brasileiro.
- Efeitos das alterações climáticas na propagação de doenças: cardiorrespiratórias, transmitidas por vetores e de veiculação hídrica.

DESASTRES

Abordagem Metodológica

O que caracteriza os impactos dos extremos de chuva como desastres naturais são os seus efeitos na sociedade. Como descrito na cadeia de impactos, as consequências desses impactos são potencializadas pelo processo de urbanização. Assim, focou-se nas **áreas urbanas brasileiras**, onde se tem registrado aumento significativo no número de desastres.

Para analisar o impacto da mudança do clima na ocorrência de inundações, enxurradas, alagamentos e deslizamentos de terra, foram tratados **dados socioeconômicos e de infraestrutura urbana, desastres observados e dados de cenários climáticos** (*baseline* e futuros), a partir de informações qualitativas e quantitativas.

Foram adotados os seguintes conceitos em desastres:

Enxurradas: escoamento superficial de alta energia de transporte, associado à extrapolação da água da chuva nos cursos d'água ou no sistema de drenagem de água pluvial urbana (TUCCI, 2008), provocada por chuvas intensas em bacias pequenas e de relevo acidentado.

Inundações: processos em que ocorre submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água, em zonas que normalmente não se encontram submersas, de modo gradual em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia de contribuição (CEMADEN, 2019).

Alagamentos: caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, acúmulo de água em ruas e calçadas (CEMADEN, 2019).

Deslizamentos de terra: também chamados de movimentos de massa, são movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializados pela ação da água da chuva (CEMADEN, 2019).

VULNERABILIDADE URBANA E EXPOSIÇÃO (DADOS SOCIOECONÔMICOS). A partir de fatores considerados importantes pela literatura no tema (TUCCI, 2008; HARDOY; PANDIELLA, 2009; TOMINAGA et al., 2009), estabeleceu-se um índice de vulnerabilidade urbana (IVU) para a espacialização da vulnerabilidade. Seu objetivo é caracterizar não somente a precariedade da infraestrutura urbana, mas também as condições sociais que interferem na vulnerabilidade das comunidades urbanas.

De acordo com o IPCC/AR5 (IPCC, 2014), a exposição⁴² é fator-chave para a compreensão dos riscos relacionados à mudança do clima. O IVU aqui aplicado considera o grau de exposição em função da densidade populacional, gerando o IVUexp⁴³ ($IVU_{exp} = IVU * \text{densidade populacional}$).

Dados e cálculos de IVU e IVUexp. Para o IVU, os seguintes dados alfanuméricos foram espacializados por município: número de pessoas por domicílio (IBGE, 2010); percentual de domicílios conectados à rede de água, esgoto e com coleta de lixo (IBGE, 2010); renda média (IBGE, 2010); número de domicílios inadequados ou semi-inadequados⁴⁴ (IBGE, 2010); Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB, 2011); Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde (IDSUS, 2010).

A densidade populacional (dp), assim como os demais indicadores de saneamento, renda, saúde e educação, foi calculada para todo o município, ou seja, a partir de sua área e população total, independentemente de o setor censitário ser urbano ou rural.

⁴² Definida como "a presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas; funções ambientais, serviços e recursos; infraestrutura, ou bens econômicos, sociais ou culturais, em áreas ou locais que podem ser adversamente afetados pelos impactos relacionados ao clima".

⁴³ O uso da função logarítmica para o cálculo da exposição foi necessário para que a espacialização dos dados demonstrasse as heterogeneidades entre as densidades populacionais no Brasil, sabendo que 90,5% dos municípios brasileiros possuem menos de 50 mil habitantes, 6% entre 50 e 100 mil habitantes, e os restantes 3,5% mais de 250 mil habitantes.

⁴⁴ Domicílios adequados são aqueles com saneamento ambiental e até dois moradores por dormitório, semi-inadequados os que têm ao menos uma característica de adequação e inadequados os que não possuem nenhuma característica de adequação.

REGISTRO HISTÓRICO DE DESASTRES. A espacialização das ocorrências de desastres, a partir da sistematização daquelas reportadas pelos municípios, foi realizada pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad) da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. A série histórica 2005-2015 dos registros brutos de ocorrências foi tratada⁴⁵ por Mikosz (2017) e os desastres foram agrupados em duas tipologias: (i) deslizamentos de terra e movimentos de massa e (ii) inundações, alagamentos e enxurradas.

DADOS DE CENÁRIOS CLIMÁTICOS (SIMULAÇÕES DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS). Debortoli et al. (2017) criaram dois índices⁴⁶ de extremos climáticos: i) inundações, alagamentos, enxurradas; ii) deslizamentos de terra. Eles consideram que a intensidade e a duração de cada evento extremo de precipitação têm maior correlação com determinada tipologia de desastre em países de clima tropical. Ambos os índices foram gerados a partir da ponderação de quatro **indicadores de extremos climáticos**, usando dados dos modelos climáticos.⁴⁷

Indicadores de extremos climáticos adotados. RX1day – máxima precipitação em um dia; Rx5day – máximo de precipitação acumulada em cinco dias; R95p – precipitação acumulada nos dias muito chuvosos (percentil de 95%); CWD – máximo de dias consecutivos com chuva (com precipitação maior que 1mm). Utilizaram-se os resultados das saídas do modelo regional Eta-MIROC5⁴⁷ para o período baseline 1961-1990 e para os SWL1,5, SWL2 e SWL4.

Resultados e Análises

Entre 2005 e 2015, foram registradas aproximadamente 10.554 ocorrências de inundações, enxurradas, alagamentos e 17.013 de deslizamentos de terra, totalizando 28.000 registros. A densidade dos desastres registrados pelo Cenad (2018) comparados com os *hotspots*⁴⁸ de vulnerabilidade urbana mostram a relação espacial entre eles (Figura 3.46). Os municípios mais densos e mais precários do ponto de vista da infraestrutura urbana e das condições sociais de suas populações (maior IVUexp) são os que mais registraram ocorrências de desastres no período.

⁴⁵ Como exemplo, enxurradas na região Norte estão agrupadas com inundações e alagamentos, no restante do país estão agrupadas em deslizamento de terra, uma vez que na região Norte tais registros são inundações de água corrente (TUCCI, 2008) e no restante do país são fluxos de lama e detritos, que o Cenad considera deslizamento de terra ou movimento de massa.

⁴⁶ Para descrição detalhada de cada indicador composto: Debortoli *et al.* (2017).

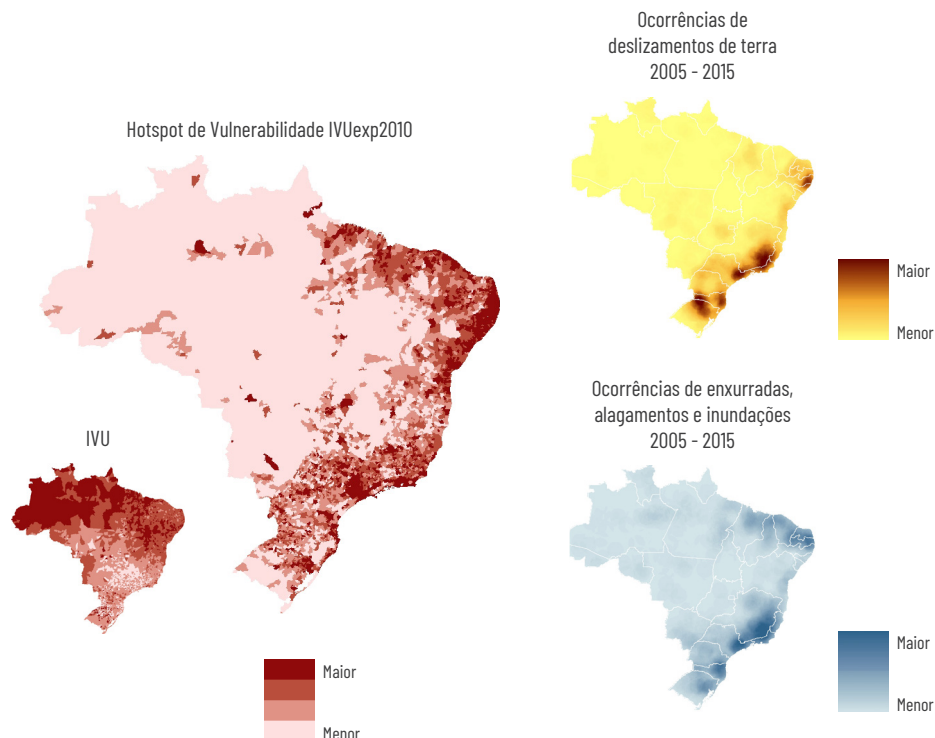
⁴⁷ A comparação dos resultados dos Índices Compostos de Extremos Chuvosos dos dois modelos regionais Eta, para o período baseline 1961-1990, mostrou que os resultados do Eta-HadGEM2-ES apresentaram subestimação para todas as regiões do país, sendo os resultados do Eta-MIROC5 mais consistentes com a realidade de dados meteorológicos observados, principalmente na Amazônia, apresentando subestimação apenas para a região Nordeste (CHOU *et al.*, 2014). Sendo assim, para este estudo foram utilizados apenas os resultados do Eta-MIROC5.

⁴⁸ O dado vetorial IVUexp foi exportado para pontos, que continham a vulnerabilidade de cada município e posteriormente convertido em raster, cujo valor do *pixel* era referente à classe de vulnerabilidade, determinando as manchas de maior concentração de ocorrências que são os *hotspots*.

Figura 3.46

Hotspots para vulnerabilidade urbana e desastres.

Elaboração própria com base em dados de Cenad (2018) e IBGE (2010).



Na faixa próxima ao Atlântico observam-se as manchas de alta vulnerabilidade urbana, bem como alta concentração de ocorrências – 10% do total, o que afeta 50 milhões de pessoas (IBGE, 2010). Em relação às regiões Sul e Sudeste, que concentram 27 e 80 milhões de habitantes, respectivamente, é possível observar que a **exposição** é fator importante ao analisar o impacto dos desastres no país. Em ambos os mapas de *hotspots* de desastres, a concentração de ocorrências ocorre no entorno das regiões metropolitanas, ou seja, de alta concentração populacional.

As ocorrências de inundações, enxurradas e alagamentos estão concentradas na região Sudeste, em especial Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro; na região Nordeste, principalmente, nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba; e no Sul, em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Para as ocorrências de **deslizamentos de terra**, os *hotspots* estão localizados no Sul, na divisa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, na região das Serras Espigão, Mariri e Taquara Verde e no entorno de Blumenau; no Nordeste, na divisa de Pernambuco e Alagoas, na região da Serra da Roncadeira; e no Sudeste, na Serra da Mantiqueira.

Observa-se alta vulnerabilidade dos municípios do Norte e interior das regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No Norte, existem municípios de grande área territorial e pequenas concentrações urbanas, com baixíssimos índices de infraestrutura de saneamento ambiental. Nas demais regiões, os municípios do interior dos estados

apresentam grande territorialidade e concentração populacional em pequenos centros urbanos, precários em saneamento ambiental. Dados brutos do número de registros mostram que 78% das ocorrências de inundação, enxurrada ou alagamento e 80,5% das ocorrências de deslizamentos de terra ocorreram em municípios com menos de 50.000 habitantes.

Os municípios do Norte do país e oeste do Nordeste possuem infraestrutura urbana mais precária, renda média mais baixa e menores índices de educação e acesso a serviços de saúde (Figura 3.46). No entanto, 45% dos municípios com mais de 250 mil habitantes encontram-se na zona costeira, com 13 capitais em limite com o oceano Atlântico. Nos quatro estados da região Sudeste vivem 40% da população brasileira; por outro lado, em toda a região Norte, residem menos habitantes que na Região Metropolitana de São Paulo (IBGE, 2010).

Os resultados dos registros de inundação, enxurrada e alagamento (por bioma), com base nos dados brutos do Cenad (2018) – entre 2005 e 2015, mostram maiores percentuais de mortos, feridos ou desaparecidos, bem como desabrigados e desalojados, na Amazônia (Figura 3.47). As altas taxas na **Amazônia** se devem principalmente às cheias históricas de 2015, quando aproximadamente 50 mil pessoas ficaram desalojadas ou desabrigadas no estado do Acre e na cidade de Manaus. Embora não tenha havido tantas ocorrências na região, foram muitos os afetados. Se observado o IVU (sem o fator de exposição), associado às cheias de 2015, é possível inferir que a falta de saneamento no Norte do país (Figura 3.46) tem relação com o alto número de atingidos por enchentes e inundações (Figura 3.47).

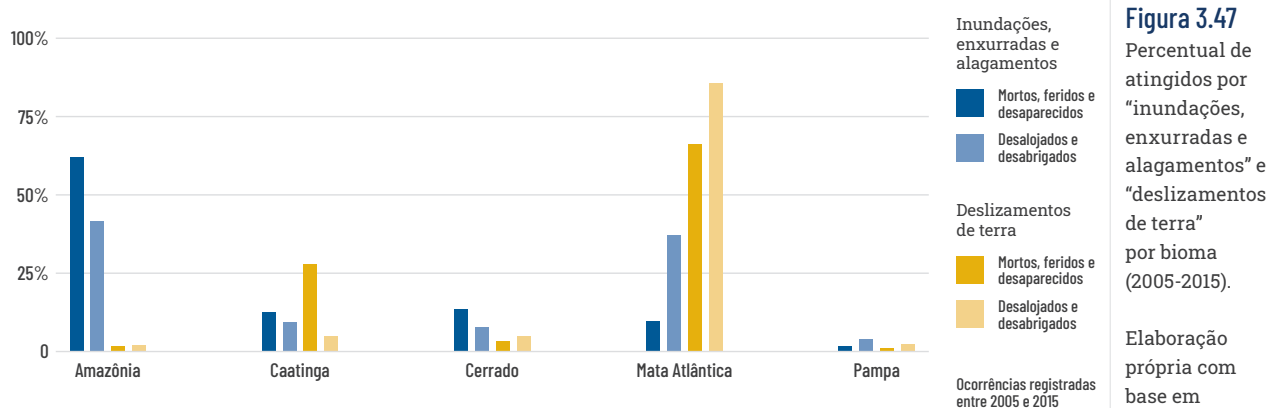


Figura 3.47
Percentual de atingidos por “inundações, enxurradas e alagamentos” e “deslizamentos de terra” por bioma (2005-2015).

Elaboração própria com base em Cenad (2018).

Na **Caatinga**, destacam-se os desastres de março de 2009, nos quais mais de 110 mil pessoas foram atingidas pelas inundações em 54 municípios no Ceará e em outros estados nordestinos; bem como as chuvas intensas de

2013, que atingiram fortemente as Regiões Metropolitanas de João Pessoa e Recife, deixando milhares de famílias desabrigadas por deslizamentos de terra (Figura 3.47).

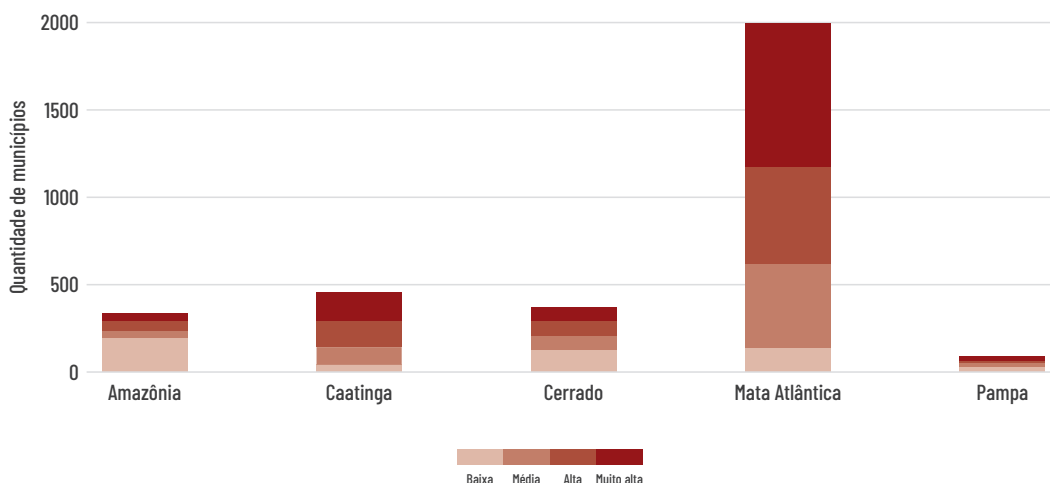
Destaca-se o alto número de afetados na **Mata Atlântica**, em grande parte decorrente do desastre da Região Serrana do Rio de Janeiro (em 2011) para inundações, enxurradas e alagamentos, e para deslizamentos de terra (Figura 3.47) (CENAD, 2018).

Figura 3.48

IVUexp em municípios com ocorrências de desastres.

* Mais escuro, maior vulnerabilidade.

Elaboração própria com base em IBGE (2010).



Quando observada a vulnerabilidade urbana, a partir do IVUexp (Figura 3.46), para os municípios em que ocorreram desastres, os resultados mostram que aqueles localizados na Mata Atlântica são os mais vulneráveis e estão em maior número, seguidos dos municípios localizados na Caatinga, Cerrado, Amazônia e Pampa.

Os municípios localizados na Amazônia e no Cerrado são muito vulneráveis do ponto de vista do saneamento ambiental, da renda e qualidade dos serviços de educação e de saúde (IVU), mas têm baixa densidade populacional. Somente uma pequena parte dos municípios amazônicos apresentou alto IVUexp (Figura 3.46). Na Caatinga, as capitais e demais centralidades, com alta densidade populacional, também apresentam alto IVU e alto IVUexp. Na Mata Atlântica e no Pampa, apesar das diferenças em número absoluto de atingidos por desastres, os municípios apresentam, no geral, médio IVU e alta densidade, denotando assim elevado número de municípios com alto IVUexp.

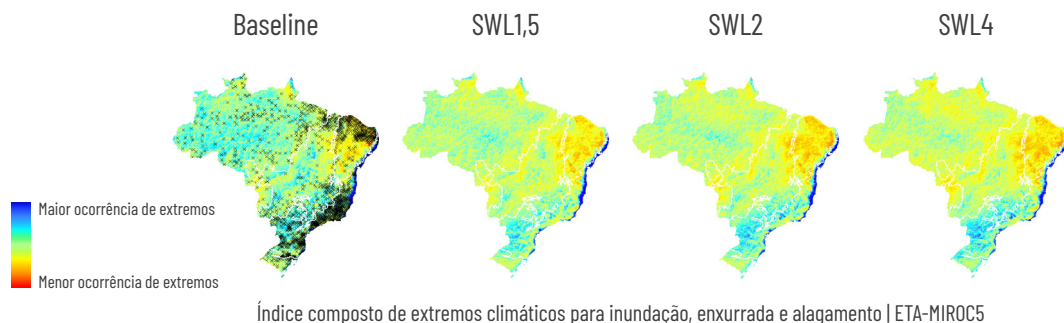


Figura 3.49

Índice composto de extremos climáticos para inundações, enxurradas e alagamentos.

Fonte: Debortoli, 2017.

Quando associados os registros de ocorrência de **inundação, enxurrada e alagamento** com as **simulações climáticas atual e futuras**, é possível observar que as projeções futuras indicam aumento do risco na Mata Atlântica, o bioma mais povoado (Figura 3.49).

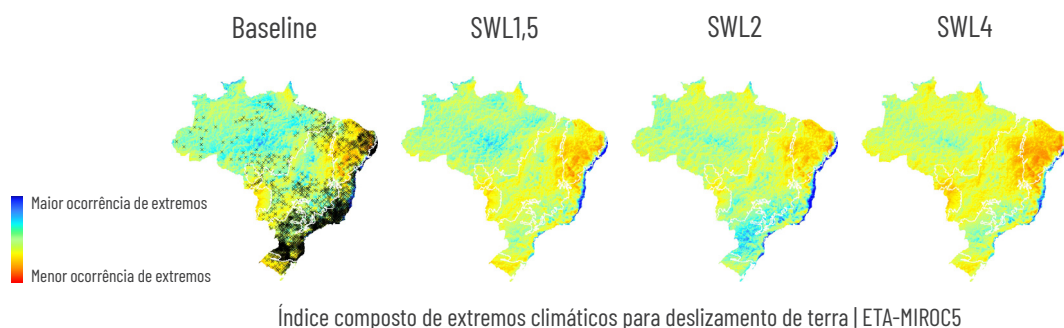


Figura 3.50

Índice composto de extremos climáticos para deslizamentos de terra.

Fonte: Debortoli, 2017.

A mesma associação para os **deslizamentos de terra** mostra que, principalmente para o cenário SWL2, as chuvas extremas que causam os deslizamentos devem aumentar ainda mais no Sul e no Sudeste do país e em áreas do litoral (Figura 3.50).

Ambos os resultados corroboram com os resultados da Terceira Comunicação Nacional - TCN (BRASIL, 2016) e do WGII AR5 (IPCC, 2014), de que os eventos extremos de chuva que causam desastres devem aumentar nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, mas principalmente na **Zona Costeira**, onde se concentra grande parte das capitais estaduais brasileiras e grande parte da população do país. Ressalta-se que, no litoral, os riscos de desastres podem ser potencializados por eventos associados à sobre-elevações do nível do mar, como as marés de tempestade (fenômenos que podem ser da mesma forma influenciados pelas mudanças climáticas). Somam-se a esse processo os impactos nas regiões portuárias, sobretudo no transporte marítimo e fluvial. Além de ser uma alternativa a outros modais, como rodoviário e ferroviário, esse modal é importante vetor comercial. Logo, a elevação do nível do mar pode afetar diretamente as infraestruturas e indiretamente importantes setores produtivos.

Elevação do nível do mar. Considerando os distintos compartimentos geomorfológicos da costa brasileira, Muher (2010) indicou que as áreas mais vulneráveis à elevação do nível do mar se concentram nas cidades, sendo os riscos de inundação os de maior impacto sobre a população. O mesmo estudo aponta que a falta de dados observados de longa duração dificulta a construção de cenários futuros da vulnerabilidade e do risco das cidades da costa brasileira com maior acurácia. Os dados disponibilizados pelo Cepal (2019) também apontam a vulnerabilidade nas capitais de maneira imprecisa, corroborando com a afirmação de Muher (2010).

MIGRAÇÕES

Barbieri *et al.* (2010) apontam que pesquisas sobre os impactos das mudanças climáticas na distribuição espacial da população são dificultadas por envolver muitas variáveis. Os pesquisadores propõem avaliar como as populações tendem a se adaptar à mudança do clima, tendo a migração como uma das potenciais formas de ajuste.

NORDESTE BRASILEIRO EM FOCO. No Brasil é inevitável relacionar clima e migração com o Nordeste brasileiro, região semiárida de maior concentração populacional no mundo, que abriga aproximadamente 4 milhões de pequenos produtores rurais (LINDOSO *et al.*, 2018). Os extremos de seca ocorrem recorrentemente no Nordeste e foram registrados desde o século XVI, que foram responsáveis por grandes processos emigratórios regionais (MAGALHÃES *et al.*, 1988). No final dos anos 1950, aproximadamente 10 milhões de pessoas emigraram da região, fugindo da seca (NAMIAS 1972; HASTENRATH; HELLER, 1977), mesma década em que o governo federal passou a implementar políticas de redução⁴⁹ dos impactos desses eventos. Ainda assim, os processos de emigração persistem, mesmo que em menor escala (BARBIERI *et al.*, 2010).

Segundo Tacoli (2009), é mais provável que persistam as tendências atuais de migração no país, mesmo que com certa redução de fluxo, uma vez que hoje menos de 20% da população brasileira vivem em áreas rurais (IBGE, 2010) e que os programas de transferência de renda influenciam na redução dos fluxos migratórios, inclusive na migração de retorno, como no caso do Nordeste brasileiro (OJIMA; FUSCO, 2015; 2017). Ou seja, as mudanças climáticas não necessariamente afetarão o padrão ou tendência de migração – que são determinados, majoritariamente, por questões econômicas, de diferenciais de desenvolvimento territorial e impactos de políticas – mas afetarão o nível da migração.

Os eventos de seca na região Nordeste poderão ser mais frequentes com a mudança do clima (MARENGO *et al.*, 2016; CUNHA *et al.*, 2019), com aumento de aridez, de episódios de déficit de chuvas e aridificação da região, trazendo o risco de desertificação (MARENGO; BERNASCONI, 2015; VIEIRA *et al.* 2015), o que poderia incentivar novos fluxos migratórios para outras regiões do país.

Segundo Barbieri *et al.* (2008), no caso específico do Nordeste, a migração constitui um elemento efetivo de sobrevivência à mudança do clima, tendo em vista a disponibilidade de redes relativamente eficientes de transportes e comunicações, a relativamente baixa densidade populacional no interior dos estados, comparada a outros países em desenvolvimento, e a forte variabilidade regional do clima (fatores que estão relacionados ao histórico de migrações no Brasil).

⁴⁹ Medidas de adaptação baseadas em políticas públicas como chapéu de palha e ProAgro Mais, para pequenos produtores rurais, além de benefícios sociais como Bolsa Família e benefício de prestação continuada (BPC), podem não só reduzir a migração como também incentivar a migração de retorno (OJIMA; FUSCO, 2015; 2017).

NE tem 51% dos municípios na Caatinga e 28% no Cerrado. São mais de 23 milhões de habitantes que vivem no semiárido, sendo 18 milhões na Caatinga e 4 milhões no Cerrado (IBGE, 2010).

Nesse sentido, o autor mapeou os fluxos migratórios no país em: (i) dois recortes temporais históricos; e (ii) cenários futuros de clima, com foco no Nordeste. A metodologia utilizada foi estabelecida no projeto “Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o NE, 2000-2050”, financiado pelo *Global Opportunities Fund* e elaborado pelo Cedeplar/UFMG.

Modelagem climática. Foram considerados os saldos migratórios⁵⁰ com base em dados censitários, entre 1986-1991 e 1995-2000, bem como dados climáticos atuais e cenários futuros baseados nas trajetórias A2 e B2⁵¹ (2025 – 2030 | 2035 – 2040 | 2045 – 2050), derivados do downscaling do modelo global inglês HadAM3P com o modelo regional Eta (METOFFICE⁵², 1999). As análises dos impactos das mudanças climáticas sobre a migração são concentradas no aumento da temperatura média, que causa redução de disponibilidade hídrica, aumento da evapotranspiração e consequente perda de produtividade agrícola. Estruturas social e economicamente mais vulneráveis, como é o caso de unidades familiares de produção, em pequena escala, com reduzido acesso a serviços e opções tecnológicas, sofrem impactos mais intensos, causando assim os processos de emigração da região (BARBIERI et al., 2008).

A partir desses resultados, foram modelados diversos fatores que influenciam os processos migratórios, que incluem os climáticos e a perda de produtividade agrícola. Foram também construídos modelos conceituais dos cenários de imigração, ou seja, para onde iria a população nordestina no futuro (BARBIERI et al., 2008).

Principais Resultados de “Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o NE, 2000-2050”⁵³

Uma análise do impacto da mudança do clima na garantia do emprego, utilizando cenários A2 e B2⁵⁴, mostra que em alguns municípios do Piauí, Ceará, Pernambuco e Paraíba, em ambos os cenários, a mudança do clima pode afetar de 20 a 30% da população adulta. Ainda, Ceará, Pernambuco e Paraíba, estados com maiores percentuais de área utilizada para agricultura familiar, também são os que terão maior perda percentual de emprego, no cenário B2 (Barbieri et al., 2008).

Dentre os diversos resultados de Barbieri et al. (2008) também foi obtido o da disponibilidade de terra, com segurança hídrica para plantio, no NE (Figura 3.51).

⁵⁰ A escolha pelo indicador de saldo migratório ocorreu porque possibilita avaliar o resultado líquido das trocas demográficas entre os recortes históricos e analisar a configuração espacial das áreas de origem e destino.

⁵¹ Cenários que consideram diferentes projeções de emissões de gases de efeito estufa, aspectos socioambientais e diferenças regionais. Cenário A2 é mais pessimista quanto às emissões de carbono e representa maior aquecimento global, enquanto o B2 é mais otimista e de menor aquecimento.

⁵² MetOffice (1999): <https://www.metoffice.gov.uk/weather/learn-about/how-forecasts-are-made/computer-models/history-of-numerical-weather-prediction>

⁵³ Extraído de Barbieri et al. Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o NE, 2000-2050. CEDEPLAR – UFMG, 2008.

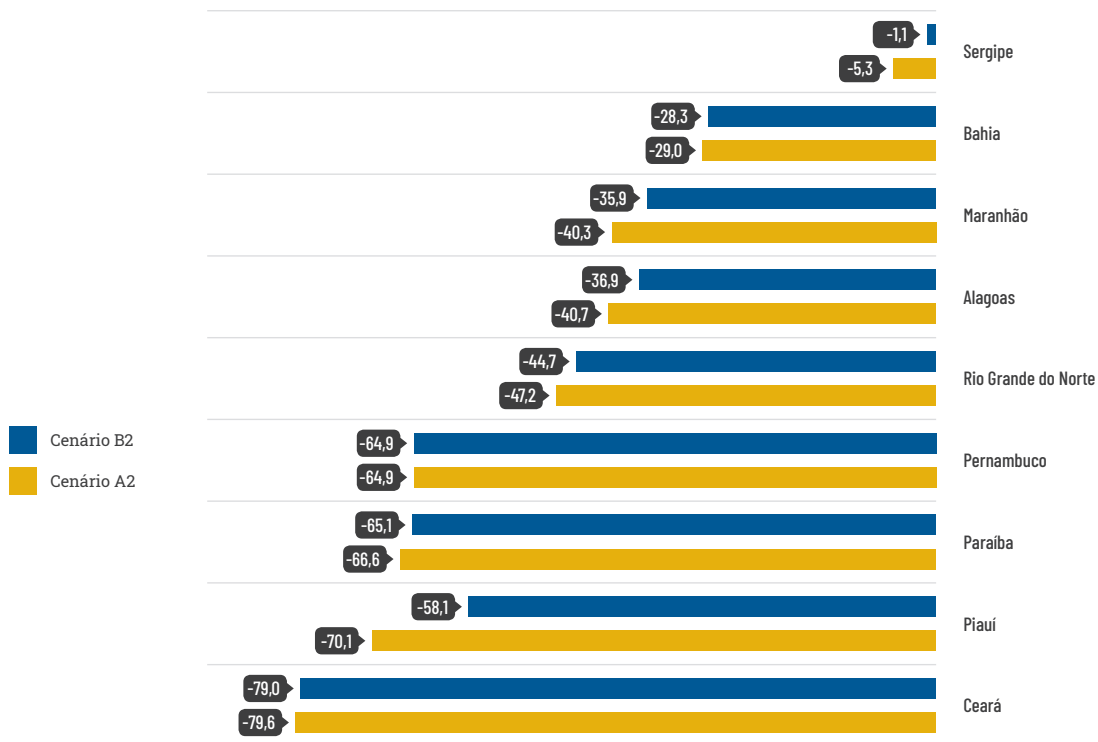
⁵⁴ Cenário A2 é mais pessimista quanto às emissões de carbono e representa maior aquecimento global, e B2 é mais otimista e de menor aquecimento.

Figura 3.51

Choques na oferta do fator terra para a agropecuária, para cada cenário climático (variação % total entre 2010 e 2050).

* A perda da disponibilidade de terras por estado representa perda de produção agropecuária, de forma que a economia do Nordeste é afetada negativamente, gerando efeitos migratórios e de deslocamento de capital.

Fonte: Barbieri et al. (2008).



Nos cenários A2 e B2, praticamente todos os estados nordestinos sofrerão com perda de terra para agropecuária, o que pode implicar não só o processo migratório pela perda de emprego e subsistência, mas também com impacto na segurança alimentar dos brasileiros em geral.

Políticas de redução de vulnerabilidades. Os programas de transferência de renda são um importante instrumento para amenizar os efeitos da mudança do clima na migração. Para Ojima e Fusco (2015; 2017), a atuação desse tipo de programa para reduzir a vulnerabilidade dessas populações e aumentar sua capacidade de adaptação provocou efeitos de migração de retorno, a partir da geração de emprego e renda na região. Entretanto, Barbieri *et al.* (2008) apontam ainda que o baixo grau de desenvolvimento dos municípios nordestinos poderá aumentar a demanda das políticas governamentais federais.

Embora não seja tarefa simples tratar migrações e mudanças climáticas, o mapeamento de fluxos no país é de suma importância como medida adaptativa. Trata-se de uma lacuna científica, dada a escassez de estudos sobre o assunto. Os processos migratórios podem ocorrer em diferentes escalas e regiões do país e até mesmo entre países e por diferentes fatores, o que inclui os impactos das mudanças climáticas direta ou indiretamente.

SAÚDE

As variações e as mudanças climáticas podem produzir impactos diretos ou indiretos na saúde humana.

Os **impactos diretos** são aqueles associados prioritariamente à ocorrência de eventos extremos, tais como ondas de calor, secas e intensificação dos extremos de chuvas (IPCC, 2014), e incluem o aumento da morbimortalidade total por doenças do aparelho circulatório, respiratório e geniturinário. O aumento da temperatura e a ocorrência de eventos extremos de calor, especialmente aqueles caracterizados por dias quentes e úmidos, podem desencadear e exacerbar sinais e sintomas associados a diversas doenças, tais como asma, infarto agudo do miocárdio, insuficiência cardíaca e doenças cerebrovasculares. Além disso, o aumento do número de óbitos e de internações por doenças cardiopulmonares também foi associado à exposição ao *black carbon*, ozônio troposférico e material particulado, que são poluentes particularmente relacionados às mudanças climáticas (HACON; OLIVEIRA; SILVEIRA, 2018).

Os **impactos indiretos** correspondem àqueles mediados por alterações em ecossistemas e em ciclos biogeoquímicos que podem modificar a distribuição de doenças vetoriais, de veiculação hídrica, e aumentar a emissão de poluentes atmosféricos. Entre os impactos esperados, incluem-se aqueles associados às doenças vetoriais, já que as variáveis climáticas podem influenciar seus respectivos ciclos de transmissão. Tanto o aumento da temperatura quanto a ocorrência de eventos extremos como secas prolongadas e chuvas, conjuntamente com a falta de saneamento básico, podem contribuir para expansão geográfica e abundância sazonal dessas doenças, inclusive com a introdução de novas arboviroses (IPCC, 2014).

Esta seção tratará de doenças cardiorrespiratórias, transmitidas por vetores e de veiculação hídrica (em especial diarreia infantil).

Doenças Cardiorrespiratórias

O impacto da mudança do clima na ocorrência de doenças cardiorrespiratórias está relacionado a condições meteorológicas e climáticas, resultantes da combinação entre temperatura, umidade do ar, velocidade do vento e radiação. Considera-se ainda que as enfermidades na sua maioria são multicausais com diferentes mecanismos, vulnerabilidades e exposições no contexto de um clima em mudança.

Abordagem Metodológica

Para esta seção foram analisados, para as capitais brasileiras, dados referentes a:

- Mortalidade (óbitos) e morbidade (internações) para as doenças respiratórias e cardiovasculares relacionadas ao **aumento de temperatura**;
- Mortalidade (óbitos) para as doenças respiratórias e cardiovasculares relacionadas ao **estresse térmico**.

As análises se valeram de metodologias similares no tratamento de dados, com duas etapas distintas:

- Estimativa das associações entre as exposições (temperatura e estresse térmico) e os desfechos de saúde, no período de 2000 a 2010;
- Projeção dos impactos do aumento das exposições e os efeitos para a saúde, avaliados segundo os cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.

Premissas e métodos estatísticos adotados

Desfechos de Saúde: Utilizou-se o número diário de internações ou óbitos para o período *baseline* de 2000 a 2010, disponibilizados pelo Datasus⁵⁵, para analisar: mortalidade geral; mortalidade e internação por doenças cardiovasculares (acima de 45 anos); e mortalidade e internação por doenças respiratórias (acima de 60 anos).

Condicionantes climáticos: Foram utilizadas: temperatura média diária e estresse térmico por meio do indicador “temperatura de bulbo úmido” (*Wet-Bulb Globe Temperature* – WBGT, na sigla em inglês), que representa a exposição a condições climáticas que influenciam a capacidade do corpo de manter a termorregulação, ou seja, a exposição ao calor que implique estresse térmico (WBGT ≥ 28 °C). Para as projeções foram usados os dados do modelo regional Eta-HadGEM2-ES (RCP8.5), calibrados segundo o método apresentado por Hempel et al. (2013) nos cenários *baseline* (1965 a 2005) e SWL1,5, SWL2 e SWL4. Para as análises adotou-se o método estatístico proposto por Gasparrini et al. (2017). Avaliação e ajuste da heterogeneidade entre as capitais foi realizada por meio de metarregressão, tendo como variáveis a amplitude da temperatura e o Índice de Vulnerabilidade Social (infraestrutura urbana, capital humano, renda e trabalho – disponibilizado pelo Ipea).

Resultados e Análises

Efeitos da Temperatura

Verificou-se que a associação entre temperatura e as **doenças cardiovasculares** em maiores de 45 anos, no período de 2000 a 2010, foi mais forte para o óbito do que para a internação, tanto no frio quanto no calor em todas as capitais. Para o número de mortes, os Riscos Relativos (RR) foram superiores a 1,5 para a maioria das capitais, ou seja, a exposição a temperaturas acima ou abaixo da temperatura ótima está associada a um aumento de 50% dos óbitos quando comparado à exposição à temperatura ótima.

⁵⁵ Disponível em: www.datasus.gov.br

Para as **doenças respiratórias** em idosos com 60 anos e mais de idade, os resultados apontam associações mais significativas quando da exposição às temperaturas mais altas, tanto para a internação quanto para o óbito. Em relação ao óbito, observaram-se Riscos Relativos (RR) superiores a 2 (sobretudo associados ao calor), o que significa que a exposição ao calor está associada a um aumento de ao menos 100% dos óbitos, quando comparado à exposição à temperatura ótima.

Ressalta-se que cada capital tem sua temperatura ótima (ou de risco mínimo) associada aos impactos do clima na saúde, conforme apresentado na Tabela 3.5.

REGIÃO	DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATÓRIO		DOENÇAS DO APARELHO CIRCULATÓRIO	
	INTERNAÇÃO	ÓBITO	INTERNAÇÃO	ÓBITO
NORTE	26,6	24,2	26,8	26,4
NORDESTE	24	24,6	25,8	28,2
CENTRO-OESTE	27,3	25	28,2	26,7
SUDESTE	25,8	23,4	27	26,2
SUL	26,3	23,6	13,8	25,8
BRASIL	26,4	24,4	26,4	26,8

Tabela 3.5

Medianas das Temperaturas em °C de Risco Mínimo, segundo os desfechos de saúde e as regiões do Brasil (2000 a 2010).

Nota: A temperatura de risco mínimo é aquela estimada pelos modelos estatísticos usados na presente análise do estudo de associação.

Efeitos da Temperatura: Avaliação dos Impactos Futuros na Saúde Humana

De modo geral, para todos os resultados de saúde, conforme aumenta o nível de aquecimento global, maior o número de óbitos e internações atribuíveis à temperatura, sobretudo ao calor.

Considerando apenas as capitais, observa-se que, para as **doenças cardiovasculares** em pessoas com 45 anos ou mais, poderá aumentar tanto o número de óbitos quanto de internações na região Centro-Oeste, sendo de aproximadamente 8% o percentual de mortes e internações atribuíveis ao calor no SWL4 (Figura 3.52). Nas regiões Norte e Nordeste verificou-se um possível aumento das internações e uma redução dos óbitos, com aproximadamente 12% das internações atribuídas ao SWL4. Nas regiões Sul e Sudeste foi observado um possível aumento nos óbitos, atribuídos ao calor e à redução de internações. Na região Sudeste, 10% dos óbitos poderão ser atribuíveis ao SWL4, enquanto na região Sul poderá ser de 5%.

Quanto às **doenças respiratórias** nos idosos, em todas as regiões observou-se aumento da fração de internações e óbitos atribuíveis ao calor, conforme aumenta o nível de aquecimento. Destaca-se que aproximadamente 30% das internações e 30% dos óbitos das capitais da região Norte serão atribuíveis ao SWL4. Considerando o mesmo cenário, na região Centro-Oeste serão aproximadamente 40%, na região Sudeste estimaram-se 23% e na região Sul 9% de aumento de internações e óbitos. A região Nordeste foi a única que apresentou fração atribuível das internações maior do que dos óbitos nas capitais, com aproximadamente 15% das internações atribuíveis ao SWL4.

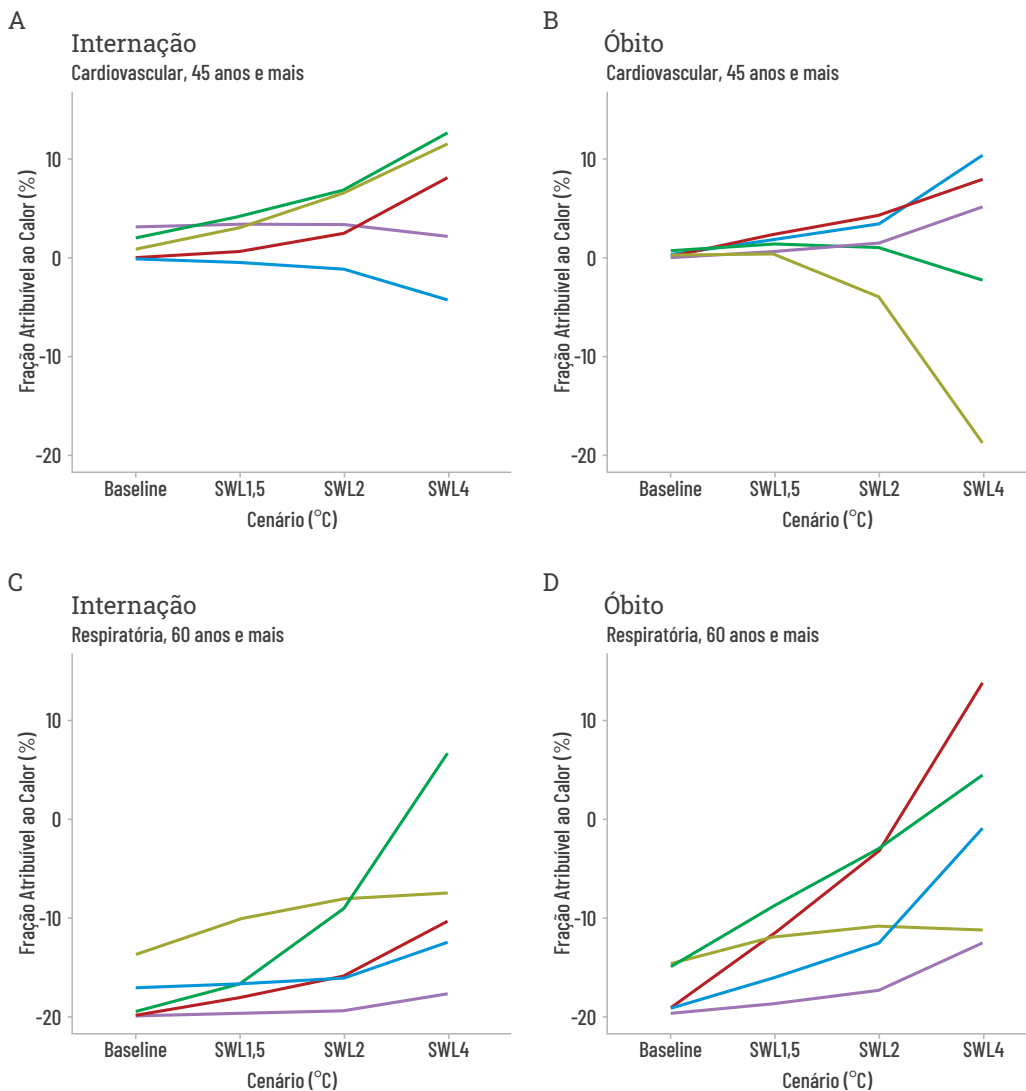


Figura 3.52

Fração Atribuível de Mortes e Internações nas regiões do Brasil, segundo os cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4.

* FA – Fração Atribuível de ocorrências de mortes e internações ao aumento de temperatura.

Elaboração própria de acordo com o método estatístico proposto por Vicedo-Cabrera *et al.* (2019).

Efeitos do Estresse Térmico

Na Figura 3.53 apresenta-se a distribuição do indicador de estresse térmico WBGT para o período *baseline* (1961-2005) e para os SWLs no modelo climático Eta-HadGEM2-ES (RCP 8.5). A linha vermelha na vertical indica o valor estabelecido como limite (WBGT 28 °C) (ACGIH, 2013; ISO7243, 1989).

Observa-se um deslocamento da distribuição desses valores, de acordo com os cenários de aquecimento, com destaque às capitais do Norte e Nordeste, que terão mais de 90% dos dias acima desse limiar no cenário SWL4. Destacam-se ainda a capital de Mato Grosso, Cuiabá; e, na região Sudeste, Rio de Janeiro e Vitória.

Para os desfechos de saúde avaliados (mortes e internações por doenças cardiovasculares e respiratórias devido ao estresse térmico), conforme aumenta o nível de aquecimento global, maior seria o número de óbitos, mas os impactos diferem entre si conforme a localidade e características dos desfechos avaliados.

O impacto das condições de estresse térmico foi mais acentuado para óbitos por doenças respiratórias quando comparados à mortalidade geral e por doenças cardiovasculares. Dentre as capitais, as mais impactadas para **óbitos cardiovasculares** foram Vitória, Rio de Janeiro, Palmas, Cuiabá e Porto Velho; as duas últimas citadas, com fração atribuída estimada acima de 30% no SWL4. Com relação a **óbitos por doenças respiratórias**, destacam-se Rio Branco, Fortaleza, Vitória, Rio de Janeiro, Campo Grande, Goiânia, Boa Vista, Cuiabá e Palmas, e em especial João Pessoa, Porto Velho e Belém, com fração atribuível maior que 30% no SWL4.

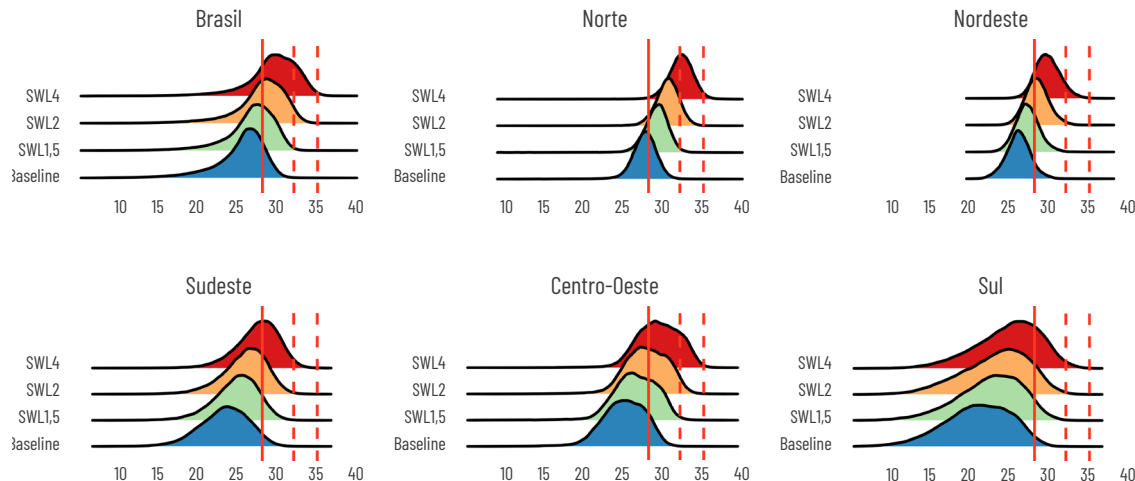


Figura 3.53

Cenários de risco de exposição por estresse térmico (WBGT), por região do país.

* As curvas representam a distribuição dos dias do ano em relação à ocorrência de temperatura. Em relação às cores das curvas, azul para o período *baseline* (2000-2010), verde para SWL1,5, laranja para SWL2 e vermelho para SWL4.

Doenças Transmitidas por Vetores

As doenças transmitidas por vetores contribuem significativamente para a carga global de doenças, especialmente em países em desenvolvimento. A dinâmica de transmissão dessas doenças está associada a diversos fatores, que incluem o crescimento populacional, as migrações, a urbanização inadequada, o deficitário funcionamento dos sistemas de saúde, além da indisponibilidade de serviços de saneamento ambiental em quantidade e qualidade adequada.

No contexto da mudança do clima, as doenças transmitidas por vetores estão entre as mais bem estudadas, não apenas em razão da sua importância epidemiológica, mas também pela sua alta sensibilidade a fatores climáticos. As conexões mais simples são observadas para temperatura que afeta as taxas de repasto sanguíneo (mordida), sobrevivência e reprodução dos vetores, assim como as taxas de sobrevivência e desenvolvimento dos patógenos que eles carregam. Além da temperatura, a precipitação também exerce uma influência muito forte, sobretudo no caso de doenças transmitidas por vetores com estágios de desenvolvimento aquático (como mosquitos), ou via umidade para doenças transmitidas por vetores sem essas etapas, como aquelas transmitidas por flebotomíneos.

Abordagem Metodológica

São apresentados os resultados que relacionam a ocorrência de **dengue, leishmaniose visceral, febre amarela e malária**, tendo como *baseline* os anos entre 2000 e 2010, e cenários futuros SWL1,5, SWL2 e SWL4 no modelo Eta-HadGEM2-ES (RCP 8.5).

Dados e projeções. Para a construção dos modelos de projeção de cenários futuros, foi utilizado o software Maxent (PHILLIPS et al., 2019), que se baseia no modelo de máxima entropia (med), que é uma forma de se prever distribuições de probabilidade baseadas no número de indivíduos de uma espécie ou de ocorrência de determinado evento (PHILLIPS et al., 2006).

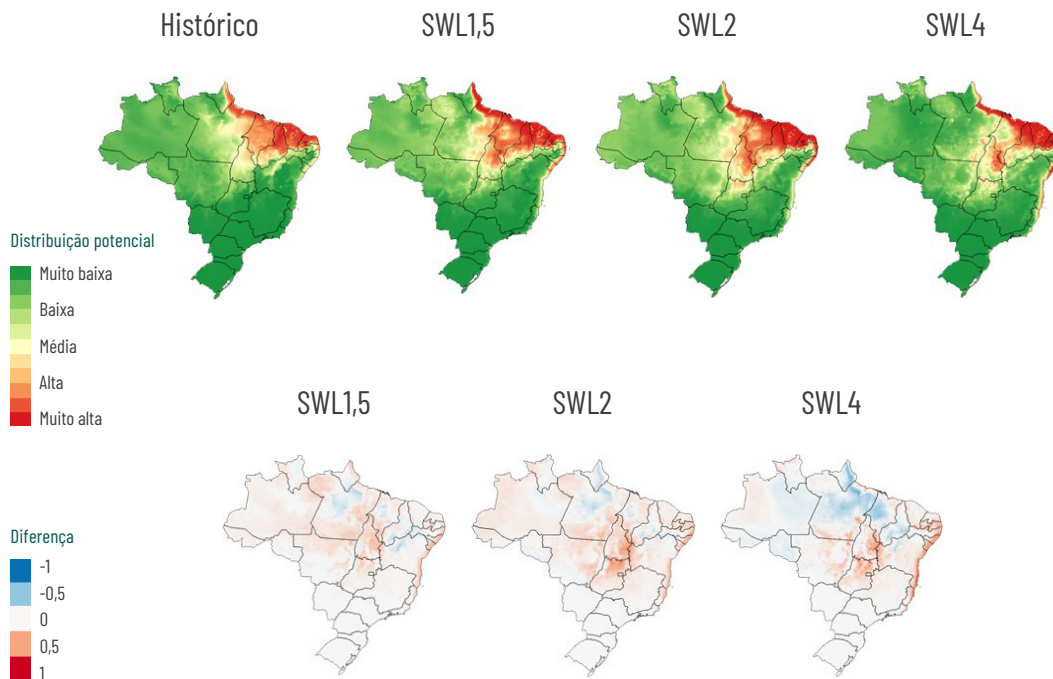
Diversas covariáveis foram utilizadas, incluindo temperatura, precipitação e variáveis bioclimáticas estabelecidas pelo Worldclim⁵⁶: amplitude térmica (ampterm), temperatura mínima (mntp), temperatura máxima (mxtp), precipitação (prec), sazonalidade da temperatura (bio4) e sazonalidade da precipitação (bio15).

As figuras trazidas adotam a cor escura para indicar alta probabilidade e tons mais claros de amarelo para indicar baixa probabilidade de condições adequadas para uma epidemia.

⁵⁶ O Worldclim é uma base de dados climáticos globais que fornece *layers* em diferentes resoluções referentes ao clima atual e para cenários climáticos passados e futuro. Para mais informações, vide: www.worldclim.org.

Resultados e Análises

DENGUE: as áreas de alta adequabilidade climática são predominantes na maioria dos estados do Nordeste brasileiro, seguindo o mesmo padrão em cenários futuros. Nota-se um aumento da distribuição potencial na extensão da faixa Atlântica, correndo o litoral e indo em direção à Bahia e Espírito Santo. Para o SWL4, verifica-se uma redução na probabilidade de condições climáticas adequadas para epidemia na Amazônia brasileira (Figura 3.54).



LEISHMANIOSE VISCERAL: as áreas de alta adequabilidade climática para leishmaniose visceral, de acordo com o modelo, representam bem a distribuição conhecida da doença incidente principalmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. Considerando o SWL4, verificou-se uma redução das condições climáticas favoráveis para ocorrência da doença nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e expansão nas regiões Sudeste e Sul, e uma faixa no litoral norte dos estados do Pará, Amapá e Maranhão (Figura 3.55).

Figura 3.54
Adequabilidade climática para dengue no Brasil, segundo os cenários SWL.

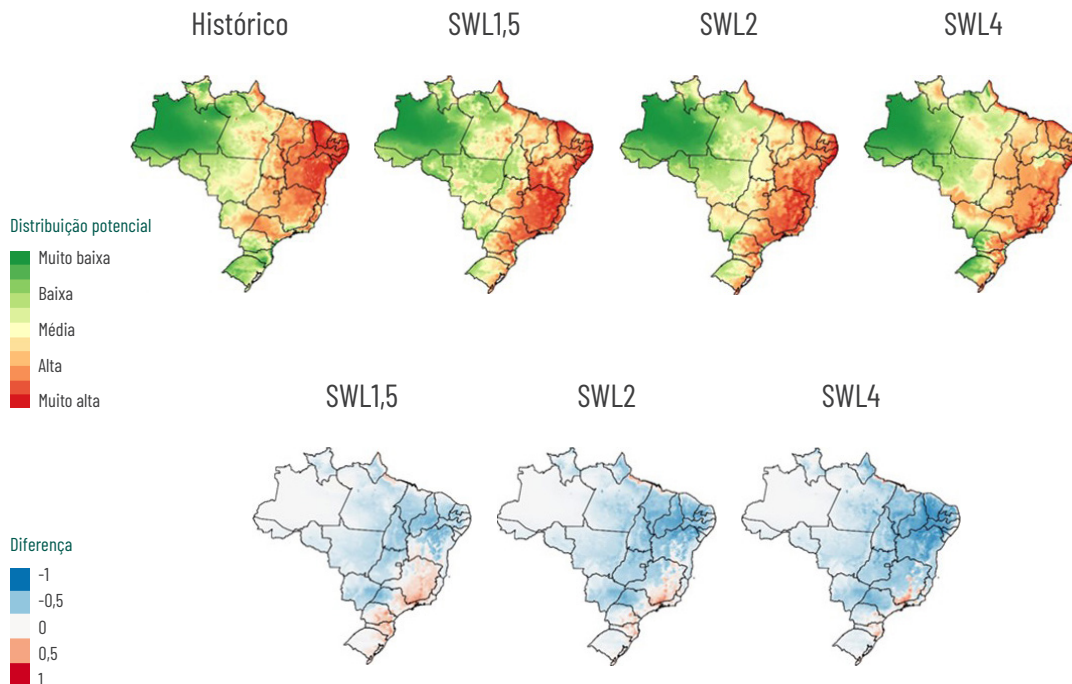
* Variável dependente foi definida como todos os municípios do Brasil que apresentaram a incidência cumulativa anual acima de 300 casos por 100 mil habitantes.

Baseado em dados climáticos do modelo Eta-HadGEM2-ES.

Figura 3.55

Adequabilidade climática para leishmaniose visceral no Brasil, segundo os cenários SWL.

Baseado em dados climáticos do modelo Eta-HadGEM2-ES.

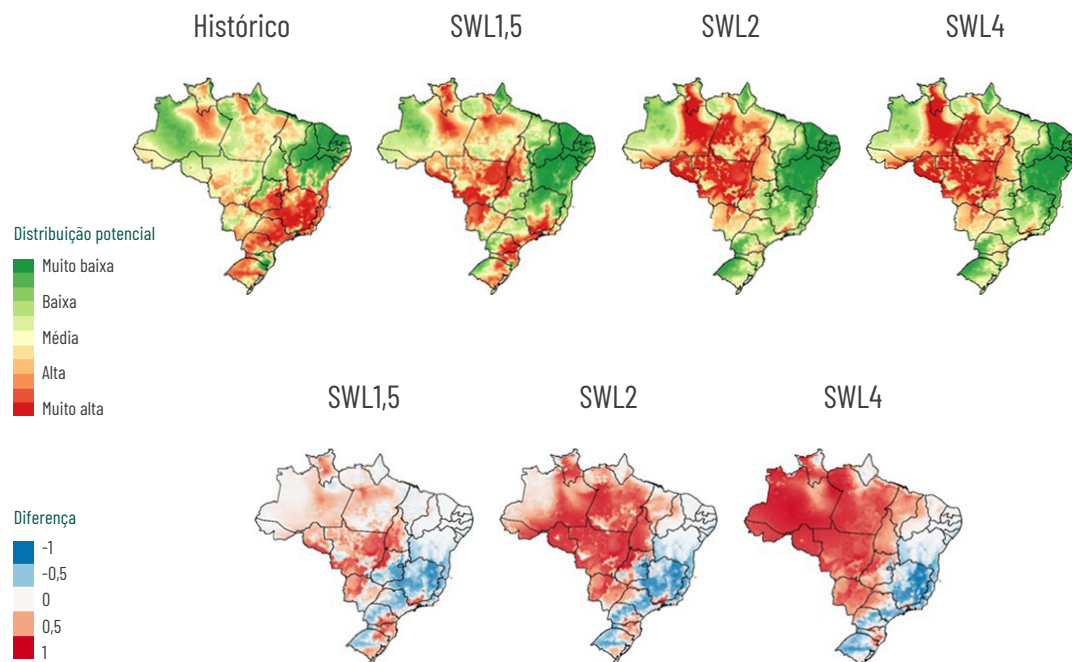


FEBRE AMARELA: As áreas com condições climáticas favoráveis para febre amarela, de acordo com o modelo, se distribuem principalmente nas regiões Sudeste, Sul, Centro-Oeste e Norte. Esta área adequada aumentará expressivamente nos cenários de aquecimento, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Norte (Figura 3.56).

Figura 3.56

Adequabilidade climática para febre amarela no Brasil, segundo os SWLs.

Baseado em dados climáticos do modelo Eta-HadGEM2-ES.



MALÁRIA: A partir da aplicação do ponto de corte para selecionar os municípios com maior incidência no período estudado, ficou evidente a agregação deles em áreas com condições climáticas favoráveis principalmente na região Norte. Os cenários de aquecimento indicam aumento das condições climáticas favoráveis nas regiões Nordeste, Sudeste e parte da Centro-Oeste (Goiás e Mato Grosso), com redução dessa área no estado do Tocantins. Os cenários SWL1,5 e SWL2 reforçam aumentos das condições climáticas favoráveis para localidades do norte do estado do Pará, enquanto o cenário SWL4 aponta uma concentração de maior adequabilidade climática na Amazônia ocidental (Figura 3.57).

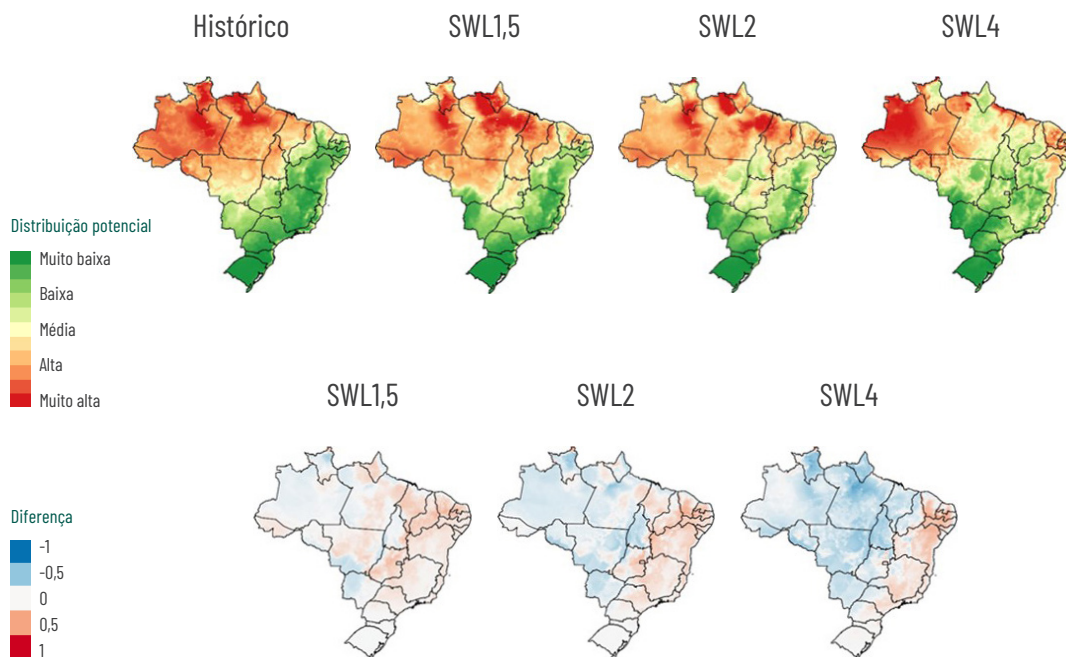


Figura 3.57
Adequabilidade climática para malária no Brasil, segundo os SWLs.

Baseado em dados climáticos do modelo Eta-HadGEM2-ES.

Doenças de Veiculação Hídrica: Diarreia Infantil

Dentre as gastroenterites, as doenças diarreicas agudas (DDA) infecciosas têm grande importância para a saúde pública pela maior frequência na população, principalmente em crianças menores de 5 anos. A DDA pode levar o doente ao óbito, principalmente quando associada à desnutrição ou à imunodepressão⁵⁷.

As DDA são causadas por consumo de água e alimentos contaminados, ou por outros meios de contaminação, como o contato com pessoas e/ou animais. Processam-se em contextos de reconhecida pobreza, baixa escolaridade, sob condições de higiene domiciliar e peridomiciliar precárias, acesso limitado aos serviços de saúde, situação alimentar e nutricional deficitária e outros fatores correlatos e sinérgicos, ou seja, em situação

⁵⁷ Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/doencas-diarreicas-agudas>

de alta vulnerabilidade social e ambiental. Nesse contexto, as mudanças climáticas podem agravar ainda mais uma situação já configurada como de alta vulnerabilidade.

O aumento de temperatura, as ondas de calor e os eventos de precipitação, como as enchentes, e outros eventos extremos (CAMPBELL-LENDRUMAND; WOODRUFF, 2007) podem acarretar modificações no ambiente como alterações nos ecossistemas e nos ciclos biológicos, hidrológicos e geográficos que podem aumentar a incidência de doenças infecciosas, com ênfase nas doenças de veiculação hídrica (como a leptospirose).

A literatura ressalta que não apenas o aumento na temperatura está associado ao aumento no número de casos de diarreias agudas, mas também a redução na temperatura pode criar ambientes propícios a proliferação de diarreias virais, embora essas condições possam estar associadas também ao regime pluviométrico e variações na umidade (GHAZANI et al., 2018; CARLTON et al., 2016).

Tratamento dos dados. Com relação aos dados referentes à diarreia infantil, consideraram-se crianças de até 5 anos de idade e dados de temperatura média (gerados pelo modelo Eta-HadGEM2-ES) para o período *baseline* (1965-2005) e para cenários SWL1,5, SWL2 e SWL4. Avaliou-se o impacto do aumento da temperatura no risco relativo (RR) para diarreia infantil.

Os dados de hospitalização por diarreia infantil – crianças menores de 5 anos – foram obtidos para cada município brasileiro no período 2000-2018, na base de dados do MS-DataSUS (2019).

Para selecionar os municípios com maior vulnerabilidade socioeconômica e de saúde, foi aplicado um ponto de corte baseado no terceiro quartil dos valores de IVUexp (descrito no tópico de “Desastres” do item 3.3.5.5.1 deste capítulo), ou seja, os 25% maiores valores de vulnerabilidade.

Resultados e Análises

Os cenários de aquecimento indicam um expressivo aumento na temperatura média, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Norte. No cenário SWL1,5, as temperaturas médias no Brasil aumentarão até 3,6 °C (Corquinho, MS), com os maiores valores encontrados nos estados de Mato Grosso do Sul (3,3 °C), Goiás (3,2 °C) e São Paulo (3,0 °C).

No cenário SWL2, as temperaturas médias no Brasil podem aumentar até 5,3 °C (Britânia, GO), com os maiores valores encontrados nos estados de Goiás (4,9 °C), Mato Grosso do Sul (4,8 °C) e Mato Grosso (4,6 °C). No cenário SWL4, as temperaturas médias no Brasil podem aumentar até 5,3 °C (Urucurituba, AM), sendo os maiores valores encontrados nos estados de Mato Grosso do Sul (7,6 °C), Mato Grosso (7,5 °C) e Goiás (7,4 °C).

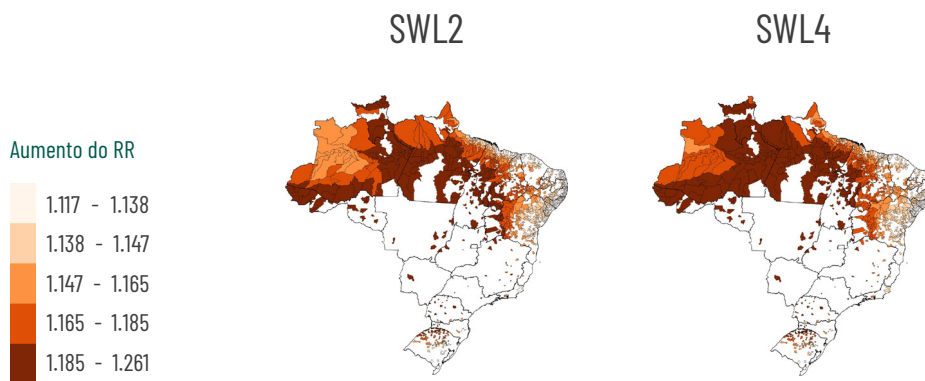


Figura 3.58
Taxa de aumento do risco relativo (RR) para diarreia infantil nos cenários SWL para os municípios com maior vulnerabilidade urbana no Brasil.

Os mapas apontam (Figura 3.58) para os municípios do norte do Nordeste, mais precisamente no semiárido, como as regiões em maior risco de aumento de ocorrência da diarreia infantil para todos os cenários de aquecimento, principalmente no SWL4.

3.7.4 Principais Resultados na Segurança Socioambiental

Apresenta-se a seguir uma síntese dos principais aspectos de impactos e vulnerabilidades na segurança socioambiental, a partir da perspectiva territorial dos biomas brasileiros.

De modo geral, destaca-se que todos os biomas perdem resiliência, ou seja, sofrem a perda de estados estáveis nos cenários de aquecimento acima do SWL2 até o final do século XXI. Como consequência, perdas de biodiversidade são esperadas, com potenciais alterações nos tipos de vegetação nos biomas, entre outros impactos. A perda de serviços ecossistêmicos se sobrepõe a condições socioeconômicas das populações, tendo como condicionantes a desigualdade social, a segregação socioespacial presente nas cidades e demais fatores.

O bioma **Amazônia** apresenta alta vulnerabilidade frente à mudança do clima, onde a perda de resiliência associada aos diferentes níveis de aquecimento pode ser agravada diante das dinâmicas de mudanças de uso da terra, causando a perda de serviços ecossistêmicos. Tal contexto, em conjunto com aumento de queimadas e urbanização acelerada e precária (com carência de infraestrutura urbana e saneamento ambiental), expõe a população a diversos impactos relacionados ao clima. Além disso, distâncias entre aglomerações populacionais dificultam o acesso a serviços de saúde e educação e até mesmo a organização de defesas civis e equipes de saúde para atendimento emergencial em caso de desastres e epidemias.

Dado que a **Mata Atlântica** sofrerá uma perda de resiliência nos diferentes níveis de aquecimento até o final do século, as únicas áreas que potencialmente permaneceriam resilientes, hoje, são ambientes antrópicos.

Nas Zonas Costeiras, os riscos de desastres podem ser potencializados por eventos associados a sobre-elevações do nível do mar, como as marés de tempestade, fenômenos que podem ser da mesma forma influenciados pelas mudanças climáticas.

A intensificação de extremos chuvosos aponta para aumento de doenças como a diarreia infantil, enquanto as doenças transmitidas por vetores, como a febre amarela e a malária, tendem a se manter significativas ou aumentar na região com o aumento de temperatura, que também deve causar aumento de óbitos e internações por estresse térmico e ondas de calor.

Atualmente, já ficam evidentes as sensibilidades e a baixa capacidade de adaptação dos povos indígenas e populações tradicionais na Amazônia, frente aos extremos climáticos na região (BRONDÍZIO *et al.*, 2016; PINHO, 2016; PINHO; MARENGO; SMITH, 2015), além dos fatores de pobreza, marginalização e ausência de governança (MARU *et al.*, 2014). A perda de resiliência projetada se configura como ameaça para Unidades de Conservação e Terras Indígenas.

Os biomas Cerrado e Mata Atlântica, que apresentam alto grau de endemismo e configuram *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000), apresentam elevada redução da cobertura vegetal original, agravada pela alta demanda por conversão do uso da terra, em conjunto com a relativa baixa cobertura de áreas protegidas. Essa tendência de redução de vegetação natural leva à perda de serviços ecossistêmicos essenciais para a população, com impactos socioambientais em diferentes escalas (BUSTAMANTE; METZGER *et al.*, 2019; AGARD; SCHIPPER, 2014; MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

No **Cerrado**, bioma que deve ser mais afetado pelo aumento de temperatura nos cenários futuros, as ondas de calor e estresse térmico, além do aumento da malária, são os maiores impactos na saúde. Na região, há municípios que apresentam dificuldade de acesso da população aos serviços de saúde, ainda que em condições melhores do que na Amazônia. Os impactos relacionados a eventos extremos de chuva, que já desabrigaram ou desalojaram milhares de famílias na região, também devem ser foco de atenção.

Na **Mata Atlântica**, principalmente na região Sudeste – aquela com maior densidade populacional do país – há municípios com alta incidência de assentamentos precários e informais, que apresentam alta concentração de vulnerabilidade urbana e longo histórico de desastres, sejam de grande magnitude ou os alagamentos constantes que afetam as metrópoles e diversas cidades (médias e pequenas) durante as chuvas de verão. O aumento das temperaturas nesta região deve implicar aumento de mortes e internações por ondas de calor e estresse térmico, além do possível aumento na ocorrência de leishmaniose visceral.

Para a **Caatinga**, a perda de resiliência do bioma e o aumento da incidência de desertificação levarão a um impacto profundo na produção de alimentos, sobretudo de produtores rurais familiares, o que pode comprometer o abastecimento do mercado local e regional, sabendo que 35% de toda área de produção de alimentos pela agricultura familiar está localizada na Caatinga (EMBRAPA, 2014). O processo de desertificação poderá levar à insegurança alimentar e hídrica, além de possíveis “armadilhas de pobreza”⁵⁸.

O aumento de temperatura e de extremos de secas é previsto nos cenários futuros, o que deve provocar maior ocorrência de mortes e internações por ondas de calor e estresse térmico, além de provocar aumento na ocorrência de malária, leishmaniose visceral, dengue e diarreia infantil (esta última, resultado também de baixa infraestrutura de saneamento). Pode haver novos fluxos de migração a partir da Caatinga, principalmente pelos

⁵⁸ Armadilha de pobreza ocorre quando famílias, ou uma comunidade, que já são pobres são afetadas por eventos extremos e situações conjunturais, forçando-os a continuar no ciclo de pobreza sem condições de sair dessa situação.

cenários futuros de aumento da aridez. Por outro lado, extremos chuvosos também vêm se intensificando, assim as capitais do Nordeste já sofrem recorrentemente impactos de inundações e alagamentos.

O **Pampa** perde resiliência em todos os níveis de aquecimento e se concentra com alta resiliência em apenas uma faixa no extremo sul do país no final do século. Também ocorre uma expansão desse bioma para outras áreas originalmente ocupadas pela Mata Atlântica em todos os níveis de aquecimento, mas com baixa resiliência e sobrepondo-se a condições potenciais do Cerrado. Da mesma maneira que para os outros biomas, a perda de biodiversidade é esperada e compromete a funcionalidade dos ecossistemas, bem como a provisão de serviços dos ecossistemas para a sociedade.

O alto número de ocorrências de desastres já registrados (como na divisa dos Pampas com a Mata Atlântica) alerta para o risco de aumento desses episódios na região, tanto pela intensificação de extremos chuvosos e de estiagens quanto pelo aumento de temperatura, sobrepostos à vulnerabilidade urbana das cidades sulistas aos desastres naturais.

Em relação à saúde, chama atenção o crescimento da área adequada ao crescimento de malária na região Sul, principalmente nos estados do Paraná e de Santa Catarina, além do cenário favorável ao aumento de diarreia infantil no interior do Rio Grande do Sul. De modo geral, os três estados que compõem a região devem sofrer com o aumento de temperatura para a ocorrência de óbitos e internações causadas por ondas de calor e estresse térmico.

3.8 ADAPTAÇÃO NO CONTEXTO DAS SEGURANÇAS

3.8.1 Opções de Adaptação

Considerando os cenários de impactos e vulnerabilidades descritos, um CONJUNTO DE OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO emerge como forma de lidar e minimizar os efeitos negativos da mudança do clima, ao mesmo tempo em que oportunizam o desenvolvimento sustentável e a melhoria do bem-estar da população no país. As ações de adaptação podem ser sinérgicas entre si ou representar *trade-offs*, o que deve ser considerado na formulação de políticas públicas no contexto de um clima em mudança.

As opções de adaptação aqui apresentadas referem-se a possibilidades identificadas no contexto das seguranças, considerando-se três aspectos que denotam urgência: i. opções que considerem a variabilidade climática atual e/ou que surjam de não arrependimento (que tragam cobenefícios e se justifiquem em uma faixa ampla de cenários climáticos futuros); ii. que levem a decisões com repercussão por longo prazo ou gerem consequências duradouras; ou iii. que estejam vinculadas a um longo tempo de implementação (medidas estruturantes e lentas).

A gestão de recursos hídricos tem papel transversal no contexto da adaptação à mudança do clima, uma vez que a água é recurso fundamental para o consumo e atividades econômicas da sociedade, incluindo produção de alimentos, biocombustíveis, geração de energia, indústria, entre outras. O fortalecimento e a articulação político-institucional com vistas ao gerenciamento de usos múltiplos e ao uso eficiente da água é de grande importância para minimizar a ocorrência de crises hídricas, além de medidas como a implantação de reservatórios e infraestruturas afins.

Em adição, a diversificação de fontes de geração (incluindo solar fotovoltaica e eólica) se apresenta como uma importante opção de adaptação, dada a predominância da fonte hídrica na matriz elétrica (vulnerável a variações em vazões e no balanço hídrico). Da mesma forma, a consideração de cenários climáticos no planejamento energético pode fortalecer a resiliência e a capacidade de adaptação do sistema energético, sabendo que os ativos do setor têm elevado custo e vida útil. Complementaridades entre diferentes fontes, como hidro-eólica e hidro-solar, oferecem oportunidades adicionais no contexto brasileiro, não obstante a importância de se promover também a eficiência energética dos setores usuários.

Estratégias de adaptação no setor agropecuário são necessárias para se garantir a oferta de alimentos, reduzir perdas e quedas de rendimento na produção, a manutenção da renda do produtor, assim como da paisagem na qual se encontra. A adoção de práticas de agricultura sustentável que envolvam o uso adequado dos recursos, em particular solo e água, a manutenção dos ecossistemas e o desenvolvimento de variedades mais resistentes aos estresses hídrico e térmico, são medidas que podem beneficiar não apenas as seguranças alimentar e energética, mas contribuir com aspectos de qualidade e quantidade de água, saúde e outros.

Adicionalmente, mudanças nas condições de risco agroclimático e de produtividade têm gerado, desde uma avaliação estritamente técnica, propostas de migração de cultivos para áreas mais favoráveis, como uma potencial resposta do setor produtivo. Considerando o espírito conservador do setor produtivo e uma conexão com a paisagem, talvez o produtor busque alternativas menos extremas. No entanto, como uma orientação a essa proposta, será necessário considerar o fortalecimento de políticas de ordenamento territorial, de modo a compatibilizar atividades produtivas com a conservação dos ambientes naturais e dos serviços ecossistêmicos.

Os serviços ecossistêmicos são fundamentais para a sociedade, incluindo a provisão de alimentos, controle de doenças, conservação de solos, regulação climática e do ciclo hidrológico, entre outros. Assim, soluções de adaptação baseadas na gestão integrada dos recursos naturais contribuem de maneira significativa para o fortalecimento de uma resiliência transversal e efetiva, não apenas por meio da manutenção e recuperação de ambientes naturais, como também pela integração da infraestrutura verde (natural) com a cinza (construída). Medidas de adaptação dessa natureza podem, por exemplo, agir como barreiras naturais em casos de eventos extremos de precipitação, minimizando a ocorrência de desastres (enxurradas, inundações, alagamentos e deslizamentos de terra), bem como melhorar a qualidade dos ambientes urbanos.

Nesse sentido, o planejamento urbano integrado representa um instrumento capaz de potencializar o uso de infraestruturas verdes, de promover soluções que tornem as cidades mais eficientes no uso de recursos, tais como água e energia; e mais equitativas, com melhor acesso a infraestrutura, serviços urbanos e qualidade de vida,

com especial atenção a assentamentos precários. O controle da expansão de manchas urbanas sobre áreas de risco ou sensibilidade ambiental se faz também urgente, no sentido de não gerar novas vulnerabilidades sociais e pressões sobre ecossistemas.

Por fim, ressalta-se que a adaptação tem o potencial de minimizar impactos e riscos, porém não é capaz de eliminá-los totalmente. Assim se tornam cada vez mais imprescindíveis os sistemas de monitoramento e comunicação dos riscos à população e gestores públicos.

Apresenta-se a seguir uma análise sobre as principais questões a serem consideradas no planejamento e na implementação de medidas de adaptação, considerando as especificidades territoriais, fatores conjunturais e condicionantes para cada uma das seguranças (hídrica, energética, alimentar e socioambiental). Apesar de algumas opções serem transversais, eventualmente são consideradas na segurança com maior aderência temática.

Segurança Hídrica



FORTELECIMENTO DA GOVERNANÇA DE RECURSOS HÍDRICOS. O Brasil possui legislação e instrumentos robustos no tema de recursos hídricos, que apontam para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) de forma descentralizada pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e impõem a integração das políticas de recursos hídricos com outras políticas, tais como planos diretores municipais, zoneamento agroecológico e legislação de uso e ocupação do solo. No entanto, a capacidade institucional de implementação se apresenta de forma heterogênea e acompanha as peculiaridades regionais (EMPINOTTI *et al.*, 2014; JACOBI; FRACALANZA; EMPINOTTI, 2017).

Na Amazônia, por exemplo, onde vêm ocorrendo eventos extremos de cheias e secas, são necessários planos estaduais e de bacias hidrográficas, entre outros mecanismos, para lidar com os impactos às populações atingidas. Nos biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, embora a maior parte do território já tenha planos e programas implementados, impactos e conflitos das recentes crises hídricas indicam a necessidade de ações complementares.

Em adição, o planejamento do setor hídrico será mais eficaz ao considerar os impactos e riscos relacionados ao clima, de modo a gerar e a disponibilizar informações que incorporem as incertezas.

Neste contexto, uma das questões prioritárias para o direcionamento de ações de adaptação é a articulação político-institucional para abordagens transversais das políticas de recursos hídricos com outras políticas e em diferentes níveis (federal, estadual, regional), de forma a evoluir na gestão e no uso mais eficiente da água, para evitar as crises e os impactos da baixa disponibilidade hídrica para usos consuntivos e não consuntivos⁵⁹. Como

⁵⁹ Os usos consuntivos são aqueles que retiram água do manancial para sua destinação, como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano. Os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água – o lazer, a pesca e a navegação são alguns exemplos, pois aproveitam o curso da água sem consumi-la.

exemplo, destacam-se o planejamento integrado do uso do solo, sistemas de gestão mais flexíveis capazes de lidar com as incertezas climáticas e instrumentos de compensação e de regulação de caráter preventivo, como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) baseado no conceito do provedor-recebedor⁶⁰.



INCREMENTO DA INFRAESTRUTURA HÍDRICA PARA AUMENTO DA OFERTA. Em cenários de clima mais críticos, investimentos em infraestrutura de armazenamento de água são relevantes para garantir a oferta em regiões do semiárido e com altas concentrações populacionais. Incluem-se a implementação de reservatórios, assim como de açudes e cisternas, para assegurar o abastecimento de água diante da sazonalidade do regime de chuvas num cenário de clima desfavorável e mais seco.



INTEGRAÇÃO DA INFRAESTRUTURA VERDE E CINZA se refere à integração de estratégias que partem de um melhor manejo dos recursos naturais às de obras de engenharia convencional para provisão de serviços hídricos, respectivamente. Como exemplo, a implantação de reservatórios e estações de tratamento de água, de maneira sinérgica com o reflorestamento em bacias hidrográficas e em planícies de inundação, gera benefícios para a qualidade da água e redução dos custos de tratamento (SOUSA JÚNIOR, 2013; KROEGER et al., 2017), ao mesmo tempo pode servir como mecanismo de contenção/controlado eficiente para cheias e secas e aumentar a capacidade de armazenamento de água no solo, reduzindo a demanda por irrigação. A infraestrutura verde tem o potencial de aumentar a resiliência dos recursos hídricos (FILOSO et al., 2017) e adiar a necessidade de novas infraestruturas.



PROMOÇÃO DO USO EFICIENTE DA ÁGUA. As perdas hídricas dos setores usuários, que eventualmente operam sob a premissa de recurso abundante, são consideradas um fator de pressão para a segurança hídrica (no presente e em cenários futuros).

A otimização do uso de recursos hídricos traz benefícios sem arrependimentos para diversos segmentos. Ampliar o uso eficiente da água no Brasil ocorre num contexto amplo, que inclui desde a necessidade de reduzir perdas em sistemas de abastecimento, sobretudo em grandes cidades, adequar os sistemas de medidores da rede urbana às exigências legais, promover técnicas de reúso⁶¹ nos diversos setores (incluindo o industrial) e tecnologias e práticas de irrigação (que representa o maior uso da água no país) sustentáveis.

Exigências legais e instrumentos de gestão, como a outorga de direito de uso de recursos hídricos (autorização para o uso da água) e a cobrança pelo uso podem auxiliar na sustentabilidade do setor, aumentando a eficiência e reduzindo o desperdício (ANA, 2017).

O Brasil perdeu US\$ 3,04 bilhões, em 2016, devido ao desperdício de água, o que corresponde a 92% de todo o valor investido pelo setor de saneamento básico no mesmo ano no país (US\$ 3,30 bilhões) (TRATA BRASIL, 2018), com liderança das regiões Norte e Nordeste.

⁶⁰ O conceito do provedor-recebedor, de caráter preventivo, complementa a atual política ambiental punitiva, baseada no poluidor-pagador.

⁶¹ O reúso é definido como o aproveitamento de águas previamente utilizadas (uma ou mais vezes) em alguma atividade humana, para suprir a necessidade de outros usos benéficos, inclusive o original, que pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não.



UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO. O acesso limitado aos serviços de saneamento básico coloca populações em situação de vulnerabilidade, com efeitos negativos que podem ser amplificados em situação de incerteza climática. Sendo assim, a universalização dos serviços de saneamento, além do aperfeiçoamento do controle de atividades industriais e agrícolas, são ações consideradas relevantes para a adaptação.

DEMAIS AÇÕES DE ADAPTAÇÃO. A elaboração de planos de contingência para secas e cheias, com planejamento de longo prazo e revisões periódicas; estratégias de conservação do solo com impacto na produção de água; melhorias das previsões de disponibilidade de água; assim como a substituição de determinadas tecnologias por métodos mais eficientes no uso da água e energia são exemplos de ações que fortalecem a capacidade adaptativa das instituições e da sociedade.

Segurança Energética

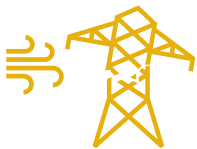


INCLUSÃO DOS IMPACTOS E VULNERABILIDADES NO PROCESSO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO⁶². Trata-se da realização de estudos de cenários climáticos futuros, bem como a utilização dos resultados nos instrumentos de planejamento do setor energético (como o PDE e o PNE), especialmente no que tange à expansão da oferta, demanda, transporte e futuros leilões de energia.

Informações relevantes incluem análises de alterações no potencial dos recursos energéticos em cenários futuros, o que pode subsidiar a localização e aproveitamento de futuras instalações para produção de energia em todos seus níveis, além de investimentos no repotenciamento de usinas hidrelétricas.

Cabe avaliar em projeções da demanda de energia, e do crescimento do PIB e outros aspectos socioeconômicos, o comportamento no uso da energia motivado pela mudança do clima e seu impacto na população e nos setores econômicos.

Em cenários de redução do potencial hidrelétrico e do aumento da demanda, torna-se oportuno o aproveitamento de fontes alternativas de energia para diversificação da matriz energética, especialmente com recursos renováveis, tendo em vista indicações de manutenção ou pequeno aumento da disponibilidade dos recursos de energia solar e eólica no país.



INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS. Parte das infraestruturas críticas no país (como as relacionadas à oferta de água, de geração e de transmissão de energia elétrica, rodoviárias e portuárias) já possuem vulnerabilidades ao clima atual por baixos níveis de eficiência e/ou manutenção precária (IIS, 2019). O aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos pode impactar infraestruturas de diversos sistemas, tais como o de energia, representando maior risco de interrupção no seu fornecimento.

⁶² O planejamento energético é realizado para identificar as necessidades futuras de energia, visando o atendimento de uma demanda projetada e apoio à tomada de decisões em projeções da expansão energética, fornecendo diversas informações sobre estudos de mercado, de setores da cadeia energética, indicadores de desempenho do sistema, requisitos para investimentos, entre outros (EPE, 2017a).

Assim, a conservação e prevenção de danos às infraestruturas de produção e transporte de energia são ações relevantes para a adaptação. Destaca-se a importância da realização de estudos específicos sobre ocorrências de interrupção por fatores climáticos, assim como de cenários futuros para subsidiar as ações correspondentes.

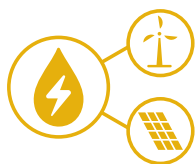
Por exemplo, o setor do refino de petróleo deve considerar o elemento incremental de risco climático associado à mudança do clima e aos desastres naturais na definição da localização de refinarias. Já para refinarias existentes, os estudos sobre a intensificação de eventos climáticos extremos devem ser levados em consideração para que se possam tomar medidas localmente adequadas, buscando o aumento da robustez das plantas de produção (como a construção de muros e diques de contenção para enchentes, elevação do nível das edificações e reforço estrutural).



INCENTIVOS À GERAÇÃO DE ENERGIA DESCENTRALIZADA podem minimizar possíveis ocorrências de falhas na geração, distribuição e/ou transmissão de energia elétrica ocasionadas por eventos climáticos extremos e podem se aplicar tanto a sistemas isolados como a grandes centros urbanos, sistemas de transporte e polos industriais. Essa medida pode aumentar a oferta de energia e assim reduzir a pressão sobre o sistema energético. Particularmente para sistemas isolados no bioma Amazônia, pode-se aproveitar o aumento da incidência solar para geração fotovoltaica; investir em pequenas centrais hidrelétricas ou em turbinas hidrocinéticas⁶³; promover o uso do biodiesel a partir de óleos vegetais encontrados localmente, como o óleo de palma, e o uso de biomassa gerada por resíduos florestais, rejeitos da produção de açaí e cupuaçu (TEIXEIRA, 2013).

A vulnerabilidade da transmissão de energia aumenta em infraestruturas de grande porte, como o SIN, condição aplicável no caso de sua ampliação para atender usos mais distantes, como as comunidades isoladas localizadas no bioma Amazônia, com elevados custos de investimento em distribuição e transmissão.

O Brasil possui um Sistema Interligado Nacional e uma diversidade da matriz elétrica que o dota de capacidade adaptativa em relação aos impactos climáticos na geração (BRASIL, 2016b).



COMPLEMENTARIDADE DE FONTES DE GERAÇÃO ELÉTRICA. Há oportunidades de adaptação nas relações de complementaridade das fontes hídricas, hídrica-eólica, hídrica-solar e, possivelmente, eólica-solar, em especial nos biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Salientam-se ainda as complementaridades entre as fontes eólica e solar, especificamente para regiões com maior potencial eólico no período noturno, quando não há geração de energia solar, como na região Nordeste do país (bioma Caatinga).

⁶³ Essas usinas hidroelétricas apresentam impacto ambiental e social reduzido e ainda garantem a segurança energética. (MILLER *et al.*, 2011; GOLDEMBERG, 2004).

A geração por meio de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas dispõe de um custo médio de geração menor do que uma usina puramente solar ou eólica, porque otimiza os custos de operação e de investimento, gerando uma economia de escopo, além de reduzir os impactos socioambientais, minimizar os impactos na rede elétrica decorrentes das oscilações na geração de energia e reduzir o custo das interrupções do sistema. Porém, o custo inicial de investimento faz com que a sua implementação dependa de políticas e ações governamentais específicas para se tornarem economicamente atrativas (EPE, 2017).



MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES BIOENERGÉTICAS é uma medida que pode contribuir para o aumento da resiliência do sistema de biocombustíveis diante da mudança do clima. O aumento de zonas de alto risco agroclimático nas áreas de produção de soja e cana-de-açúcar nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste) implica impacto direto nos principais insumos para as cadeias brasileiras bioenergéticas do etanol e do biodiesel.

Há no Brasil programas de excelência de melhoramento para cana-de-açúcar e soja (CARVALHO; FURTADO, 2013; FREITAS, 2011). Com relação à soja, os programas nacionais de melhoramento do grão tiveram importância fundamental para viabilizar a adaptação do cultivo em regiões de baixas latitudes, ampliando a fronteira agrícola da soja para o bioma Cerrado, onde atualmente há a maior parcela da produção nacional (FREITAS, 2011).



MAIOR EFICIÊNCIA NA CONVERSÃO E USO DA ENERGIA. Incluem-se a promoção da eficiência tanto nos processos de transformação da energia como nos seus diferentes usos, como edificações (por exemplo, Procel Edificações), industrial e transportes, o que requer instrumentos de política pública, tecnologia e mudança comportamental dos usuários. Essas medidas são potencializadas se integradas ao planejamento urbano, como sistemas naturais de resfriamento (resfriamento passivo) como espaços verdes em telhados.



BIOMASSA COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA. A adaptação na cadeia da biomassa avançada está relacionada ao aproveitamento energético de biomassa residual⁶⁴, como resíduos agroindustriais, gerados de forma concentrada onde seu aproveitamento energético se dará; resíduos agrícolas, gerados no campo de forma dispersa, dependente de equipamentos para sua coleta; e resíduos sólidos urbanos e biogás.

Segurança Alimentar

O impacto da mudança do clima sobre a oferta de alimentos no país poderá ser intenso em todos os setores de produção, devido à grande dependência do setor agropecuário às condições climáticas locais (PBMC, 2013). O fato exigirá a adoção de medidas que aumentem a resiliência e diminuam a vulnerabilidade dos sistemas de produção agropecuários, considerando não apenas o quanto se pode produzir em determinado setor, mas também como serão produzidos e distribuídos os alimentos de forma que a disponibilidade e o acesso aos alimentos sejam garantidos.



DESENVOLVIMENTO DE VARIEDADES E SISTEMAS DE MANEJO AGRÍCOLAS ADAPTADOS ÀS MUDANÇA DO CLIMA. Redução de produtividade do arroz, feijão, milho, soja, trigo e café (CAVERO, 2016; ASSAD *et al.*, 2013), devido à menor disponibilidade de água e aumento da temperatura média, pode comprometer a oferta desses produtos para o consumo da população brasileira (ASSAD *et al.*, 2013). A produção e a aptidão de áreas para a realização do plantio de grãos poderão sofrer grandes reduções, especialmente na região Centro-Oeste (ASSAD *et al.*, 2013; EMBRAPA, 2008).

O aperfeiçoamento dos sistemas de manejo e de tecnologias produtivas pode contribuir com uma maior produtividade. Os princípios da agricultura conservacionista, quando adotada dentro de uma abordagem integrada da paisagem, permitem o estabelecimento de sistemas de produção altamente produtivos, rentáveis, mas também resilientes, com capacidade de fazer frente às incertezas climáticas. Destacam-se estratégias como o Sistema Plantio Direto, sistemas integrados em suas diferentes formas (ILPF, ILP, SAFs), que entre outros permitem que os elementos de produção, tais como solo e água, garantam a manutenção de um equilíbrio de temperaturas e disponibilidade hídrica adequadas dentro de um intervalo de incerteza climática.

⁶⁴ Materiais de origem biológica com potencial energético que são gerados como coprodutos ou subprodutos de atividades antrópicas, como agricultura, indústria ou consumo.

A integração de sistemas de produção agrícola, pecuária e florestal (ILPF e SAFs) permite a intensificação sustentável do uso da terra para ganhos de produtividade de alimentos, fibras e energia (CORDEIRO et al., 2015), e a provisão de serviços ecossistêmicos (VASCONCELLOS; BELTRÃO, 2018). Adicionalmente, os sistemas integrados permitem, entre outros, uma melhora do ambiente de produção animal, com diminuição do estresse térmico e conseqüente melhoria do desempenho produtivo (BARBA, 2011)

Da mesma forma, o melhoramento genético de cultivares com maior tolerância ao déficit hídrico e ao estresse térmico pode desenvolver sistemas de produção agrícola mais resistentes à mudança do clima.

No semiárido brasileiro aumentou a adoção de sistemas de manejo mais racionais de irrigação (CASTRO, 2017) para minimizar o impacto da seca na agricultura. Utilizada de forma sustentável, torna-se uma estratégia de adaptação (CUNHA *et al.*, 2013).



ASSISTÊNCIA TÉCNICA E TRANSFERÊNCIA DE RENDA, bem como mecanismos de financiamento e transferência de risco (crédito e seguro agrícola), são relevantes para a redução da vulnerabilidade dos sistemas de produção agropecuária, principalmente da agricultura familiar, no sentido de minimizar os impactos das perdas na produção (MIRANDA; GOMES, 2016).

Podem ser citados como exemplos os serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER)⁶⁵; o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e suas ações como o Garantia-Safra⁶⁶ e o Seguro da Agricultura Familiar (SEAF); o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro); o Programa da Atividade Agropecuária da Agricultura Familiar (Proagro Mais); o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (PSR) e a linha de crédito do Plano ABC.



MONITORAMENTO DE RISCOS AGROCLIMÁTICOS se faz relevante para subsidiar o poder público e os agricultores na tomada de decisão. Diversos instrumentos de política pública podem se apoiar nessas informações, como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC)⁶⁷, que é consultado para a contratação e mitigação de risco na tomada de crédito e financiamentos do Proagro, Proagro Mais e PSR.

⁶⁵ Voltada exclusivamente para os pequenos e médios agricultores rurais e sendo fundamentada em educação básica informal, promove o gerenciamento, a produção e o comércio relacionados à atividade agropecuária, incluindo também gestão florestal, coleta e artesanato (CASTRO; PEREIRA, 2017).

⁶⁶ Subsidiado aos agricultores da região semiárida devido às perdas sistemáticas que ocorrem na produção agropecuária, principalmente em função da ocorrência de eventos extremos (secas e chuvas excessivas).

⁶⁷ É uma ferramenta que orienta o produtor rural sobre a melhor época de plantio e semeadura das culturas, de forma a reduzir perdas agrícolas provocadas por condições meteorológicas adversas (COMUNELLO, 2016).



MANUTENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES NATURAIS. De maneira geral, ações de adaptação focadas na conservação e/ou restauração dos ecossistemas, bem como na redução do desmatamento, são importantes para a manutenção dos serviços ecossistêmicos e, conseqüentemente, para manutenção e/ou aumento da produção agropecuária (PBMC, 2019). O fortalecimento das ações de cadastro e recuperação das áreas de proteção (APP) e reservas legais nas propriedades agropecuárias, conforme previstas no Código Florestal, são ações que fortalecem as frentes de fomento aos sistemas de produção agropecuária sustentáveis. O real equilíbrio entre o manejo sustentável de sistemas de produção, com produção intensificada, de forma integrada à paisagem local, e a proteção de recursos e ecossistemas naturais fortalecem a resiliência do sistema de produção agropecuário e se evidencia na melhora de renda do produtor, além dos serviços ecossistêmicos que passam a ser disponibilizados à comunidade.



MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE DISTRIBUIÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ALIMENTOS. As perdas de alimentos, que ocorrem ao longo das fases de produção, armazenamento e transporte (CREUS, 2018), bem como o desperdício, que representa a quantidade de comida que é descartada sem ser consumida, reduzem a disponibilidade de alimentos, com conseqüências negativas para os produtores e consumidores. Nesse sentido, cabem medidas de melhoramento da infraestrutura de distribuição e armazenamento de alimentos no país, principalmente nas centrais de abastecimento (MARTINS; FARIAS, 2003), no setor de transporte, de embalagens e na estrutura de comercialização, dentre outras que possam minimizar também os desperdícios, o que depende também da promoção da educação do consumidor.



IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO DE ESTOQUES PESQUEIROS. A produção de peixes poderá ser afetada pela redução do pH da água e pelo aumento da temperatura, causando a acidificação dos oceanos e, conseqüentemente, um desequilíbrio ambiental da vida marinha (CAMPOS, 2019). Medidas que visem implementar e/ou melhorar os sistemas de gestão de estoques pesqueiros poderão resultar em maior exploração econômica da pesca marítima e em águas continentais brasileiras (MMA, 2019; VIANA, 2013), em conjunto com a promoção da aquicultura.

Segurança Socioambiental



PROTEÇÃO DE FLORESTAS. As mudanças no uso da terra e os impactos da mudança do clima demandam estratégias e políticas de adaptação para áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas), além de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas em todos os biomas, com vistas a fortalecer a resiliência dos ecossistemas (LESLIE; MCCABE 2013; SALVATIERRA *et al.* 2017). Tais ações devem ser promovidas de maneira articulada entre as esferas nacional e subnacionais, visando a eficiência e a efetividade na sua implementação.

A **manutenção e a conectividade entre áreas protegidas** propiciam a viabilidade de processos ecológicos ao manter a redundância e a diversidade funcional de espécies, principalmente em biomas *hotspots* (alta biodiversidade e endemismo), tais como Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, incluindo as zonas costeiras e oceanos. Objetivam também a preservação da cultura, da religiosidade e modos de vida, na medida em que possibilitem a participação efetiva e contínua dos povos tradicionais.

Dentre as opções de adaptação por meio de incentivos econômicos, destaca-se o **Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)**, que visa recompensar financeiramente comunidades e/ou produtores rurais pela proteção ambiental, dentro e fora de reservas legais. Especificamente para os povos tradicionais e povos indígenas, a Redução de Emissões pelo Desmatamento e Degradação (REDD+) atua como PSA, contribuindo para estratégias de adaptação florestal em diversos biomas, principalmente na Amazônia.

O uso sustentável de áreas protegidas, a partir do conhecimento tradicional local, pode reduzir as suas vulnerabilidades. Incluem-se o desenvolvimento de modelos de negócios de produtos florestais sustentáveis, importantes para subsistência e economia regional.



ORDENAMENTO TERRITORIAL Complementarmente à proteção de florestas, é importante disciplinar as atividades socioeconômicas. No bioma Amazônia, o Macrozoneamento Ecológico-Econômico (MacroZEE) da Amazônia Legal pode ser utilizado como instrumento orientativo de planejamento do uso da terra e infraestrutura na região para redução dos impactos ambientais e sociais, contribuindo com a adaptação aos riscos climáticos.



PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS. Os incêndios florestais aumentam a exposição dos ecossistemas pela perda de floresta e de umidade e empobrecimento dos solos, além de causar danos à agricultura e impactos à saúde. A gestão integrada de impactos e riscos de incêndios florestais contribui com a adaptação, a exemplo do sistema de monitoramento de focos de calor e queimadas e riscos de fogo do INPE, que pode ser integrado com a defesa civil dos municípios e estados e contar com informações coletadas por agricultores e sociedade civil.



PROMOÇÃO DE PLANEJAMENTO URBANO INTEGRADO. No contexto das cidades e seus entornos, faz-se necessária a aplicação de instrumentos que assegurem a proteção dos serviços ecossistêmicos e da biodiversidade em função da expansão de manchas urbanas (o adensamento racional das cidades pode ser considerado como opção). Em um contexto de intensificação de eventos extremos, da mesma forma, o planejamento urbano integrado é um instrumento que permite que sejam incentivadas a arborização e a permeabilidade urbana (que promovem o conforto térmico, menor gasto energético, redução do efeito das ilhas de calor, e contribuem para redução dos impactos de enchentes e inundações), e a integração do planejamento do uso do solo com as infraestruturas e serviços urbanos, como saneamento básico e drenagem pluvial, mobilidade, entre outros.

É essencial a capacitação dos corpos técnicos das prefeituras, sobretudo dos pequenos municípios, para a ampliação da execução da política urbana local, ou ainda para a formação de rearranjos institucionais (SANTOS *et al.*, 2017).



PROGRAMAS DE PROTEÇÃO SOCIAL. Maior resiliência e capacidade de adaptação dos ecossistemas e da população demandam mecanismos de proteção social e medidas para redução de vulnerabilidades (HELTBERG *et al.*, 2009; REZENDE *et al.*, 2018), uma vez que as desigualdades sociais agravam os riscos da mudança do clima. Programas de apoio a comunidades e populações mais pobres e em situação de risco, como o Bolsa Família, são relevantes para a assistência social e a transferência de renda (LINDOSO *et al.*, 2014; LEMOS, 2015; IPCC, 2014).



SERVIÇOS DE SAÚDE. A mudança do clima tem afetado ou agravado a distribuição espacial, a frequência e o número de ocorrências de doenças transmitidas por vetores, de veiculação hídrica ou pelas ondas de calor (como as doenças cardiorrespiratórias), em conjunto com a intensificação de desastres naturais e fluxos migratórios. Será, portanto, necessário o planejamento prévio de serviços de saúde para atendimento de populações expostas aos impactos da mudança do clima, sabendo que a conservação dos ecossistemas é também essencial para a minimização de diversas tipologias de doenças, assim como a universalização do saneamento ambiental.

A adaptação na saúde inclui investimentos na pesquisa sobre proliferação e tratamento de doenças, bem como a estruturação dos serviços de saúde e a capacitação de profissionais para lidar com epidemias e desastres. Cabe destacar ainda a ampliação do controle de vetores, o aperfeiçoamento dos sistemas de monitoramento e de comunicação de alertas de desastres e o estabelecimento de protocolos para as várias categorias de morbidades.

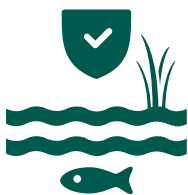


SISTEMAS DE GERENCIAMENTO E COMUNICAÇÃO DE RISCOS E DESASTRES. Diante de cenários de intensificação de desastres, sobretudo os relacionados a chuvas intensas e secas, há necessidade de aperfeiçoamento e modernização contínua dos sistemas de gerenciamento e comunicação de riscos e desastres, com o fortalecimento de órgãos competentes como o Cemaden, Cenad, INMET, entre outros. Complementarmente, preconiza-se a capacitação para emergências das defesas civis estaduais e municipais, das equipes de atenção básica da saúde, entre outras.

Os desastres naturais de cunho hidrometeorológico, como os deslizamentos de terra, as enchentes, inundações e enxurradas, são fortemente condicionados pelo crescimento desordenado das cidades, a ocupação de várzeas ou áreas de alta declividade, da falta de infraestrutura de drenagem pluvial e de saneamento ambiental, incluindo a coleta de lixo e o controle da poluição difusa. Assim, a efetividade do gerenciamento de riscos de desastres depende da implementação de ações complementares que lidem com esses aspectos.



MAPEAMENTO DE CENÁRIOS DE MOBILIDADE POPULACIONAL⁶⁸. As migrações como resposta à mudança do clima tendem a estar associadas à perda de produtividade rural e urbana, dificuldade de acesso à água, alimento e, em menor escala, energia. Dessa forma, é importante conhecer os processos migratórios para antecipar o planejamento nas áreas de saúde, habitação, economia, bem como no provimento de água, energia e alimentos.



PROTEÇÃO DE ECOSISTEMAS AQUÁTICOS (ÁGUA DOCE E MARINHO). As alterações decorrentes da mudança do clima levam à eutrofização, perda dos recifes de corais e dos berçários para procriação de espécies, perda de biodiversidade, de produtividade (inclusive pesqueira), da capacidade em absorver CO₂, erosão costeira e deslocamentos e perda de modos de vida das populações tradicionais e costeiras, além de impactos no turismo. Adicionalmente, fatores de pressão não climáticos atuam em conjunto sobre os ecossistemas aquáticos, como a urbanização, barragens, sobrepesca, poluição orgânica, química e por resíduos sólidos.

⁶⁸ A proposta é que a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE) passe a gerar dados de migração sistematizados e periódicos que possam, especialmente, ser analisados com dados climáticos.

O desaparecimento dos recifes de corais associado ao aumento da temperatura e acidificação dos oceanos são considerados limites “duros” para a adaptação. Uma vez que esse limite seja transposto, não é possível restabelecer o ecossistema sem incorrer em perdas econômicas e não econômicas.

A adaptação nesse contexto inclui a implementação de ações específicas para habitats e ecossistemas costeiros marinhos e de água doce, com o aumento de áreas legalmente protegidas, integração da gestão costeira com o ambiente terrestre e estímulo a instrumentos de gestão participativa nessas localidades. Cabe destacar ainda a restauração de recifes de corais e de bancos de gramas oceânicas e a ampliação do cultivo de algas (assegurando o DBO controlado).

3.8.2 Sinergias e *Trade-offs* entre Opções de Adaptação

Devem ser consideradas as potenciais relações e complementaridades entre a segurança energética, hídrica, alimentar e socioambiental para a formulação e implementação da adaptação, tendo em vista políticas integradas entre os setores para maximizar as sinergias, otimizar os *trade-offs* e evitar impactos negativos.

As sinergias podem ser entendidas como ações de adaptação que potencializam outras, ou trazem cobenefícios com outros objetivos. Por outro lado, há ações de adaptação que minimizam determinados riscos, mas agravam outros, gerando conflitos de escolha ou *trade-offs*.

A partir das opções de adaptação apresentadas, são descritas as sinergias e *trade-offs* a partir de cada uma das seguranças (**hídrica, socioambiental, energética e alimentar**).

Segurança Hídrica com as Demais Seguranças

Ao se tratar de sinergias entre opções de adaptação, a água ocupa posição central entre as seguranças, destacando-se sua governança, já complexa em si mesmo e desafiada a integrar a segurança energética e alimentar ante os impactos das mudanças climáticas, necessitando de arranjos mais complexos e diversos de governança, citados como “desafios de coordenação multinível” (PAHL-WOSTL, 2009).

Dessa forma, o fortalecimento de capacidades e da articulação político-institucional para abordagens transversais com outras políticas e em diferentes níveis pode amplificar a gestão e o uso mais eficiente da água, evitando crises e os impactos da baixa disponibilidade hídrica, sendo opções de adaptação amplas que favorecem a disponibilidade hídrica também para produção de alimentos e de energia.

Promover ações de uso eficiente da água, assim como a priorização de água de reúso nos setores industriais, agrícolas e urbanos, são medidas de adaptação que oferecem sinergia com as demais seguranças, tendo em vista os usos múltiplos da água.

Incrementar intervenções de infraestrutura pode garantir oferta de água para abastecimento humano e uso em atividades produtivas e reduzir os riscos associados a eventos críticos (tais como secas e cheias), beneficiando setores de energia e produção de alimentos. Contudo, intervenções puramente estruturais/físicas (como reservatórios de água) têm alto custo ambiental, podendo influenciar negativamente a gestão pesqueira, resultar em remoção de vegetação para implementação das obras, em perdas de conectividade de áreas protegidas e em alteração de ecossistemas aquáticos, gerando *trade-offs* para a segurança socioambiental.

Opções que fortaleçam a integração da infraestrutura verde e a gestão integrada de recursos naturais com a infraestrutura cinza para produção de água e proteção dos recursos hídricos têm sinergia com o planejamento urbano integrado, com a minimização da ocorrência de desastres e com benefícios para a saúde.

Além disso, apresentam potencial de múltiplos benefícios ambientais e sociais, tais como integração das comunidades locais e manutenção e restauração dos serviços ecossistêmicos (necessários para a segurança hídrica a longo prazo) e técnicas de uso eficiente da água, tais como reúso e implementação de áreas úmidas.

Segurança Energética com as Demais Seguranças

As fontes de energia renováveis (hidrelétrica, solar, eólica e biomassa) no Brasil já apresentam vulnerabilidades diante de alterações no clima. Ações que fortaleçam a resiliência e a capacidade de adaptação do sistema energético podem ser benéficas para todas as outras seguranças, assim como medidas de eficiência e conservação da energia em todos os setores usuários, ao contribuir com a redução da demanda de energia.

A melhoria da infraestrutura física energética pode contribuir com a estabilidade e/ou aumentar a oferta de energia. Porém, poderia haver *trade-offs* para as demais seguranças, especialmente em se tratando da implantação de usinas hidrelétricas e suas interligações, seja pelo impacto das obras sobre o ambiente e os serviços ecossistêmicos, seja na redução da disponibilidade hídrica para outros usos ou de áreas para produção de alimentos e recursos pesqueiros. Em relação às termelétricas, destaca-se como *trade-off* o aumento das emissões de poluentes atmosféricos locais e GEE (em comparação a fontes de energia renováveis).

O aproveitamento das complementaridades entre as fontes de energia pode beneficiar a segurança hídrica na disponibilidade do recurso para outros usuários, incluindo uso pela agropecuária, bem como o acesso à energia por comunidades isoladas. Por exemplo, a implementação de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas no bioma Caatinga (região Nordeste), bem como o incentivo à geração de energia descentralizada e de fontes renováveis não hidrelétricas.

O melhoramento genético das espécies vegetais mais relevantes para o sistema brasileiro de bioenergia (cana-de-açúcar e soja) poderá viabilizar esses cultivos em cenários climáticos futuros e ampliar a confiança do suprimento de biomassa às usinas de etanol e biodiesel (cujas participações na matriz energética brasileira tendem a aumentar). Tal medida pode contribuir para a segurança hídrica, uma vez que o uso da bioenergia de maneira complementar com a hidreletricidade promove maior disponibilidade do recurso hídrico para outros usuários. Entretanto, a demanda por irrigação pode aumentar (com a ampliação das áreas de cultivo de cana e soja), o que representaria um *trade-off* com os demais usos da água.

Segundo Embrapa (2015), o objetivo do programa de melhoramento genético, no caso da cana-de-açúcar, é desenvolver clones com alta produtividade, alto teor de sacarose, tolerância à seca, alta produção de etanol e de biomassa, desenvolvendo plantas eficientes que demandam baixo uso de fertilizantes nitrogenados, entre outros, podendo reduzir os impactos ambientais. Porém, para a segurança alimentar e segurança socioambiental, poderão ser gerados *trade-offs*, uma vez que poderá aumentar a demanda da conversão do uso e a competição por terra, impactando especialmente agricultores familiares e populações tradicionais. Além disso, ainda poderá haver impactos não previsíveis das novas variedades genéticas sobre os serviços ecossistêmicos.

O uso da biomassa residual como fonte alternativa de energia pode gerar sinergias com as demais seguranças, uma vez que sua base está no uso de resíduos agrícolas, agroindustriais e de sólidos urbanos, dando destinação a resíduos que, de outra forma, seriam encaminhados para disposição.

Segurança Alimentar com as Demais Seguranças

Ações para promover a segurança alimentar podem gerar sinergias com as demais seguranças, especialmente quando as opções de adaptação contemplarem a manutenção e a recuperação de ambientes naturais e/ou por meio da agricultura sustentável, com o desenvolvimento de variedades e sistemas de manejo agrícolas adaptados à mudança do clima.

O adequado manejo do processo de produção agropecuária, a adoção de boas práticas, os princípios sólidos da agricultura conservacionistas de manejo do solo e da água, que obtemos com tanto sucesso com o sistema plantio direto, a implementação de sistemas integrados e diversas outras práticas conhecidas permitem a intensificação sustentável da produção agropecuária, melhorando sua produtividade. Essas são algumas, entre tantas, opções técnicas de adaptação (COHEN-SHACHAM *et al.*, 2016), que junto com uma garantia da disponibilidade de alimento e geração de renda do produtor agropecuário também apresentam sinergias com a segurança hídrica (melhor gestão de água, permitindo inclusive um reabastecimento do lençol freático, por vezes), segurança socioambiental (pelo adequado uso da terra, reduzindo a pressão sobre as áreas de preservação de ecossistemas naturais), entre outros.

Algumas estratégias para fazer frente à incerteza climática e garantir a segurança alimentar devem ser avaliadas em seu contexto, de modo a não gerar impactos nas demais seguranças. A ameaça de novas doenças e pragas devido à mudança do clima, desconhecidas até o momento pelo setor, por exemplo, pode exigir o uso de agrotóxicos não específicos, de consequência, genéricos e de maior impacto, com eventuais consequências para a biodiversidade do entorno. Outro exemplo envolve a adoção de estratégias de irrigação para fazer frente a cenários de escassez de água, que ameaça a capacidade de produção de alimentos, que deve ser implementada dentro de um contexto mais amplo de gestão hídrica, com estratégias de reúso, preservação, entre outros, de forma a evitar impactos na segurança hídrica da região.

O fortalecimento dos sistemas de monitoramento, informação e gestão dos riscos agroclimáticos e de mecanismos de transferência de risco (crédito e seguro agrícola) podem auxiliar os produtores na gestão do risco

É importante incorporar o manejo do fogo nas políticas ambientais, nos biomas Amazônia e Cerrado, sobretudo em atividades agropecuárias, sabendo que a prática é utilizada por comunidades tradicionais e indígenas há séculos (BUSTAMANTE *et al.*, 2018; SARAIVA *et al.*, 2018).

rural, fornecendo informações em tempo hábil quanto a riscos climáticos. A informação adequada, associada a planos de contingência, permite a orientação do produtor em sua tomada de decisão quanto ao plantio e manejo de seu sistema de produção agrícola e animal, reduzindo sua vulnerabilidade frente a eventos climáticos.

Já as ações de assistência técnica e transferência de tecnologia para populações tradicionais e para agricultura familiar podem capacitá-las para o uso de tecnologias mais adequadas, com a adoção de práticas sustentáveis, melhor manejo e uso dos recursos naturais, permitindo melhor produtividade, sustentabilidade e resiliência das unidades de produção. Consequentemente, temos um aumento e garantia de renda, essencial para o desenvolvimento social. Aspectos essenciais para permitir a essas comunidades buscar respostas adequadas para fazer frente às incertezas climáticas, garantindo sua capacidade produtiva e reprodução de seu modo de vida. Adicionalmente, essas ações podem contribuir com a manutenção de áreas protegidas e com a subsistência dessas comunidades. Da mesma forma que a implementação e melhoria na gestão dos estoques pesqueiros, com destaque à proteção de ecossistemas aquáticos.

Além disso, a melhoria da infraestrutura de distribuição e armazenamento permite uma dinâmica mais efetiva na distribuição de alimentos, reduzindo perdas, criando também melhores oportunidades para produções em pequena escala, como da agricultura familiar, além de conectar a produção agrícola às demandas de mercado por meio da melhoria de processos ao longo da cadeia de valor da agricultura local, com sinergias para as demais seguranças, contribuindo com o bem-estar da população e a redução da pressão sobre os sistemas produtivos, entre outros benefícios socioeconômicos e ambientais.

A redução de consumo de energia, com melhor eficiência nas etapas de distribuição, é uma direta contribuição para segurança energética. Um sistema mais eficiente nas etapas de armazenamento e transporte tem como resultado uma redução de perdas de produtos, o que, entre outros, reduz diretamente a pegada ambiental causada por resíduos e descartes, agora evitados, e indiretamente a pegada ambiental pelo uso de área para produção.

Segurança Socioambiental com as Demais Seguranças

Os serviços ecossistêmicos proporcionam benefícios às necessidades humanas, incluindo serviços de provisão (alimentos, fibra, madeira, combustíveis); de regulação (regulação climática, regulação das doenças, purificação da água); culturais (estéticos, recreativos, espirituais); e de suporte (produção primária, ciclagem de nutrientes, formação de solos). Portanto, mantê-los é essencial para todas as seguranças.

Por ser o Brasil um país rico em recursos naturais e biodiversidade, as ações de adaptação baseadas na gestão integrada dos recursos naturais, como a manutenção de áreas úmidas e de espaços verdes, contribuem de maneira relevante para a construção de resiliência e capacidade de adaptação na segurança socioambiental, em sinergia com a gestão de bacias hidrográficas e outras medidas que visam a manutenção da biodiversidade.

Benefícios econômicos, sociais, ambientais e culturais podem ser obtidos pela utilização de uma análise integrada dos elementos da paisagem, uma vez que ambientes saudáveis desempenham um importante papel na proteção da infraestrutura e na ampliação da segurança humana, agindo como barreiras naturais e reduzindo os impactos dos eventos extremos. No gerenciamento de riscos de enchentes, a preservação das planícies de inundação e a reconexão delas aos rios podem também favorecer a conservação dos serviços dos ecossistemas (OZMENT *et al.*, 2015; OPPERMAN *et al.*, 2009).

Adicionalmente, a manutenção e recuperação de áreas com vegetação natural (incluindo florestas, áreas úmidas e planícies de inundação) favorecem a polinização, beneficiando tanto o equilíbrio ecológico quanto a produção agrícola (MEA, 2005), contribuindo também para reduzir o risco de crise hídrica, particularmente diante de futuros estresses climáticos (OZMENT *et al.*, 2015), melhorando a qualidade da água, o aumento de recarga do lençol freático e a redução do escoamento superficial da água durante tempestades (COLLS; ASH; IKKALA, 2009).

A preservação da Amazônia e a recomposição das matas nativas na região Sudeste podem melhorar as condições para que os jatos de água continuem atuando e alimentando reservatórios (FUNDAÇÃO Boticário/ICLEI, 2015), o que favorece a geração de energia hidrelétrica. Isso ocorre pois existe uma relação entre os ciclos hidrológicos em diferentes escalas no país com as funções ecossistêmicas do bioma Amazônia, da mesma forma que o bioma Mata Atlântica minimiza a formação de zonas de calor (que pode impedir a formação de chuvas) no Sudeste brasileiro.

Destaca-se ainda o planejamento urbano integrado como forma de coordenar e potencializar a implementação de ações em diferentes setores. Dentre elas, cita-se a arborização, a permeabilização do solo, a agricultura urbana, o adensamento inteligente das áreas regularizadas e consolidadas das cidades, a urbanização de assentamentos precários e a manutenção das relações sociais das populações de baixa renda (controlando a expansão das áreas antropizadas, sobretudo em áreas de risco ou sensibilidade ambiental).

Tais medidas contribuem para a minimização de ilhas de calor e o gasto de energia com climatização, permitindo a captação da água pluvial e redução da poluição dos corpos d'água pelo esgoto urbano. Essas ações têm sinergia com os sistemas de monitoramento e comunicação dos riscos, com a disponibilidade hídrica subterrânea e superficial e com a saúde da população.

Contudo, a redução de áreas disponíveis para agropecuária e infraestrutura devido ao aumento de áreas protegidas pode ser considerada um *trade-off*. Nesse sentido, soluções como a agrofloresta, por exemplo, podem aumentar a fertilidade e reduzir a erosão do solo, aumentando a produtividade de frutos, madeira e forragem. Plantas fixadoras de nitrogênio com raízes profundas podem naturalmente repor os nutrientes do solo nos sistemas agrícolas, auxiliar na filtração de sedimentos e nutrientes, mantendo águas limpas e disponíveis para o consumo humano e reforçando os sumidouros de carbono. Pastagens bem manejadas e conservadas fornecem forragem para o gado, enquanto armazenam carbono na biomassa acima e abaixo do solo.

Fomentar e aperfeiçoar sistemas de gerenciamento e comunicação de riscos e desastres, ondas de calor e incêndios florestais têm sinergia com todas as seguranças.

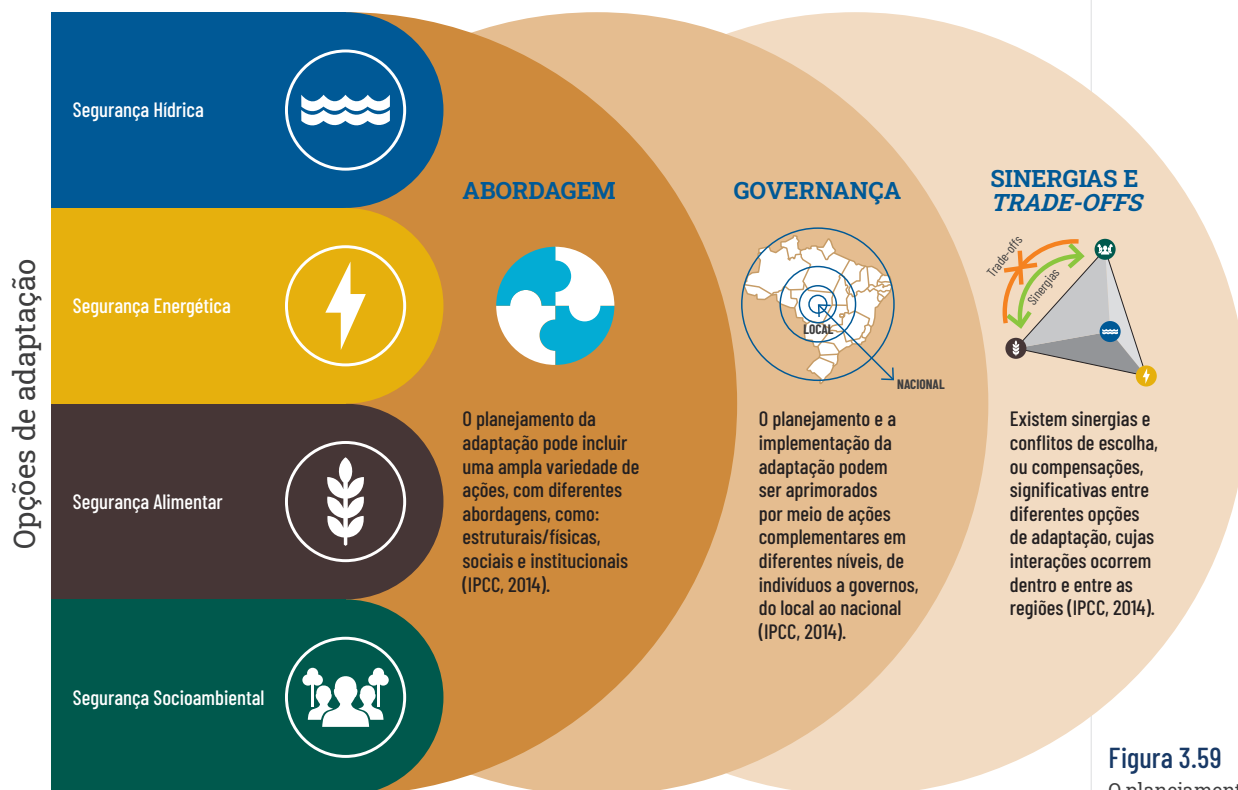
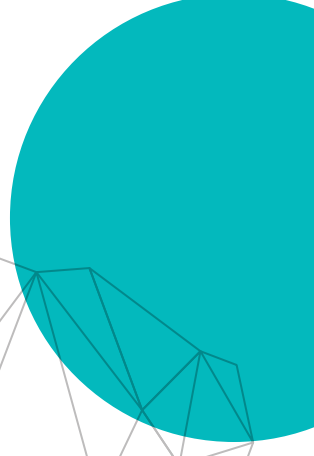


Figura 3.59
O planejamento integrado da adaptação.

Por fim, registra-se que a implementação da adaptação, tendo em vista a sua transversalidade com demais políticas públicas e agendas de desenvolvimento socioeconômico, será mais efetiva ao se combinar medidas com abordagens complementares, em diferentes níveis de governança e considerando as sinergias e *trade-offs* entre essas (Figura 3.59).

De cima para baixo, da esquerda para a direita: Wenderson Araujo - Sistema CMA • Flávia Rocha Manfrin - Pixabay • Rebekka D - Pixabay
Ubirajara Machado - Ministério da Cidadania • Saulo Cruz - Ministério de Minas e Energia ©

CAPÍTULO 4





MEDIDAS PARA MITIGAÇÃO

e Adaptação à Mudança do Clima



QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC

4. MEDIDAS PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA

4.1 Políticas Públicas, Programas, Projetos e Outras Iniciativas para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima

Para saber mais sobre a PNMC, consulte o item 1.6.

O GOVERNO BRASILEIRO ESTABELECEU NO ÂMBITO DA POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (PNMC) princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos que orientam o desenvolvimento e a implementação de políticas públicas e de programas governamentais, conforme explicitado pelo Decreto nº 9.578/2018 – que revoga os Decretos nº 7.343/2010 e 7.390/2010, que apresentam as ações voltadas sobretudo ao cumprimento de seu compromisso nacional voluntário pertinente às Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs, no acrônimo em inglês). Essas ações foram amparadas pela formalização dos planos setoriais de mitigação e adaptação no âmbito da PNMC, tais como, PPCerrado, PPCDAm, Plano ABC, Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia, que estão descritos ao longo deste capítulo.

É digno de nota que nos últimos 10 anos também foram estruturadas outras ações relevantes nos contextos nacional e subnacional com vistas a mitigar as emissões nacionais e a adaptar o país à mudança do clima. Algumas dessas ações culminaram no desenvolvimento de outras iniciativas relacionadas e de projetos, a exemplo da estratégia do Brasil para o GCF, o PNA, o PoMuC, o TNA_Brazil, o CITInova, o GIDES e o PMR Brasil, que são apresentados a seguir como exemplificação desse conjunto de medidas auxiliares adotadas. Ainda cabe mencionar a existência de políticas nacionais transversais, cujo escopo é direcionado à questão diversa à mudança do clima, mas que contribuem fortemente com o alcance dos resultados da PNMC, a exemplo do Código Florestal, RenovaBio e Proveg.

Além dos esforços nacionais apresentados neste capítulo, são reconhecidos inúmeros instrumentos de política pública e iniciativas que contribuem com a adaptação na esfera de atuação de entes subnacionais, bem como iniciativas do setor empresarial e da sociedade civil.

Com relação às esferas subnacionais, destaca-se que 16 dos 27 estados brasileiros possuem política estadual de mudança do clima aprovadas, 17 possuem fóruns de mudança do clima instituídos, e 10 possuem planos de adaptação. Além disso, há diversos municípios que possuem políticas e/ou estratégias climáticas, como: Belo Horizonte (MG), Salvador (BA), Palmas (TO), Recife (PE), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Santos (SP) e Fortaleza (CE); além dos 110 municípios participantes do Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia, incluindo 26 capitais.

De forma similar, é grande o potencial de atuação do setor privado no país, que conta muitas vezes com o apoio da academia e de organizações da sociedade civil na implementação da adaptação, a exemplo da: Câmara

Temática de Energia e Mudança do Clima (CEBDS); Adapta Sertão (Coalizão de cooperativas da agricultura familiar e Redeh); Programa Xingu (ISA); Projeto Inteligência Agroclimática (IAC)(empresas, agricultores, Embrapa e outros); Sistema de Observação e Monitoramento da Amazônia Indígena (Plataforma SOMAI) (IPAM, Funai, COIAB e APIB); Plataforma Empresas pelo Clima (EPC)(FGVces); Projeto Adaptação baseada em Ecossistemas em Regiões Marinhas, Terrestres e Costeiras (CI; Prefeitura Municipal de Porto Seguro; SOS Mata Atlântica; Movimento de Defesa de Porto Seguro; UFSC e USP); Rede Brasil do Pacto Global – GT de Energia & Clima (Instituto Ethos, CBPG e empresas associadas).

4.1.1 Código Florestal

A Lei de Proteção da Vegetação Nativa nº 12.651/2012, conhecida como novo “Código Florestal”, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP), de Reserva Legal (RL) e de Uso Restrito; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais, o controle e a prevenção dos incêndios florestais e a previsão de instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos.

Uma das inovações da Lei é a criação do CAR e a previsão de implantação do Programa de Regularização Ambiental (PRA) nos Estados e no Distrito Federal.

Cadastro Ambiental Rural (CAR)

O CAR constitui-se em base estratégica de dados para o controle, o monitoramento e o combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para o planejamento ambiental e econômico dos imóveis rurais (Quadro 4.1). Consiste em registro eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, com base em informações como a delimitação das APPs, RLs, remanescentes de vegetação nativa, áreas consolidadas, de interesse social e de utilidade pública. O CAR permite ao governo federal e aos órgãos ambientais estaduais conhecerem não apenas a localização de cada imóvel rural, mas também a situação de sua adequação ambiental.

O CAR também fornece subsídios para a gestão do crédito e seguro agrícola, a isenção de impostos dos principais insumos e equipamentos agrícolas, entre outros benefícios econômicos. Na articulação para ações do eixo Ordenamento Fundiário e Territorial do PPCDAm, a criação do CAR e do Sistema de Cadastro Ambiental Rural

(Sicar) auxilia no processo de regularização ambiental de propriedades e posses rurais, apoiando¹ diretamente alguns municípios prioritários, além de fortalecer e aprimorar a implementação do Programa de Regularização Ambiental (PRA). O Quadro 4.1 sintetiza os principais resultados do CAR para outubro de 2018.

Quadro 4.1

Principais Características do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Fonte: Baseado em BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2012.

CADASTRO AMBIENTAL RURAL (CAR)

INFORMAÇÕES

ADESÃO AO CAR

Deve-se cadastrar as seguintes informações: (i) Identificação do proprietário ou possuidor rural; (ii) comprovação de propriedade ou posse rural; (iii) Identificação do imóvel rural; (iv) Delimitação do perímetro: do imóvel; das áreas de remanescentes de vegetação nativa; das Áreas de Preservação Permanentes (APP) e de Reserva Legal (RL); das áreas de uso restrito e áreas consolidadas.

BENEFÍCIOS DO CAR

- Potencial instrumento para planejamento do imóvel rural
- Acesso ao Programa de Regularização Ambiental (PRA)
- Comercialização de Cotas de Reserva Ambiental (CRA)
- Acesso ao crédito agrícola

Programa de Regularização Ambiental (PRA)

O PRA corresponde a um conjunto de ações a serem desenvolvidas pelos proprietários e posseiros rurais, com o objetivo de promover a regularização ambiental de suas propriedades ou posses. Permite, assim, que os estados orientem e acompanhem os produtores rurais na elaboração e implementação das ações necessárias para a recomposição de áreas com passivos ambientais nas suas propriedades ou posses rurais, seja em APPs, RLs ou Áreas de Uso Restrito.

¹ O Fundo Amazônia tem apoiado financeiramente projetos que viabilizem a adesão de proprietários rurais ao CAR.

PROGRAMA DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL (PRA)

INFORMAÇÕES

ADESÃO AO PRA

Os PRAs devem ser constituídos no âmbito dos Estados e do Distrito Federal. Para sua adesão é obrigatória a inscrição do imóvel rural no CAR. A adesão formal ao PRA contempla a assinatura de Termo de Compromisso que contenha, no mínimo, os compromissos de manter, recuperar ou recompor as áreas degradadas ou áreas alteradas em APP, de RL e de Uso Restrito do imóvel rural, ou ainda de compensar Áreas de RL.

BENEFÍCIOS DO PRA

Cumpridas as obrigações estabelecidas no termo de compromisso do PRA, nos prazos e condições nele estabelecido, as multas referidas neste artigo serão consideradas como convertidas em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente, regularizando o uso de áreas rurais consolidadas conforme definido no PRA².

Quadro 4.2

Principais Características do Programa de Regularização Ambiental (PRA).

Fonte: Baseado em BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2012.

4.1.2 Estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima (GCF)

O Fundo Verde para o Clima (Green Climate Fund – GCF) é uma iniciativa global que visa promover o desenvolvimento de baixo carbono e a resiliência climática. Foi estabelecido por 194 países para limitar ou reduzir as emissões de gases de efeito estufa nos países em desenvolvimento e para ajudar a adaptar as sociedades vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas.

Um dos princípios-chave do GCF é que os projetos estejam alinhados às necessidades e prioridades dos países proponentes, promovendo assim a apropriação pelo país beneficiário dos resultados dos projetos a serem financiados. Dessa maneira, é fundamental que os países exponham as suas prioridades e sua estratégia de engajamento com o Fundo.

Nesse sentido, sob coordenação da Secretaria de Assuntos Internacionais (SAIN) do Ministério da Economia, na condição de Autoridade Nacional Designada para o GCF, em parceria com os Ministérios pertinentes, foi elaborado o documento-base para discussão da “Estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima – GCF”³. O Quadro 4.3 sintetiza os eixos estratégicos e áreas de investimento indicados no documento.

² A partir da assinatura do Termo de Compromisso serão suspensas as sanções decorrentes das infrações relativas à supressão irregular de vegetação em Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de Áreas de Uso Restrito cometidas antes de 22/07/2008.

³ Principais entidades acreditadas Internacionais: BID, Banco Mundial, CAF, FIDA, GIZ, KfW, AFD, Fundação Avina, PNUD, ONU Meio Ambiente, FAO; e entidades nacionais de Acesso Direto acreditadas: CAIXA, Funbio e BNDES.

EIXOS ESTRATÉGICOS E ÁREAS DE INVESTIMENTO PARA ATUAÇÃO DO GCF NO BRASIL

Quadro 4.3

Eixos estratégicos da Estratégia do Brasil para o Fundo Verde para o Clima (GCF).

Fonte: Baseado em ME, 2017a; 2017b.

EIXO I: AGRICULTURA E FLORESTA

Manejo sustentável dos ativos florestais, economia florestal e acesso a mercados.
Recomposição, reflorestamento, proteção e pagamentos por resultados de REDD+.
Agricultura de baixa emissão de carbono e adaptação no setor produtivo.

EIXO II: INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL

Modais de transporte de baixa emissão.
Energia renovável, geração distribuída e armazenamento de energia.
Eficiência energética para iluminação pública, veículos, indústria e edificações.
Biocombustíveis avançados e tecnologias em bioenergia.

EIXO III: CIDADES, COMUNIDADES E TERRITÓRIOS RESILIENTES

Planejamento urbano para gestão de riscos climáticos.
Construções eficientes e resiliência para a habitação.
Adaptação baseada em ecossistemas (AbE) e segurança hídrica.
Resiliência e sustentabilidade de povos indígenas e comunidades tradicionais.

4.1.3 Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado)

Lançado em 2010, o PPCerrado é um dos principais instrumentos da PNMC (Lei nº 12.187). O Plano está em sua terceira fase de implementação, que vai de 2016 a 2020. O PPCerrado agrega várias políticas e ações de todo o governo federal e é estruturado em nove objetivos específicos distribuídos em quatro eixos temáticos. O Quadro 4.4 resume os principais elementos do Plano.

PPCERRADO	INFORMAÇÕES
OBJETIVOS	Promover a redução estimada de 104 milhões tCO ₂ e até 2020, com a diminuição do desmatamento e da degradação da vegetação nativa promovendo a manutenção dos serviços ecossistêmicos, por meio de um modelo sustentável de uso dos recursos florestais e sistemas agropecuários sustentáveis.
CARACTERÍSTICAS	O PPCerrado representa a implementação de compromissos de planos setoriais vinculados aos compromissos nacionais voluntários, preconizados pela Lei nº 12.187/2009. Para cada ação ou macro objetivo, são definidos os resultados esperados até 2020, que servirão de eixos norteadores para as futuras revisões de planejamento a serem realizadas pela administração federal. O PPCerrado engloba tanto o compromisso nacional voluntário de redução das emissões provenientes do desmatamento do Cerrado quanto outras ações descritas no Plano Operacional do PPCerrado, cujas emissões serão computadas dentro dos esforços dos planos setoriais de Agricultura e Siderurgia, evitando, assim, dupla contagem na redução de emissões.
EIXOS TEMÁTICOS	(i) Monitoramento e Controle Ambiental, (ii) Ordenamento Fundiário e Territorial, (iii) Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis e (iv) Instrumentos Normativos e Econômicos.
INSTRUMENTOS	Os demais planos setoriais ancorados na PNMC, como o da Agropecuária (Plano ABC) e o da Siderurgia (a carvão vegetal), têm ampla complementaridade e integração com o PPCerrado, uma vez que é sobre esse bioma que se inserem algumas atividades econômicas desses setores; (i) de monitoramento de imóveis rurais por meio do Cadastro Ambiental Rural (CAR); (ii) de promoções de ações de incentivo ao desenvolvimento sustentável do Cerrado e a identificação dos municípios com as maiores taxas de desmatamento; (iii), ações orçamentárias do PPA; e, (iv) financeiros.

No âmbito das políticas públicas para conservação e uso sustentável do Bioma, complementarmente ao PPCerrado, destaca-se o Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado – Programa Cerrado Sustentável (PCS), instituído por meio do Decreto nº 5.577/2005⁴. O seu objetivo é promover a conservação, a restauração, a recuperação e o manejo sustentável de ecossistemas naturais, bem como a valorização e o reconhecimento de suas populações tradicionais, buscando condições para reverter os impactos socioambientais negativos do processo de ocupação tradicional.

⁴ O mesmo Decreto criou a Comissão Nacional do Programa Cerrado Sustentável (CONACER), com representação do governo federal, estados, academia, ONGs, movimentos sociais e setor empresarial. As principais atribuições da Conacer são acompanhar a execução do Programa Cerrado Sustentável, favorecer o estabelecimento de parcerias e sugerir ajustes nas políticas afetas ao bioma.

Quadro 4.4

Principais Elementos sobre o PPCerrado.

Fonte: Baseado em MCTIC, 2016; MMA, 2016-2020; 2016-2020b.

Plano Amazônia Sustentável

Lançado em maio de 2008, o PAS foi elaborado sob a coordenação da Casa Civil da Presidência da República e dos Ministérios do Meio Ambiente e da Integração Nacional. Atualmente, é coordenado pela Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

Quadro 4.5

Principais Elementos do PPCDAm.

Fonte: Baseado em IPEA/GIZ/CEPAL, 2007; BNDES/MPDG/MMA, 2018; MMA, 2016.

4.1.4 Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)

O Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), criado em 2004, soma esforços ao Plano Amazônia Sustentável (PAS), que propõe um conjunto de diretrizes para orientar o desenvolvimento sustentável da Amazônia com valorização da diversidade sociocultural e ecológica e redução das desigualdades regionais (Quadro 4.5).

PPCDAM	INFORMAÇÕES
OBJETIVOS	Reduzir o desmatamento e a degradação da vegetação nativa, promovendo a manutenção de seus serviços ecossistêmicos por meio da promoção de um modelo sustentável de uso dos recursos florestais e práticas agrícolas.
CARACTERÍSTICAS	Arranjo de ação governamental, lançado em 2004, como resposta às crescentes taxas de desmatamento na Amazônia. Os resultados alcançados contribuíram significativamente para a queda do desmatamento, obtendo, por exemplo, uma redução estimada de 564 milhões tCO ₂ e até 2020.
EIXOS TEMÁTICOS	(i) Monitoramento e Controle Ambiental, (ii) Ordenamento Fundiário e Territorial, (iii) Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis e (iv) Instrumentos Normativos e Econômicos.
FASES	PPCDAM - 1ª fase (2004 a 2008). PPCDAM - 2ª fase (2009 a 2011). PPCDAM - 3ª fase (2012 a 2015). PPCDAM - 4ª fase (2016) - Plano Operativo 2016-2020.

Em 2009, foi assinado o Decreto nº 7.008/2009, que instituiu a Operação Arco Verde, no âmbito do PPCDAm. Essa operação segue em caráter permanente e com o propósito de promover modelos produtivos sustentáveis nos municípios considerados prioritários para o controle e a redução do desmatamento na Amazônia Legal.

A participação ativa dos governos estaduais tornou-se mais evidente a partir da segunda fase do PPCDAm, com a elaboração dos planos de combate ao desmatamento dos estados amazônicos, com o objetivo de garantir o cumprimento das metas previstas em âmbito estadual no PPCDAm. Este processo contou com a orientação do governo federal, que estabeleceu, inicialmente, três eixos principais de ações: (i) ordenamento territorial; (ii) controle ambiental; e (iii) fomento às atividades produtivas sustentáveis.

Na terceira fase⁵ de execução (2012-2015) buscou-se promover ações condizentes com a nova dinâmica do desmatamento e dar escala e ênfase ao eixo de Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis, incorporando observações e recomendações voltadas para: revisão da estrutura de governança do Plano; reestruturação do eixo de fomento às atividades sustentáveis; e articulação para ações do eixo ordenamento fundiário e territorial. Adicionalmente, o Governo Brasileiro desenvolveu sua Estratégia Nacional de REDD+.

Na quarta fase do PPCDAm (2016-2020), além da manutenção dos três eixos das fases anteriores⁶, propõe-se um novo eixo para reunir os esforços de elaboração de normas e de instrumentos econômicos, fiscais e tributários que possam contribuir para o combate ao desmatamento em todas as suas dimensões (tanto da prevenção quanto do controle): (iv) instrumentos normativos e econômicos.

4.1.5 Plano Nacional de Adaptação (PNA)

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), instituído em 11 de maio de 2016 por meio da Portaria MMA nº 150, é um instrumento elaborado pelo governo federal em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos subnacionais, e tem como objetivo geral:

“Promover a gestão e a redução do risco climático frente aos efeitos adversos associados à mudança do clima, de forma a aproveitar as oportunidades emergentes, evitar perdas e danos, e construir instrumentos que permitam a adaptação dos sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura (MMA, 2016).”

O PNA preconiza a inserção da gestão do risco da mudança do clima nos planos e nas políticas públicas setoriais e temáticas existentes, bem como nas estratégias de desenvolvimento nacional, a partir dos seguintes princípios: (i) coordenação intergovernamental; (ii) coordenação intragovernamental; (iii) abordagem setorial, temática e territorial; (iv) abrangência social, cultural, econômica e regional; (v) cobenefícios entre adaptação e mitigação; (vi) incorporação da adaptação à mudança do clima no planejamento governamental; (vii) embasamento das ações de adaptação nos conhecimentos científico, técnico e tradicional; (viii) fomento da Adaptação baseada em Ecossistemas – AbE nas políticas públicas; e (ix) promoção de cooperação regional.

Visando a estruturação de bases institucionais, metodológicas e científicas para a redução e gestão do risco associado à mudança do clima, foram estabelecidas 24 metas, bem como estratégias temáticas e setoriais⁷, quais

⁵ Para a 3ª fase do PPCDAm foram alocados recursos da ordem de 1,4 bilhão de reais, oriundos do Plano Plurianual 2012-2015.

⁶ Nas fases anteriores do PPCDAm já existiam iniciativas de cunho econômico ou normativo, ainda que, tematicamente, poderiam ser organizadas dentro dos três eixos temáticos (ordenamento, monitoramento, fomento).

⁷ Definidos a partir de um amplo processo de discussão no âmbito do GEx-CIM, observando, além da determinação legal dos temas setoriais, critérios de divisão de competências no âmbito governo federal, prioridades e urgências em relação às vulnerabilidades.

sejam: Agricultura, Recursos Hídricos, Segurança Alimentar e Nutricional, Biodiversidade, Cidades, Gestão de Risco de Desastres, Indústria e Mineração, Infraestrutura, Povos e Populações Vulneráveis, Saúde; e Zonas Costeiras.

O PNA prevê ciclos de execução de quatro anos e uma revisão no último ano do ciclo vigente. Assim, uma nova etapa de monitoramento e avaliação do PNA se encontra em andamento. Seus resultados irão subsidiar a sua revisão, junto com reflexões adicionais, lições aprendidas e, sobretudo, o reflexo da mudança do clima sobre o país, com graves impactos sobre sua economia e sua sociedade.

O Primeiro Relatório de Monitoramento e Avaliação do PNA⁸ (2016-2017) informou a evolução das metas e diretrizes nacionais para adaptação e permitiu dimensionar os desafios ainda existentes para o alcance dos objetivos traçados, demonstrando que o Plano também contribuiu para a efetividade da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e para o fortalecimento de outras políticas públicas e marcos internacionais.

4.1.6 Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC)

O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), tem como objetivo geral garantir o aperfeiçoamento contínuo e sustentável das práticas de manejo que aumentem a eficiência produtiva dos sistemas agropecuários resultando em maiores ganhos econômicos, aumento de resiliência às incertezas climáticas e controle das emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE).

Coordenado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Plano ABC tem abrangência nacional, porém sua estrutura política vertical permitiu construir planos estaduais e municipais.

O Plano ABC é um dos principais instrumentos de promoção de uma agropecuária sustentável no Brasil; e é um dos planos setoriais elaborados de acordo com o artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010, que regulamenta artigos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), recentemente alterado pelo Decreto nº 9.578/2018.

Elaborado em 2010, o Plano ABC tem por finalidade o fomento e a adoção das tecnologias de produção sustentáveis, selecionadas com o objetivo de responder aos compromissos assumidos pelo Brasil quanto à redução de emissão de GEE no setor agropecuário. O monitoramento da redução das emissões alcançada por meio desse Plano é realizado por meio da Plataforma ABC, um dos eixos de atuação do SIN-ABC (Sistema Integrado de Informações do Plano ABC). Resultados publicados recentemente pela Plataforma têm demonstrado que o Plano vem sendo bem-sucedido no alcance das metas e no maior controle das emissões. O sucesso no alcance das metas estabelecidas é resultado de uma política bem desenhada estrategicamente, que integra uma sólida base científica e tecnológica, desenhada para a realidade tropical e subtropical brasileira, com a preocupação de manutenção da produtividade e da rentabilidade dos modos de vida rurais. Ao garantir, com isso, o efetivo envolvimento

Para saber mais sobre o SIN-ABC, consulte o item 5.1.1.

⁸ Produzido pelo Ministério do Meio Ambiente, com participação de diversos Ministérios e órgãos do governo federal, além da colaboração do setor privado e do apoio de instituições parceiras.

do setor produtivo, se garante também a perenização dos resultados e fortalecimento da sustentabilidade do setor agropecuário nacional. Assim, a intensificação nos esforços para levantamento de informações técnico-científicas e a adoção de tecnologias apropriadas para as condições nacionais são fundamentais para o alcance dos progressos e continuação do Plano ABC, a serem contemplados também por meio da constante revisão, melhoria e regionalização de estudos, a fim de assegurar o aperfeiçoamento dessa política pública.

4.1.7 Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia

O Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia objetiva induzir a transição do setor no país para um cenário de baixas emissões. O plano tem dois pilares fundamentais: (i) expansão do estoque de florestas plantadas, e (ii) melhoria da eficiência e da qualidade ambiental do processo de carbonização. A execução da meta de redução de emissões deve mobilizar empreendedores privados em parcerias público-privadas para aproveitar a experiência do setor com projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O acervo de metodologias aprovadas de projeto MDL, abrangendo desde o plantio de florestas energéticas para a siderurgia até a eliminação do metano no processo de carbonização, permitirá a reduções de emissões de maneira a atender os critérios de mensuração, reporte e verificação (MRV).

A execução do plano setorial é descentralizada e envolve um conjunto diversificado de atores públicos e privados, enquanto o acompanhamento dos seus resultados é realizado no âmbito do Fórum de Competitividade da Indústria Siderúrgica (que congrega representantes de todos os elos da cadeia produtiva do setor, ampliado com a participação de representantes do FBMC e demais instituições interessadas), de maneira a garantir a transparência e mais ampla participação da sociedade civil.

4.1.8 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) objetiva promover a adequada expansão dos biocombustíveis na matriz energética, promovendo a regularidade do abastecimento de combustíveis no mercado e induzindo ganhos de eficiência energética e redução de emissões de gases efeito estufa (Quadro 4.6).

Este estímulo se traduz na concessão de Créditos de Descarbonização (CBIO) aos distribuidores de combustíveis, em função das Notas de Eficiência Energético-Ambiental associadas aos biocombustíveis que comercializam. A Nota de Eficiência Energético-Ambiental de um biocombustível é definida em função da diferença entre sua intensidade de carbono e a intensidade de carbono de seu combustível fóssil substituto, estabelecida por processo de certificação, com base no RenovaCalc, ferramenta de apoio que calcula a intensidade de carbono do biocombustível (em g CO₂eq/MJ). A adoção de um processo de certificação tem como objetivo conferir credibilidade e transparência à avaliação de desempenho ambiental do Programa RenovaBio.

Quadro 4.6

Principais Elementos da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio).

Fonte: Baseado em BRASIL, 2020a; 2020b; 2020c; 2020d.

RENOVABIO	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Decreto nº 9.308, de 15 de março de 2018, revogado pelo Decreto nº 9.888, de 27 de junho de 2019.
OBJETIVOS	I – contribuir para o atendimento aos compromissos do país no âmbito do Acordo de Paris sob a UNFCCC; II – contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida; III – promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e IV – contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis. ⁹
INSTRUMENTOS	Os instrumentos previstos no programa incluem, entre outros: i) definição de metas de emissões de GEE na matriz de combustíveis; ii) o estabelecimento de Créditos de Descarbonização (CBIO) e Certificação de Biocombustíveis; iii) adições compulsórias de biocombustíveis aos combustíveis fósseis; e iv) uso de incentivos fiscais, financeiros e creditícios.
ARRANJO INSTITUCIONAL	O Comitê RenovaBio é composto por representantes dos seguintes órgãos: I – Ministério de Minas e Energia, que o coordenará; II – Casa Civil da Presidência da República; III – Ministério da Economia; IV – Ministério da Infraestrutura; V – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; VI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e VII – Ministério do Meio Ambiente.

⁹ Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017.

O esquema a seguir apresenta, resumidamente, o modelo de funcionamento do RenovaBio (MME, 2020c; 2020d).

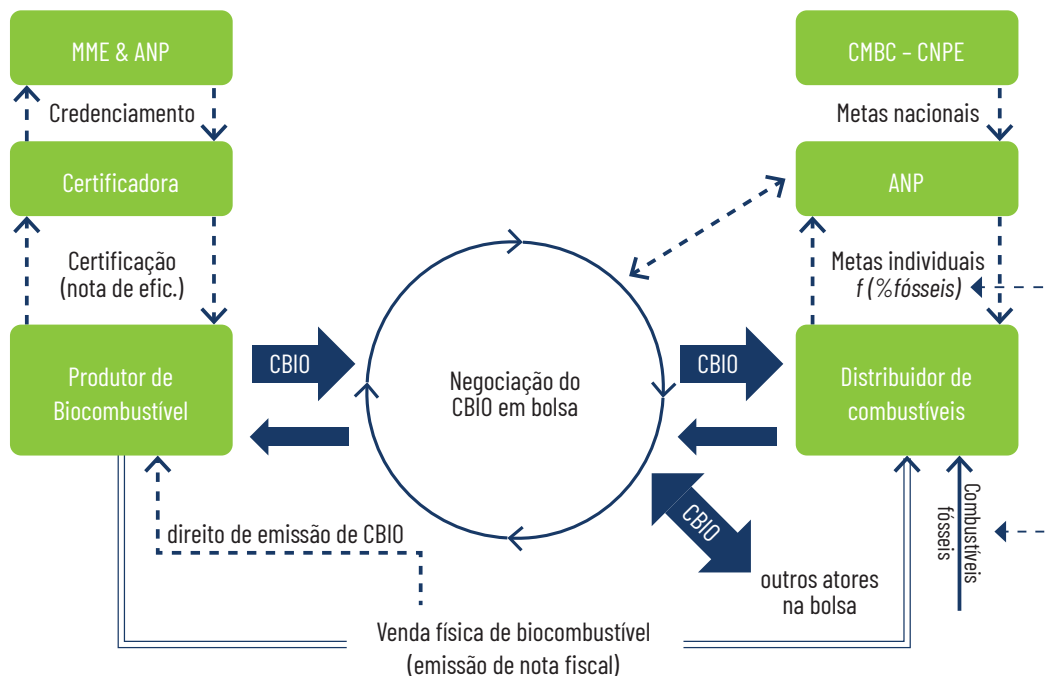


Figura 4.1
Esquema de funcionamento do RenovaBio.

Fonte: MME (2020c).

4.1.9 Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg)

A Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg) tem como principal instrumento de implementação o Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg). O Quadro 4.7 sintetiza as principais informações sobre o Proveg.

Quadro 4.7

Principais Elementos da Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg).

Fonte: Baseado em BRASIL, 2012; MMA/ MAPA/MEC, 2012; 2017.

PROVEG

INFORMAÇÕES

MARCO LEGAL

Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017.

OBJETIVOS

Articular, integrar e promover políticas, programas, incentivos financeiros, mercados, boas práticas agropecuárias e outras medidas necessárias para a recuperação da vegetação nativa de, pelo menos, 12 milhões de hectares até 2030, principalmente em áreas de preservação permanente (APP) e reserva legal (RL), mas também em áreas degradadas com baixa produtividade.¹⁰

INSTRUMENTO

Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg); Portaria Interministerial nº 230, de 14/11/2017.

GESTÃO E ARRANJOS INSTITUCIONAIS¹¹

Institui a Comissão Nacional para Recuperação Nativa (Conaveg), composta pelos seguintes órgãos: (i) Ministério do Meio Ambiente, que a presidirá; (ii) Casa Civil da Presidência da República, por meio da Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário; (iii) Ministério da Economia; (iv) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; e (v) Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. A Conaveg conta com: (i) dois representantes titulares e dois suplentes dos Estados, indicados pela Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente (Abema); (ii) um representante titular e um suplente dos Municípios, indicados pela Associação Nacional de Órgãos Municipais de Meio Ambiente (Anamma); e (iii) dois representantes, titulares e suplentes, da sociedade civil organizada, a serem selecionados por processo formalizado por Portaria do Ministro de Estado do Meio Ambiente.

A elaboração do Planaveg foi coordenada pelo MMA com o auxílio de uma rede de especialistas e passou por um processo de consulta pública com contribuições de cidadãos, instituições de pesquisa e órgãos governamentais.

Para atingir seu objetivo, o plano está baseado em oito estratégias, conforme sumarizado a seguir:

- Sensibilização de agricultores, agronegócio, cidadãos urbanos, formadores de opinião e tomadores de decisão;
- Promoção da cadeia produtiva da recuperação da vegetação nativa com políticas para melhorar a quantidade, a qualidade e a acessibilidade de sementes e mudas de espécies nativas;
- Fomento de mercados para comercialização de madeira, produtos não-madeireiros, proteção de nascentes e áreas de recargas de aquíferos, entre outros serviços e produtos gerados pela recuperação da vegetação nativa;
- Definição de papéis e responsabilidades entre os órgãos de governo, empresas e a sociedade civil, e integração de políticas públicas em prol da recuperação da vegetação nativa;
- Desenvolvimento de mecanismos financeiros para incentivar a recuperação da vegetação nativa;
- Expansão do serviço de extensão rural (públicos e privados) para capacitação dos proprietários de terras, com destaque para os métodos de recuperação de baixo custo;

¹⁰ Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

¹¹ Os membros da Conaveg foram designados pelas Portarias MMA nº 138, de 28 de março de 2017, e nº 246, de 14 de julho de 2017.

- Implementação de um sistema nacional de planejamento espacial e de monitoramento para apoiar o processo de tomada de decisão para a recuperação da vegetação nativa;
- Investimentos de pesquisa, desenvolvimento e inovação para reduzir o custo, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência da recuperação da vegetação nativa.

O Quadro 4.8 apresenta três programas e políticas existentes que complementam as oito iniciativas estratégicas e criam condições adequadas para motivar, facilitar e implementar a recuperação da vegetação nativa.

POLÍTICAS E PROGRAMAS	INFORMAÇÕES
INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DA AGROPECUÁRIA	Aumento da produtividade de pastagens e áreas de cultivo nas regiões fora de áreas a serem recuperadas por meio de programas voltados à intensificação sustentável da agropecuária.
LEI DE PROTEÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA	Implementação de determinações e instrumentos da Lei nº 12.651/2012, incluindo o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e os Programas de Regularização Ambiental (PRAs).
REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA	Ampliação do número de proprietários rurais com o título da terra e direito aos recursos florestais recuperados.

Quadro 4.8

Políticas e Programas Complementares ao Planaveg.

Fonte: Baseado em MMA/ MAPA/MEC, 2012; 2017.

4.1.10 Programa Políticas sobre Mudança do Clima (PoMuC)

O Programa Políticas sobre Mudança do Clima (PoMuC) é resultado de uma articulação bilateral entre os governos do Brasil e da Alemanha, no contexto da Iniciativa Internacional sobre Mudança do Clima (IKI) do Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza, Construção e Segurança Nuclear da Alemanha (BMUB). A implementação do PoMuc ocorre por meio da atuação coordenada entre GIZ (agência executora de cooperação técnica alemã), MMA e o ME, em parceria com outros ministérios e instituições. O Quadro 4.9 sumariza as principais informações sobre o Programa.

Quadro 4.9

Principais
Informações
do Programa
Políticas sobre
Mudança do
Clima (PoMuC).

Fonte: Baseado
em MMA, 2017b;
GIZ, 2018.

PROGRAMA POLÍTICAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (POMUC) INFORMAÇÕES

OBJETIVO Apoiar áreas selecionadas da Política Nacional sobre Mudança do Clima para que sejam implementadas com sucesso, com participação de estados e municípios na implementação do programa e os ativos ambientais do país, notadamente em energias renováveis, florestas e biocombustíveis.

EIXOS TEMÁTICOS (i) Sistema de Transparência¹²; (ii) REDD+¹³; (iii) Adaptação¹⁴; (iv) Fundo Clima¹⁵; (v) Financiamento sobre Mudança do Clima¹⁶; (vi) Relato de Emissões¹⁷; e (vii) Gestão do Conhecimento¹⁸.

IMPACTOS ESPERADOS (i) implementação efetiva, transparente e participativa da Estratégia Nacional para REDD+; (ii) a redução da vulnerabilidade de pessoas e ecossistemas por meio do apoio à implementação de ações do Plano Nacional de Adaptação; (iii) o fortalecimento de estruturas institucionais brasileiras; e (iv) o aperfeiçoamento da coordenação, cooperação e intercâmbio de experiências entre os que atuam em mudança do clima, assim como o efeito multiplicador em níveis nacional e internacional, por meio da divulgação e compartilhamento orientados das experiências, lições aprendidas e trabalhos desenvolvidos.

A implementação do PoMuC deve fortalecer a posição brasileira em ações de enfrentamento da mudança do clima por meio da divulgação das ações de mitigação e adaptação, com base em ferramenta de transparência de ações e apoio.

12 Uma plataforma de acompanhamento de políticas será implantada em diversos ministérios e instituições. Essa plataforma tem como objetivo divulgar os impactos e avanços das medidas e estratégias de implementação da NDC brasileira.

13 Instrumento financeiro internacional de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação de Florestas (do inglês: Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation – REDD+): as condições básicas de implementação da Estratégia Nacional de REDD+ serão otimizadas, por exemplo, por meio de um maior envolvimento e de uma melhor qualificação de representantes dos povos indígenas e povos e comunidades tradicionais (PIPCT).

14 Plano Nacional de Adaptação: no âmbito do Plano Nacional de Adaptação serão criados mapas de vulnerabilidade para todos os 5.570 municípios brasileiros. Esses mapas indicarão o grau de fragilidade dos municípios nas seguintes categorias de risco: secas, deslizamentos de terra e inundações.

15 Fortalecer as capacidades institucionais do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.

16 Atores do setor público e da iniciativa privada serão envolvidos no fortalecimento de ações, políticas e instrumentos na área de financiamento sobre mudança do clima.

17 Os impactos regulatórios de diferentes conceitos para um Programa Nacional de Relato de Emissões de GEE ao nível de agente econômico para o Brasil será avaliado pelo consórcio de consultoria GFA, Way Carbon e pela Agência Federal do Meio Ambiente da Áustria juntamente com o ME.

18 O trabalho em conjunto e a troca de conhecimento entre os atores-chaves envolvidos na implementação da política nacional de mudança do clima serão fortalecidos de maneira contínua.

4.1.11 Projeto 'Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)'

O projeto "Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil – TNA_BRAZIL" tem por objetivo reforçar a capacidade técnica do governo brasileiro, por meio do desenvolvimento de uma avaliação abrangente das necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil, com vistas a fornecer subsídios às tomadas de decisão referentes ao cumprimento das metas de mitigação de GEE, levando em consideração a Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil e a estratégia do Brasil para o Fundo Verde do Clima.

O processo de elaboração do projeto possui três fases: i) identificação e priorização de tecnologias para os setores selecionados; ii) identificação e análise das cadeias de valor, cobenefícios e principais barreiras que vão de encontro ao desenvolvimento e difusão das tecnologias priorizadas, propondo medidas para endereçá-las e; iii) proposição, com base nos resultados anteriores, de **Plano de Ação Tecnológica (PAT)** para fomentar o desenvolvimento e a difusão das tecnologias priorizadas para cada setor avaliado.

Os resultados são validados por diferentes atores pertencentes às Câmaras Setoriais (CS) e Comitê Técnico Consultivo (CTC) do projeto TNA_BRAZIL, respectivamente compostos por especialistas, do setor privado e da academia, e membros de governo (Figura 4.2).

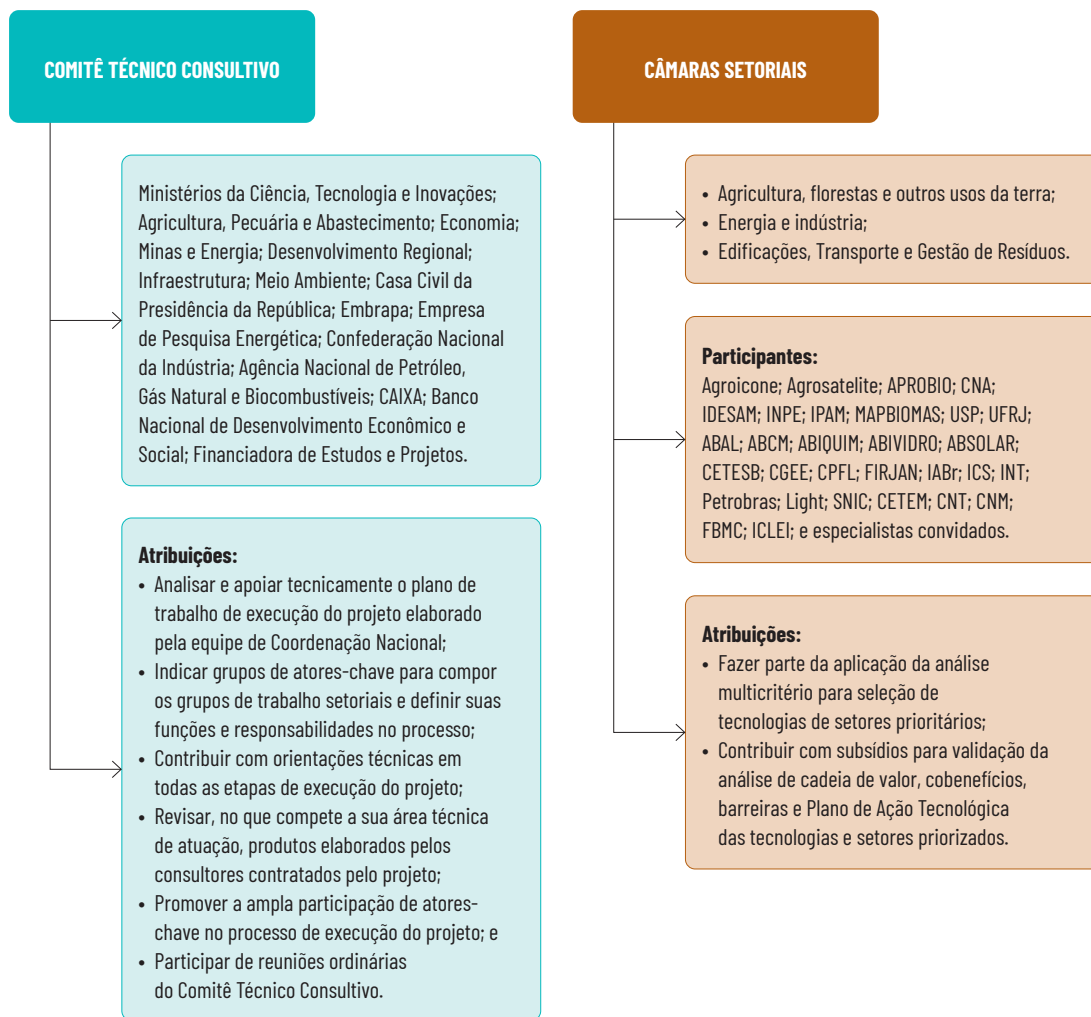
O engajamento dos principais interessados, incluindo tomadores de decisão durante todo o processo do TNA, é fundamental para garantir que as tecnologias priorizadas sejam incluídas em programas, estratégias e planos governamentais. Além disso, o arranjo auxilia na fundamentação de acesso a financiamento junto a mecanismos nacionais e internacionais.

PAT

Consiste em um plano de ação que pode ser de natureza tecnológica, de capacitação, de difusão, entre outros, e que se traduz em ações concretas a serem implantadas visando ao desenvolvimento e/ou difusão das tecnologias nos setores priorizados.



Figura 4.2
Arranjo institucional do TNA para validação dos resultados.



Para o Brasil, os planos de ação dos setores da agricultura, florestas, outros usos da terra e do sistema energético contemplam: agricultura de precisão; melhoramento genético animal na pecuária bovina de corte; silvicultura e melhoramento genético de espécies nativas; silvicultura com plantios mistos para a restauração; monitoramento por satélite; veículos híbridos flex; veículos elétricos a pilha, a combustível, a etanol; indústria 4.0; materiais inovadores para cimento; energia solar fotovoltaica flutuante; aproveitamento de resíduos agrícolas e agroindustriais; fogões solares fotovoltaicos com indução elétrica.

4.1.12 Projeto CITInova

Com abrangência nacional e atividades específicas em Recife (PE) e Brasília (DF), o CITInova é um projeto multilateral realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com apoio do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, no acrônimo em inglês), implementação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e executado em parceria com a Agência Recife para Inovação e Estratégia (ARIES) e Porto Digital, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e a Secretaria do Meio Ambiente do DF (SEMA/GDF). O quadro a seguir sintetiza informações relevantes sobre o Projeto.

PROJETO CITINOVA	INFORMAÇÕES	
OBJETIVOS	Os objetivos principais são desenvolver soluções tecnológicas inovadoras e oferecer metodologias e ferramentas de planejamento urbano integrado para apoiar gestores públicos, incentivar a participação social e promover cidades mais justas e sustentáveis.	
DESAFIOS	I – Acelerar a transição das cidades para urbanização sustentável; II – Utilizar a tecnologia e inovação para melhor qualidade de vida e bem-estar do cidadão e da cidadã; e III – Evitar a emissão direta de 3,8 milhões de toneladas de CO ₂ .	
VISÃO	O Projeto CITInova oferece o que há de mais avançado em conteúdo, soluções tecnológicas e ferramentas colaborativas para a promoção de gestão pública integrada, inclusiva, participativa e sustentável.	
PILARES ESTRUTURANTES	Planejamento Urbano Integrado	O objetivo é a produção de conhecimento e ferramentas para gestão integrada de políticas públicas e participação social para promover cidades sustentáveis no Brasil. Acessíveis aos gestores públicos e à sociedade em geral, os novos sistemas irão auxiliar, facilitar e fortalecer a governança local.
	Investimentos em Tecnologias Inovadoras	Consiste em projetos pilotos em Brasília e Recife para enfrentar desafios históricos dos moradores e da gestão pública nas áreas de água, resíduos, energia, mudanças climáticas e mobilidade. Os resultados servirão de modelo a serem replicados em larga escala por gestores públicos de todo o país.
	Plataforma do Conhecimento	Sistema web que integra a nova plataforma do Programa Cidades Sustentáveis (PCS), com mais funcionalidades e ferramentas, e o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS), desenvolvido pelo Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE). Oferece aos gestores públicos e à sociedade em geral conteúdo, metodologias, indicadores, boas práticas, soluções, tecnologias inovadoras e muito mais. As lições aprendidas com os projetos pilotos também estarão na plataforma. Pretende disponibilizar as seguintes funcionalidades por meio da PCS: i) uso de métricas e indicadores para o acompanhamento de metas; ii) coleta e compartilhamento de melhores práticas e estudos de caso; iii) suporte ao planejamento urbano sustentável; iv) mecanismo de controle social e estímulo à participação social; v) mecanismos de financiamento municipal; vi) programas de capacitação; vii) parcerias com Universidades e institutos de pesquisa; viii) estímulo a oportunidades de parceria com o setor privado; ix) Leis, planos e políticas públicas; e x) agenda de eventos nacionais e internacionais. E, no caso do OICS, mapeamento e divulgação de conteúdo e soluções urbanas inovadoras, contextualizadas ao território nacional nos temas: i) mobilidade de baixo carbono e acesso à e na cidade; ii) energia renovável, descentralizada e eficiente; iii) ambiente construído de baixo carbono e de interesse social; iv) água limpa acessível e usada racionalmente e saneamento descentralizado e eficiente; v) resíduos sólidos, economia circular e tratamento eficiente; vi) Soluções Baseadas na Natureza, infraestrutura verde e azul para maior resiliência às mudanças climáticas; vii) visão participativa e planejamento integrado de longo prazo; viii) inovação, políticas e estratégias vocacionais para o desenvolvimento regional e o fortalecimento de cadeias de valor.
ARRANJOS INSTITUCIONAIS E GOVERNANÇA	Coordenação sob responsabilidade do MCTI, com apoio do GEF e implementação do PNUMA. Tem como coexecutores ARIES e Porto Digital, CGEE, PCS e SEMA/GDF.	

Quadro 4.10
Principais
Informações
sobre o Projeto
CITInova.

Fonte: Baseado
em MCTIC, 2020.

Com duração de quatro anos, de 2018 a 2022, o projeto é composto por três grandes frentes de ação, conforme figura a seguir.

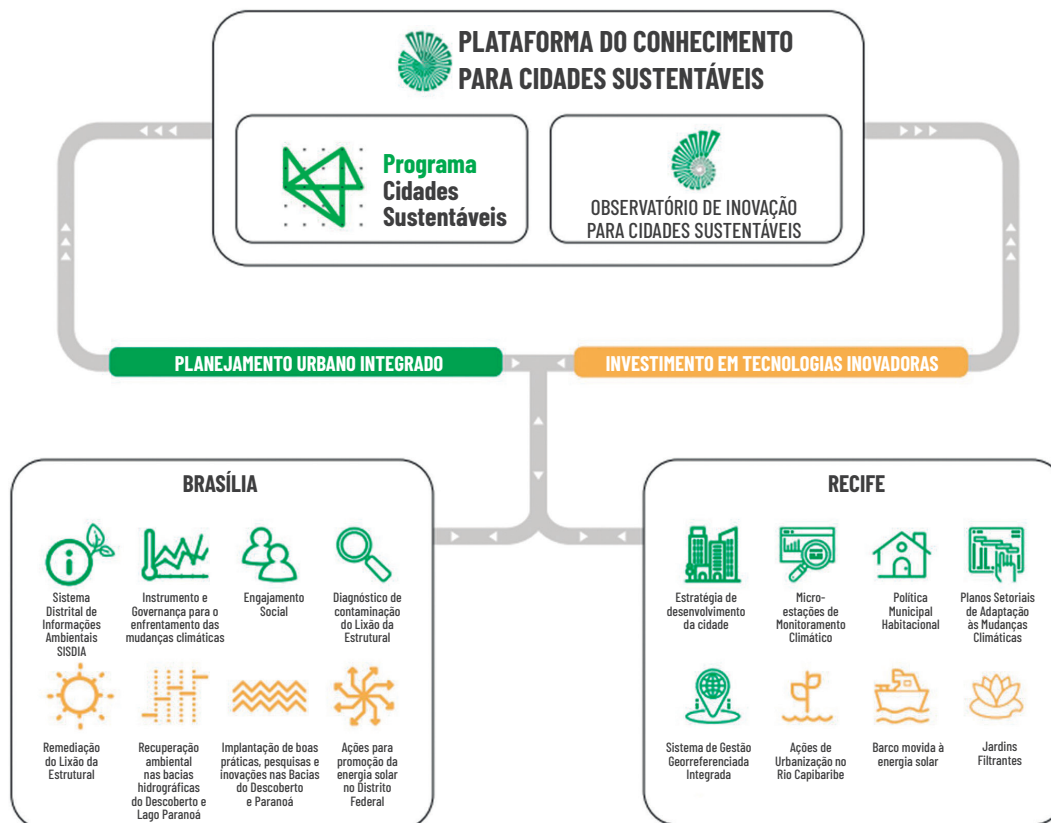


Figura 4.3
Frentes de
ação do Projeto
CITInova.

Fonte: MCTI,
2020.

4.1.13 Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES)

O Projeto GIDES foi executado pelo MCidades e MCTI, por meio de cooperação técnica internacional entre 2013 e 2017, tendo como instituição financiadora a JICA. Além disso, teve como parceiros técnicos a Agência de Meteorologia do Japão, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB), o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden); o Ministério da Integração Nacional

(MI) (representado pelo Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad)). Também compartilharam desse convênio as prefeituras municipais de Blumenau (SC), Nova Friburgo (RJ) e Petrópolis (RJ). O projeto contou, ainda, com a colaboração dos governos dos estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro.

A cooperação estruturou-se em atividades técnicas periódicas para aprofundar o entendimento sobre a gestão integrada de risco. Este projeto representa importante avanço no fortalecimento da coordenação horizontal (entre os órgãos federais executores da cooperação) e da articulação vertical com os governos municipais e estaduais, no desenvolvimento de abordagens integradas de políticas de gestão de riscos (Quadro 4.11).

GIDES	INFORMAÇÕES
OBJETIVO	Atuar na redução dos riscos de desastres geológicos por meio de medidas preventivas não estruturais, objetivando a melhoria dos sistemas de avaliação e mapeamento de riscos, previsão e alerta e também planejamento urbano na atuação de prevenção de desastres. Tais melhorias foram efetivadas após a elaboração e validação de manuais técnicos que foram aplicados nos municípios-piloto selecionados, quais sejam: Nova Friburgo e Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro; e Blumenau, no Estado de Santa Catarina.
ABRANGÊNCIA	Nacional.
PRINCIPAIS RESULTADOS	Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa, que consolidou seis manuais técnicos, com os quais objetivou-se auxiliar as administrações estaduais e municipais na preparação de estratégias de atuação frente a desastres e situações de emergência vivenciadas pela população; Técnicos treinados no Japão: 38 em 2014, 46 em 2015, 16 em 2016; Técnicos da CPRM treinados no Japão: 9; Contrapartes do Brasil: 45 especialistas em mapeamento de riscos, planejamento urbano e monitoramento e alerta; Especialistas enviados do Japão para o Brasil: 23 especialistas; Reuniões interministeriais e em nível subnacional, que totalizaram 72; Reuniões técnicas: 4 sobre os temas de planejamento da expansão urbana, 4 sobre avaliação e mapeamento de riscos (com mais de 70 especialistas em cada evento e duração de 3 dias cada) e 6 sobre o tema previsão e alerta (nos mesmos moldes); Seminários: 2 (Rio Bousai: 500 especialistas em riscos e técnicos da defesa civil. Brasília Bousai: 150 especialistas); Workshops: 3.

Quadro 4.11

Principais elementos sobre o Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais (GIDES)

Fonte: Baseado em MME, 2018.



4.1.14 Projeto PMR Brasil

O Projeto PMR Brasil (Parceria para a Preparação do Mercado – Partnership for Market Readiness) é uma iniciativa fomentada pelo Banco Mundial em 41 jurisdições nacionais e subnacionais, além da Comissão Europeia¹⁹. No Brasil, a coordenação está sob responsabilidade do Comitê Executivo composto pelo Ministério da Economia e pelo Banco Mundial, a quem cabe a sua execução. Visando promover o acompanhamento das atividades e resultados do Projeto, foi constituído um Comitê Consultivo composto por representantes de entidades do setor privado, da sociedade civil e de órgãos do governo federal. O Quadro 4.12 sintetiza informações relevantes sobre o Projeto.

O projeto busca avaliar a adoção de um instrumento de precificação de carbono compondo a política climática nacional no período pós-2020, e nesse contexto, como otimizar a relação entre objetivos ambientais e de desenvolvimento socioeconômico.

Quadro 4.12

Principais
Informações
sobre o Projeto
PMR Brasil.

Fonte: Baseado
em FGV/
EAESP, 2018;
ME, 2017c.

PROJETO PMR BRASIL	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Portaria MF nº 853, de 19 de outubro de 2015.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS E ESCOPO	Avaliar diferentes opções de instrumentos: (i) a regulação de preços, via imposto sobre emissões; (ii) a regulação de quantidades, via a adoção de um sistema de comércio de emissões (SCE, popularmente conhecido como mercado de carbono); ou (iii) alguma combinação dos dois instrumentos. O projeto, aprovado em setembro de 2014, pretende responder tais perguntas-chave focando suas análises nos seguintes setores: energia (geração elétrica e combustíveis); os sete subsetores do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação na Indústria de Transformação (quais sejam, siderurgia, cimento, alumínio, química, cal, vidro e papel e celulose); e na agropecuária.
COMPONENTES	<ol style="list-style-type: none">1. Estudos Setoriais para informar a política e a modelagem de impactos da Precificação de Carbono2a. Modelagem para Estimação de Impactos Socioeconômicos da Adoção de Instrumentos de Precificação de Carbono2b. Análise de Impacto Regulatório3. Comunicação, Consulta e Engajamento

¹⁹ Entre os países que já receberam a iniciativa, 19 já completaram os mapas dos caminhos para seus mercados.

4.2 INICIATIVAS E INVESTIMENTOS PARA PROMOÇÃO DE AÇÕES DE MITIGAÇÃO

O financiamento do clima é um tema amplo por envolver grande quantidade de instituições. Essas entidades incluem fontes financiadoras, bancos, programas com prazos estabelecidos ou não, iniciativas de governos doadores ou receptores, organizações não governamentais e outros agentes. Neste sentido, destacam-se, em âmbito nacional, o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC) e o Fundo Amazônia.

Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC)

O FNMC é um instrumento da Política Nacional sobre Mudança do Clima, de natureza contábil, criado pela Lei nº 12.114/2009 e, inicialmente regulamentado pelo Decreto nº 7.343/2010, recentemente substituído pelo Decreto nº 10.143/2016, com o objetivo de assegurar recursos para apoiar projetos ou estudos e financiar empreendimentos que visem à mitigação e à adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos.

Segundo a legislação citada, a aplicação dos recursos do FNMC poderá ser destinada às seguintes atividades: I – educação, capacitação, treinamento e mobilização na área de mudanças climáticas; II – ciência do clima, análise de impactos e vulnerabilidade; III – adaptação da sociedade e dos ecossistemas aos impactos das mudanças climáticas; IV – projetos de redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE; V – projetos de redução de emissões de carbono pelo desmatamento e pela degradação florestal, com prioridade para áreas naturais ameaçadas de destruição e relevantes para estratégias de conservação da biodiversidade; VI – desenvolvimento e difusão de tecnologia para mitigação de emissões de GEE; VII – formulação de políticas públicas para solução dos problemas relacionados com emissão e mitigação de emissões de GEE; VIII – pesquisa e criação de sistemas e metodologias de projeto e inventários que contribuam para redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa e para redução das emissões de desmatamento e alteração de uso do solo; IX – desenvolvimento de produtos e serviços que contribuam para a dinâmica de conservação ambiental e de estabilização da concentração de gases de efeito estufa; X – apoio às cadeias produtivas sustentáveis; XI – pagamentos por serviços ambientais às comunidades e aos indivíduos cujas atividades comprovadamente contribuam para a estocagem de carbono, atrelada a outros serviços ambientais; XII – sistemas agroflorestais que contribuam para redução de desmatamento e absorção de carbono por sumidouros e para geração de renda; e XIII – recuperação de áreas degradadas e restauração florestal, entre as quais terão prioridade as áreas de reserva legal, as áreas de preservação permanente e as áreas prioritárias para a geração e a garantia da qualidade dos serviços ambientais; XIV) destinação final ambientalmente adequada de resíduos sólidos, incluídas a reutilização, a reciclagem, a compostagem, o coprocessamento, a recuperação e o aproveitamento energético, a disposição final de rejeitos em aterros sanitários e o encerramento de lixões e aterros controlados; XV) coleta eficiente do biogás e sua combustão ou aproveitamento energético em aterros

sanitários e estações de tratamento de efluentes sanitários; XVI) saneamento básico, incluídos o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos, a drenagem e o manejo das águas pluviais e a limpeza e a fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas; XVII) mobilidade urbana e transporte eficiente de baixa emissão de carbono; XVIII) controle da poluição e monitoramento da qualidade do ar; e XIX) criação, recuperação e ampliação das áreas verdes urbanas.

A Tabela 4.1 sintetiza os projetos apoiados pelo Fundo Nacional sobre Mudança do Clima por área de atuação, que totalizam cerca de R\$ 103,8 milhões.

TEMA DO PROJETO	NÚMERO DE PROJETOS
ÁREA 1 – DESENVOLVIMENTO E DIFUSÃO TECNOLÓGICA	7
ÁREA 2 – PRÁTICAS ADAPTATIVAS PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO	85
ÁREA 3 – EDUCAÇÃO, CAPACITAÇÃO, TREINAMENTO E MOBILIZAÇÃO	2
ÁREA 4 – ADAPTAÇÃO DA SOCIEDADE E ECOSISTEMAS	91
ÁREA 5 – MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO	7

Table 4.1

Números de projetos contratados pelo Fundo Nacional sobre Mudança do Clima por Área.

Fonte: Baseado em MMA, 2020.

Fundo Amazônia

O Fundo Amazônia é gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que também se incumbe da captação de recursos, da contratação e do monitoramento dos projetos e ações apoiados. Este fundo tem por finalidade captar doações para investimentos não reembolsáveis em ações de prevenção, monitoramento e combate ao desmatamento, e de promoção da conservação e do uso sustentável da Amazônia Legal. O Quadro 4.13 sumariza as principais informações sobre o Fundo Amazônia.

FUNDO AMAZÔNIA	INFORMAÇÕES
TEMAS FINANCIADOS	(i) Mitigação; (ii) REDD+.
EIXOS DE ATUAÇÃO	(i) Produção sustentável; (ii) Monitoramento e controle; (iii) Ordenamento territorial; (iv) Ciência, Inovação e instrumentos econômicos.
VALORES FINANCIÁVEIS (UNIDADE NA MOEDA ORIGINAL)	(i) Cobertura de 90% para projetos que envolvam micro e pequenas empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual menor ou igual a R\$ 3,6 milhões; (ii) Para projetos com fins econômicos: (a) até 70% para projetos que envolvam médias empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual maior que R\$ 3,6 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões; e (b) até 50% para projetos que envolvam grandes empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual maior que R\$ 300 milhões; (iii) Projetos com fins econômicos de apoio a grupos sociais fragilizados, cobertura de 100%; (iv) Projetos com fins econômicos de pesquisa científica e tecnológica desenvolvidos em cooperação entre instituições tecnológicas (ITs) e entidades com fins econômicos: (a) 90% para projetos que envolvam micro e pequenas empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual menor ou igual a R\$ 3,6 milhões; (b) 80% para projetos que envolvam médias empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual maior que R\$ 3,6 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões; e (c) 70% para projetos que envolvam grandes empresas, cooperativas ou associações de produtores com receita operacional bruta anual maior que R\$ 300 milhões.

Desde 2008²⁰, o Fundo Amazônia tem financiado projetos em diversas temáticas, contabilizando um valor total de R\$ 1,86 bilhão de Reais (Figura 4.5), e um valor total desembolsado de R\$ 1.066 milhão em projetos com Municípios, Estado, União, Terceiro setor, Universidades e projetos internacionais (Figura 4.6).

Quadro 4.13

Principais Elementos do Fundo Amazônia.

Fonte: Baseado em MMA, 2015b; 2019; BNDES/ME/MMA/GOVERNO FEDERAL, 2019b.



²⁰ Decreto nº 6.527, de 1º de agosto de 2008.

Figura 4.4

Participação no acesso ao valor total do apoio recebido pelo Fundo Amazônia, em R\$ milhões.

Fonte: Baseado em BNDES/ME/MMA/GOVERNO FEDERAL, 2019^a.

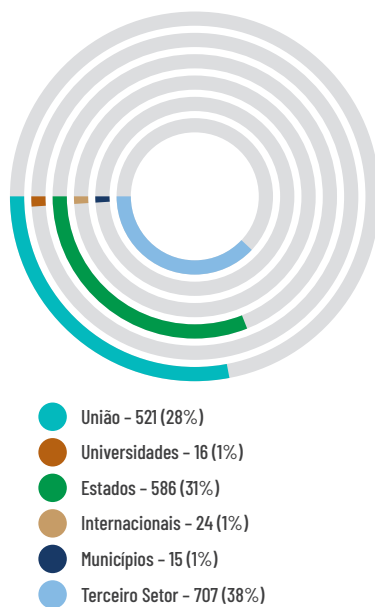
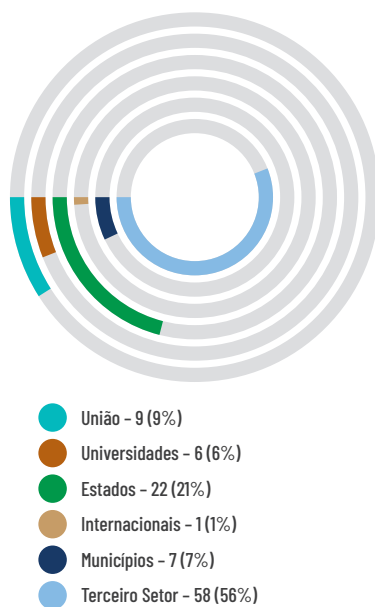


Figura 4.5

Número de projetos executados pelos recursos desembolsados pelo Fundo Amazônia.

Fonte: Baseado em BNDES/ME/MMA/GOVERNO FEDERAL, 2019^a.



Em 2019, a carteira do Fundo Amazônia chegou a 103 projetos apoiados. Cada projeto apoiado contribui para, no mínimo, um dos eixos do PPCDAm (há projetos que contribuem para os quatro eixos, há outros que contribuem para três ou dois eixos), conforme sintetizado na Tabela 4.2.²¹

EIXO TEMÁTICO	% DO VALOR ALOCADO
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL	26
MONITORAMENTO E CONTROLE	48
ORDENAMENTO TERRITORIAL	14
CIÊNCIA, INOVAÇÃO E INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	13

Table 4.2

Distribuição dos recursos do Fundo Amazônia por eixo de atuação.

Fonte: Baseado em BNDES/ME/MMA/GOVERNO FEDERAL, 2019^{a21}.



²¹ Monitoramento e avaliação de resultados do Fundo Amazônia. Disponível em: www.fundoamazonia.gov.br/pt/home/

De cima para baixo, da esquerda para a direita: Jan Golinski – UNFCCC © • Carlos Antunes – MCTI ©
Oton Barras – (DSR/087/INPE) © • Thiago Japyassu – Pexels • Chokniti Khongchum – Pexels





OUTRAS INFORMAÇÕES

Relevantes para Atingir os
Objetivos da Convenção
no Brasil



QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC

5.1 INICIATIVAS DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE AS QUESTÕES RELATIVAS À MUDANÇA DO CLIMA

A CONSCIENTIZAÇÃO PÚBLICA DESEMPEÑA PAPEL EXTREMAMENTE IMPORTANTE para que a sociedade e o governo aliem esforços de mitigação dos gases de efeito estufa e de adaptação à mudança do clima. Portanto, entidades envolvidas nos níveis nacional e no subnacional foram motivadas a desenvolver e implementar iniciativas que asseguram a disponibilização de conteúdo sobre a mudança do clima e seus efeitos, a fim de facilitar o acesso à informação e participação do público nas discussões referentes ao tema.

5.1.1 Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (SIN-ABC)

O Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (SIN-ABC), instituído e coordenado pelo Mapa, tem como responsabilidade consolidar e sistematizar os resultados de execução do Plano ABC. Sua estrutura de funcionamento conta com o Sistema de Governança do Plano ABC (SIGABC), Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) e a Plataforma Multi-institucional de Monitoramento de Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Plataforma ABC).

Do SIGABC são obtidos dados de execução direta do Plano ABC pelo Mapa, oriundos do acompanhamento das ações e metas estabelecidas, as quais também estão sendo realizadas de forma descentralizada via Planos do ABC nos estados da federação. Do Sicor, são obtidos os dados de execução do Programa de crédito ABC, que é uma linha de crédito destinada a apoiar a adoção das tecnologias do Plano ABC, via tomada de crédito (contratos) pelos produtores rurais.

Da Plataforma ABC serão obtidos dados de adoção em áreas das tecnologias ABC e suas respectivas contribuições em relação à mitigação de Gases de Efeitos Estufa (GEE) para acompanhamento das metas preestabelecidas no Plano ABC. Cabe ainda à Plataforma ABC a validação conceitual do mecanismo de MRV (monitoramento, reporte e verificação), com base na expertise e uso de diferentes ferramentas e tecnologias de informação desenvolvidas ou em validação pela Embrapa e instituições parceiras.

A Plataforma ABC foi estabelecida em 2015 em reunião da diretoria da Embrapa, e teve seu Comitê Técnico de Acompanhamento originalmente instalado em 2017. Seu objetivo é monitorar a redução das emissões de GEE bem como da dinâmica de estoque de carbono no solo a partir da implantação das tecnologias referendadas pelo Plano ABC. O trabalho da Plataforma ABC também tem por função coordenar os esforços das várias instituições comprometidas em desenvolver parâmetros e metodologias de avaliação e métricas da dinâmica dos GEE válidas para o setor agropecuário brasileiro. A Plataforma ABC, instituída no âmbito da Embrapa, conta com a expertise e parceria de diversas instituições e especialistas para cumprir com seus objetivos com sucesso. A gestão executiva

Para saber sobre o Plano ABC, consulte o item 4.1.6.

das funções da Plataforma é de responsabilidade da Embrapa. É de responsabilidade do governo brasileiro, através das competências setoriais do Mapa, desenvolver e validar um sistema amplo e integrado de identificação, qualificação e monitoramento da adoção das tecnologias do Plano ABC. O protocolo e as metodologias de avaliação seguem os protocolos de monitoramento das emissões de GEEs estabelecidos internacionalmente e com as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC).

Os maiores beneficiários dessa medida são os produtores rurais brasileiros e todo o setor agropecuário brasileiro, que tem uma política pública mais aderente às suas necessidades. A robustez científica que caracteriza o Plano ABC, e em particular a capacidade de monitoramento do SIN-ABC, reforça a importância de uma política pública, cada vez mais estratégica para o desenvolvimento do país, e construção da imagem positiva do agronegócio e do Brasil, junto à sociedade nacional e internacional.

PLATAFORMA ABC	INFORMAÇÕES
PLATAFORMA ABC	Lei nº 12.187/2009; Portaria Interministerial nº 984, de 8 de outubro de 2013; Portaria nº 2.277/2017 (em processo de atualização); Decreto nº 7.390/2010 – substituído pelo Decreto nº 9.578, de 2018.
OBJETIVOS	(i) consolidar e sistematizar os resultados de execução do Plano ABC, em suas ações de promoção da adaptação à mudança do clima e mitigação de GEE oriundos do setor agropecuário, (ii) monitorar a redução das emissões de GEE na agropecuária brasileira; (iii) coletar, analisar, organizar e armazenar informações referentes às emissões de GEE dos setores da agricultura; (iv) subsidiar, formular e aperfeiçoar programas e políticas públicas de mitigação e adaptação à mudança do clima para o setor agropecuário.
MISSÃO	Consolidar e sistematizar os resultados de execução do Plano ABC, em particular os oriundos do Sistema de Governança do Plano ABC (SIGABC), Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (Sicor) e da Plataforma Multi-institucional de Monitoramento de Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Plataforma ABC).
REGULAMENTAÇÃO	Decreto nº 7.390/2010 – substituído pelo Decreto nº 9.578, de 2018; Lei nº 12.187/2010. Embrapa Deliberação nº 9/1996; Portaria Interministerial nº 984, de 8 de outubro de 2013; Portaria nº 2.277/2017 (em processo de atualização).
ABRANGÊNCIA	(i) Monitoramento dos impactos da política pública Plano ABC; (ii) monitoramento da resiliência e da capacidade de adaptação à mudança do clima no setor agropecuário brasileiro (iii) monitoramento da redução das emissões de GEE na agropecuária brasileira.

Quadro 5.1

Principais elementos do Sistema Integrado de Informações do Plano Setorial para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (SIN-ABC).

Fonte: Baseado em Embrapa, 2015 e MAPA, 2018.

5.1.2 Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)

O Brasil instituiu, em outubro de 2017, por meio do Decreto nº 9.172/2017, o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE). O Quadro 5.2 descreve os principais elementos relativos a esse Decreto.

Quadro 5.2

Principais Elementos do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE).

Fonte: Baseado em de MCTIC (2017; 2017a; 2017b; 2017c).

SIRENE	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Lei nº 12.187/2009; Decreto nº 9.172/2017.
OBJETIVOS	Disponibilizar os resultados do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE não Controlados pelo Protocolo de Montreal, e de outras iniciativas de contabilização de emissões, tais como as Estimativas Anuais de Emissões de GEE no Brasil.
MISSÃO	Conferir perenidade, acessibilidade, segurança e transparência ao processo de confecção do Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas, com as funções de estimar (para fins de quantificação e contabilização) as emissões de gases de efeito estufa, de acordo com as diretrizes de elaboração dos inventários nacionais previstas em decisão da UNFCCC. E servir de insumo à tomada de decisão nas ações governamentais relativas à mudança do clima, no que tange à geração de conhecimento científico e adoção de medidas de mitigação.
APLICABILIDADE	Considerado pelo governo brasileiro como o sistema de MRV nacional (Mensuração, Relato e Verificação) para as emissões em nível agregado, para os setores do Inventário Nacional.
ABRANGÊNCIA	(i) GEE direto e indireto ¹ ; (ii) as fontes de emissão e as remoções por sumidouros ² ; e (iii) a série histórica de emissões dos resultados publicados no Inventário Nacional, como parte de suas Comunicações Nacionais, dos Relatórios de Atualização Bienal, bem como dos relatórios das Estimativas Anuais de Emissões ³ .
DOCUMENTOS-BASE	Comunicação Nacional do Brasil e outros relatórios elaborados para a UNFCCC; Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil, de que trata o art. 11 do Decreto nº 7.390, de 2010, substituído pelo Art. 24 do Decreto 9578, de 2018; Inventários organizacionais, previstos no art. 4º do Decreto 9172, de 2017.

A coordenação, gestão e manutenção do SIRENE é de responsabilidade do MCTI por parte da Coordenação-Geral de Ciência do Clima e Sustentabilidade (CGCL). Diversas entidades públicas e privadas contribuem com a disponibilização de dados de atividades, ou com o desenvolvimento de parâmetros e de fatores de emissão nacionais, atualizados e pertinentes ao exercício da metodologia a ser aplicada na elaboração das estimativas de emissões e de remoções de GEE para o país.

Esse sistema garante a publicidade dos resultados oficiais nacionais, a partir da apresentação de gráficos e tabelas, que podem ser exportadas em formato editável, conforme interesse de seleção dos filtros definida pelo usuário. Ademais, todas as publicações oficiais e relatórios de transparência são disponibilizados nessa plataforma para consulta do público em geral. Por fim, o SIRENE ainda disponibiliza os cenários de emissões para os períodos 2012-2035 e 2035-2050, gerados a partir do projeto “Opções de Mitigação de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil”.

1 Dióxido de carbono – CO₂; metano – CH₄; óxido nitroso – N₂O; hidrofluorcarbonos – HFCs; perfluorcarbonos – PFCs; hexafluoreto de enxofre – SF₆; óxidos de nitrogênio – NO_x; monóxido de carbono – CO e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos – NMVOC.

2 Referentes aos setores Energia, Processos Industriais e Outros Produtos, Agropecuária, Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, e Resíduos.

3 Correspondente ao estabelecido domesticamente por meio da Política Nacional de Mudança do Clima.

5.1.3 Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima)

O Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima) foi um dos estudos elaborados no âmbito do projeto “Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População como Insumo para a Elaboração das Ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil (Projeto Vulnerabilidade)”. Esta iniciativa conjunta, implementada entre 2014 e 2018, teve como objetivo elaborar um sistema de indicadores, em escala municipal, para avaliar a vulnerabilidade da população à mudança do clima em seis estados brasileiros: Amazonas, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Paraná e Pernambuco. O quadro a seguir resume os principais elementos do referido projeto.

PROJETO VULNERABILIDADE	INFORMAÇÕES
OBJETIVOS	A iniciativa teve por objetivo facilitar a identificação de populações e territórios vulneráveis à mudança do clima; desenvolver um modelo conceitual e uma ferramenta de análise (sistema de indicadores socioambientais e plataforma de cálculo) para avaliar a vulnerabilidade da população dos municípios.
PRODUTOS	Além do desenvolvimento de um modelo conceitual para esta avaliação de vulnerabilidade, será construída uma ferramenta (Índice Municipal de Vulnerabilidade) e um software (SisVuClima), a serem aplicados em caráter piloto aos municípios de seis estados brasileiros: Paraná, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco, Maranhão e Amazonas.
FINANCIADOR	Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.
GESTÃO E ARRANJOS INSTITUCIONAIS	A iniciativa é resultado de uma parceria entre o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Mudança do Clima e Florestas e a Vice-Presidência de Ambiente, Atenção e Promoção à Saúde da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz/Ministério da Saúde).

Por meio do SisVuClima, gestores e técnicos dos estados podem avaliar e comparar as vulnerabilidades e os fatores de risco dos municípios e, posteriormente, planejar ações para reduzir os impactos das mudanças climáticas e aumentar a capacidade de adaptação da população. O SisVuClima foi criado para automatizar o cálculo e a geração de mapas temáticos utilizados na construção do Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima dos municípios do estudo, assim como permitir a atualização e inserção de novos dados e o cálculo de novos índices e acompanhar a sua evolução (MMA, 2020; MS, 2020).

O sistema é composto por três módulos: i) cadastro de informações necessárias para o cálculo dos indicadores; ii) geração dos índices e subíndices; e iii) visualização de resultados por meio de mapas temáticos, tabelas e gráficos. Para a realização dos estudos são considerados dados sobre a população, preservação ambiental, ocorrência de fenômenos extremos (tempestades) e doenças relacionadas ao clima, variando conforme a realidade de cada estado. A partir da inserção dessas informações no software, é possível calcular o Índice Municipal de

Quadro 5.3

Principais Elementos do Projeto Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População como Insumo para a Elaboração das Ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil.

Fonte: Baseado em de MMA, 2020; MS, 2020.

Vulnerabilidade aos Impactos de Mudança Climática, entre outros indicadores, tais como exposição ambiental, sensibilidade, fatores externos, doenças e condições demográficas, assim como a capacidade adaptativa dos municípios (SisVuClima, 2020).

5.1.4 Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções das Emissões de Gases de Efeito Estufa (SMMARE)

Em 2013, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) desenvolveu, no âmbito de um Contrato Administrativo firmado com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o projeto “Diagnóstico do Plano Nacional sobre Mudança do Clima e desenho do Sistema de Monitoramento de Gases de Efeito Estufa nas ações dos Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação”. Esse projeto foi composto de duas vertentes: (i) elaboração de diagnóstico do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, de 2008, para apoiar sua atualização; e (ii) desenho de sistema de monitoramento de GEE nas ações dos Planos Setoriais de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima e Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento. O projeto propôs a elaboração do Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SMMARE), para o qual, em 2014, foram estabelecidas diretrizes.

O SMMARE foi inicialmente desenhado com objetivo monitorar ações e reduções de emissões de GEE alcançadas por meio dos planos setoriais de mitigação da política climática brasileira, com uma ambição que perpassa os planos específicos para a Amazônia e o Cerrado.

Embora o sistema tenha seu arcabouço teórico descrito, o desenvolvimento do SMMARE está sendo reavaliado à luz do contexto do Acordo de Paris e compromissos nacionais assumidos perante o mesmo. Um dos objetivos desta revisão é otimizar recursos financeiros e humanos, eviteo assim a duplicação de esforços, e se encontra inscrita à estratégia de MRV das ações de mitigação conforme estipula o artigo 10º do Decreto nº 7.390/2010 – substituído pelo Art. 23 do Decreto nº 9.578, de 2018, da Política Nacional sobre Mudança do Clima em todos os seus temas sintetizados no Quadro 5.4.

SMMARE	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Artigo 10 do Decreto nº 7.390/2010 – substituído pelo Art. 23 do Decreto nº 9.578, de 2018.
OBJETIVO	Monitorar ações e reduções de emissões de GEE alcançadas por meio dos planos setoriais de mitigação da política climática brasileira.
APLICAÇÃO	Para o planejamento, organização, implementação, mensuração, relato e verificação das ações que levarão às reduções indicadas na PNMC e na NDC Brasileira.
INSTRUMENTOS	PNMC; NDC; Planos de ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia e Cerrado; e Planos para Mitigação e Adaptação para a Agricultura, Energia e Carvão Vegetal.

Quadro 5.4

Principais Elementos do Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções de Emissões de GEE.

Fonte: Baseado em MMA, 2014; CGEE, 2013; 2014.

O Quadro 5.5 sumariza o funcionamento do SMMARE.

SMMARE	FUNCIONALIDADES	
POSSIBILIDADES DE MONITORAMENTO (CENÁRIOS)	I Monitorar as reduções de emissões de GEE com base em dados existentes e/ou dados que podem ser facilmente obtidos, os quais podem ser implementados em nível nacional no curto prazo.	II Monitorar a redução das emissões de GEE em um nível desagregado, que exigiria uma melhor coleta de dados para permitir análises espaciais das reduções de emissões.
ELEMENTOS DE MONITORAMENTO	(i) lista de ações de mitigação avaliadas, incluindo a sua fase de implementação; (ii) pressupostos metodológicos; (iii) resultados por ação de mitigação avaliados através de indicadores desagregados ao nível apropriado e, na medida do possível, de acordo com o cenário em que o monitoramento é empreendido; e (iv) processos de garantia e controle de qualidade das avaliações.	
MÓDULOS DE MONITORAMENTO	Cada Plano terá um “Módulo de Monitoramento” dentro do SMMARE, a ser implementado em etapas específicas, baseado em metodologias contidas nas diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa.	

Ressalta-se que desde 2014, não se avançou em qualquer sistema informatizado modular e nem tampouco na adesão integral dos ministérios setoriais para a produção das informações.

Sobre a abordagem mais recente para relato de redução de emissões, vale informar que inicialmente agregou dados de mitigação de emissões de gases de efeito estufa dos setores florestal e agropecuário, com algumas estimativas de redução de emissões até 2018. Em paralelo a isso, a necessidade de uma ferramenta de divulgação de informações que permitisse o acompanhamento das principais ações de mitigação e adaptação à mudança do clima continuou sendo atendida e aperfeiçoada por meio do portal Educaclima (www.educaclima.mma.gov.br). O portal, lançado no início de 2018, hospeda alguns dados preliminares de relato de redução de emissões citados anteriormente. Com o objetivo de se evitar duplicação de esforços e eventual aumento de custos, entre outros, aguarda-se os avanços sobre a ainda não finalizada Nova Estrutura de Transparência do Acordo de Paris para que, se for o caso, retome-se a implementação de um arranjo de transparência, porém agora não mais para as NAMAS que deixarão de ter vigência a partir de 2020.

Quadro 5.5

Arranjos Funcionais do Sistema Modular de Monitoramento e Acompanhamento das Reduções de Emissões de GEE.

Fonte: Baseado em MMA, 2014; CGEE, 2013; 2014.

Para saber mais sobre o “Educaclima” consulte o item 5.2.5.

5.2 FORMAÇÃO DE CAPACIDADES EM MUDANÇA DO CLIMA

O setor acadêmico e científico brasileiro tem desempenhado papel relevante no desenvolvimento de conhecimento para suprir as lacunas de informação e expandir a compreensão sobre as implicações da mudança do clima, para os diversos contextos nacionais. Esta seção trata de descrever ações empreendidas que estão contribuindo para a formação de capacidades em mudança do clima no Brasil.

5.2.1 AdaptaBrasil MCTI

O governo brasileiro está empreendendo um importante esforço institucional no mapeamento, identificação e consolidação das informações relacionadas aos riscos de impactos causados pelas variações extremas do clima no sistema natural e social do país (BRASIL, 2009). Essas ações buscam criar um ambiente de informações sólidas, robustas, centralizadas e de fácil acesso sobre essa temática, com vistas a informar e subsidiar o planejamento estratégico. Nesse contexto, a atuação integrada do INPE e da RNP, com o apoio do MCTI, para desenvolvimento da plataforma AdaptaBrasil MCTI tem como objetivo “consolidar, integrar e disseminar informações que possibilitem o avanço das análises dos impactos observados e projetados no território nacional, deo subsídio aos tomadores de decisão para ações de adaptação”.

O AdaptaBrasil MCTI fornecerá informações sobre os impactos da mudança do clima observados e projetados em todas as regiões do Brasil. Com esse intuito, essa plataforma foi concebida a partir da integração de índices e indicadores que fossem capazes de captar as relações de casualidade e influência dos fatores de risco. O desenvolvimento de indicadores é realizado com base nas etapas apontadas pelo Centro de Competência sobre Composição de Indicadores e Painéis do Centro Comum de Investigação Europeu (JRC no acrônimo em inglês) (NARDO et al., 2008), porém com adaptações conforme as necessidades nacionais. A ponderação e consolidação dos indicadores foi realizada a partir de questionários e oficinas com especialistas, além de análises em múltiplas escalas espaciais (nacional, regional, estadual e municipal) e temporais (intervalo de análise decadal), com múltiplos fatores estressores (físico-climáticos, socioeconômicos, políticas públicas, dentre outros).

A estrutura e o formato de disponibilização das informações sobre risco de impacto das mudanças climáticas imbui o propósito de subsidiar a proposição de ações de adaptação a serem planejadas pelos atores públicos e privados dos diversos setores da sociedade. Em consideração à distinta percepção do público-alvo, justifica-se a apresentação hierárquica de indicadores de risco de impacto da mudança climática e de suas dimensões, conforme apresentado na Figura 5.1.

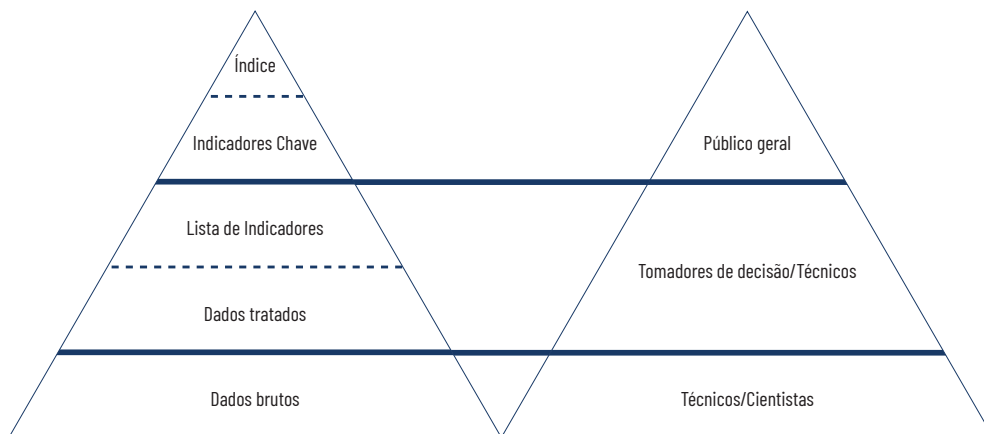


Figura 5.1

Estrutura entre o nível de informação e o público-alvo. .

Fonte: Adaptado de Braat (1991).

5.2.2 AdaptaCLIMA

Lançado em dezembro de 2017, o AdaptaCLIMA foi criado com o objetivo de contribuir para a superação da lacuna de conhecimento acerca da adaptação à mudança do clima, assim como para o alcance do primeiro objetivo do Plano Nacional de Adaptação, que prevê entre suas metas uma “plataforma online de gestão do conhecimento em adaptação criada e disponível à sociedade”. Além da disponibilização de conteúdos sobre adaptação, a plataforma visa promover a interação dos provedores e usuários de conhecimento. Ao criar um perfil no Adapta CLIMA, o usuário pode indicar conteúdos, avaliar o conteúdo disponível, disponibilizar seu contato, ter acesso a contatos de profissionais cadastrados, além de receber informes conforme seus interesses. O Quadro 5.6 descreve os principais elementos dessa plataforma.

Quadro 5.6

Principais elementos da plataforma AdaptaCLIMA.

Fonte: Baseado em MMA, 2016.

ADAPTA CLIMA	INFORMAÇÕES
CARACTERÍSTICA	Plataforma digital e de acesso gratuito que visa facilitar o entendimento a respeito da mudança do clima.
OBJETIVOS	(i) sistematizar e disponibilizar informações e ferramentas já existentes em áreas temáticas da agenda climática, prioritariamente no Brasil; (ii) conectar provedores e usuários de conhecimento, fomento a troca de conhecimento e construção de parcerias; e (iii) promover a produção de conhecimento em formato adequado a partir das lacunas identificadas e das conexões estabelecidas.
IMPACTOS	Contribuir para o fortalecimento da capacidade adaptativa do Brasil face à mudança do clima.
DESAFIOS	(i) cenário da informação é vasto e fragmentado, com informações de difícil acesso; (ii) grande diversidade de atores fornecem e usam as informações; e (iii) lacunas entre pesquisas, políticas e práticas.
PRODUTOS	(i) ações de comunicação e engajamento; (ii) estrutura de governança efetiva, transparente e participativa; e (iii) plataforma web.
ARRANJOS INSTITUCIONAIS	Coordenados pelo Ministério do Meio Ambiente, implementados pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV-EAESP (GVces) e pelo Instituto Internacional pelo Meio Ambiente e Desenvolvimento (IIED), com o apoio do Conselho Britânico por meio do Fundo Newton. A construção da plataforma foi um processo colaborativo no decorrer de 2016 e 2017, com mais de 65 organizações participantes no Brasil e no Reino Unido.

5.2.3 Capacitação em construção de cenários de mitigação e projeções de emissões de GEE e impactos climáticos no Brasil

O governo brasileiro implementa políticas de clima baseado em capacidades técnicas obtidas a partir da implementação de programas e projetos. Com isso, busca-se incrementar a capacidade e as habilidades técnicas de atores governamentais e não governamentais para identificar opções de mitigação e adaptação custo-efetivas, que são refletidas em termos de políticas públicas transversais ao tema.

A capacitação leva em conta três dimensões: (i) a capacidade institucional de promover o desenvolvimento de políticas, procedimentos, regulamentos e os sistemas de metas e incentivos que constituem as ações de mitigação de emissões de GEE; (ii) a capacidade organizacional de elevar a capacidade de planejamento e gestão de indivíduos, por meio da criação de metas e mecanismos e recursos internos; e, por fim, (iii) a capacidade de recursos humanos de treinamento do pessoal governamental na definição de objetivos, na elaboração e gestão de programas de políticas climáticas, na mobilização de recursos e na implementação da política climática.

Neste sentido, destacam-se duas iniciativas: (i) Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil, conduzido pelo MCTI; e (ii) Implicações Econômicas e Sociais (IES Brasil), coordenado pelo Fórum Brasileiro de Mudança do Clima. Estas iniciativas têm seus principais elementos sumarizados no Quadro 5.7 e Quadro 5.8, respectivamente.

PROJETO OPÇÕES DE MITIGAÇÃO	INFORMAÇÕES
CARACTERÍSTICAS	Iniciativa do MCTI, em parceria com a ONU Meio Ambiente, que contou com recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), com a finalidade de auxiliar a tomada de decisão sobre ações que potencialmente reduzam emissões de GEE, nos setores-chaves da economia brasileira: indústria, energia, transportes, edificações, Afolu (Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo), gestão de resíduos e outras alternativas inter-setoriais.
OBJETIVOS	Fortalecer a capacidade técnica do Governo Brasileiro na implementação de ações de Mitigação de GEE. O projeto estimou os potenciais e custos de abatimento de emissões de GEE, mediante uma análise integrada econômico-energética, para o período entre 2012 e 2050 nos diferentes setores-chaves citados.
ESTRATÉGIA	Para alcançar o objetivo declarado, o Projeto foi implementado a partir de três componentes: (i) alternativas de mitigação identificadas e seus respectivos potenciais e custos quantificados para os períodos 2012-2035, e 2035-2050; (ii) análise integrada das diferentes alternativas de mitigação em um quadro de otimização integrada, considere a não aditividade das diferentes alternativas de mitigação e outras considerações econômicas; e uma avaliação de os possíveis impactos de diferentes políticas climáticas sobre a economia brasileira; teste de medição, relatório e verificação nacionais (MRV) de propostas alternativas de mitigação; e (iii) capacitação para instituições governamentais federais, estaduais e das cidades-sede da copa do mundo FIFA 2014, bem como para organizações da sociedade civil, para implementação de ações de mitigação de emissões de GEE em setores econômicos.
ARRANJO INSTITUCIONAL	MCTI, com recursos do GEF e parceria com a ONU Meio Ambiente.
RESULTADOS	Vários eventos foram realizados com sucesso, contribuindo assim para a disseminação do projeto, revisando os pressupostos e a capacitação das partes interessadas (governamentais e não governamentais). Foram realizadas sessões de treinamento nos meses de março, maio e outubro de 2015 e nos meses de abril e junho de 2016, com foco em: modelagem de custos de abatimento e propostas de políticas públicas. Seis seminários regionais foram realizados em São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Manaus, Salvador e Brasília para divulgar os resultados do projeto regionalmente e permitir que os interessados usem os resultados do Inventário Nacional de GEE como instrumento para monitorar e implementar ações de mitigação. Finalmente, foram publicados todos os estudos, com destaque para a publicação "Trajetórias de mitigação e instrumentos de políticas públicas para alcance das metas brasileiras no Acordo de Paris".

Quadro 5.7

Principais elementos do projeto Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave do Brasil.

Fonte: Baseado em MCTIC, 2018a; 2018b.

Quadro 5.8

Principais Elementos do Projeto IES-Brasil.

Fonte: Baseado em CENTRO CLIMA, 2015.

IES-BRASIL

INFORMAÇÕES

DESCRIÇÃO

Sob coordenação participativa do FBMC, representa um conjunto de esforços de diferentes setores da sociedade brasileira com especialistas na identificação de distintas trajetórias de desenvolvimento que alinhem objetivos socioeconômicos e ambientais. Foram elaborados cenários de emissões até 2030 e identificadas políticas de mitigação que revelaram melhores respostas quanto aos impactos econômicos e sociais decorrentes da implementação de cenários de mitigação de emissões.

OBJETIVO

Estruturar trajetórias de desenvolvimento que alinhem objetivos socioeconômicos e ambientais, elaborando cenários futuros de emissões de GEE até a 2030.

ESTRATÉGIA

A formulação de diferentes cenários de emissões de GEE até 2030 para o Brasil foi realizada por meio de um Comitê de Elaboração de Cenários (CEC), envolvendo desde o princípio o governo, o setor privado, a academia e a sociedade civil. A mobilização de diversos setores da sociedade no processo de elaboração dos cenários visou à obtenção de visões de futuro legítimas e plausíveis.

CARACTERÍSTICAS

(i) foco na análise das implicações macroeconômicas e sociais de diferentes cenários de emissões de GEE, indo além da análise de tecnologias e custos setoriais. Em particular, ao tratar o comportamento da economia como subótimo, o modelo IMACLIM-BR permite avaliar o impacto das políticas de mitigação sobre determinantes da pobreza e a distribuição de renda; e, (ii) caráter participativo no exercício de criação de cenários.

Ainda, podem ser citadas iniciativas que sistematizam e disponibilizam informações, materiais e dados sobre os impactos e riscos das mudanças climáticas, como é o caso da PROJETA⁴, Sistema de Vulnerabilidade Climática (SisVuClima)⁵ e Projeções de Cenários Climáticos⁶. Estas permitem um maior acesso aos diferentes tipos de dados relativos à mudança do clima.

A fim de assegurar que os gestores e técnicos tenham acesso às informações de maneira relativamente simples e amigável, e a partir da crescente demanda dos usuários de setores estratégicos da sociedade que necessitavam elaborar seus estudos de vulnerabilidade, impacto e adaptação, foi desenvolvido o portal “Projeções Climáticas no Brasil”⁷. Esse portal tem como objetivo facilitar a visualização das projeções climáticas, modelos climáticos globais do IPCC e modelos regionais sobre o território brasileiro, além de automatizar o processo de extração e disponibilização dos dados de forma ampla e irrestrita. Por meio de uma interface gráfica, o usuário pode facilmente obter, sobre qualquer área do Brasil, informações dos modelos climáticos necessárias para a compreensão do funcionamento do sistema climático, incluindo a geração de cenários de mudanças climáticas.

4 Disponível em: <https://projeta.cptec.inpe.br>

5 Disponível em: www.sisvuclima.com.br/

6 Disponível em: http://pnud.cptec.inpe.br/pnud_ie.html

7 Disponível em: <http://pclima.inpe.br/>

5.2.4 Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)

A partir do expressivo aumento no número de registros de desastres no Brasil entre 2007 e 2011, tornou-se indispensável dispor de um sistema de alerta que reunisse competências científicas e tecnológicas de várias áreas do conhecimento. Até recentemente, nenhum órgão da esfera federal monitorava os fenômenos de natureza meteorológica, hidrológica, agrônômica e geológica de maneira integrada. Assim, com o intuito de ampliar o impacto das ações governamentais no sentido de prevenir os desastres naturais e não apenas lidar com a atenuação das consequências desses eventos, em 2011 foi criado um grupo de trabalho com o objetivo de elaborar um plano de prevenção e enfrentamento dos desastres naturais.

Coube ao MCTI a responsabilidade de implantar um sistema de alertas antecipados da probabilidade de ocorrência de desastres naturais, associados aos fenômenos naturais que mais causam vítimas fatais no país, os deslizamentos de encostas e as inundações. É nessa perspectiva que se insere a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (Cemaden), tendo por objetivo usar tecnologias modernas de monitoramento e previsões hidrometeorológicas e geodinâmicas.

O Cemaden tem o compromisso de promover desenvolvimentos científicos, tecnológicos e inovadores para avançar na qualidade e confiabilidade de alertas, e na prevenção e mitigação de desastres naturais. Além disso, viabiliza a formação e a capacitação de profissionais da sociedade para lidar com esses desastres.

Além das providências imediatas de socorro e apoio à reestruturação das áreas afetadas, ficou patente, no governo federal, a necessidade de centralizar esforços para aumentar a capacidade da sociedade brasileira para o enfrentamento de catástrofes naturais e, principalmente, para a prevenção e o alerta com antecedência, de modo a evitar e reduzir o número de vítimas e de prejuízos sociais e econômicos decorrentes desses desastres. Dessa maneira, aliada à geração e à gestão do conhecimento promovidas pelo Cemaden, a estratégia para redução de riscos de desastres no país contempla ações de difusão e comunicação dos alertas, bem como de desenvolvimento de capacidade de resposta local, especialmente em municípios brasileiros mais suscetíveis à ocorrência de desastres naturais (Figura 5.2).

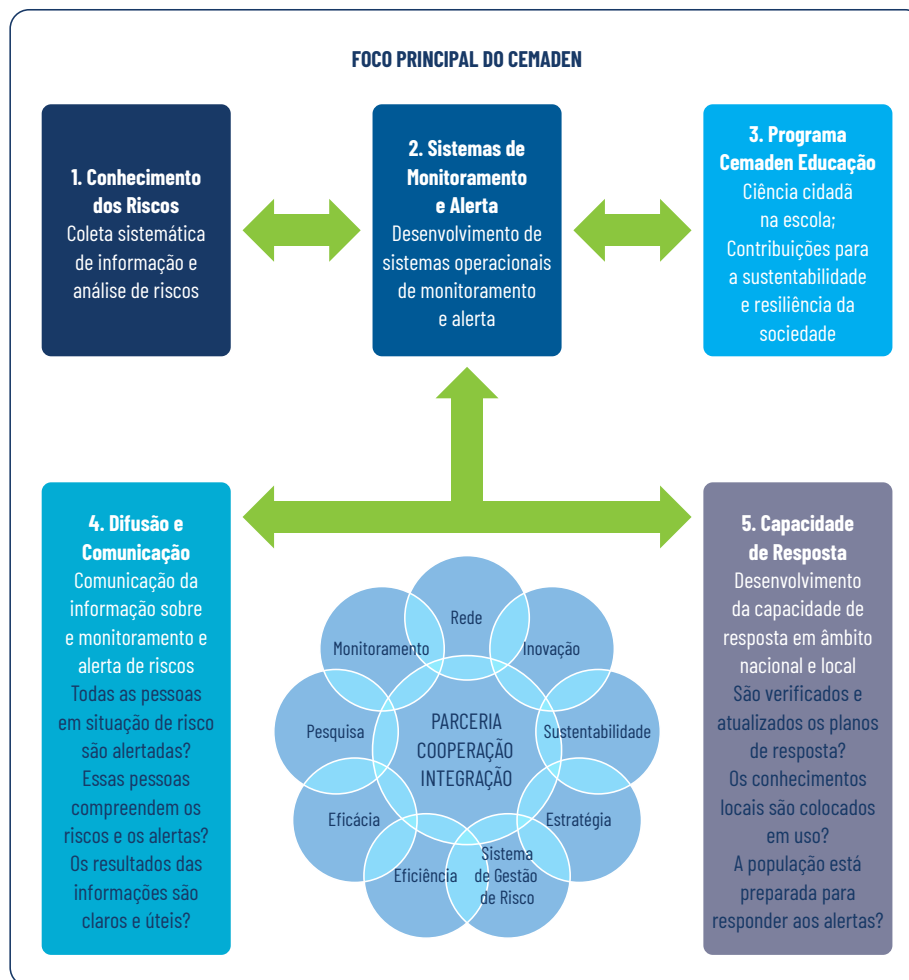


Figura 5.2
Estratégia para redução de risco de desastres naturais.

Fonte: CEMADEN⁸.

5.2.5 EducaClima

O EducaClima é uma plataforma de gestão do conhecimento, elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente, sobre educação e conscientização pública em mudança do clima. Seu lançamento ocorreu no dia 16 de março de 2018, Dia Nacional de Conscientização sobre as Mudanças Climáticas. A plataforma EducaClima (www.educaclima.mma.gov.br) hospeda também principais informações sobre o monitoramento e acompanhamento das emissões brasileiras de

⁸ Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/estrategia-para-reducao-de-desastres-no-pais/>. Acessado em: set. 2020.

gases de efeito estufa, ações para redução das emissões e informações que permitem o acompanhamento das principais ações de mitigação e adaptação à mudança do clima.

O Quadro 5.9 descreve sucintamente as principais características do EducaClima.

EDUCACLIMA	INFORMAÇÕES
CARACTERÍSTICAS	Portal do Ministério do Meio Ambiente sobre educação e conscientização pública em mudança do clima. Reúne conteúdo relevante sobre mudança do clima resumido por tema, diversas vozes e atores. Se encontra sob responsabilidade da Coordenação de Transparência de Ações em Mudança do Clima (CTAM), do Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima (DMAF) e da Secretaria de Mudança do Clima e Florestas (SMCF) do MMA.
OBJETIVOS	Disseminar e difundir informações, e conscientizar o público sobre mudança do clima por meio da divulgação do conhecimento e informações atualizadas e confiáveis, com o intuito de facilitar o acesso à informação, leve o usuário direto ao relatório, lei, documento ou site buscado.
EIXOS	<p>I. Empoderamento climático⁹ por meio da educação, treinamento e conscientização pública; facilitação de diálogos, troca de conhecimentos, novos aprendizados, evolução e também conscientização sobre os impactos individuais sobre o meio ambiente, incentivo a sustentabilidade, incluindo incentivo à participação social.</p> <p>II. Educação e conscientização pública através da promoção e disseminação de informações, educação, capacitação e conscientização pública sobre mudança do clima, conforme as diretrizes¹⁰ da Política Nacional sobre Mudança do Clima.</p>

Quadro 5.9

Principais Elementos do EducaClima.

Fonte: Baseado em MMA, 2017a.

5.2.6 Fórum Brasileiro de Mudança do Clima (FBMC)

O Fórum Brasileiro de Mudança do Clima é o espaço de articulação de atores da sociedade civil e governo, com atuação nacional. Visa conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima, conforme os Decretos Presidenciais 3.515/2000 e 28/8/2000 (Quadro 5.10). Os trabalhos do Fórum se orientam através de dez câmaras temáticas (CTs) que promovem eventos e reuniões e fomentam a capacitação e discussões temáticas sobre mudança do clima com a sociedade civil.

As Câmaras Temáticas (CTs) englobam os seguintes temas: CT1 (Agropecuária, Florestas e Biodiversidade), CT2 (Energia), CT3 (Transportes), CT4 (Indústria), CT5 (Cidades e Resíduos), CT6 (Finanças), CT7 (Defesa e Segurança Nacional), CT8 (Visão de Longo Prazo), CT9 (Ciência, Tecnologia e Inovação), e CT10 (Adaptação).

⁹ Artigo 6º do texto da UNFCCC.

¹⁰ Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, artigo 5º, inciso XII.

Quadro 5.10

Principais Elementos do FBMC.

Fonte: Baseado em FBMC, 2017; 2018.

FBMC	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Decreto no 12.187/2009; Decreto no 9.082/2017.
OBJETIVOS	Conscientizar e mobilizar a sociedade para a discussão e tomada de posição sobre os problemas decorrentes da mudança do clima.
MISSÃO	Produzir deliberações e articular-se com as demais instâncias de governança climática no país, produzindo orientações estratégicas e de gree alcance por consenso.
CARACTERÍSTICAS	Híbrido, conteo com a autoridade máxima do Estado como Presidente e autoridades ministeriais como membros, mais representantes da sociedade civil.
INSTRUMENTOS	Instrumento institucional da Política Nacional sobre Mudança do Clima.
REGULAMENTAÇÃO	Decretos Presidenciais no 3.515/2000; e, no 28/8/2000; Lei no 12.187/2009; e Decreto no 9.082/2017.
GESTÃO E ARRANJOS INSTITUCIONAIS	Ministros de Estado e personalidades e representantes da sociedade civil, do setor empresarial e da academia. Ademais, atua no estímulo à criação de fóruns regionais, estaduais e municipais de mudança do clima, com vistas à articulação de si mesmo com esses fóruns, de modo a promover a coordenação das agendas de políticas climáticas nas diversas regiões do país.

5.2.7 Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas

O INCT para Mudanças Climáticas contribui como pilar de pesquisa e desenvolvimento do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima. É composto por mais de 200 cientistas de 38 grupos de pesquisa, de 15 estados do Brasil, e conta com o apoio de 12 instituições de 11 países. Em sua etapa mais recente, foi submetido ao CNPq o projeto de INCT Mudanças Climáticas (INCT-MC) – Fase 2. Esse novo projeto representa uma continuidade do INCT-MC¹¹ anterior, que começou em 2009 e terminou em 2014. Nesta continuação serão aplicados os principais resultados do INCT anterior. O Quadro 5.11 sintetiza as principais atribuições e características do INCT para Mudanças Climáticas.

¹¹ O INCT–MC anterior teve a participação de mais de 400 pesquisadores do Brasil e outros 18 países e interagiu com vários outros INCTs. Mais informações sobre o INCT–MC anterior podem ser obtidas em: <http://inct.ccst.inpe.br>.

INCT MUDANÇAS CLIMÁTICAS	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	INCT Mudanças Climáticas (INCT-MC) – Proposta ao CNPq INCT chamada de 2014.
OBJETIVOS	Apoiar atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação em áreas estratégicas e/ou na fronteira do conhecimento, que visem a busca de soluções para grees problemas nacionais. A escolha dos Pesquisadores se dá em função dos temas estratégicos contemplados na chamada do CNPq, nas áreas Agricultura ¹² ; Saúde ¹³ ; Desenvolvimento Urbano ¹⁴ ; Fontes Alternativas de Energia Renováveis ¹⁵ ; e Tecnologia de Informação e Comunicação ¹⁶ .
OBJETIVO DA FASE INTEGRADORA DO PROJETO	Gerar informações científicas sobre os impactos das mudanças ambientais globais em setores chaves para de forma integrada ao longo do projeto: (i) prover opções de ações adaptativas; (ii) apontar áreas em setores onde decisões políticas precisam considerar as mudanças climáticas de forma mais urgente; (iii) propor trajetórias de adaptação em diferentes setores, foceo em construir e ou otimizar resiliência para (iv) apontar ou mapear prioridades para ações adaptativas, subsidieo o país em setores-chave, para trajetórias mais resilientes e adaptado às mudanças climáticas, de forma a promover sustentabilidade em escala nacional.
MISSÃO	Realizar análises integradas das componentes e temas transversais, processos de tomada de decisões e políticas públicas com fins para apresentar trajetórias e estratégias em Adaptação-Resiliência-Sustentabilidade no Brasil.
ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E FUNCIONAL DO INSTITUTO	<p>Abrange seis linhas temáticas: (i) segurança alimentar; (ii) segurança hídrica; (iii) segurança energética; (iv) saúde; (v) desastres naturais, dimensões humanas, impactos na infraestrutura física em áreas urbanas, e desenvolvimento urbano; e (vi) impactos nos ecossistemas brasileiros em vista de mudanças de uso de solo e biodiversidade.</p> <p>Todas estas componentes estão conectadas por três temas integradores: (i) economia e impactos em setores-chave; (ii) modelagem do sistema terrestre e produção de cenários futuros de clima, para estudos de Vulnerabilidade-Impactos-Adaptação-Resiliência-Sustentabilidade (VIARS); e (iii) comunicação de risco, divulgação de conhecimento científico e educação para sustentabilidade.</p>

12 Segurança alimentar.

13 Vulnerabilidade ambiental a espalhamento de doenças relacionadas ao clima e extremos climáticos.

14 Extremos climáticos e desastres naturais – as dimensões humanas e seus impactos na infraestrutura física: moradia, rodovias, ferrovias, sistemas de água e esgoto, portos, transporte público, desenvolvimento de cidades mais resilientes e redução de risco de desastres naturais.

15 Segurança energética e hídrica.

16 Comunicação mais eficaz e abrangente do tema mudanças globais para a sociedade e o governo, viseo à definição de políticas públicas ambientais. O projeto considera a educação para sustentabilidade como um dos objetivos principais, incluindo desenvolvimento de TI para facilitar o entendimento e uso das informações geradas pela comunidade não científica.

Quadro 5.11

Principais Elementos do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas.

Fonte: Baseado em CNPq, 2014; CEMADEN, 2018.

O arranjo institucional do INCT-MC permite que um grande número de universidades e de instituições de pesquisa nacionais e internacionais se articulem para formar uma rede virtual. Permite também que todos os resultados dessas pesquisas possam ser apresentados e comunicados para a sociedade e governos, de uma forma clara e precisa, possibilitando uma maior compreensão pelos tomadores de decisões, visando à elaboração de políticas públicas para enfrentar os desafios presentes e futuros das mudanças globais (Figura 5.3).

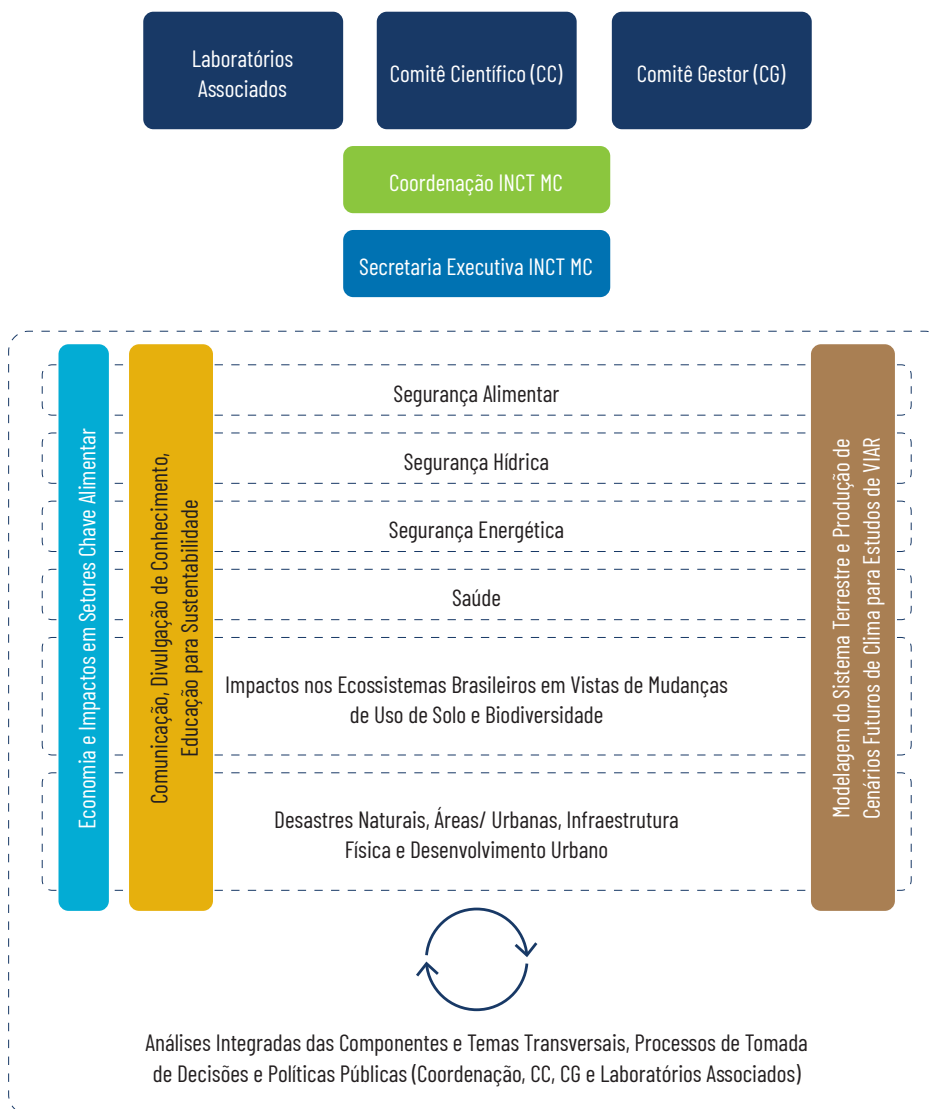


Figura 5.3

Arranjo Institucional do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas.

Fonte: Baseado em CNPq, 2014; CEMADEN, 2018.

5.2.8 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e as Mudanças Climáticas

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além de outras atividades, fomenta a capacitação técnica, científica e de inovação com objetivo de ampliar e consolidar competências em ciência, tecnologia e inovação nas áreas espacial e do ambiente terrestre para responder a desafios nacionais.

Conforme sintetizado no Quadro 5.12, o INPE fornece desde 1995, por meio de seu Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), previsões de tempo de curto e médio prazo e também climáticas, além de dominar técnicas altamente complexas de modelagem numérica da atmosfera e dos oceanos para prever condições futuras (INPE, 2018b).

INPE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS		INFORMAÇÕES
CARACTERÍSTICAS	O INPE compõe a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA), com a função de gerar e disseminar conhecimento e tecnologia para que o Brasil possa responder às demandas e desafios provocados pelas mudanças climáticas globais, coordenação do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas.	
OBJETIVOS	(i) dar suporte à elaboração da Política e do Plano Nacional de Mudanças Climáticas; (ii) coordenar a execução do Programa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais; (iii) exercer a Secretaria Executiva da Rede Brasileira de Pesquisas de Mudanças Climáticas e do INCT para Mudanças Climáticas; (iv) implantar de competências para gerar cenários de mudanças ambientais globais e seus efeitos no país e na América Latina; (v) apoiar o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas e os trabalhos do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas; (vi) democratizar e divulgar a ciência das mudanças climáticas globais através da difusão do conhecimento para os diferentes públicos; (vii) fornecer subsídios científicos e tecnológicos ao governo, para participar ativamente dos fóruns de negociação ambiental internacional.	
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	Desenvolvimento e aprimoramento de modelos do sistema terrestre, redes de monitoramento e análises sociopolítica, visão à construção e análise de cenários de mudanças ambientais e projeções climáticas.	
MISSÃO	(i) gerar conhecimentos interdisciplinares para o desenvolvimento nacional com equidade e para redução dos impactos ambientais no Brasil e no mundo; e (ii) fornecer informações técnico-científicas de qualidade para orientar políticas públicas de mitigação e adaptação às mudanças ambientais globais.	
VISÃO	Expor a capacidade científica, tecnológica e institucional do Brasil em mudanças globais, para ampliar o conhecimento sobre o processo, identificar os impactos sobre o país e subsidiar políticas públicas de enfrentamento do problema nos planos nacional e internacional.	
METAS	(i) modernizar estações de coleta nas redes de monitoramento de variáveis ambientais; (ii) instalar novas estações de coleta nas redes de monitoramento de variáveis ambientais; (iii) realizar a atualização dos modelos do sistema terrestre; (iv) gerar cenários do funcionamento do sistema terrestre; (v) desenvolver modelo integrado do sistema terrestre com assimilação de dados para a previsão de tempo e clima; (vi) exibir a rede de instrumentação inovadora para coleta de dados operada pelo Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINIDA).	
EIXOS	(i) mudanças do clima (incluindo extremos climáticos); (ii) análises de vulnerabilidade setorial; (iii) estudos de impactos e adaptação; e (iv) propostas para políticas de adaptação às mudanças do clima.	
ESTRUTURA E RECURSOS	Supercomputador Cray XE6; Técnica de downscaling dinâmico, por meio do modelo BESM, que é um conjunto de programas computacionais que acopla os componentes de superfície continental, oceano, atmosfera e química globais, com o principal objetivo de gerar cenários de mudanças climáticas com perspectiva brasileira. Incorpora processos de formação de nuvens, dinâmica da vegetação e o conhecimento criado no país da influência dos biomas brasileiros sobre o clima global, fornecendo informações detalhadas sobre fenômenos tropicais importantes que não se encontram representados em outros modelos no exterior. Entre esses fenômenos estão como exemplo as queimadas, capazes de intensificar o efeito estufa e mudar as características de chuvas e nuvens de uma determinada região, e os efeitos das descargas fluviais da bacia amazônica nos ciclos biogeoquímicos marinhos.	

Quadro 5.12

Principais elementos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) relacionados às mudanças climáticas.

Fonte: Baseado em CEMADEN, 2011; INPE, 2018b, 2018c.

O INPE ainda dispõe de relevante expertise em ferramentas para projetar cenários de alterações climáticas para o futuro, que são os modelos numéricos globais do sistema terrestre. O desenvolvimento destes modelos teve início junto com as atividades operacionais do CPTEC/INPE. Inicialmente, os modelos eram utilizados apenas para a realização de previsões numéricas de tempo (dias) e de clima sazonal (estações do ano) (CAVALCANTI et al., 2002; MARENGO et al., 2012). As primeiras projeções de mudanças climáticas sobre a América do Sul foram realizadas a partir de modelos climáticos regionais (MARENGO; AMBRIZZI, 2006; AMBRIZZI et al., 2007). Estes primeiros estudos foram baseados nos resultados dos modelos RegCM3 (GIORGI; MEARNS, 1999; PAL et al., 2007), HadRMP3 e Eta-CCS (PISNICHENKO; TARASOVA, 2009) para o período de 2070-2100, com resolução horizontal de 50 km e forçados pelo modelo global atmosférico HadAM3P (do Escritório de Meteorologia do Reino Unido), a partir dos cenários de emissões de GEE (A2 e B2).

Nos anos seguintes novas projeções foram realizadas com uma nova versão do modelo Eta do CPTEC/INPE para três períodos futuros: 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, com resolução horizontal de 40 km e forçados a partir de 4 membros de perturbação fornecidos pelo modelo global acoplado HadCM3, considere o cenário de emissões de GEE A1B (MARENGO et al., 2012).

Os resultados de regionalização de modelos globais do Projeto de “Intercomparação de Modelos Acoplados” (CMIP – na sigla em inglês de “Coupled Model Intercomparison Project”) por meio do modelo regional Eta subsidiaram vários estudos de impactos, vulnerabilidade e adaptação (IVA) no Brasil, tais como a TCN, o PNA, além de outros projetos e estudos de iniciativa governamental e técnico-científica, tal como esta Comunicação Nacional.

A implementação nas últimas décadas de diversos programas e projetos de pesquisas ligadas aos estudos climáticos no Brasil alavancou o desenvolvimento da modelagem climática regional e global no país. Dentre essas iniciativas, destacam-se o Programa Fapesp de Pesquisa sobre Mudança Climática Global (PFPMCG), o INCT-MC e a Rede CLIMA.

No âmbito desses programas teve início o desenvolvimento do Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (Brazilian Earth System Model – BESM, no acrônimo em inglês), que tem como base o modelo acoplado oceano-atmosfera do CPTEC, usado para produzir previsões numéricas de tempo e de clima sazonal (NOBRE et al., 2009; 2012). O BESM foi utilizado para produzir projeções climáticas para o CMIP5 (5ª fase do CMIP) e também para a TCN, contribuindo com cenários globais de mudança do clima para o período de 2005 a 2100 (NOBRE et al., 2013).

5.2.9 Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC)

A participação dos cientistas brasileiros é de grande importância e reflete o amadurecimento da contribuição brasileira em todos os processos de produção dos relatórios de avaliação do IPCC, conforme sintetizado no Quadro 5.13.

RELATÓRIOS DE AVALIAÇÃO DO IPCC		INFORMAÇÕES	
Relatório	Ano de conclusão do ciclo	Abordagem	Número de Cientistas Brasileiros Envolvidos
PRIMEIRO	1990	Sublinhou a importância das alterações climáticas como um desafio que requer a cooperação internacional para enfrentar as suas consequências.	6
SEGUNDO	1995	Forneceu material importante elaborado pelos negociadores no período que antecedeu a adoção do Protocolo de Quioto em 1997.	17
TERCEIRO	2001	Aborda especificamente as questões de interesse do formulador de políticas, no contexto do Artigo 2 da UNFCCC – questões como a medida em que as atividades humanas influenciaram e influenciarão no futuro o clima global, os impactos de um clima de sistemas ecológicos e socioeconômicos e capacidade técnica e política existente e projetada para abordar as mudanças climáticas antropogênicas. Explora brevemente a natureza interligada de várias convenções ambientais multilaterais.	23
QUARTO	2007	Prestou maior atenção à integração da mudança do clima com políticas de desenvolvimento sustentável e relações entre mitigação e adaptação.	35
QUINTO	2014	O (AR5) foi lançado em quatro partes entre setembro de 2013 e novembro de 2014. O AR5 fornece uma visão clara e atualizada do estado atual dos conhecimentos científicos relevantes para as mudanças climáticas, no sentido de confirmar que a influência humana no sistema climático é clara e crescente, com impactos observados em todos os continentes e oceanos. Muitas das mudanças observadas desde os anos 1950 são sem precedentes em décadas ou milênios. O IPCC agora tem 95% de certeza de que humanos são a principal causa do atual aquecimento global.	28
SEXTO	2022	Espera-se um balanço global dos compromissos assumidos pelas Partes no Acordo de Paris da UNFCCC.	21

Quadro 5.13

Quantitativo de cientistas brasileiros envolvidos nos Relatórios de Avaliação do IPCC por ano de publicação e abordagem.

Fonte: Baseado em IPCC, 2018.

5.2.10 Programa Antártico Brasileiro (Proantar)

O Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), que em 2020 completa 38 anos de atuação, é um programa de Estado, cujo objetivo maior é a produção de conhecimento científico sobre a Antártica e suas relações com o restante do sistema climático global, envolvendo a criosfera, oceanos, atmosfera e biosfera.

Atualmente, o Brasil participa com um programa científico diversificado e com repercussão internacional, composto por projetos de pesquisa inseridos nas seguintes linhas de pesquisa: (i) biodiversidade e impactos ambientais na Antártica; (ii) geologia e geoquímica na Antártica e Oceano Sul; (iii) monitoramento ambiental, do clima e da atmosfera da região Antártica; e (iv) aspectos tecnológicos, culturais e socioeconômicos na Antártica.

Desde 2018, a CAPES também passou a integrar o Proantar, promovendo o desenvolvimento da pesquisa científica, tecnológica e de inovação na região. A Coordenação investirá R\$ 5,7 milhões no Programa, por meio de uma chamada pública para projetos na área (CAPES, 2018). As pesquisas deverão seguir nove eixos temáticos: (i) o papel da criosfera no sistema terrestre e as interações com a América do Sul; (ii) a dinâmica da alta atmosfera na Antártica, interações com o geoespaço e conexões com a América do Sul; (iii) mudanças climáticas e o Oceano Austral; (iv) biocomplexidade dos ecossistemas antárticos, suas conexões com a América do Sul e mudanças climáticas; (v) geodinâmica e história geológica da Antártica e suas relações com a América do Sul; (vi) química dos oceanos, geoquímica marinha e poluição marinha; (vii) ciências humanas e sociais; (viii) biologia humana e medicina polar; e (ix) inovação em novas tecnologias (CNPQ, MCTIC, CAPES, FNDCT, 2018).

O Quadro 5.14 fornece informações adicionais, enquanto a Figura 5.4 sintetiza o arranjo institucional do Programa.

PROANTAR	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Decreto nº 94.401, de 3 de junho de 1987, que aprova a Política Nacional para Assuntos Antárticos, embora já em 1982 tenha sido elaborado o Programa Antártico Brasileiro.
CARACTERÍSTICAS	É um programa de Estado ¹⁷ cujos objetivos estão relacionados, por exemplo, à produção de conhecimento científico sobre a Antártica e suas relações com o restante do sistema climático global, envolvendo a criosfera, os oceanos, a atmosfera e a biosfera.
OBJETIVO	Realizar pesquisas científicas, tecnológicas ou inovação de alta qualidade naquele continente possibilita ao Brasil participar das Reuniões Consultivas do Tratado da Antártica (ATCM), em condições de propor medidas aos demais países que são Partes no Tratado e tomar decisões e resoluções no sentido de promover os princípios e objetivos do mesmo.
DOCUMENTOS-BASE	Tratado da Antártica (1975); Decreto nº 75.963, de 11 de julho de 1975; Protocolo de Madri (1991); Portaria nº 318; Decreto nº 94.401/1987; Decreto nº 86.829, de 12 de janeiro de 1982.
EIXOS	<p>Científico</p> <p>Sob a responsabilidade do MCTI e do CNPq, órgãos que respondem pelo fomento e a coordenação da execução das pesquisas científicas realizadas por universidades e demais instituições de pesquisa. O Comitê Nacional de Pesquisas Antárticas (CONAPA), órgão assessor do MCTI para assuntos científicos antárticos, é responsável pelas diretrizes científicas do PROANTAR.</p> <p>Logístico</p> <p>Sob a responsabilidade da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), que implementa o apoio logístico às Operações Antárticas.</p> <p>Ambiental</p> <p>Sob a responsabilidade do Grupo de Avaliação Ambiental do PROANTAR (GAAM), coordenado pelo MMA.</p>

Quadro 5.14

Principais Elementos do Programa Antártico Brasileiro (Proantar).

Fonte: Baseado em PROANTAR, 1987; MCTIC, 2017d; Marinha do Brasil, 2017.

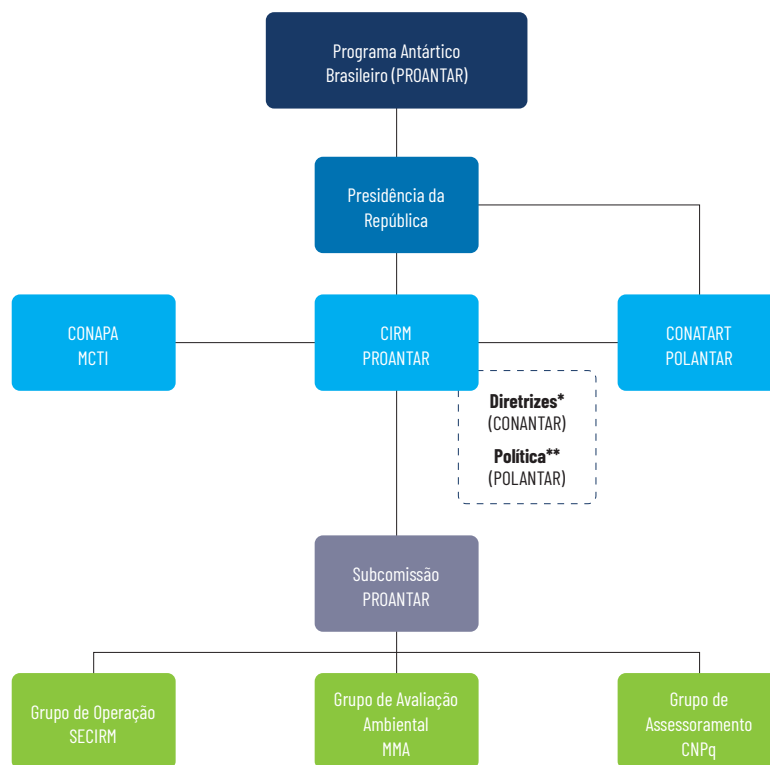
¹⁷ O PROANTAR, cujas diretrizes gerais foram aprovadas pela Comissão Nacional para Assuntos Antárticos (CONANTAR), é o instrumento de execução da Política Nacional para Assuntos Antárticos (POLANTAR).

Figura 5.4
Arranjo Institucional do Programa Antártico Brasileiro.

Fonte:
Baseado em CONANTAR, 1982; PROANTAR, 1987.

***Decreto nº 86.829**, de 12 de janeiro de 1982;

**** Decreto nº 94.401**, de 3 de junho de 1987.



5.2.11 Programa de Gree Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA)

O Programa de Gree Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA), que se encontra em sua segunda fase, é um programa multidisciplinar que busca entender o funcionamento dos ecossistemas amazônicos em todas as suas vertentes e estudar o sistema amazônico como uma entidade regional no sistema Terra, assim como as causas e os efeitos das mudanças em curso na região.

A pesquisa no LBA é orientada pelo reconhecimento de que a Amazônia está sob rápida e intensa transformação, relacionada ao seu processo de desenvolvimento e ocupação. Assim, busca-se entender como as mudanças no uso e cobertura da terra e no clima poderão afetar os processos biológicos, químicos e físicos, e também o desenvolvimento sustentável na região, além de sua interação com o clima regional e global.

Na primeira fase do LBA, quatro questões centrais definiam a componente de mudanças de uso e cobertura da terra: (i) quais são as taxas e mecanismos de conversão de florestas em campos de cultivo, e qual é a importância relativa destes usos de terra; (ii) a que taxas as áreas abenodadas são convertidas em florestas secundárias, qual o destino dessas áreas e quais são os padrões dinâmicos de conversão e abeono de terras; (iii) qual a área de floresta afetada anualmente pela exploração madeireira; (iv) quais são os possíveis cenários de futuras mudanças de cobertura de terra na Amazônia.

A partir de 2010, três focos de pesquisa passaram a aglutinar as principais questões a serem abordadas na segunda fase do programa: (i) o ambiente amazônico em mudança (processos); (ii) a sustentabilidade dos serviços ambientais e os sistemas de produção terrestres e aquáticos; e (iii) a variabilidade climática e hidrológica e sua dinâmica.

Em resumo, nestes 20 anos de pesquisa, o programa teve importante papel na formação de recursos humanos formou mais de 815 mestres e doutores brasileiros. Mais de 150 pesquisas da chamada “ciência de ponta”, em parcerias com cerca de 280 instituições nacionais e estrangeiras (realizadas por 1400 cientistas brasileiros e outros 900 pesquisadores de países amazônicos), de oito nações europeias e de instituições americanas, estudaram e aprimoraram o entendimento da mudança do clima em curso, para favorecer um processo de desenvolvimento sustentável na Amazônia. O Quadro 5.15 descreve os principais elementos do Programa LBA.

LBA	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Portaria Ministerial MCTIC nº 78/2010.
CARACTERÍSTICAS	Programa gerenciado pelo MCTI e coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) que desempenha importante papel na formação de recursos humanos, permitindo entender alguns mecanismos que governam as interações da floresta com a atmosfera, tanto em condições naturais (da floresta intacta) como alteradas; tem contribuído para melhorar os modelos de previsão climática; medir as emissões de carbono das hidrelétricas na Amazônia e o potencial uso do metano para geração de energia elétrica adicional nas usinas; realizar novas medidas reais de densidade da madeira no sul da Amazônia, mostreo que a biomassa acumulada está menor do que em estimativas anteriores.
OBJETIVOS	(i) ampliar o entendimento sobre o funcionamento dos ecossistemas da região; e (ii) integrar as dimensões sociais e econômicas às pesquisas ambientais de ponta.
DOCUMENTOS-BASE	Portaria sobre as Pesquisas no âmbito LBA/INPA, PO 101/2014; Portaria nº 78, de 31 de janeiro 2010 – DOU 03/02/2010; Portaria, de 18 de outubro de 2007, nº 675; Portaria, de 8 de fevereiro de 2006, nº 75 – Cita os nomes dos membros do Conselho Diretor; Portaria MCT, de 19 de outubro de 2005, nº 650; Portaria MCT, de 15 de agosto de 2003, nº 587; Portaria MCT, de 12 de maio de 2003, nº 223; Portaria MCT, de 7 de maio de 1998, nº 109; Instrução Normativa Nº 109/97, de 12 de setembro de 19.09.1997; Portaria MCT, de 14 de março de 1990, nº 55; Decreto nº 98.830, de 15 de janeiro de 1990; Ajuste Complementar para Cooperação na Área de Pesquisa Ecológica no LBA entre o Brasil e os Estados Unidos; Ajuste Complementar para Cooperação na Área de Pesquisa Científica Ambiental no LBA entre o Brasil e os Estados Unidos; Ajuste Complementar para Cooperação em Ciência e Tecnologia no LBA entre o Brasil e os Estados Unidos.
ÁREAS DE ATUAÇÃO	(i) interação biosfera-atmosfera e o ciclo hidrológico; e as (ii) dimensões sociopolíticas e econômicas das mudanças ambientais.
FOCOS DE PESQUISA	(i) ambiente amazônico em mudança; (ii) sustentabilidade dos serviços ambientais, e os sistemas de produção terrestres e aquáticos; e (iii) variabilidade climática e hidrológica e sua dinâmica: retroalimentação, mitigação e adaptação.

Quadro 5.15

Principais Elementos do Programa de Gree Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA).

Fonte: Baseado em INPA, 2010.

5.2.12 Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros

O Ministério do Meio Ambiente, por meio da Portaria nº 365 de 27 de novembro de 2015, instituiu o Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB). Os principais elementos do Programa encontram-se detalhados no Quadro 5.16.

Quadro 5.16

Principais elementos do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB).

Fonte: Baseado em MMA, 2015a, 2017..

PMABB	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Portaria Ministerial nº 365, de 27 de novembro de 2015.
CARACTERÍSTICAS	O Programa é baseado em sete tipos de mapeamentos distintos, cobrindo seis biomas e uma série histórica até 2020.
OBJETIVO	Promover ações conjuntas para harmonizar tanto quanto possível os diversos mapeamentos dos biomas brasileiros, em diversas escalas cartográficas e temporais, conforme as características de cada tema para produzir e disponibilizar informações oficiais harmonizadas, sistemáticas e atualizadas de maneira coordenada com diversos órgãos do governo federal.
MISSÃO	(i) acompanhar o desempenho das políticas públicas orientadas ao atingimento das metas de redução de emissões de GEE; (ii) acompanhar o desempenho das ações e políticas públicas associadas às Metas Nacionais de Biodiversidade ¹⁸ para 2020; e (iii) auxiliar na implementação da Estratégia Nacional para REDD+ do Brasil (ENREDD+).
FOCO	(i) mapeamento e monitoramento do desmatamento, incluindo sua taxa; (ii) avaliação da cobertura vegetal e do uso das terras; (iii) monitoramento de queimadas; e (iv) restauração da vegetação e extração seletiva.
ESTRUTURA	Estruturado em três fases, conforme definido na Portaria MMA nº 365/2015; cobrindo os biomas (i) Amazônia e Cerrado (2016-2017); (ii) Mata Atlântica (2016-2017); e (iii) Caatinga, Pampa e Pantanal (2017-2018).
DOCUMENTOS-BASE	Portaria nº 365, de 27 de novembro de 2015; Portaria nº 51, de 11 de maio de 2016; e Portaria nº 223, de 21 de junho de 2016.

¹⁸ Resolução CONABIO nº 6, de 3 de setembro de 2013, particularmente as Metas 5 – Perda de Habitats Nativos, 7 – Práticas Agrícolas Sustentáveis, e 15 – Recuperação de Ecossistemas, correspondentes nacionais das Metas de Aichi da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB).

O arranjo institucional abrange as seguintes instâncias: Coordenação Geral, Conselho Consultivo e Comitê de Coordenação Técnica, e, caso necessário, Redes Temáticas (Figura 5.5).

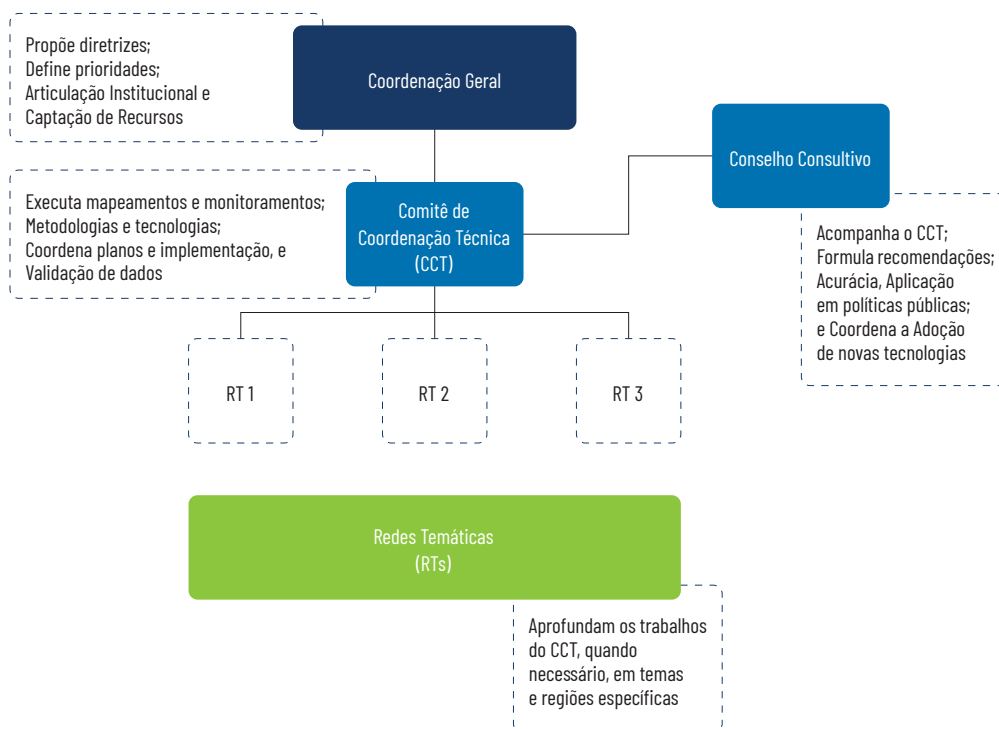


Figura 5.5
Arranjo Institucional do PMABB.

Fonte: Baseado em MMA, 2017.

5.2.13 Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural

Os Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) foram criados a partir de 1991, por decreto presidencial, com o objetivo de promover o desenvolvimento de uma cultura de conservação dos recursos naturais não renováveis no Brasil.

A área de atuação do CONPET abrange instituições de ensino e os setores de transportes, industrial, residencial e comercial, agropecuário e de geração de energia. Ao longo de sua existência, as atividades do CONPET se concentraram, sobretudo, na capacitação de pessoal, divulgação de informações e realização de diagnósticos em veículos de carga e passageiros. A partir de 2003 teve início a etiquetagem, no âmbito do Programa Brasileiro

de Etiquetagem (PBE, do INMETRO), de aparelhos a gás (fogões, fornos domésticos, e aquecedores de água); e em 2005 foi iniciada a concessão do Selo CONPET para os modelos mais eficientes de fornos, fogões e aquecedores de água a gás. A partir de 2009, o CONPET e o INMETRO implementaram a etiquetagem voluntária de veículos leves, no âmbito do PBE.

Já no setor industrial, as iniciativas do CONPET voltam-se principalmente à Petrobras, cujos esforços normalmente complementam aqueles realizados pela gerência de energia da companhia. De fato, entre as várias fontes de recursos para os projetos previstos nos Planos Anuais de conservação das refinarias, encontram-se os recursos administrados pelo CONPET. Porém, a atuação do CONPET ocorre mais intensamente nas demais áreas da empresa, como na área de E&P. A partir da conscientização dos operadores e da realização de projetos internos de cogeração, a atuação do CONPET vem direcionando sensíveis reduções no consumo de energia elétrica e combustíveis na Petrobras. O Quadro 5.17 sintetiza suas principais características.

Quadro 5.17
Principais
Elementos
do Programa
CONPET.

Fonte: Baseado
em Petrobras,
2012; MME, 2019.

PROGRAMA	INFORMAÇÕES
CONPET	
MARCO LEGAL	Decreto de criação do CONPET: de 18 de julho de 1991; Lei nº 10.295/2001.
CARACTERÍSTICAS	Programa do governo federal, criado em 1991 por decreto presidencial, para promover o desenvolvimento de uma cultura contrária ao desperdício no uso dos recursos naturais não renováveis, garantindo um país melhor para as gerações futuras.
OBJETIVO	(i) racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera – ter um ganho de eficiência energética de 25% no uso dos derivados de petróleo e gás natural nos próximos 20 anos, sem afetar o nível de atividade; (ii) promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e (iii) fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia.
MISSÃO	Estimular a eficiência no uso da energia em diversos setores, com ênfase nas residências, nas indústrias e nos transportes, além de desenvolver ações de educação ambiental.
DOCUMENTOS-BASE	Decreto de modificação: de 20 de setembro de 1994; Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001; Lei de Eficiência Energética nº 10.295; Decreto de criação do Selo Verde de Eficiência Energética: de 8 de dezembro de 1993; Lei nº 10.295: de 17 de outubro de 2001; Regulamentada pelo Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001; Lei nº 12187 de 29 de dezembro de 2009; Plano Nacional sobre Mudanças no Clima (PNMC); Portaria nº 594, de 18 de outubro de 2011.

Por sua vez, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) tem o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. O Quadro 5.18 descreve seus principais elementos, incluindo resultados alcançados.

PROGRAMA PROCEL	INFORMAÇÕES	
MARCO LEGAL	Portaria Interministerial nº 1.877, de 30 de setembro de 1985.	
CARACTERÍSTICAS	Programa de governo, executado pela Eletrobras com diversas áreas de atuação, que promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia, que ajudam o país a economizar energia elétrica e que geram benefícios para toda a sociedade.	
OBJETIVO	Promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício.	
MISSÃO	Contribuir para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergar os investimentos no setor elétrico, mitigando os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável.	
DOCUMENTOS-BASE	Lei nº 13.280, de 3 de maio de 2016; Lei nº 9.991/2000	
ÁREAS DE ATUAÇÃO DO PROCEL	Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece índices de consumo e desempenho para cada categoria de equipamento.
	Edificações	<ul style="list-style-type: none"> • Incentiva a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação, etc.) nas edificações brasileiras, reduzindo o desperdício e os impactos sobre o meio ambiente.
	Iluminação pública (Reluz)	<ul style="list-style-type: none"> • Promove a implantação de projetos de iluminação pública e sinalização semafórica.
	Poder público	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de soluções para combate ao desperdício de energia elétrica.
	Indústria e comércio	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de eficiência energética nesse segmento buscam por redução de custos de produção, melhora das margens de lucro e preços mais competitivos no mercado.
	Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Conscientização e disseminação de conhecimento sobre o consumo eficiente de energia elétrica.
INSTRUMENTOS	Selo PROCEL de Economia de Energia; Planos anuais de aplicação de recursos, estabelecidos em Lei, que são elaborados e aprovados após processo de consulta pública.	

Quadro 5.18

Principais Elementos do Programa PROCEL.

Fonte:

Baseado em ELETROBRAS, 2006.

5.2.14 Projeto 3E – Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil

O Projeto 3E é uma iniciativa para fomentar melhores práticas de uso dos recursos energéticos junto à sociedade. No Quadro 5.19, tem-se as principais características do Projeto 3E, enquanto no Quadro 5.20 é possível acessar uma breve descrição de ações em capacitação e sensibilização. Finalmente, no Quadro 5.21 se pode observar informações acerca das ações de eficiência energética implementadas no setor público.

Quadro 5.19

Principais Elementos do Projeto 3E – Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil.

Fonte: Baseado em MMA, 2017b.

3E PROJECT	INFORMAÇÕES
CARACTERÍSTICAS	Origem em 2005 com a aprovação pelo Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal.
OBJETIVOS	Fortalecer o mercado de eficiência energética no Brasil, por meio da capacitação de profissionais; ações de sensibilização; promoção da eficiência energética em edifícios públicos; e Mecanismo de Garantia de Financiamento de Eficiência Energética (EEGM).
METAS	Influenciar e desenvolver o mercado de eficiência energética em edificações comerciais e públicas, visando a contribuir com a economia de até 106,7 TWh de eletricidade nos próximos 20 anos e a redução de emissões de gases de efeito estufa em até 3 milhões de toneladas de dióxido de carbono. ¹⁹
COMPONENTES	(i) capacitação e sensibilização; (ii) eficiência energética no setor público; (iii) projeto demonstrativo para o gerenciamento integrado de chillers; (iv) mecanismo de garantia de eficiência energética (EEGM); (v) gerenciamento do projeto; e (vi) monitoramento e avaliação.
ARRANJO INSTITUCIONAL	Cooperação entre Departamento de Políticas em Mudança do Clima (DPMC), a Secretaria de Mudança do Clima e Florestas (SMCF) do Ministério do Meio Ambiente e PNUD, implementado com recursos do GEF e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

¹⁹ A meta geral do Projeto 3E foi alcançada ao menos 35 projetos implementados, resultando em reduções diretas de emissões em cerca de 485.100 tCO₂ até 2020, e indiretas em cerca de 2.910.600 tCO₂.

AÇÕES DE CAPACITAÇÃO	INFORMAÇÕES
CAPACITAÇÃO DE ETIQUETAGEM – PBE EDIFICA	Capacitação técnica ²⁰ para formulação, execução e gerenciamento de projetos de eficiência energética em edifícios. Os treinamentos ocorreram em 14 cidades. ²¹
CAPACITAÇÃO EM MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO	Houve quatro edições do curso para Certificação Internacional de Profissional em Medição e Verificação – Curso CMVP ²² , e oito edições do curso sobre o Guia de M&V ²³ do Programa de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).
PROJETEEE – PROJETEO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES	O ProjeTEEE é uma ferramenta pública com uma interface de fácil acesso que, além de servir como suporte didático a alunos de cursos de Arquitetura, possibilita que os profissionais da construção civil integrem a seus projetos a variável da eficiência energética, especialmente através de elementos bioclimáticos, garantindo além da redução da demea energética, o conforto dos usuários no interior das edificações.
CONSCIENTIZAÇÃO DE MERCADO	Componentes de capacitação técnica ²⁴ e de fomento à eficiência energética no setor público.

Quadro 5.20

Ações em capacitação e sensibilização implementadas pelo Projeto 3E.

Fonte: Baseado em MMA, 2017b.

20 Entre 2014 e 2017 foram realizados 42 treinamentos, entre oficinas e minicursos de 4 horas cada, abrangendo os setores público e privado, voltados para técnicos, entre engenheiros e arquitetos, e cursos de 20 horas voltados para gestores e técnicos.

21 Belém, Belo Horizonte, Brasília, Cuiabá, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Manaus, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo.

22 O Curso CMVP abordou a metodologia do Protocolo Internacional de Medição e Verificação (PIMVP) e utilizou o material didático da Efficiency and Valuation Organization (EVO), organização sem fins lucrativos que gerencia o PIMVP. Essa capacitação teve no total 24 horas de duração distribuídas em 3 dias consecutivos, seguidas de 4 horas adicionais para realização do exame de certificação CMVP, também incluído na programação. O Curso CMVP é pré-requisito para realização do exame de certificação.

23 O Curso Guia de M&V abordou os trâmites e regras de medição e verificação necessários para a elaboração de projetos para as chamadas públicas do PEE da ANEEL. Essa capacitação também teve 24 horas de duração, distribuídas em três dias consecutivos.

24 Workshop “Financiamento de Eficiência Energética em Edifícios”, onde funcionários de instituições financeiras e Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ESCOs) foram capacitados.

Quadro 5.21

5.21. Ações de Eficiência Energética Implementadas pelo Projeto 3E.

Fonte: Baseado em MMA, 2017b.

AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	DESCRIÇÃO
PROJETO RETROFIT – BLOCO B	Estabelecimento de estrutura institucional para o desenvolvimento de projetos de eficiência energética no setor público. Foi realizado o diagnóstico energético ²⁵ da situação atual e mapeadas as principais oportunidades de intervenção e análise custo/benefício para desenvolver o projeto executivo das soluções incorporadas, visando a adquirir a ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), utilizando o método de simulação.
BENCHMARKING DE CONSUMO ENERGÉTICOS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS	O objetivo da ação ²⁶ foi (i) contribuir com a economia de até 880 mil MWh de eletricidade nos próximos 20 anos ²⁷ ; (ii) compreender o padrão de consumo e a demanda de energia de edifícios de variadas tipologias, como escolas, hospitais, prédios de escritórios, shoppings, entre outras.
CONTRATOS DE DESEMPENHO	Contratos de desempenho ²⁸ se referem aos investimentos ²⁹ em equipamentos e serviços de engenharia, captados por uma ESCO ³⁰ ou uma empresa de engenharia, que será remunerada mediante os benefícios financeiros ³¹ obtidos com a redução nas despesas de energia e água por parte do consumidor.
MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)	Foram realizados dois estudos ³² do MDL no âmbito do Projeto 3E. Um primeiro estudo busca identificar projetos de eficiência energética realizados em todo o mundo e que buscaram estes incentivos do MDL para tornarem-se financeiramente viáveis. O objetivo do segundo estudo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica de um Programa de Atividades (PoA) dentro do MDL, que promova a adoção de medidas de eficiência energética em edificações públicas, das esferas municipais, estaduais e federal. Também foi realizada uma avaliação de metodologias para os projetos de MDL de eficiência energética para aplicação em edificações públicas.

5.2.15 Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA)

A Rede CLIMA foi instituída pelo MCTI em 2007, e se constitui como um importante pilar de apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento do Plano Nacional de Mudança do Clima para atender às necessidades nacionais de

25 Edifício-sede do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério da Cultura (MinC), Bloco B da Esplanada dos Ministérios.

26 Iniciativa é realizada em parceria com a Eletrobras/Procel e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS).

27 Resultando em redução de emissão direta de CO₂ de 485.100 tCO₂ e indireta pós-projetada de 2.910.600 tCO₂.

28 Também conhecidos como Contratos de Performance.

29 Mecanismo de remuneração contemplado na Lei nº 11.079/2004 (Lei das PPPs) e no Regime Diferenciado de Contratação, instituído pela Lei nº 12.462/2011 (Lei do RDC), em resposta à Lei nº 8.666/1993 que englobam o desempenho como elemento relacionado ao pagamento dos investimentos realizados.

30 Empresa de Serviços de Conservação de Energia.

31 Essa ferramenta não demanda grandes investimentos por parte da administração pública para implementação de retrofits, ao mesmo tempo que possibilita ao setor privado apresentar as melhores oportunidades tecnológicas com melhor custo-benefício para o agente público.

32 O desenvolvimento de projetos dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) da UNFCCC possibilita a obtenção de incentivos financeiros para investimentos em eficiência energética.

conhecimento sobre as alterações climáticas, incluindo a produção de informações para formulação de políticas públicas segundo descrito no Quadro 5.22.

REDE CLIMA	INFORMAÇÕES
MARCO LEGAL	Portaria nº 728, de 20 novembro de 2007; Portaria MCTI nº 1.295, de 16 de dezembro de 2013.
OBJETIVOS	(i) gerar e disseminar conhecimentos e tecnologias para que o Brasil possa responder aos desafios representados pelas causas e efeitos das mudanças climáticas globais; (ii) gerar cenários futuros globais e regionais de mudanças climáticas; (iii) produzir dados e informações necessárias ao apoio da diplomacia brasileira nas negociações sobre o regime internacional de mudanças do clima; (iv) realizar estudos sobre os impactos das mudanças climáticas globais e regionais no Brasil, com ênfase nas vulnerabilidades do país às mudanças climáticas; (v) estudar alternativas de adaptação dos sistemas sociais, econômicos e naturais do Brasil às mudanças climáticas; (vi) pesquisar os efeitos de mudanças no uso da terra e nos sistemas sociais, econômicos e naturais nas emissões brasileiras de gases que contribuem para as mudanças climáticas globais; (vii) contribuir para a formulação e o acompanhamento de políticas públicas sobre mudanças climáticas globais no âmbito do território brasileiro; (viii) contribuir para a concepção e a implementação de um sistema de monitoramento de alertas de desastres naturais para o país; (ix) realizar estudos sobre emissões de gases de efeito estufa em apoio à realização periódica de inventários nacionais de emissões; (x) promover a integração das pesquisas realizadas pelas sub-redes da Rede Clima de forma transversal; (xi) contribuir para a concepção e implementação de sistemas observacionais para detecção de impactos das mudanças climáticas, atribuição de suas causas e de seus efeitos nos sistemas humanos e naturais; e (xii) apoiar os trabalhos do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas.
CARACTERÍSTICAS	Atender às (i) necessidades nacionais de conhecimento científico sobre as Mudanças Climáticas Globais, e apoiar a diplomacia brasileira nas negociações internacionais sobre o tema; (ii) elaborar análises ³³ sobre o estado do conhecimento das mudanças climáticas no Brasil, nos moldes dos relatórios do IPCC.
ESTRUTURA	16 Sub-redes temáticas: (i) agricultura; (ii) biodiversidade; (iii) cidades e urbanização; (iv) desastres naturais; (v) desenvolvimento regional; (vi) divulgação científica; (vii) economia; (viii) energias renováveis; (ix) modelagem climática; (x) oceanos; (xi) políticas públicas; (xii) recursos hídricos; (xiii) saúde; (xiv) serviços ambientais dos ecossistemas; (xv) usos da terra; e (xvi) zonas costeiras.
INSTRUMENTOS	Projetos integrativos (PI) ³⁴ com objetivo de articular em torno de análises que contemplam a transversalidade da temática das Mudanças Climáticas; PI de Segurança Socioambiental; e PI de Segurança Hídrica, Alimentar e Energética.
DOCUMENTOS-BASE	Portaria nº 728, de 20 novembro de 2007, alterada pelas Portarias nº 262 de 2 de maio de 2011 e nº 1295 de 16 de dezembro de 2013; Projetos integrativos regulados pela Portaria MCTIC nº 787, de 03.09.2015; Portaria MCTIC nº 1.295, de 16 de dezembro de 2013.

Quadro 5.22

Principais Elementos da Rede Brasileira de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA).

Fonte: Baseado em MCTIC, 2007; 2013; INPE, 2018a.

³³ Abordagens setoriais mais específicas para subsidiar a formulação de políticas públicas nacionais e internacionais.

³⁴ Projetos integrativos terão como foco a Bacia do rio São Francisco (BHSF), com vistas à implementação de medidas de revitalização da BHSF, a partir do projeto de transposição, identificando o papel-chave da bacia na adaptação de uma vasta região do semiárido do Nordeste e a incidência de diversas áreas consideradas susceptíveis à desertificação.

A estruturação da Rede CLIMA se encontra, atualmente, baseada em 16 sub-redes temáticas, lideradas por uma Coordenação Geral com apoio de um Conselho Diretor, assessorada por um Comitê Científico e por uma Secretaria Executiva, conforme se pode visualizar na Figura 5.6.

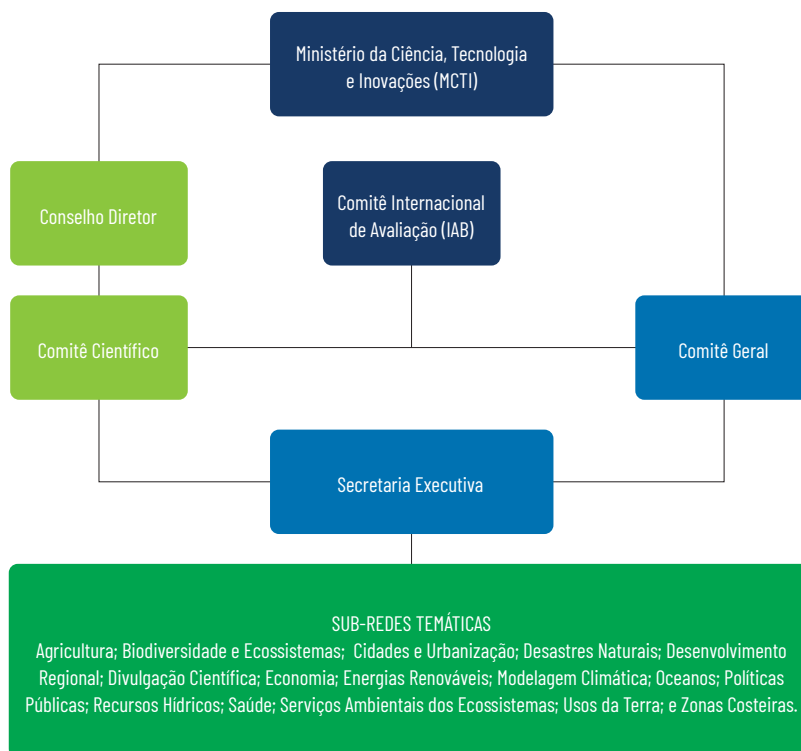


Figura 5.6
Arranjo
Institucional da
Rede CLIMA.

Fonte: Baseado
em MCTIC,
2007; 2013.

5.3 NECESSIDADES TECNOLÓGICAS, FINANCEIRAS E DE CAPACITAÇÃO, RELATIVAS AO ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS DA CONVENÇÃO NO BRASIL

O financiamento e a cooperação internacionais, tanto bilaterais quanto multilaterais, são elementos fundamentais para que o Brasil continue a avançar nas ações relativas ao enfrentamento da emergência climática. Também é prioritária a formação de profissionais nas atividades que visam o cumprimento dos objetivos da UNFCCC, sobretudo para assegurar a sistematização de dados e o monitoramento da implementação de ações estratégicas para mitigação e para adaptação. Na medida em que essas lacunas e necessidades forem sanadas, será possível expandir a ambição em termos de ações visando à mitigação e adaptação à mudança do clima no país.

Reitera-se, sobretudo para cumprimento dos compromissos na agenda de Transparência, a necessidade de apoio por meio da disponibilização de recursos financeiros para elaboração periódica das Comunicações Nacionais e dos Relatórios de Atualização Bienal (BURs) do Brasil. Esses recursos permitem a contratação de consultores e serviços imprescindíveis para garantir a atualização das informações pertinentes aos relatórios, em especial, para elaborar o inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de GEE e os estudos de impactos e vulnerabilidade à mudança do clima. O desenvolvimento da Quarta Comunicação Nacional (4CN) e de três dos Relatórios de Atualização Bienal do Brasil foi viabilizado por meio do Projeto BRA/16/G31. Esse projeto contou com a doação dos recursos do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, no acrônimo em inglês), com aporte de US\$ 7.528.500, e contrapartidas (in-kind) do governo federal e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), correspondentes a US\$ 22.735.500 e US\$ 150.000, respectivamente.

Em relação ao financiamento com objetivo de alcançar o desenvolvimento tecnológico, foi obtido apoio por meio de recursos do Fundo Verde do Clima (GCF no acrônimo em inglês) para implementação do projeto “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil (TNA_BRAZIL)”. A iniciativa, implementada em parceria pelo MCTI e a ONU Meio Ambiente, objetiva estabelecer consenso nacional para elaboração do Plano de Ação Tecnológica, considerando setores prioritários e tecnologias-chave, a fim de atingir as metas de mitigação em conformidade com a NDC e a estratégia Brasil para o GCF. Constitui-se, portanto, em relevante marco para o desenvolvimento de conteúdo local em tecnologias de baixo carbono, para cumprimento dos objetivos do país junto à Convenção (BRASIL, 2018). Em face da extensão do Brasil e de sua diversidade socioeconômica e ambiental, as informações apresentadas a seguir sobre as necessidades tecnológicas, financeiras e de capacitação devem ser consideradas como não exaustivas e não circunstanciadas. Assim, o Quadro 5.23 resume as necessidades técnicas, de capacitação, e de apoio financeiro em algumas áreas de interesse para maior cooperação internacional, sem excluir outras áreas a serem beneficiadas que porventura sejam identificadas no futuro.

Para saber mais sobre o TNA_BRAZIL, consulte o item 4.1.11.

Quadro 5.23

Lacunas, barreiras, necessidades financeiras, de capacitação, técnicas e de tecnologia correlatas à agenda climática nacional.

Legenda:
NA – Não aplicável.

ATIVIDADE	SETOR	NAMA RELACIONADA	LACUNA
MENSURAÇÃO, RELATO E VERIFICAÇÃO DE AÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS.	Agricultura	Plano ABC	Falta de dados mais detalhados obtidos <i>in loco</i> e por imagens para aferição e validação dos esforços e resultados.
MENSURAÇÃO, RELATO E VERIFICAÇÃO DE AÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS.	Agricultura	Plano ABC	Falta de sistema participativo e integrado para a alimentação do sistema de acompanhamento e de processos fluidos para entrada e saída de informação.
MENSURAÇÃO, RELATO E VERIFICAÇÃO DE AÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS.	Agricultura	Plano ABC	Inexistência de processo participativo e de um sistema integrado para validação e verificação de resultados por especialistas para fins de monitoramento e análises.
MENSURAÇÃO, RELATO E VERIFICAÇÃO DE AÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO RESILIENTES E SUSTENTÁVEIS.	Agricultura	Plano ABC	Limitação de informações preliminares harmonizadas para desenvolvimento de um sistema nacional de rastreabilidade e certificação.
APRIMORAR A CAPACIDADE DOS AGENTES DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E FINANCEIROS.	Agricultura	Plano ABC	Defasagem de conhecimento em relação às melhores práticas e tecnologias e sistemas adequados aos vários biomas.
PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.	Agricultura	Plano ABC	Aumento de complexidade e incerteza devido à mudança do clima, necessidade de novas pesquisas no campo biológico e agropecuário, estatísticas e interpretação de dados, e soluções alternativas e inovadoras.

BARREIRA	NECESSIDADE DE RECURSOS FINANCEIROS	NECESSIDADE DE CAPACITAÇÃO	NECESSIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
Ampla território a cobrir para verificação e validação e recursos limitados para aquisição de material e deslocamento pelo território nacional.	Recursos financeiros para aquisição ou acesso a imagens e visitas <i>in loco</i> para aferição e validação da interpretação.	NA	NA
Grande diversidade de sistemas e atores envolvidos nas várias Unidades da Federação, e evolução dinâmica de ações, conhecimento, que demandam um sistema de fácil acesso, transparente e consistente e recursos limitados para contratação de especialistas nacionais em sistemas de armazenamento e organização de dados, com processos fluidos para entrada de dados e saída da informação.	Recursos financeiros para a contratação de quadros necessários para desenvolvimento e a estruturação de sistema participativo e integrado de alimentação do sistema de monitoramento.		
Diversidade de atores envolvidos nas várias Unidades da Federação, e evolução dinâmica de atividades, tecnologias e conhecimentos, assim como diferenças de comportamento de tecnologias e sistemas nos vários biomas e recursos limitados para contratação de especialistas nacionais e deslocamento de atores para consultas, verificação, discussão e validação de dados.	Recursos financeiros para o desenvolvimento e implementação de um sistema integrado e de um processo participativo de validação dos resultados das análises.		
Variedade de dados e instituições, além de estratégias para garantir a necessária transparência e confiabilidade de um sistema de rastreabilidade e certificação nacional e recursos limitados para a contratação de especialistas nacionais e realização de estudos preliminares para um sistema de rastreabilidade e certificação.	Recursos financeiros para estabelecimento de um sistema efetivo de rastreabilidade e certificação.	Formação de especialistas em sistemas de rastreabilidade e certificação.	
Recursos limitados para promover a necessária capacitação, consolidação e disseminação do conhecimento, levando em conta a diversidade de atores envolvidos nas várias Unidades da Federação, e evolução dinâmica de atividades, tecnologias e conhecimentos, assim como diferenças de comportamento de tecnologias e sistemas nos vários biomas.	Recursos financeiros para o desenvolvimento de infraestrutura, estudos, aquisição de equipamentos e promoção de capacitação.	Apoio para a formação profissional e disseminação do conhecimento.	
Recursos limitados para coleta de dados, estudos e desenvolvimento tecnológico.	Recursos financeiros para infraestrutura, equipamento e estudos.	Intercâmbio de conhecimentos e tecnologias.	Intercâmbio de conhecimentos e tecnologias.

ATIVIDADE	SETOR	NAMA RELACIONADA	LACUNA
COOPERAÇÃO ENTRE GOVERNO FEDERAL E ESTADOS PARA APRIMORAMENTO DA GESTÃO FLORESTAL.	LULUCF	PPCDAm e PPCerrado	Deficiências na integração de sistemas de outorga de licenças de supressão de vegetação entre os diversos entes da Federação.
FORTALECIMENTO DAS AÇÕES DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.	LULUCF	PPCDAm e PPCerrado	Técnicas relativas ao manejo integrado do fogo ainda não amplamente disseminadas.
FOMENTO À BIOECONOMIA E AO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS.	LULUCF	PPCDAm e PPCerrado	Ambiente de negócios propício e falta de segurança jurídica.
ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE NOVOS PROJETOS-PILOTO EM REGIÕES NÃO CONTEMPLADAS NO PROJETO EM CURSO.	LULUCF e Indústria	Siderurgia sustentável	Escassez de fontes de financiamento para novos projetos-piloto.
AMPLIAÇÃO DO MECANISMO DE PAGAMENTO POR RESULTADOS PARA EMPRESAS NÃO CONTEMPLADAS NO PROJETO EM CURSO.	LULUCF e Indústria	Siderurgia sustentável	Escassez de fontes de financiamento para extensão de pagamento por resultados para empresas não contempladas no projeto em curso.
PROMOÇÃO DE GANHOS DE ESCALA DO PROJETO PILOTO.	LULUCF e Indústria	Siderurgia sustentável	Escassez de fontes de financiamento para ganho de escala do projeto- piloto em curso.
CAPACITAÇÃO PARA AMPLIAR A INSERÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS NÃO CONVENCIONAIS NA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL.	Energia	Fontes alternativas de energia	Necessidade de consolidação e disseminação de tecnologias de exploração energética por usina Térmica Solar Concentrada.
CAPACITAÇÃO PARA AMPLIAR A INSERÇÃO DE TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.	Energia	Fontes alternativas de energia	Necessidades de consolidação e disseminação de tecnologias de armazenamento de energia.

BARREIRA	NECESSIDADE DE RECURSOS FINANCEIROS	NECESSIDADE DE CAPACITAÇÃO	NECESSIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
Recursos limitados, incluindo restrições orçamentárias.	Recursos financeiros para cooperação técnica e institucional.	Conscientização da importância da iniciativa para a imagem do país e de produção de políticas públicas para combate à ilegalidade e do fomento à legalidade.	NA
Recursos limitados, incluindo restrições orçamentárias.	Recursos financeiros para a disseminação das técnicas de controle e prevenção dos incêndios florestais.	Capacitação sobre manejo integrado do fogo.	NA
Falta de reconhecimento da importância da contribuição de mecanismos de mercado.	NA	Gestão de processos administrativos ágeis, eficientes e voltados ao atendimento ao usuário.	Intercâmbio de tecnologias para a gestão de processos.
Recursos financeiros limitados.	Recursos financeiros para elaboração e implementação de novos projetos-piloto.	Capacitação de atores em regiões não contempladas no projeto em curso.	Transferência de tecnologia para atores em regiões não contempladas no projeto em curso.
Recursos financeiros limitados.	Recursos financeiros para extensão de pagamento por resultados para empresas não contempladas no projeto em curso.	Capacitação de atores não contemplados no projeto em curso (ex.: metodologia MRV, plataforma MRV).	NA
Recursos financeiros limitados.	Recursos financeiros para promover ganhos de escala do projeto piloto.	Capacitação de atores que atualmente estejam fora do projeto piloto.	Transferência de tecnologia para atores que atualmente estejam fora do projeto piloto.
Recursos limitados para consolidação e disseminação do conhecimento.	Recursos financeiros para o desenvolvimento tecnológico, consolidação e disseminação do conhecimento em usinas termossolares concentradas.	Apoio para a formação profissional e disseminação do conhecimento em fontes termossolares concentradas, como seminário, workshop, intercâmbio de experiência sobre o tema.	Cooperação para o desenvolvimento tecnológico em fontes termossolares concentradas.
Recursos limitados para consolidação e disseminação do conhecimento.	Recursos financeiros para o desenvolvimento tecnológico, consolidação e disseminação do conhecimento em armazenamento de energia.	Apoio para a formação profissional e disseminação do conhecimento em armazenamento de energia, como seminário, workshop, intercâmbio de experiência sobre o tema.	Cooperação para o desenvolvimento tecnológico em armazenamento de energia.

ATIVIDADE	SETOR	NAMA RELACIONADA	LACUNA
CAPACITAÇÃO PARA FOMENTAR A CONSOLIDAÇÃO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO, RELATO E VERIFICAÇÃO (MRV) DE PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.	Energia	Eficiência energética.	Deficiências nos processos de Monitoramento, Relato e Verificação de programas de eficiência energética.
QUANTIFICAÇÃO DAS REDUÇÕES DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR CADEIA PRODUTIVA.	Agricultura, Energia, LULUCF e Indústria	Todas	Dificuldades metodológicas na quantificação de redução de emissões por cadeia produtiva.
FOMENTO À PESQUISA E AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.	Agricultura, Resíduos Energia, LULUCF e Indústria	NA	Falta de informações e dados sobre atividades, e produção técnico-científica ainda insuficiente com base na realidade do país.
APRIMORAMENTO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO, REPORTE E VERIFICAÇÃO DE EMISSÕES.	Agricultura, Resíduos Energia, LULUCF e Indústria	NA	Informações oficiais pouco sistematizadas, organizadas ou disponíveis.
FORTALECIMENTO DOS ARRANJOS INSTITUCIONAIS EXISTENTES POR MEIO DA CAPACITAÇÃO E GERAÇÃO DE INFORMAÇÕES VIA MODELAGEM CLIMÁTICA E ECONÔMICA.	Agricultura, Resíduos Energia, LULUCF e Indústria	NA	Inexistência de um centro de informações oficial para subsidiar tomada de decisões sobre mudança do clima.

BARREIRA	NECESSIDADE DE RECURSOS FINANCEIROS	NECESSIDADE DE CAPACITAÇÃO	NECESSIDADE DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
Recursos limitados para consolidação e disseminação do conhecimento.	Recursos financeiros para o desenvolvimento e disseminação de metodologias e procedimentos no MRV de programas de eficiência energética.	Apoio para a formação profissional e disseminação do conhecimento em MRV em Eficiência Energética, como seminário, workshop, intercâmbio de experiência sobre o tema.	Cooperação para o desenvolvimento e a disseminação de metodologias e procedimentos no MRV de programas de eficiência energética.
Falta de conscientização da importância da geração de informações de emissões/remoções por atividade econômica.	NA	Elaboração, implementação e disseminação de metodologias.	Metodologias e tecnologias para quantificação de reduções de emissões por cadeias produtivas.
Recursos limitados para pesquisa e desenvolvimento tecnológico para ciências do clima.	Recursos financeiros para infraestrutura, equipamentos e o fomento de estudos e projetos de pesquisa direcionados para a mudança do clima.	Intercâmbios, <i>webinars</i> , troca de experiências com outros países e treinamentos sobre como viabilizar transferência de tecnologias e conhecimento.	Intercâmbio de tecnologias e conhecimentos.
Inexistência de marco legal definindo atribuições e funcionamento de um sistema nacional para o inventário nacional de emissões do país.	Recursos financeiros para infraestrutura e órgãos responsáveis por sistematizar as informações para o sistema.	Treinamentos sobre como estruturar e assegurar informações para o devido monitoramento, reporte e verificação de emissões.	Intercâmbio de tecnologias e conhecimentos.
Recursos limitados para estruturar modelagem colaborativa de transparência.	Recursos financeiros para viabilizar a estruturação de uma plataforma, o fomento de estudos e projetos de pesquisa direcionados para subsidiar uma estratégia de longo prazo para mudança do clima.	Intercâmbios, <i>webinars</i> , troca de experiências com outros países sobre modelagem e rede de informações para subsidiar decisões.	Intercâmbio de tecnologias e conhecimentos.

5.3.1 Cooperação para Obtenção de Recursos e Realização de Atividades de Capacitação

O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima durante a Rio-92 e, assim, um conjunto de marcos regulatórios e instrumentos de gestão foram criados. Para responder ao vasto e diversificado escopo de iniciativas de mitigação e adaptação brasileiras, o governo elaborou uma estrutura de governança que aborda transversalmente a mudança do clima, agregando a produção coletiva e coordenada de vários ministérios e órgãos de governo, inclusive das ações que vêm sendo empreendidas pelas esferas de governança subnacionais dos estados (BRASIL, 2016).

Nesse sentido, o Brasil definiu as suas prioridades nacionais e apresentou sua estratégia para engajamento ao GCF para obtenção de recursos para financiamento de projetos e programas. Sob coordenação do Ministério da Economia (ME), Autoridade Nacional Designada (AND) do Brasil perante o GCF, foi elaborado o documento do Programa País (BRASIL, 2018). O documento apresenta as oportunidades para a preparação de propostas de financiamento no âmbito do GCF, que não só preencham os critérios do Fundo, mas que também estejam alinhadas às prioridades nacionais, possuam viabilidade econômica e resultem em impacto transformacional.

Diante disso, nota-se que os recursos públicos comprometidos com entidades brasileiras são obtidos por meio de instituições multilaterais e canais bilaterais (Partes incluídas no Anexo II da Convenção), utilizando como principais instrumentos de financiamento subvenções e empréstimos concessionais (BRASIL, 2014; 2017; 2019). Entre 1996 e 2006, a principal fonte de recursos destinados para a questão climática no âmbito governamental federal foi o GEF. A partir de 2008, houve diversificação dos atores responsáveis pelo apoio financeiro recebido pelo Brasil no âmbito da Mudança do Clima, representados principalmente pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), GEF, Banco Mundial (BIRD) e seu braço para o setor privado, Corporação de Financiamento Internacional (IFC), Novo Banco de Desenvolvimento (NDB), cooperação bilateral com a Noruega e a Alemanha, Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF), Banco Europeu de Investimento (BEI), Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD), Banco de Desenvolvimento Alemão (KfW), Banco Japonês para Cooperação Internacional (JBIC) e Fundo de Desenvolvimento Financeiro da Bacia do Prata (FONPLATA) (BRASIL, 2014; 2017; 2019).

A alocação de recursos para o Brasil no período 1996-2017 foi superior a US\$ 6 bilhões, sendo 53% provenientes de canais multilaterais e 47% de canais bilaterais (Tabela 5.1). Comparativamente ao período de 2008 a 2013, no biênio 2014-2015 ocorreu aumento significativo do montante recebido, que superou a marca de US\$ 3 bilhões (BRASIL, 2014; 2017). Contudo, no biênio de 2016-2017 foi observada redução de 12% em relação ao apoio recebido no biênio anterior (BRASIL, 2019), com perceptível redução nos valores aportados pelos países e entidades cooperantes também no período de 2018-2019.

O aporte de recursos ao Brasil no período 2018-2019 totalizou aproximadamente US\$ 1,874 bilhão, sendo menos que 6% alocados via canais bilaterais. Houve decréscimo em relação ao apoio bilateral recebido nos biênios

anteriores, passando de mais de US\$ 437 milhões em 2016-2017 para cerca de US\$ 100 milhões em 2018-2019. Cabe assinalar ainda que os aportes multilaterais dos anos 2018 e 2019 não chegaram a 50% do aportado em 2017.

Dada a importância do financiamento internacional em catalisar a ação para a mudança do clima, o Brasil tem ressaltado a necessidade de que o aporte financeiro seja adequado, previsível, sustentável, novo e adicional. Ao recordar o compromisso dos países desenvolvidos em mobilizar US\$ 100 bilhões de dólares ao ano até 2020, o Brasil sublinha que há pouca clareza no atual estado de cumprimento do compromisso.

CANAL	APOIO RECEBIDO EM US\$ POR PERÍODO ³⁵							
	1996- 2006	2008- 2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BILATERAL	0,00	798.475.938	1.200.260.168	732.124.302	127.267.510	309.864.549	88.343.535	12.370.477
MULTILATERAL	36.923.000	134.319.773	1.034.560.000	119.718.000	150.328.879	2.117.314.233	887.521.190	885.321.147
Total	36.923.000	932.795.711	2.234.820.168	851.842.302	277.596.389	2.427.178.782	975.864.725	897.691.624

Tabela 5.1

Total de apoio recebido por canal entre 1996 e 2019 no Brasil.

Fonte: Baseado em Brasil (2014; 2017; 2019).

³⁵ Todos os valores estão em dólares americanos. Quando os dados foram encontrados apenas em outra moeda que não o dólar americano, a taxa de conversão utilizada baseou-se na taxa de câmbio anual da OCDE para o ano do compromisso do projeto. Disponível em: <https://data.oecd.org/conversion/exchange-rates.htm>.

AGÊNCIA DE FOMENTO DO GOVERNO ALEMÃO. *Programa Políticas sobre Mudança do Clima (PoMuC)*. Iniciativa Internacional para o Clima (IKI). Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. GIZ. 2018. Disponível em: www.giz.de/en/downloads/Factsheet%20PoMuC.BMU_PT_setembro2018.pdf. Acesso em: 20 dez. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017*: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017.

AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S.; GOMES, L. C.; BINI, L. M. Estrutura trófica. In: VAZZOLER, A. E. A.; AGOSTINHO, A. A.; HAHN, N. S. *A planície de inundação do alto Rio Paraná*: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 1997. p. 229-248.

AGUIAR, M. I., MAIA, S. M. F., OLIVEIRA, T. S., MENDONÇA, E. S., ARAUJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. *Revista Ciência Agronômica*, v. 37, p. 270-278, 2006.

AMBRIZZI, T. et al. *Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI*: Projeções de clima usando três modelos regionais. Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas - Sbf, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, 2007.

ANGELOTTI, F.; SIGNOR, D.; GIONGO, V. Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro: Experiências e Oportunidades para o Desenvolvimento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, número especial IV SMUD, p. 484-495, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. A. Manipulação da vegetação nativa da Caatinga com fins pastoris. In: *Teller de Metodologias "Manejo de la vegetación nativa para la producción de ruminantes menores em las zonas áridas de Latino América"*. Fortaleza: Embrapa/Icard, 2006. p. 12.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Indicadores Econômicos*. Produto Interno Bruto e taxas médias de crescimento. Disponível em: www.bcb.gov.br/pec/Indeco/Port/IE1-51.xlsx. Acesso em: 20 abr. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL/MINISTÉRIO DA ECONOMIA/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/GOVERNO FEDERAL. *Portfolio de Projetos do Fundo Amazônia*. BNDES/ME/MMA/GOVERNO FEDERAL. 2019a. Disponível em: www.fundoamazonia.gov.br/pt/carteira-de-projetos/busca/index.html?reloaded&page=4&ano_contratacao=2018. Acesso em: 25 mar. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL/MINISTÉRIO DA ECONOMIA/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/GOVERNO FEDERAL. *Fundo Clima*: Apoio a projetos relacionados à redução de emissões de gases do efeito estufa e à adaptação às mudanças do clima. BNDES. 2019b. Disponível em: www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima. Acesso em: 25 mar. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL/MINISTÉRIO DA ECONOMIA/MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/GOVERNO FEDERAL. *Fundo Amazônia em Números*. Resultados e Impactos. Monitoramento e Avaliação. BNDES/MPDG/MMA/GOVERNO FEDERAL. 2018. Disponível em: www.fundoamazonia.gov.br/pt/monitoramento-e-avaliacao/fundo-amazonia-em-numeros. Acesso em: 12 dez. 2018.

BRASIL. Agência Nacional das Águas - ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019*: informe anual. Brasília, 2019. 100 p.

BRASIL. *Atlas irrigação*: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, 2017. 86 p.

BRASIL. *Atlas Brasil*: Abastecimento Urbano de Água - Panorama Nacional. Vol. 1. Brasília, 2010.

BRASIL (Revogado). *Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010*. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências. 2010. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 2012a. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7390.htm. Acesso em: 10 abr. 2019.

BRASIL. *Decreto nº 8.576, de 26 de novembro de 2015*. Institui a Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal (REDD+). Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8576.htm. Acesso em: 6 abr. 2019.

BRASIL. *Decreto Legislativo nº 144, 21 de junho de 2002*. Aprova o texto do Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, aberto a assinaturas na cidade de Quioto, Japão, em 14 de dezembro de 1997, por ocasião da Terceira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 2002. Disponível em: www2.camara.leg.br/legin/fed/decleg/2002/decretolegislativo-144-20-junho-2002-458772-protocolo-1-pl.html. Acesso em: 8 abr. 2019.

BRASIL. *Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 de maio de 2012. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.

BRASIL. *Decreto nº 3.515, de 20 de junho de 2000*. Cria o Fórum de Mudanças Climáticas e dá outras Providências. Poder Executivo Federal. Diário Oficial da [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 20 jun. 2000. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3515.htm. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Decreto nº 6.527, de 1 de agosto de 2008. Dispõe sobre o estabelecimento do Fundo Amazônia pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). 2008. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6527.htm. Acesso em: 25 mar. 2019.

BRASIL. Decreto nº 7.343, de 26 de outubro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima – FNMC, e dá outras providências. (Revogado). Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 2010. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7343.htm. Acesso em: 25 mar. 2019.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg). Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. 24 de janeiro de 2017. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/Decreto/D8972.htm. Acesso em: 30 out. 2018.

BRASIL. Decreto nº 86.829, de 12 de janeiro de 1982. Cria a Comissão Nacional para Assuntos Antárticos (CONANTAR) e dá outras providências. Poder Executivo Federal.

BRASIL. Decreto nº 9.082, de 26 de junho de 2017. Institui o Fórum Brasileiro de Mudança do Clima. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 16 jun. 2017. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9082.htm#art14. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil – Seção 1, de 23 de novembro de 2018, Página 47 (Publicação Original). 2018. Disponível em: www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9578-22-novembro-2018-787358-norma-pe.html. Acesso em: 12 fev. 2019.

BRASIL. Decreto nº 9.667, de 2 de janeiro de 2019. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, remaneja cargos em comissão e funções de confiança, transforma cargos em comissão e funções de confiança e altera o Decreto nº 6.464, de 27 de maio de 2008, que dispõe sobre a designação e atuação de adidos agrícolas junto a missões diplomáticas brasileiras no exterior. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em: www.agricultura.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/documentos/Decreton9667de2019EstruturadoMAPA.pdf. Acesso em: 28 abr. 2019.

BRASIL. Decreto nº 94.401, de 3 de junho de 1987. Aprova a Política Nacional para Assuntos Antárticos (PROANTAR). Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 4 jun. 1987. Disponível em: www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-94401-3-junho-1987-444413-norma-pe.html. Acesso em: 8 dez. 2018.

BRASIL. Decreto nº 10.140, de 28 de novembro de 2019. Altera o Decreto nº 8.505, de 20 de agosto de 2015, que dispõe sobre o Programa Áreas Protegidas da Amazônia – ARPA. Disponível em: www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.140-de-28-de-novembro-de-2019-230458421?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DDecreto%2520n%25C2%25BA%252010.140%252F2019. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.142, de 28 de novembro de 2019. Institui a Comissão Executiva para Controle do Desmatamento Illegal e Recuperação da Vegetação Nativa. Disponível em: www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.142-de-28-de-novembro-de-2019-230458693?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DDecreto%2520n%25C2%25BA%252010.142%252F2019. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.143, de 28 de novembro de 2019. Altera o Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018, que dispõe sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e a Política Nacional sobre Mudança do Clima. Disponível em: www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.143-de-28-de-novembro-de-2019-230458376?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DDecreto%2520n%25C2%25BA%252010.143%252F2019. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.144, de 28 de novembro de 2019. Institui a Comissão Nacional para Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa Provenientes do Desmatamento e da Degradação Florestal, Conservação dos Estoques de Carbono Florestal, Manejo Sustentável de Florestas e Aumento de Estoques de Carbono Florestal – REDD+. Disponível em: www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.144-de-28-de-novembro-de-2019-230458742?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DDecreto%2520n%25C2%25BA%252010.144%252F2019. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. Decreto nº 10.145, de 28 de novembro de 2019. Dispõe sobre o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima. Disponível em: www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.145-de-28-de-novembro-de-2019-230458399?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DDecreto%2520n%25C2%25BA%252010.145%252F2019. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 22 nov. 2018. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm. Acesso em: 8 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6º e 50 da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm. Acesso em: 25 mar. 2019.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras Providências. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, de 30 de dezembro de 2009. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/Lei/112187.htm. Acesso em: 20 dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, de 28 de maio de 2012. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 31 out. 2018.

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências: 2020c. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm. Acesso em: 6 abr. 2020.

BRASIL. Decreto nº 9.888, de 28 de junho de 2019. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e institui o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis – Comitê RenovaBio: 2020d. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9888.htm#art15. Acesso em: 4 abr. 2020.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética – EPE/MME. Balanço Energético Nacional 2019, ano-base: 2018. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%3%3Brio%20S%3%3ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf. Acesso em: 3 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Primeiro Relatório de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério das Relações Exteriores – MRE. 2014. 53 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Segundo Relatório de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério das Relações Exteriores (MRE) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). 2017. 67 p.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Terceiro Relatório de Atualização Bienal do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Ministério das Relações Exteriores (MRE) e Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). 2019a. 88 p.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTI, N. de B.; SILVA, A. de S.; PEREIRA, L. A. Produtividade de água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. *Engenharia Agrícola*, v. 32, p. 102-109, 2012.

CAVALCANTI, I. F. A. et al. Global climatological features in a simulation using the CPTEC-COLA AGCM. *Journal of Climate*, v. 15, n. 21, p. 2965-2988, 2002.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *O alerta*. Disponível em: www.cemaden.gov.br/o-alerta/#. Acesso em: dez. 2018.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Programa INCT Mudanças Climáticas – Fase 2. *Sobre o INCT Mudanças Climáticas – Fase 2*. CEMADEN. 2018. Disponível em: www.cemaden.gov.br/inct-mudancas-climaticas. Acesso em: 7 dez. 2018.

CENTRO CLIMA. *IES Brasil: Implicações Econômica e Sociais: Cenários de Mitigação de GEE 2030*. Centro de Estudo Integrado Sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (COPPE/UFRJ). 2015. Disponível em: www.centroclima.coppe.ufrj.br/index.php/br/estudos-e-projetos/encerrados/94-ies-brasil-implicacoes-economicas-e-sociais-cenarios-de-mitigacao-de-gee-2030. Acesso em: 8 dez. 2018.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Relatório Anual 2013*. Ciência, Tecnologia e Inovação. Organização Social Supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Brasília: CGEE. p. 70. Disponível em: www.cgee.org.br/documents/10195/734063/rel-anual-2013_10251.pdf/51b1c992-27a2-4c2b-a7ca-d43f06cf14e7?version=1.1. Acesso em: 18 jan. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Relatório Anual 2014*. Ciência, Tecnologia e Inovação. Organização Social Supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTIC). Brasília, DF: CGEE. p. 51. Disponível em: www.cgee.org.br/documents/10182/38648/rel-anual-2014.pdf/f2d74a4-a8dd-4dea-8909-ae7d1325f71c?version=1.1. Acesso em: 18 jan. 2019.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016. 252 p.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTA DE DESASTRES NATURAIS – CEMADEN. *Desenvolvimento CEMADEN/MCTIC-2011-2017*. CEMADEN. 2011. Disponível em: www.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden. Acesso em: 7 dez. 2018.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da ESALQ/USP. *Cepea*, 2018. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 12 dez. 2018.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003*.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. INCT Mudanças Climáticas (INCT-MC). *Proposta ao CNPq INCT chamada de 2014*. Orsini, Jose A. Marengo. 2014. p. 105.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO/MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES/COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR/FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. *Chamada CNPQ/MCTIC/CAPES/FNDCT nº 21/2018 – Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR)*. CNPQ/MCTIC/CAPES/FNDCT. 2018. Disponível em: www.cnpq.gov.br/web/guest/chamadas-publicas?p_p_id=resultadosportlet_WAR_resultadoscnpqportlet_INSTANCE_0ZaM&filtro=abertas&detalha=chamadaDivulgada&idDivulgacao=8422. Acesso em: 8 dez. 2018.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. *CAPEs Abraça o Programa Antártico Brasileiro*. INFOCAPES. 2018. Disponível em: www.capes.gov.br/sala-de-imprensa/noticias/9014-capes-abraca-o-programa-antartico-brasileiro. Acesso em: 8 dez. 2018.

CSR/IBAMA. *Monitoramento dos Biomas Brasileiros por Satélite*: Monitoramento do Bioma Pampa 2008-2009. 2011a. Disponível em https://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/PMDBBS%20-%20PAMP.html. Acesso em: 6 fev. 2019.

CSR/IBAMA. *Monitoramento do Dos Biomas Brasileiros por Satélite*: Monitoramento do Bioma Pantanal 2008-2009. 2011b. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbio/_arquivos/relatorio_tcnico_monitoramento_pantanal_2008_2009_72.pdf. Acesso em: 6 fev. 2019.

ELETRONBRAS. *Sobre o Procel*. Procel Info. Centro Brasileiros de Eficiência Energética. 2006. Disponível em: www.procelinfo.com.br/main.asp?view=%7BD52CB882-424C-4D38-B156-24EEC10D75FC%7D&Team=¶ms=itemID=%7B8F4C66D8-3911-452C-BA28-64EC06B56330%7D;LumisAdmIn=1;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D#. Acesso em: 23 jan. 2019.

EMBRAPA Cerrados. Agência de informação Embrapa – Bioma Cerrado. *Solos do Cerrado*. 2018. Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html. Acesso em: 29 de nov. 2018.

EMBRAPA. *Código Florestal*. Adequação Ambiental da Paisagem Rural. Sobre a Lei nº 12.651/2012. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2012. Disponível em: www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-uso-restrito. Acesso em: 13 dez. 2018.

EMBRAPA. *Deliberação nº 8, de 27 de outubro de 2015*. Organização e Funcionamento da Plataforma Multi-institucional de Monitoramento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária (Plataforma ABC). Aprovação da Norma nº 037.005.001.011. Manual de Normas da Embrapa. 2015. p. 10.

EMBRAPA. *Portaria nº 2.277, de 13 de novembro de 2017*. Institui o Comitê Diretor da Plataforma Multi-institucional de Monitoramento das Reduções de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária – Comitê Diretor da Plataforma ABC. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Seção 1. nº 219, quinta-feira, 16 nov. 2017.

EMBRAPA/Rede-ILPF. *Biomas: Mata Atlântica*. Disponível em: www.embrapa.br/web/rede-ilpf/bioma/mata-atlantica. Acesso em: 6 fev. 2019.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇA DO CLIMA. *Documentos FBMC*. FBMC. 2017. Disponível em: www.fbmc.com.br/informacoes-importantes. Acesso em: 20 nov. 2018.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇA DO CLIMA. *Proposta Inicial de Implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil (NDC)*. Fórum Brasileiro de Mudança do Clima. Maio 2018. FBMC. p. 31. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1puFdkXpY3Ms8yYMPB7z2mIen7dDcFiha/view>. Acesso em: 20 nov. 2018

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS/ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO. *Projeto PMR Brasil*. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade. FGV/EAESP. 2018. Disponível em: <http://gvces.com.br/projeto-pmr-brasil/?locale=pt-br>. Acesso em: 18 dez. 2018.

FURTADO, Dermeval Araújo; BARACUHY, José Geraldo de Vasconcelos; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; NETO, Silvana Fernandes; SOUSA, Verneck Abrantes de (Orgs.). *Tecnologias adaptadas para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro*. 1 v. Campina Grande: EPGRAF, 2014a. 308 p.

GIORGI, F.; MEARN, L. O. Introduction to special section: Regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 104, n. D6, p. 6335-6352, 1999.

GOMES, M. A. F.; PEREIRA, L. C. *Áreas Frágeis no Brasil: subsídios à legislação ambiental*. Documentos. Embrapa Meio Ambiente. ISSN 1517-5111. 2011. Disponível em: www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_87.pdf.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Diretoria de Qualidade Ambiental. Relatório de Qualidade do Meio Ambiente (RQMA)*: Brasil 2013. Brasília: Ibama, 2013. 268p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Portal do IBGE*. 2020. Disponível em: ibge.gov.br.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Atlas Nacional Digital do Brasil*. 2010a. Disponível em: www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional. Acesso em: 5 fev. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010b. Disponível em www.ibge.gov.br.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Comissão Nacional de Classificação (CONCLA)*. 1994. Disponível em: <https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article/94-7a12/7a12-vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/1461-o-brasil-no-mundo.html>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2018*/ IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a. 151 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo agropecuário*. Resultados definitivos. v. 8. Rio de Janeiro, 2019. p. 1-105.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Tábua completa de mortalidade para o Brasil (2017)*. Breve análise da evolução da mortalidade no Brasil. Rio de Janeiro, 2018b. 28 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Panorama*. 2018c. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 5 jan. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Características Gerais dos Domicílios e dos Moradores da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD-C) 2017*. IBGE, 2018d. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/habitacao/17270-pnad-continua.html?=&t=downloads.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal – PAM1, referentes ao ano civil de 2018*. IBGE, 2018e. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2018_v45_br_informativo.pdf

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil*. IBGE: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais: Rio de Janeiro: 2015. 352 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável*. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>. Acesso em: 5 jan. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Biomas e de Vegetação*. 2004. Disponível em: ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm. Acesso em: 5 fev. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Perfil dos Municípios Brasileiros 2013*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2014. 282 p.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente. *Sumário Executivo: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília, 2016. 76 p.

IEA. International Energy Agency. *World Energy Balances 2018*. Disponível em: <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2018>.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)*. 2019. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: 15 fev. 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais Climatológicas do Brasil/1981-2010*. 2018. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas. Acesso em: 15 dez. 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA / AGÊNCIA DE FOMENTO DO GOVERNO ALEMÃO/ COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA. *Avaliação Independente do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) (2007-2010)*. IPEA/GIZ/ CEPAL. 2007. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/Avaliacao%20do%20PPCDAm%202007-2010.pdf. Acesso em: 9 nov. 2018.

INSTITUTO INTERAMERICANO PARA PESQUISAS EM MUDANÇAS GLOBAIS. *Sobre o IAI*. IAI, 2017. Disponível em: www.iai.int. Acesso em: 6 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA. *Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA)*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. LBA Fase 2 – INPA/MCTIC. INPA, 2010. Disponível em: <http://lba2.inpa.gov.br/index.php/lba-apresentacao.html>. Acesso em: 8 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST). INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Modelo Brasileiro do Sistema Terrestre (BESM)*. INPE. 2018a. Disponível em: www.inpe.br/besm. Acesso em: 7 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)*. INPE, 2018b. Disponível em: www.cptec.inpe.br. Acesso em: 5 dez. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2018c. Disponível em: www.ccst.inpe.br. Acesso em: 5 dez. 2018.

MARENGO, J. A. et al. Recent developments on the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, v. 32, n. 1, p. 1-21, 2012.

MARENGO, J.A.; AMBRIZZI, T. *Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales*. In: Proceedings of. 2006. p. 291-296.

MARINHA DO BRASIL. Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR). *Comissão Interministerial para Recursos do Mar*. MB. 2017. Disponível em: www.marinha.mil.br/secirm/proantar#gaam. Acesso em: 28 nov. 2018.

MARTINS et al. Inverting the carbon footprint in Brazilian agriculture: an estimate of the effects of the ABC plan. *Revista Ciência, tecnologia e ambiente*, v. 7, n. 1, p. 43-52, 2018.

MATTHEWS, B.; RIVINGTON, M.; MUHAMMED, S.; NEWTON, A. C.; HALLETT, P. D. Adapting crops and cropping systems to future climates to ensure food security: the role of crop modelling. *Global Food Security*, v. 2, p. 24-28, 2013.

MC/VIS – DATA. Ministério da Cidadania – Visualizador de dados sociais. *Dados dos programas, serviços e ações do Ministério da Cidadania*. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/vis/data/data-table.php#>. Acesso em: 5 abr. 2019.

MELO, D. C. D. *Estimativa de impacto de mudanças climáticas nos níveis do Sistema aquífero do Guarani*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2013. p. 1-202.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Plano ABC: Agricultura de Baixa Emissão de Carbono*. MAPA. 2018. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono. Acesso em: 28 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Estatística de comércio exterior do agronegócio brasileiro (AGROSTAT)*. 2019. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/index.htm>. Acesso em: 8 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil*. 2018a. Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/opcoes_mitigacao/Opcoes_de_Mitigacao_de_Emissoes_de_Gases_de_Efeito_Estufa_GEE_em_SetoresChave_do_Brasil.html. Acesso em: 8 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Trajetórias de Mitigação e Instrumentos de Políticas Públicas para Alcance das Metas Brasileiras no Acordo de Paris*. RATHMANN, Régis et al. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; ONU Meio Ambiente; MCTIC, 2018b. Disponível em: http://sirene.mctic.gov.br/documents/1686653/2098519/Trajetorias-Ebook-b_final.pdf/29c11698-b71d-4009-850c-a162090e1108. Acesso em: 18 jan. 2019.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Decreto nº 9.172, de 17 de outubro de 2017*. Institui o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE), dispõe sobre os instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima a que se refere o inciso XIII do caput do art. 6º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, e altera o Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que regulamenta a referida Política. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 12 out. 2017. 2017c. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9172.htm. Acesso em: 16 out. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Portaria MCTIC nº 1.295, de 16 de dezembro de 2013*. Altera dispositivos da Portaria MCTIC nº 728, de 20 de novembro de 2007, que instituiu a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA) e constituiu Sub-Redes temáticas. MCTIC. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 18 dez. 2013. Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/migracao/Portaria_MCTI_n.1295_de_16122013.html. Acesso em: 6 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Portaria MCTIC nº 728, de 20 de novembro de 2007*. Institui a Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede Clima). Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 3 dez. 2007, republicada em 18 de dez. 2013. Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/migracao/Portaria_MCTI_n.728_de_20112007.html. Acesso em: 6 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Portaria nº 217, de 25 de janeiro de 2019*. Aprova os Regimentos Internos dos órgãos do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e divulga o quadro demonstrativo de cargos em comissão e de funções de confiança do órgão. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 2019. Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/legislacao/Arquivos/Anexos_Portaria_MCTIC_n.217_de_25012019_Regimentos_Internos_Orgaos_MCTIC.pdf. Acesso em: 18 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR)*. MCTIC. 2017d. Disponível em: www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/Antartica/proantar/Programa_Antartico_Brasileiro___PROANTAR.html. Acesso em: 8 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE)*. MCTIC. 2017b. Disponível em: <http://sirene.mctic.gov.br/>. Acesso em: 17 out. 2018.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÕES. *CITInova*. 2020. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br>. Acesso em: 4 abr. 2020.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA – FAZENDA. *Documento-base para Discussão que Contém as Prioridades do Brasil e sua Estratégia de Engajamento Com o Fundo Verde para o Clima (GCF)*. Processo de Elaboração da Estratégia do Brasil para o Fundo Verde para o Clima (GCF). 2017a. Disponível em: <https://fazenda.gov.br/assuntos/atuacao-internacional/fundo-verde-do-clima/noticias/processo-de-elaboracao-da-estrategia-do-brasil-para-o-gcf>. Acesso em: 17 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA – FAZENDA. *Fundo Verde para o Clima (GCF)*. Autoridade Nacional Designada. 2017b. Disponível em: www.fazenda.gov.br/assuntos/atuacao-internacional/fundo-verde-do-clima/fundo-verde-do-clima-gcf. Acesso em: 17 dez. 2018.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA – FAZENDA. *Sobre o Projeto PMR Brasil*. Projeto PMR Brasil. 2017c. Disponível em: www.fazenda.gov.br/orgaos/spe/pmr-brasil. Acesso em: 2018.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA – FAZENDA. *PPA 2012-2015*. 2015. Disponível em: www.planejamento.gov.br/assuntos/planeja/plano-plurianual/publicacoes/2012-2015. Acesso em: 11 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Ministério da Saúde investe na redução da mortalidade materna. Publicado em 28 de maio de 2018. Disponível em: <http://portalm.sau.gov.br/noticias/agencia-saude/43325-ministerio-da-saude-investe-na-reducao-da-mortalidade-materna>. Acesso em: 8 abr. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Vulnerabilidade à mudança do clima: O projeto*. Disponível em: <https://projeto.vulnerabilidade.fiocruz.br/o-projeto>. Acesso em: 4 abr. 2020.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. *Depósito do Instrumento de Ratificação do Acordo de Paris*. Ministério das Relações Exteriores. MRE, 2016. Disponível em: www.itamaraty.gov.br/pt-BR/notas-a-imprensa/14771-deposito-do-instrumento-de-ratificacao-do-acordo-de-paris. Acesso em: 18 jan. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Plano Nacional de Eficiência Energética*. Premissas e Diretrizes Básicas. 2010-2030.MME. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Departamento de Desenvolvimento Energético. 2010. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Ener%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863. Acesso em: 5 out. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Resenha Energética Brasileira*. Exercício de 2010. 2011. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/36208/948169/7.10+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2010.pdf/3b355ff8-f165-76a7-51f2-d216bf66ea7d. Acesso em: 11 dez. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Resenha Energética Brasileira*. Exercício de 2015. 2016. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/36208/948169/7.15+-+Resenha+Ener%C3%A9tica+Brasileira+2015.pdf/a77c88b4-57ae-e560-693b-8d21a080b81a. Acesso em: 11 dez. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES*. (livro eletrônico): CPRM – Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018. Versão 1. 213 páginas (pdf).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *RenovaBio*. Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2020a. Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio. Acesso em: 6 abr. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Instrumentos*. Ministério de Minas e Energia (MME), Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2020b. Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio/instrumentos. Acesso em: 6 abr. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *RenovaBio: Nota explicativa sobre a criação da Política Nacional de Biocombustíveis: 2020c*. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/36224/459938/Nota+Explicativa+RENOVABIO+-+Documento+de+CONSOLIDACAO+-+site.pdf/dc4b6756-d7ca-ab6a-4aac-226c4b8bf436. Acesso em: 4 abr. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Nota informativa: síntese RenovaBio: 2020d*. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/36224/459938/RENOVABIO_breve+resumo.pdf/370a6e80-2dd7-8055-d02d-0d5653ced781. Acesso em: 4 abr. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Resenha Energética Brasileira*. Exercício de 2019. 2020e. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/36224/459938/RENOVABIO_breve+resumo.pdf/370a6e80-2dd7-8055-d02d-0d5653ced781. Acesso em: 11 dez. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)*. MMA/MAPA/MEC. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/planaveg_publicacao.pdf. Acesso em: 31 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. *Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (Planaveg)*. MMA/MAPA/MEC. Brasília, 2012. Disponível em: www.mma.gov.br/florestas/pol%C3%ADtica-nacional-de-recupera%C3%A7%C3%A3o-da-vegeta%C3%A7%C3%A3o-nativa.html#composi%C3%A7%C3%A3o. Acesso em: 30 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Ações de Educação e Conscientização Pública do EducaClima*. MMA, 2017a. Disponível em: <http://educaclima.mma.gov.br/acoes-de-educacao-e-conscientizacao-publica>. Acesso em: 8 dez. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *AdaptaClima: Governança*. MMA, 2018. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/sobre-a-plataforma#Governanca>. Acesso em: 8 dez. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *AdaptaClima*. MMA, 2016. Disponível em: <http://adaptaclima.mma.gov.br/sobre-a-plataforma>. Acesso em: 8 dez. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Apoio a Projetos*. MMA, 2019b. Disponível em: www.mma.gov.br/apoio-a-projetos/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima. Acesso em: 25 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil*. Brasília: MMA, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Cadastro Ambiental Rural (CAR)*. Boletim Informativo. Serviço Florestal Brasileiro/MMA. Dados até 31 de outubro de 2018c. Disponível em: www.florestal.gov.br/documentos/car/boletim-do-car/3936-tabela-calculos-boletim-sicar-outubro2018-rev-rej/file. Acesso em: 30 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Cadastro Ambiental Rural (CAR)*. Serviço Florestal Brasileiro/MMA. 2018b. Disponível em: www.car.gov.br/#/. Acesso em: 31 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Estratégia do Programa Nacional de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB)*. MMA. 2. ed., rev. atualizada. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/PMDBBS/Estrategia_programa_monitoramento_ambiental_PMABB.pdf. Acesso em: 12 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Fundo Amazônia*. 2015b. Disponível em: www.mma.gov.br/apoio-a-projetos/fundo-amazonia.html. Acesso em: 25 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Governança da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)*. 2007. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/grupo-executivo-sobre-mudanca-do-clima. Acesso em: 9 abril 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 2ª fase (2009-2011)*. Rumo ao Desmatamento Ilegal Zero. Presidência da República. Casa Civil. Grupo Permanente de Trabalho Interministerial. 2009. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAm%20%20fase%20_%202009-11.pdf. Acesso em: 9 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm): 3ª fase (2012-2015)*. Pelo Uso Sustentável da Floresta. Ministério do Meio Ambiente, e Grupo Permanente de Trabalho Interministerial. 2013. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAm/_FINAL_PPCDAM.PDF. Acesso em: 9 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal*. 1ª fase (2004-2008). Presidência da República. Casa Civil. Grupo Permanente de Trabalho Interministerial para a Redução dos índices de Desmatamento da Amazônia Legal. 156p. 2004. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/PPCDAm_fase1.pdf. Acesso em: 9 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Adaptação (PNA)*. 2017a. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao#monitoramento-do-pna. Acesso em: 03 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Adaptação (PNA)*. Primeiro Relatório de Monitoramento e Avaliação 2016-2017. 31p. Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/GTTm/RelatorioMonitoramento.pdf. Acesso em: 03 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)*. MMA. 2009. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima. Acesso em: 25 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Operativo 2016-2020 do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)*. Objetivos e linhas de ação. 60pp. 2016-2020. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/Anexo%20II%20-%20PLANO%20OPERATIVO%20DO%20PPCDAm%20-%20GPTI%20_%20p%20site.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Setorial de Redução de Emissões da Siderurgia*. MMA. 2018e. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_setorial_siderurgia__sumrio_executivo_04_11_10_141.pdf. Acesso em: 12 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Portaria nº 365, de 27 de novembro de 2015*. Institui o Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB). MMA. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Seção, de 30 nov. 2015. no 228, p. 114. Brasília, DF. 2015. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/PMDBBS/Estrategia_programa_monitoramento_ambiental_PMABB.pdf? Acesso em: 25 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Portaria nº 150, de 10 de maio de 2016*. Institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, e dá outras Providências. Poder Executivo Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Edição 89. Seção 1. Página 131, de 11 de maio de 2016. 2016b. Disponível em: www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22804297/do1-2016-05-11-portaria-n-150-de-10-de-maio-de-2016-22804223. Acesso em: 2 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Programa Políticas sobre Mudança do Clima (PoMUC)*. 2017b. Disponível em: www.mma.gov.br/informma/item/14255-noticia-acom-2017-08-2477.html. Acesso em: 11 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Projeto 3E*. Transformação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. MMA. 2017b. Disponível em: www.mma.gov.br/informma/item/10577-p-r-o-j-e-t-o-3e. Acesso em: 18 out. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Projetos Aprovados pelo Fundo Nacional sobre Mudança do Clima*. 2015a. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80382/Planilha_site_vf_egc.pdf. Acesso em: 25 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR)*. Sistema Florestal Brasileiro/MMA. 2018d. Disponível em: www.car.gov.br/#/. Acesso em: 13 nov. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *A biodiversidade na Zona Costeira e Marinha do Brasil*. 2010a. Disponível em: www.mma.gov.br/informma/item/6618-a-biodiversidade-na-zona-costeira-e-marinha-do-brasilh. Acesso em: 6 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros*. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/Biodiversidade%20Aquatica/Biodiversidade%205-Zona%20Costeira%20e%20Marinha.pdf.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Biodiversidade*. 2019a. Disponível em: www.mma.gov.br/biodiversidade.html. Acesso em: 5 jan. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Biomas: Mata Atlântica*. 2019b. Disponível em: www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica_emdesenvolvimento. Acesso em: 5 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil/Secretaria de Biodiversidade e Florestas/ Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros*. Brasília: MMA/SBF/GBA, 2010b. 148 p. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/205/_publicacao/205_publicacao0302201100749.pdf.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal*. 2003. Disponível em: www.mma.gov.br/informma/item/616-prevencao-e-controle-do-desmatamento-na-amazonia.html. Acesso em: 5 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *PP Cerrado: Plano de Ação para Prevenção e Controle do desmatamento e das queimadas no cerrado. 2ª Fase (2014-2015)*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Primeiro diagnóstico de rede de monitoramento da qualidade de ar no Brasil*. 2014b. 277 p. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Diagnostico_Rede_de_Monitoramento_da_Qualidade_do_Ar.pdf.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil)*. Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília, 2005. 213 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Proposta preliminar do macrozoneamento ecológico-econômico do Bioma Cerrado*. Ministério do Meio Ambiente, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e Kampatec Assessoria e Consultoria, Ltda. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *País avalia vulnerabilidade climática*. Disponível em: www.mma.gov.br/informma/item/14691-noticia-acom-2018-03-2917.html. Acesso em: 4 abr. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/IBAMA. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período de 2008-2010*. Brasília, DF. 2012.

MITTERMEIER, R. A., et al. Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City. 2004.

NEVES, R. G.; FLORES, T. R.; DURO, S. M. S.; NUNES, B. P.; TOMASI, E. Tendência temporal da cobertura da Estratégia Saúde da Família no Brasil, regiões e Unidades da Federação, 2006-2016. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 27, n. 3, 2018.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; SALAZAR, A. H.; LANA, M. A. Agroecologia e o desenho de sistemas agrícolas resilientes às mudanças climáticas. *Revista Agrícolas: experiências em agroecologia 2*, p. 1-36, 2015.

NOBRE, P.; MALAGUTTI, M.; URBANO, D. F.; DE ALMEIDA, R. A. F.; GIAROLLA, E. Amazon deforestation and climate change in a coupled model simulation. *Journal of Climate*, v. 22, n. 21, p. 5686-5697, 2009.

NOBRE, P. et al. Climate simulation and change in the Brazilian Climate Model. *Journal of Climate*, v. 26, n. 17, p. 6716-6732, 2013.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Relatório de Síntese (SYR) do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (AR5)*. IPCC, 2014. Disponível em: www.ipcc.ch/report/ar5/syr. Acesso em: 18 out. 2018.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (IPCC-AR6)*. IPCC, 2018. Disponível em: www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle. Acesso em: 6 dez. 2018.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. MARENGO, J. A.; SCARANO, F. R. (Eds.). *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas Rio de Janeiro*: PBMC, COPPE - UFRJ, 2016. 184 p.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. BUSTAMANTE, M. M. C.; ROVERE, E. L. L. (Eds.). *Mitigação das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas*. Primeiro relatório de Avaliação Nacional (RAN1). Rio de Janeiro, COPPE; Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014a. v. 3, p. 463.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - PBMC. ASSAD, E. D.; MAGALHÃES, A. R. (Eds.). *Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas COPPE*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014b. 414 p. Disponível em: www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos_publicos/GT2/GT2_volume_completo_cap4.pdf.

PAL, J. et al. Regional climate modeling for the developing world: the ICTP RegCM3 and RegCNET. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 88, n. 9, p. 1395-1410, 2007.

PETROBRAS. *Programas de Educação em Conservação de Energia Elétrica e Uso Racional de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET)*. Institucional. Ação Global. Benefício Local. 2012. Disponível em: www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt-br/conteudo-gerais/conpet.shtml. Acesso em: 12 out. 2018.

PISNICHENKO, I. A.; TARASOVA, T. A. *The climate version of the Eta regional forecast model 2*. Evaluation of the Eta CCS model performance against reanalysis data and surface observations. arXiv preprint arXiv:0901.1461, 2009.

PSRM. *IX Plano Setorial de Recursos do mar*. - vigência 2016 - 2019. 2016. Disponível em: www.marinha.mil.br/secirm/sites/www.marinha.mil.br/secirm/files/publicacoes/IXPSRM.pdf.

RIBEIRO, K. T.; FREITAS, L. Impactos potenciais das alterações no Código Florestal sobre a vegetação de campos rupestres e campos de altitude. *Biota Neotrop*, Campinas, v. 10, n. 4, p. 239-246, dez. 2010.

RICHERI, S. M. de M. *Avaliação do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais*. São Caetano do Sul: CEUN-EEM, 2006. 103 p. Disponível em: maua.br/files/dissertacoes/5.pdf.

ROCHA, G. A. *Megarreservatório de água subterrânea do Cone Sul: bases para uma política de desenvolvimento e gestão*. Curitiba: UFPR/ IDRC, 1996. 25 p.

SFB. Serviço Florestal Brasileiro. Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF). *Recursos Florestais: Os biomas e suas florestas*. 2018. Disponível em: www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/os-biomas-e-suas-florestas. Acesso em: 22 nov. 2018.

SISTEMA DE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA - SISVUCLIMA. Disponível em: www.sisvuclima.com.br. Acesso em: 4 abr. 2020.

SOUZA, C. R. G. *Brazilian scientific programs in natural disasters*. In: IDRC Davos 2010 - International Disaster and Risk Conference, Davos (Suíça), 30/05 a 03/06/2010, Extended Abstracts (e-book). 2010. p. 697-700.

UNDP - United Nations Development Programme. *Human Development Report 2016*. Washington DC, 2016. 270 p.

UNDP - United Nations Development Programme. *Human Development Indices and Indicators: 2018 Statistical Update*. Washington DC. 2018. 123 p.

ZANI, L. B. *Respostas ecofisiológicas e reprodutivas de Allagoptera arenaria (ARECACEAE) às mudanças climáticas globais em ambiente de restinga*. Universidade Federal do Espírito Santo.

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio. *Dados de produção do alumínio primário*. Série histórica obtida diretamente junto à ABAL, 2019.

ABCERAM – Associação Brasileira de Produção de Cerâmica. *Dados do setor, 2019*. Disponível em: <https://abceram.org.br/revestimento-ceramico->; <https://abceram.org.br/louca-sanitaria>. Acesso em: 9 set. 2019.

ABCM – Associação Brasileira do Carvão Mineral. *Dados de produção de carvão mineral e informações sobre minas, 2019*. Informações recebidas por e-mail em: 5 abr. 2019.

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. *Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil 2019*. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019>. Acesso em: mar. 2020.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Dados do setor, 2012*. Informações recebidas por e-mail em: 31 out. 2012.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Dados do setor, 2009*. Informações recebidas por e-mail em: 21 jul. 2009.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Dados do setor, 2020*. Contribuições recebidas via consulta pública ao Quarto Inventário Nacional em: 13 mar. 2020.

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. *Guia da Indústria Química Brasileira – 2013/2014*. São Paulo: Departamento Econômico, 2014.

ABLV – Associação Brasileira da Indústria de Lácteos Longa Vida. *Relatório Anual, 2019*. Disponível em: <http://srv20.teste.website/~ablvorg/site/wp-content/uploads/2018/09/ABLV-Relatorio-Anual-2017...pdf>. Acesso em: 1 maio 2019.

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. *Relatórios anuais*. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais> Acesso em: 15 jun. 2019.

ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal. *Anuário Estatístico*. São Paulo, 2014.

ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. *Calcário Agrícola – Brasil, 2018*. Informações recebidas por e-mail em: 19 dez. 2018.

ABRACICLO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas Ciclomotores Motonetas Bicicletas e Similares. *Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas, 2019*. Disponível em: www.abraciclo.com.br/downloads. Acesso em: 1 maio 2019.

ACRP – Airport Cooperative Research Program. *Report 64 – Handbook for Evaluating Emissions and Costs of APU's and Alternative Systems*, Transportation Research Board. Washington DC, 2012. 86 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética*. Brasília: ANA, 2009. 288 p.

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil. *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas da Aviação Civil 2019 / Ano-base 2018*. Volume único, 2020. Disponível em: www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/meio-ambiente/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-da-aviacao-civil. Acesso em: 4 maio 2020.

ANDA. *Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes 1990-2016*. São Paulo: ANDA, 2018.

ANDREAE, M. O.; MERLET, P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 15, p. 955-966, 2001.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. *Anuário da Indústria Automobilística, 2019*. Disponível em: www.anfavea.com.br/anuarios.html. Acesso em: 1 maio 2019.

ANM – Agência Nacional de Mineração. *Balança Mineral Brasileiro, 2001*. Disponível em: www.anm.gov.br/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001. Acesso em: 15 maio 2019.

ANM – Agência Nacional de Mineração. *Sumário Mineral, 2016*. Disponível em: www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral. Acesso em: 15 maio 2019.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Produção nacional de petróleo e LGN (barris), 2019*. Disponível em: www.anp.gov.br/dados-estatisticos. Acesso em: 18 jun. 2019.

BASTOS, D. F. *Emissão direta de N₂O da urina e fezes de bovinos e ovinos em sistemas pecuários do Sul do Brasil*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. 115p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

BAYER, C.; ZSCHORNACK, T.; PEDROSO, G. M.; ROSA, C. M.; CAMARGO, E. S.; BOENI, M.; MARCOLIN, E.; REIS, C. E. S.; SANTOS, D. C. A seven-year study on the effects of fall soil tillage on yield-scaled greenhouse gas emission from flood irrigated rice in a humid subtropical climate. *Soil & Tillage Research*, v. 145, p. 118-125, 2015.

BERNARDINHO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; VELOSO, M. C. C.; ROMEIRO, G. A.; SCHROEDER, P. *Torta de Filtro, Resíduo da Indústria Sucroalcooleira – Uma Avaliação por Pirólise Lenta*. *Revista Virtual Química*, v. 10, n. 3, p. Niterói, 2018.

BERNOUX, M. et al. Brazil's soil carbon stocks. *Soil Science Society of America Journal*, v. 66, p. 888-896, 2002.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D. A.; FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G.; FRIGO, E. P. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: Bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 4, p. 144-166, 2015.

BRAGA JR., R. L. C.; LANDELL, M. G. A.; SILVA, D. N.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, T. N.; THOMAZINHO JR., J. R.; SILVA, V. H. P. *Censo varietal IAC de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil – Safra 2016/17*. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), 2017.

BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: MCT, 2004.

BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Relatórios de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis, no Setor Energético*. Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCT, 2002.

BRASIL – Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Brasília: MCT, 2010.

BRASIL – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

BRASIL – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Relatórios de Referência: Emissões de Gases de Efeito Estufa na Queima de Resíduos Agrícolas*. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, 2015.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013, Ano-base 2012*. Relatório Final. Brasília, 2014.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; VERNEQUE, R. DA S.; SIQUEIRA, C. Resposta de uma espécie de braquiária a fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v. 15, n. 2, p. 195-200, 1991.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Emissões veiculares no estado de São Paulo, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/relatorios-e-publicacoes>. Acesso em: 1 maio 2019.

CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Caracterização físico-química da vinhaça – Projeto nº 9500278. *Relatório Técnico da Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de tecnologia Copersucar*. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 1995. 26 p.

ELETROS – Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos. *Estatísticas, 2019*. Disponível em: <https://eletros.org.br/indicadores>. Acesso em: 23 set. 2019.

ELIA NETO, A. *Estado da arte da vinhaça*. União da Indústria de cana-de-açúcar (UNICA). São Paulo; Piracicaba, 2016.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Árvore do conhecimento cana-de-açúcar: açúcar*. 2019. Disponível em: www.agencia.cnpia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_109_22122006154841.html. Acesso em: 7 maio 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Dados conjunturais da produção de arroz (Oryza sativa L.) no Brasil (1986 a 2018): área, produção e rendimento*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. Disponível em: www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/index.htm. Acesso em: 24 ago. 2018.

EMEP/EEA – European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. *Technical guidance to prepare national emission inventories*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. Disponível em: www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013. Acesso em: 15 dez. 2018.

EMEP/EEA – European Monitoring and Evaluation Programme/European Environment Agency. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016*. Update July, 2017. Disponível em: www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation-2016/view. Acesso em: 15 dez. 2018.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2019: Ano-Base 2018*. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019. Acesso em: 2 jun. 2019.

FABRICE, C. E. S.; SOARES FILHO, C. V.; PINTO, M. F.; PERRI, S. H. V.; CECATO, U.; MATEUS, G. P. Atributos químicos do solo, reservas orgânicas e sistema radicular de pastos degradados associada à introdução de leguminosa. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 4, p. 1721-1730, 2014.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. *Dietary energy protein and fat consumption, 2009*. Disponível em: www.fao.org/faostat/en. Acesso em: 1 maio 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FRA – Global Forest Resources Assessment. *Country Report: Brazil*. Rome: FAO, 2015. 148 p. Disponível em: www.fao.org/3/a-az172e.pdf. Acesso em: 2 fev. 2019.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Estatísticas de colheita de madeira, importação/exportação de painéis, papelão e madeira serrada do Brasil*. 2019. Disponível em: www.fao.org/faostat. Acesso em: 15 jul. 2019.

FERREIRA JUNIOR, L. G. F. et al. *Dinâmica das pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação – 2010 a 2018*. Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG). Goiânia: Universidade Federal de Goiás, out. 2020. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/243/o/Relatorio_Mapal.pdf. Acesso em: 17 dez. 2020.

FNP. Anualpec 2017: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 2017.

FNP. Anualpec 2013: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 2013.

FNP. Anualpec 2005: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 2005.

FNP. Anualpec 2001: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 2001.

FNP. Anualpec 97: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP, 1997.

FOI – Totalförsvarets forskningsinstitut (Swedish Defense Research Agency). *Base de dados de emissões de motores Turbo-hélice*. Comunicação pessoal, 2013.

FRANÇA, D. A.; LONGO, K. M.; NETO, T. G. S.; SANTOS, J. C.; FREITAS, S. R.; RUDORFF, B. F. T.; CORTEZ, E. V.; ANSELMO, E.; CARVALHO JR., J. A. Pre-harvest sugarcane burning: Determination of emission factors through laboratory measurements. *Atmosphere*, v. 3, n. 1, p. 164-180, 2012.

FRANCO, H. C. J. et al. Estoque de nutrientes em resíduos culturais incorporados ao solo na reforma de áreas com cana-de-açúcar. *Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB)*, v. 25, p. 32-36, 2007.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. *Áreas protegidas Terras Indígenas*. Obtidos em 19 e 31 de julho de 2018 pelo portal. Disponível em: www.funai.gov.br/index.php/i3geo. Acesso em: 15 set. 2018.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica*. Relatório técnico, período 2017-2018. 2019. 65 p.

GONÇALVES, D. N. S.; D'AGOSTO, M. DE A. *Future prospective scenarios for the use of energy in transportation in Brazil and GHG emissions, Business as Usual (BAU) scenario – 2050*, Final Report. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável (IBTS), 2017.

GURGEL, M. N. A. *Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado*. 114 f. Tese (doutorado em engenharia agrícola na área de concentração em águas e solos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

HASSUANI, S. J.; LEAL, M. R. L. V.; MACEDO, I. C. *Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash*. Piracicaba: PNUD Brasil; Centro de Tecnologia Canavieira, 2005.

HERRERO, M.; GRACE, D.; NJUKI, J.; JOHNSON, N.; ENAHORO, D.; SILVESTRI, S.; RUFINO, M. C. The roles of livestock in developing countries. *Animal*, v. 7, p. 3-18, 2013. Acesso em: out. 2020. DOI: 10.1017/ s1751731112001954.

HRISTOV, A. N.; OH, J.; MEINEN, R.; MONTES, F.; OTT, T.; FIRKINS, J.; ROTZ, A.; DELL, C.; ADESOGAN, A.; YANG, W.; TRICARICO, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; DIJKSTRA, J.; OOSTING, S. 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO₂ emissions. In: GERBER, P.; HENDERSON, B.; MAKKAR, H. (eds). *FAO Animal Production and Health Paper n. 177*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponível em: www.fao.org/docrep/018/i3288e/i3288e.pdf. Acesso em: out. 2020.

IABR – Instituto Aço Brasil. *Anuário Estatístico*. Produção brasileira de aço bruto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2017.

IABR – Instituto Aço Brasil. *Conteúdo de carbono dos combustíveis, 2020*. Contribuições recebidas via consulta pública ao Quarto Inventário Nacional em: 10 mar. 2020.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. *Dados do setor, 2019*. Disponível em: www.iba.org/publicacoes/relatorios. Acesso em: 13 out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IX Recenseamento Geral do Brasil – 1980*: Inquérito Especial: IE 08 – Limpeza Pública e Remoção de Lixo, 1980. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca/catalogo?view=detalhes&id=53402>. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Limpeza pública e remoção de lixo 1977 a 1983*. IBGE, DPE, 1983. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=741&view=detalhes>. Acesso em: 4 abr. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Solos do Brasil, 2001*. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso em: 1 nov. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapas de biomas e vegetação do Brasil, 2004*. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm. Acesso em: 4 fev. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário*. IBGE, 2006. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=downloads. Acesso em: 1 nov. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, 2008*. Dados para 1994, disponíveis em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=284395&view=detalhes>. Dados para 2000 e 2008, disponíveis em www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=series-historicas. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico*. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/series-temporais/series-temporais>. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira, Manuais técnicos em geociências*. Divulga os procedimentos metodológicos utilizados nos estudos e pesquisas de geociências, 2. ed. 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – PNAD, 2015*. Série histórica de 1967 a 2013, disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=759>; Série histórica de 1992 a 2015, disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=downloads. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE lança novo Mapa de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, 2016*. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-deimprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9440-ibge-lanca-novo-mapa-de-cobertura-e-usada-terra-do-brasil>. Acesso em: 5 mar. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapa de Vegetação do Brasil, 2017*. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/informacoesambientais/vegetacao/22453-cartas-1-250-000.html?=&t=acesso-ao-produto. Acesso em: 4 fev. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Industrial Anual 2002-2017*. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2017. Disponível em: www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=downloads. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Pecuária Municipal 1990-2016*. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas/brasil/2016>. Acesso em: 1 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal 1990-2016*. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 jul. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Pecuária Municipal (PPM)*. IBGE, 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acesso em: mar. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *SIDRA – Censo Agropecuário – 1996*. IBGE, 1996. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-1995-1996>. Acesso em: out. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *SIDRA – Censo Agropecuário – 2006*. Tabela 1421. IBGE, 2006. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1421>. Acesso em: out. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *SIDRA – Censo Agropecuário – 2017*. Tabela 6722. IBGE, 2006. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6722>. Acesso em: out. 2020.

IBRAVIN – Instituto Brasileiro do Vinho. *Cadastro Vinícola, 2019*. Disponível em: www.ibravin.org.br/admin/arquivos/estatisticas/1564503491.pdf. Acesso em: 1 set. 2019.

IBTS – Instituto Brasileiro de Transporte Sustentável. *Transportes no Brasil: Panorama e Cenários Prospectivos para atendimento da Contribuição Nacionalmente Determinada*. 2019.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Unidades de Conservação Federais, RPPN, Centros de Pesquisa e Coordenações Regionais*. Brasília, 2018. Disponível em: www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/geoprocessamento/DCOL/dados_vetoriais/MapaUCS_junho_2019_web.pdf.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira por satélite PRODES Amazônia*. São José dos Campos, 2019. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br>. Acesso em: 4 mar. 2020.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Projeto monitoramento Cerrado*. PRODES Cerrado. 2019. Disponível em: <http://cerrado.obt.inpe.br>. Acesso em: 20 dez. 2019

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. In: EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES, 2006.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. In: HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; CALLANDER, B. A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (eds.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 1995. 573 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUJELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2003.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). In: HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; LIM, B.; TREANTON, K.; MAMATY, I.; BONDUKI, Y.; GRIGGS, D. J.; CALLENDER, B. A. (eds.). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/OECD/IEA. Bracknell: UK Meteorological Office, 1996.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. 2000.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. In: EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES, 2006. Acesso em: out. 2020.

IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. Setor de Política Setorial. Porto Alegre, 2018.

IVO, W. D. M.; DA SILVA, E. F.; SILVA, P.; DOS SANTOS; A. K. B.; DO AMARAL, A. C.; SANTIAGO, A. Produção e decomposição de palhada em área de cultivo de cana-de-açúcar, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. In: Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE). Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, v. 35. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; VALENTIM, J. F.; RAMOS, F.; ALVES-PINTO, H. M. 2014. Intensification of cattle ranching production systems: Socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. *Animal*, v. 8, p. 1255-1263. Acesso em: out. 2020. DOI: 10.1017/s1751731114001566.

LOPES, M. L. A.; CARVALHO, L. R. F. Estimativas de Emissão de Gases Provenientes da Queima de cana-de-açúcar em Escala Regional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 32, Brasil. Proceedings. Fortaleza, 30 maio-2 jun. 2009.

MANZATTO, C. V. et al. *Mitigação das emissões de Gases de Efeitos Estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais*. Documentos / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4691; 122. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123612/mitigacao-das-emissoes-de-gases-de-efeitos-estufa-pela-adocao-das-tecnologias-do-plano-abc-estimativas-parciais. Acesso: 17 dez. 2020.

MARIANI, L. Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais no território brasileiro. Consultoria Individual 14/2019: Contratação de consultoria individual para apoiar elaboração de diagnóstico de adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais do Plano ABC. Acordo de Doação Nº 17368-BR. Projeto ABC Cerrado para o fomento da agricultura de baixa emissão de carbono no Cerrado. Out. 2019.

MARQUES, T. A.; PINTO, L. Energia da biomassa de cana-de-açúcar sob influência de hidrogel, cobertura vegetal e profundidade de plantio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 17, n. 6, 2013.

MCID – Ministério das Cidades. SNIS Série Histórica. 2018. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 1 dez. 2018.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Sistema de Inventário de Emissões de SF₆ em Sistemas Elétricos. Pesquisa em coordenação com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). 2009.

ME – Ministério da Economia. Quantidades importadas e exportadas dos vários HFCs e do SF₆. Comexstat, 2019. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 11 ago. 2019.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS. 2012. Disponível em: www.mma.gov.br/projeto-de-monitoramento-do-desmatamento-nos-biomas-brasileiros-por-sat-%C3%A9lite-pmdbbs.html. Acesso em: 2 mar. 2020.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. SINIR: Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. 2015. Disponível em: <https://sinir.gov.br/planos-de-residuos-solidos/planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso em: 1 maio 2019.

MME – Ministério das Minas e Energia. Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico e do Setor de Transformação de Não Metálicos. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília, 2019. Disponível em: www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos. Acesso em: 4 nov. 2019.

OACI – Organização da Aviação Civil Internacional. Doc 9889 Airport Air Quality Manual. 1. ed. 2011. 200 p.

OLIVEIRA, B. G. DE; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; FEIGL, B. J. Soil greenhouse gas fluxes from vinasse application in Brazilian sugarcane areas. *Geoderma*, 2013. p. 77-84.

OLIVEIRA, O. C. DE; OLIVEIRA, I. P. DE; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Chemical and biological indicators of decline/ degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 103, p. 289-300, 2004.

OMETTO, J. P. H. B. et al. The stable carbon and nitrogen isotopic composition of vegetation in tropical forests of the Amazon Basin, Brazil. *Biogeochemistry*, v. 79, p. 251-274, 2006.

PAREDES, D. DA S.; LESSA, A. C. DA R.; SANT'ANNA, S. A. C. DE; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. Nitrous oxide emission and ammonia volatilization induced by vinasse and N fertilizer application in a sugarcane crop at Rio de Janeiro, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 98, p. 41-55, 2014. DOI: 10.1007.

PICCOLO, M. C.; AUGUSTI, K. C.; NEILL, C.; FANTE, L.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Root system in tropical pasture restoration treatments in Rondônia, Brazil. In: XX International Grassland Congress, 2005, Dublin, Irlanda. XX International Grassland Congress: Offered papers, 2005.

PROZON – Programa Brasileiro de Eliminação das Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio. Revisão 1999. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/grupos-consultivos/prozon. Acesso em: 15 maio 2019.

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucoalcooleiro. Censo Varietal Brasil, 2018. Disponível em: www.ridesa.com.br/censo-varietal. Acesso em: 1 dez. 2018.

RIMA Industrial. Dados do setor, 2009. Informações recebidas por e-mail em: 5 nov. 2009.

SANTOS, R. S. M.; OLIVEIRA, I. P.; MORAIS, R. F.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Brachiaria* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 2, p. 119-124, 2007.

SESI – SERVIÇO SOCIAL DA INDÚSTRIA. Mapeamento da suinocultura brasileira. Disponível em www.abcs.org.br/informativo-abcs/2364-mapeamento-da-suinocultura-brasileira-ja-esta-disponivel-no-site-da-abcs. Acesso em: 15 jun. 2019.

SIQUEIRA NETO, M.; GALDOS, M. V.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Direct N₂O emission factors for synthetic N-fertilizer and organic residues applied on sugarcane for bioethanol production in Central-Southern Brazil. *Global Change Biology Bioenergy*, v. 8, p. 269-280. DOI: 10.1111, 2016.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. *Relatório Anual, 2013*. Disponível em: www.snic.org.br/pdf/relatorio_anual_2013-13_web.pdf. Acesso em: 17 out. 2019.

SOUSA NETO, E. R. *Fluxos de óxido nítrico (N₂O), metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) a partir de um solo cultivado com cana-de-açúcar sob diversos tratamentos culturais*. Tese (doutorado em ciências na área de química na agricultura e no ambiente) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 84 p., 2012.

SUHR, M. *et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board*. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU Integrated Pollution Prevention and control. JRC Science and Policy Reports, 2015. Disponível em: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/PP_revised_BREF_2015.pdf. Acesso em: 1 maio 2019.

TASSO JÚNIOR, L. C.; SILVA NETO, H. F.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F. Desempenho de cultivares de cana-de-açúcar nas condições de cana-planta de ano e meio (safra 2008/2009). *Ciência e Tecnologia: FATEC-JB, Jaboticabal*, v. 2, n. 1, p. 14-26, 2011.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change. *Clean Development Mechanism. Projects, 2019*. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>. Acesso em: 1 maio 2019.

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. *Produção e Acompanhamento de Safra, 2019*. Disponível em: www.unicadata.com.br. Acesso em: 1 maio 2019.

UVIBRA – União Brasileira de Vitivinicultura. *Dados estatísticos, 2019*. Disponível em: www.uvibra.com.br. Acesso em: 4 jun. 2019.

XAVIER, A. C. *Dados diários de variáveis climatológicas no Brasil, 2019*. Disponível em: <https://sites.google.com/site/alexandrecandidoxavierufes/home>. Acesso em: 20 mar. 2019.

YOKELSON, R. J.; CHRISTIAN, T. J.; KARL, T. G.; GUENTHER, A. The tropical forest and fire emissions experiment: laboratory fire measurements and synthesis of campaign data. *Atmos. Chem. Phys.*, v. 8, p. 3509-3527, 2008.

ACGIH – *Guide to Occupational Exposure Values*. Ohio, 2013.

ACOSTA SALVATIERRA, L. H. *et al.* Protected areas buffer the Brazilian semi-arid biome from climate change. *Biotropica*, 2017.

ADAPTA SERTÃO. 2018. www.adaptasertao.net.

ADELLE, C.; RUSSEL, D. Climate policy integration: a case of déjà vu? *Environ. Pol. Gov.*, v. 23, p. 1-12, 2013.

AENEY, J. M.; CHRISTENSEN, N. L.; PIMM, S. L. Reserves Protect against Deforestation Fires in the Amazon. *PLoS ONE*, v. 4, n. 4, p. e5014, 8 abr. 2009.

ADGER, W. N.; PULHIN, J. M.; BARNETT, J.; ADAMS, H.; HODDOD, J.; KENT, S.; TARAZONA, M.; PULHIN, J. *et al.* Human security. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L. *et al.* (ed.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. *Tran. R.*, v. E23, p. 755-791. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014.

ADGER, W. N.; PULHIN, J. M.; BARNETT, J.; DABELKO, G. D.; HOVELSRUD, G. K.; LEVY, M.; OSWALD SPRING, U.; VOGEL, C. H. Human security. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014. p. 755-791.

AGARD, J.; SCHIPPER, L. F. *IPCC WG II: Glossary*. [s.l.: s.n.], 2014.

AGÊNCIA BRASIL. Três Marias reduz geração por causa do nível do reservatório | Agência Brasil. 2014. Disponível em: <http://agenciabrasil.etc.com.br/economia/noticia/2014-10/hidreletrica-de-tres-marias-reduz-atividade-por-cao-de-nivel-de>.

AGRAWAL, A.; LEMOS, M. C. 2015. Adaptive development. *Nat. Clim. Chang.*, v. 5, p. 185-187.

AGUIAR, A. P. D. *et al.* Land use change emission scenarios: Anticipating a forest transition process in the Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 2016.

AHERN, M.; KOVATS, R. S.; WILKINSON, P.; FEW, R.; MATTHIES, F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiol. Rev.*, v. 27, p. 36-46, 2005.

AIE, B. M. *Sustainable Energy for All 2015: Progress Toward Sustainable Energy*. 2015.

ALFREDINI, P. *et al.* Impact of climate changes on the Santos Harbor, São Paulo State (Brazil). *Transnav*, [s. l.], v. 7, n. 4, 2013.

ALLAN, J. A. Virtual Water – the Water, Food, and Trade Nexus Useful Concept or Misleading Metaphor? *IWRA, Water International*, v. 28, n. 1, mar. 2003. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/119e/706b7fe912aa235f74d85d5635ca8c125721.pdf>.

ALLAN, J. A. Virtual Water: A Strategic Resource: Global Solutions to Regional Deficits. *Groundwater* 36, n. 4, p. 546, 1998.

ALLEN, R. G. *et al.* Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. RICHARD, G. *et al.* *FAO irrigation and drainage paper*: v. 56. [s. l.], p. 1-15, 1998.

ALLOUCHE, J.; MIDDLETON, C. E.; GYAWALI, D. *Nexus Nirvana or Nexus Nullity? A dynamic approach to security and sustainability in the water-energy-food nexus*. Brighton: Steps Centre, 2014.

ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology*, v. 43, n. 6, p. 1223-1232, set. 2006.

ALMEIDA, G. M. J. A.; SANTOS, R. B.; MORETTI, J. A.; GUIMARAES, I. S. S. A política nacional de regularização fundiária: capacidades institucionais dos municípios na implementação do Programa Federal Papel Passado e suas implicações na gestão do território. In: *XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional – ENANPUR*. São Paulo, 2017.

ALMEIDA, J. A.; SANTOS, A. S.; NASCIMENTO, M. A. O.; COSTA, J. V. S.; SILVA, D. G.; MENDES-NETTO, R. S. Fatores associados ao risco de insegurança alimentar e nutricional em famílias de assentamentos rurais. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, p. 479-488, 2017.

ALTHOFF, T. D. *et al.* Climate change impacts on the sustainability of the firewood harvest and vegetation and soil carbon stocks in a tropical dry forest in Santa Teresinha Municipality, Northeast Brazil. *Forest Ecology and Management*. 2016.

ALVALA, R. C. S. *et al.* Drought monitoring in the Brazilian Semiarid region. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, Rio de Janeiro, v. 91, supl. 1, p. e20170209, 2017.

ALVAREZ, Y. G. Variabilidade sazonal do fluxo de sal no Atlântico Oeste Tropical. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018. <http://dx.doi.org/10.224409/PGEB.2018.m.33602337863>.

AMARAL, G. F.; GUIMARÃES, D. D. *Panoramas setoriais 2030: Agropecuária*. Banco Nacional de Desenvolvimento – BNDES, 2017.

AMBRIZZI, T. et al. *Cenários regionalizados de clima no Brasil para o século XXI: projeções de clima usando três modelos regionais*. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição alterações climáticas, v. 3. 2007. p. 112.

AMBRIZZI, T. et al. *Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais*. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas – Sbf, Diretoria de Conservação da Biodiversidade, 2007.

AMBRIZZI, T. et al. The state of the art and fundamental aspects of regional climate modeling in South America. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1436, n. 1, p. 98-120, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2019. *Plano Nacional de Segurança Hídrica*. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>.

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada / Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. In: ANJOS, L. J. S.; TOLEDO, P. M. DE. Measuring resilience and assessing vulnerability of terrestrial ecosystems to climate change in South America. *PLOS ONE*, v. 13, n. 3, p. e0194654, 19 mar. 2018.

ANA. *Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA*. Brasília, 2007

ANA. SAR – Sistema de Acompanhamento de Reservatórios. 2019. Disponível em: <http://sar.ana.gov.br/MedicaoSin>.

ANA. Agência Nacional de Águas e outros. *Acordo de Cooperação Técnica 14/2016/ANA*. 2016. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20161007115402_Acordo%20de%20cooperacao%20A7%20A3a%20ANA%20CNI%20MDC.pdf.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Nota informativa – Programa Produtor de Água*. 2018. Disponível em: www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-do-portal/documentos-sip/produtor-de-agua/documentos-relacionados/1-nota-informativa-programa-produtor-de-agua.pdf.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Projeto Legado*. 2018. Disponível em: www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/ProjetoLegado.aspx.

ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual*. Brasília, 2018.

ANA. Agência Nacional de Águas. *Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada*. Brasília: ANA, 2017. 85 p.

ANA. *Atlas Irrigação*. Brasília: Agência Nacional de Águas; Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2017.

ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual*. Brasília.

ANA. *Plano Nacional de Segurança Hídrica*. Brasília.

ANDERSON, L. O.; RIBEIRO NETO, G.; CUNHA, A. P.; FONSECA, M. G.; MENDES DE MOURA, Y.; DALAGNOL, R.; WAGNER, F. H.; DE ARAGÃO, L. E. O. C. Vulnerability of Amazonian forests to repeated droughts. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*, v. 373, p. 20170411, 2018. DOI: 10.1098/rstb.2017.0411.

ANDRÉ, H. P.; SPERANDIO, N.; SIQUEIRA, R. L.; FRANCESCHINI, S. C. C.; PRIORE, S. E. Indicadores de insegurança alimentar e nutricional associados à anemia ferropriva em crianças brasileiras: uma revisão sistemática. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, p. 1159-1167, 2018.

ANEEL. *Aneel conclui revisão tarifária da Escelsa (ES), Iguaçú (SC) e Celesc (SC)*. 2004. Disponível em: www.aneel.gov.br/aneel-conclui-revisao-tarifaria-da-escelsa-es-iguacu-sc-e-celesc-sc. Acesso em: 1 mar. 2019.

ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. Parte I: Energia no Brasil e no mundo. 2005. Disponível em: www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap1.pdf. Acesso em: dez. 2019.

ANEEL. *Nota Técnica nº 31/2018-SFE/ANEEL*, Doc SIC nº 48534.001509/2018-00. 2018.

ANEEL. *Campanha de Prevenção a Queimadas Irregulares*. 2018. Disponível em: www.aneel.gov.br/campanha-queimadas.

ANEEL. *Capacidade de Geração do Brasil*. 2018. Disponível em: www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm. Acesso em: 3 nov. 2018.

ANEEL. *Geração Distribuída*. Micro e Minigeração Distribuída (REN 482/2012), Outorgas e Registros de Geração, Informações compiladas e mapa. 2018. Disponível em: www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida. Acesso em: 3 nov. 2018.

ANG, B. W.; CHOONG, W. L.; NG, T. S. Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 42, p. 1077-1093, 2015.

ANIFOWOSE, B.; LAWLER, D.M.; VAN DER HORST, D.; CHAPMAN, L. Attacks on oil transport pipelines in Nigeria: A quantitative exploration and possible explanation of observed patterns. *Applied Geography*, v. 32, n. 2, p. 636-651, 2012.

ANP. *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*. 2018. Disponível em: www.anp.gov.br/images/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario_2018.pdf.

ANP. *Dados estatísticos*. 2019. Disponível em: www.anp.gov.br/dados-estatisticos. Acesso em: 26 mar. 2020.

ARAGÃO, L. E. et al. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, [s. l.], v. 34, n. 7, p. 1-5, 2007.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature Communications*, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1-12, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-017-02771-y>.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests. *Biological Reviews*, [s. l.], v. 89, n. 4, p. 913-931, 2014.

ARAUJO, M.; OMETTO, Jean; RODRIGUES-FILHO, Saulo; BURSZYTN, Marcel; LINDOSO, DIEGO P.; LITRE, GABRIELA; GAIVIZZO, LARISA; FERREIRA, JULIA L.; REIS, RAFAEL M.; ASSAD, EDUARDO. 2019. The socio-ecological Nexus+ approach used by the Brazilian Research Network on Global Climate Change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 39, p. 62-70.

ARAUJO, M. B.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 22, n. 1, p. 42-47, 2007.

ARAUJO, M. et al. *The socio-ecological Nexus+ approach used by the Brazilian Research 4 Network on Global Climate Change*. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. in press, 2019.

ARAUJO, P. H. C.; SILVA, F. F.; GOMES, M. F. M.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J. Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região Nordeste do Brasil. *Revista Economia*, v. 45, n. 3, p. 46-57, 2014.

ARNELL, N. W.; GOSLING, S. N. The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology*, [s. l.], v. 486, p. 351-364, 2013. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169413001224.

ARNELL, N.; TOMPKINS, E. L.; ADGER, N.; DELANEY, K. *Vulnerability to abrupt climate change in Europe*. Tyndall Centre for Climate Change Research, Technical Report 34. 2005.

ARRAUT, J. M. et al. Aerial rivers and lakes: Looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. *Journal of Climate*, 2012.

ARRAUT, J. M., NOBRE, C.; BARBOSA, H. M., OBREGON, G.; MARENGO, J. Aerial Rivers and Lakes: Looking at Large-Scale Moisture Transport and Its Relation to Amazonia and to Subtropical Rainfall in South America. *J. Climate*, v. 25, p. 543-556, 2012.

ARROYO. Incorporação do nexo energia-água em um modelo de otimização da expansão do sistema energético brasileiro. Tese (doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

ARRUDA, M. C. F. Avaliação dos indicadores da política de pesca do programa zona franca verde: perspectivas econômicas e ambientais 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

ARTIOLI, F.; ACUTO, M.; MCARTHUR, J. The water-energy-food nexus: An integration agenda and implications for urban governance. *Political Geography*, Elsevier, v. 61, p. 215- 223, 2017.

ASSAD, E.; OLIVEIRA, A.; NAKAI, A.; PAVÃO, E.; PELLEGRINO, G.; MONTEIRO, J. Impactos e vulnerabilidades da agricultura brasileira às mudanças climáticas. In: BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. *Modelagem Climática e vulnerabilidades setoriais à mudança do clima no Brasil*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2016

ASSAD, E.; PINTO, H. S.; NASSAR, A.; HARFUCH, L.; FREITAS, S.; FARINELLI, B.; LUNDELL, M.; BACHION, L. C.; FERNANDES, E. C. M. *Impactos das Mudanças Climáticas na Produção Agrícola Brasileira*. LCSAR – The World Bank, 2013.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, M. H.; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F.; MACEDO JÚNIOR, C.; PELLEGRINO, G.; COLTRI, P. P. *A nova geografia da produção agrícola no Brasil*. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. p. 82.

ASSAD, E. D. *et al. Impactos das Mudanças Climáticas na produção da agricultura brasileira*. Washington.

ATALLA, T.; GUALDIS, LANZA A. A global degree days database for energy-related applications. *Energy*, v. 143, p. 1048-1055. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.10.134>.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012*: volume Brasil. [Internet]. 2. ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2013. 104 p.

AVILA, M. R. R.; MATTEDI, M. A. Desastre e território: a produção da vulnerabilidade a desastres na cidade de Blumenau/SC. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 187-202, 2017. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000200187&lng=pt&tln=pt.

AYEB-KARLSSON, S. *et al.* A people-centred perspective on climate change, environmental stress, and livelihood resilience in Bangladesh. *Sustainability Science*, v. 11, n. 4, p. 679-694, 11 jul. 2016.

AZEVEDO, SC *et al.* Analysis of the 2012-2016 drought in the northeast Brazil and its impacts on the Sobradinho water reservoir. *Remote Sensing Letters*, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 438-446, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/2150704X.2018.1437290>.

BACCINI, M.; KOSATSKY, T.; ANALITIS, A.; ANDERSON, H. R.; D'OVIDIO, M.; MENNE, B. *et al.* Impact of heat on mortality in 15 European cities: attributable deaths under different weather scenarios. *J Epidemiol Community Health*, v. 65, n. 1, p. 64-70, 2011.

BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do espírito santo e sul da Bahia. *Cienc. Florest.*, 2010. DOI: 10.5902/19805098181856

BAI, X. *et al.* Plausible and desirable futures in the Anthropocene: A new research agenda. *Global Environmental Change*, 2016.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *Acamamento de plantas na cultura da soja*. Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE). 2012.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Programa de Garantia da Atividade Agropecuária PROAGRO*. Relatório circunstanciado 2015 a 2018, 2019.

BARBA, D. *Comportamento de Vacas Leiteiras em Sistema Silvopastoril e em pleno sol em uma pequena propriedade leiteira do sudoeste do Paraná*. 21 f. Trabalho (conclusão de Curso) – Programa de Graduação em Bacharelado em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2011.

BARBIERI, A. *et al.* *Mudanças climáticas, migrações e saúde: cenários para o NEB, 2000-2050*. Financiado pelo Global Opportunities Fund – GOF, Climate Change & Energy Programme, Elaborado pelo CEDEPLAR – UFMG. 2008.

BARBIERI, A. *et al.* Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. *Population and Environment*, v. 31, n. 5, p. 344-370, 2010.

BARCELLOS, C.; XAVIER, D.; HACON, S.; ARTAXO, P.; GRACIE, R.; MAGALHÃES, M.; MATOS, V.; MONTEIRO, A. M.; FEITOSA, P. *3º Informe técnico do Observatório de Clima e Saúde: Queimadas na Amazônia e seus impactos na saúde*. Rio de Janeiro, 2019.

BARCELLOS, C.; LOWE, C. Expansion of the dengue transmission area in Brazil: the role of climate and cities. *Tropical Medicine and International Health*, v. 19, n. 2, p. 159-168, 2014.

BARCELLOS, C.; HACON, S. *et al.* Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BARNETT, J.; ADGER, W. N. Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography*, v. 26, n. 6, p. 639-655, ago. 2007.

BARROS, M. S.; GONÇALVES, K. S.; HACON, S. Reinternações hospitalares por doenças respiratórias em menores de 12 anos e as queimadas em Porto Velho – RO, na Amazônia Ocidental. *Rev. Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 8, n. 3, 2013.

BARROS, R. P.; HENRIQUES, R.; MENDONÇA, R. Desigualdade e pobreza no Brasil: retrato de uma estabilidade inaceitável. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, n. 42, fev. 2000.

BARTON, D. N. *et al.* Payments for Ecosystem Services as a Policy Mix: Demonstrating the institutional analysis and development framework on conservation policy instruments. *Env. Pol. Gov.*, v. 27, p. 404-421, 2017.

BAZILIAN, M.; ROGNER, H.; HOWELLS, M.; HERMANN, S.; ARENT, D.; GIELEN, D.; STEDUTO, P. *et al.* Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, v. 39, n. 12, p. 7896-7906, 2011.

BELIK, W. B.; CUNHA, A. R.; COSTA, L. A. Crise dos alimentos e estratégias para a redução do desperdício no contexto de uma política de segurança alimentar e nutricional no Brasil. *Planejamento e Políticas Públicas*, v. 38, p. 107-132, 2012.

BELLFIELD, H. *Water, Energy and Food Security Nexus In Latin America And The Caribbean*. Global Canopy Programme. 2015

BENDER, F. D. Mudanças climáticas e seus impactos na produtividade da cultura de milho e estratégias de manejo para minimização de perdas em diferentes regiões brasileiras. Tese (Doutorado em Curso de Pós-Graduação em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP), Piracicaba, SP, 2017.

BENTO, I. C.; ESTEVES, J. M. M.; FRANÇA, T. E. Alimentação saudável e dificuldades para torná-la uma realidade: percepções de pais/responsáveis por pré-escolares de uma creche em Belo Horizonte/MG, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva* (Online), v. 20, p. 2389-2400, 2015.

BERGIER, I. *et al.* Amazon rainforest modulation of water security in the Pantanal wetland. *Science of the Total Environment*, [s. l.], v. 619-620, p. 1116-1125, 2018.

BERGSTROM, E. *et al.* Seagrass can mitigate negative ocean acidification effects on calcifying algae. *Scientific Reports*, 2019.

BETTS, RICHARD A. *et al.* Changes in climate extremes, freshwater availability and vulnerability to food insecurity projected at 1.5 °C and 2 °C global warming with a higher-resolution global climate model. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, v. 376, 2018.

BEZERRA, G. J.; SCHLINDWEIN, M. M. Agricultura familiar como geração de renda e desenvolvimento local: uma análise para Dourados, MS, Brasil. *Interações*, v. 18, p. 3-15, 2017.

BEZERRA, T. A.; OLINDA, R. A.; PEDRAZA, D. F. Insegurança alimentar no Brasil segundo diferentes cenários sociodemográficos. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, p. 637-651, 2017.

BIASTOCH, A. et al. Increase in Agulhas leakage due to poleward shift of Southern Hemisphere westerlies. *Nature*, v. 462, p. 495-498, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature08519>.

BIGGS, E. M. et al. *Environmental livelihood security in Southeast Asia and Oceania: a water-energy-food-livelihoods nexus approach for spatially assessing change*. White paper. International Water Management Institute (IWMI), 2014.

BIGGS, E. M. et al. Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy*, v. 54, p. 389-397, 2015.

BLABER-WEGG, T.; HODBOD, J.; TOMEI, J. Incorporating equity into sustainability assessments of biofuels. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. Elsevier, 1 jun. 2015. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343515000482. Acesso em: 3 out. 2017

BLAIN, G. C.; AVILA, A. M. H.; PEREIRA, V. R. Using the normality assumption to calculate probability - based standardized drought indices: Selection criteria with emphases on typical events. *International Journal of Climatology*, [s. l.], v. 38, n. 1, 2018.

BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças climáticas e as suas vítimas. *Mercator* (Fortaleza. Online), v. 14, p. 157-172, 2015.

BLUM, R. Agricultura familiar: estudo preliminar da definição, classificação e problemática. In: TEDESCO, J. C. (org). *Agricultura familiar realidades e perspectivas*. Passo Fundo: UPF, 2001.

BOICO, V. F.; WENDLAND, E.; BATISTA, J. A. N. Assessment of the potentiometric drawdown in the Guarani Aquifer System in Bauru / SP by a model of analytical elements. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, [s. l.], v. 23, n. e2, 2018.

BOISIER, J. P. et al. Projected strengthening of Amazonian dry season by constrained climate model simulations. *Nature Climate Change*, v. 5, n. 7, p. 656, 2015.

BOLDT, J.; NYGAARD, I.; HANSEN, U. E.; TRÆRUP, S. L. M. *Overcoming barriers to the transfer and diffusion of climate technologies*. UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development, Risø DTU National Laboratory for Sustainable Energy. TNA Guidebook Series, 2012.

BOULANGER, J.-P. et al. A Europe-South America network for climate change assessment and impact studies. *Climatic Change*, v. 98, n. 3-4, p. 307-329, 2010.

BRABO, M. F.; PEREIRA, L. F. S.; SANTANA, J. V. M.; CAMPELO, D. A. V.; VERAS, G. C. Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. *Actapesca*, v. 4, p. 50-58, 2016.

BRAGAGNOLO, C. et al. Cultural Services in the Caatinga. In: *Caatinga*. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 335-355.

BRANDO, P. M. et al. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s. l.], v. 111, n. 17, p. 6347-6352, 2014.

BRASIL. *Brasil 2040* - Resumo Executivo. Secretaria de Assuntos Estratégicos/ Presidência da República, 2015. 172 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*. Sumário Executivo. Brasília, 2016. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Resumo%20Executivo_.pdf.

BRASIL. *Territórios de Cidadania*. 2008. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/3638408.pdf.

BRASIL. *Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC*. 2009. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm.

BRASIL. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: nov. 2018.

BRASIL. *Lei nº 9.478*, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. 1997.

BRASIL. *Lei nº 9.433*, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: nov. 2018.

BRASIL. *Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para Consecução do Objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. 2015. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf.

BRASIL. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*: sumário executivo. Brasília: MMA, 2016.

BRASIL. *Decreto Federal nº 5209/2004*. Diário Oficial da União de 20/09/2004. 2004.

BRASIL. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC*. Brasília, 2008. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura*: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, 2012. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf.

BRASIL. *Brasil 2040*. Resumo Executivo. Brasília, 2015. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/BRASIL-2040-Resumo-Executivo.pdf.

BRASIL. *Desafios para o monitoramento e observação dos impactos das mudanças climáticas minutas do seminário*. Diálogos Setoriais União Europeia - Brasil. Brasília, 2015. Disponível em: www.sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/publicacao_mudanca_climatica_clim0002.pdf.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimento Estratégico. *Plano Plurianual 2016-2019*. Mensagem presidencial desenvolvimento, produtividade e inclusão social. Brasília, 2015. Disponível em: www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr6/documentos-e-publicacoes/orcamento-tematico/2016/documentos-de-interesse/ppa-2016-2019-arquivo_combinado.pdf.

BRASIL. *Lei nº 13.153/2015*. Diário Oficial da União de 31/07/2015. 2015. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*: volume 1: estratégia geral: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016 / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/PNA_Volume%201.pdf.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*: Diagnóstico dos serviços de água e esgoto. Brasília, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima*: volume 2: estratégias setoriais e temáticas. 2016. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/LIVRO_PNA_Plano%20Nacional_V2_copy_copy.pdf.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima 1º Relatório de Monitoramento e Avaliação 2016-2017 e anexo*. 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/GTTm/RelatorioMonitoramento.pdf.

BRASIL. *Lei nº 13.576*, de 26.12.2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. *Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima*: sumário executivo. Brasília: MMA; 2017. 21 p. Disponível em www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/Sumario%20Executivo_copy.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. *Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima*. Brasília: MMA, 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/Publicacao_Estudo_Secas_completo.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima 1º Relatório de Monitoramento e Avaliação 2016-2017*. Anexo. 2017. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivo/80182/Relatorio/Anexo1.pdf.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Planaveg: Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério da Educação*. Brasília: MMA, 2017.

BRASIL. *Decreto nº 9.578/2018*. Diário Oficial da União de 23/11/2018. 2018. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25.

BRASIL. 2018a. Ministério do Meio Ambiente. *Programa Nacional para Conservação da Linha de Costa - PROCOSTA* [recurso eletrônico]. Brasília: MMA. Disponível em: [file:///C:/Users/sonia/Downloads/procosta%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/sonia/Downloads/procosta%20(2).pdf).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado) e Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm)*: fase 2016-2020 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Florestas e Combate ao Desmatamento. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: http://combateadesmatamento.mma.gov.br/images/contendo/Livro-PPCDam-e-PPCerrado_WEB_1.pdf.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 / Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética*. Brasília: MME/EPE, 2018. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202027_aprovado_OFICIAL.pdf.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. *Medida Provisória nº 870/2019*. 2019. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Mpv/mpv870.htm.

BRASIL. *Brasil 2040: Resumo Executivo*. Brasília, 2015.

BRASIL. *Decreto Federal nº 6.273*, de 23 de novembro de 2007. Cria, no âmbito do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN, a Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Publicada no Diário Oficial da União de 26/11/2007.

BRASIL. *Lei Federal nº 12.651*, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União de 28.5.2012, Brasil.

BRASIL. *Lei Federal nº 5.829/1972*. Cria o Instituto Nacional de Alimentação e Nutrição (INAN). Publicada no Diário oficial da União de 01/12/1972.

BRASIL. *Lei nº 11.445/2007*. Plano Nacional de Saneamento Básico, 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume III / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação*, 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano Nacional de Fortalecimento das Comunidades Extrativistas e Ribeirinhas – PLANAFE: 2017-2019 / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável*. Brasília: MMA, 2017.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do Clima*. Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015.

BRASIL. *Sistema de Informação sobre a biodiversidade Brasileira*, 2019. Disponível em: www.sibbr.gov.br/page/infografico.html.

BRASIL. *Decreto Federal nº 7.747/2012*. Diário Oficial da União de 06.06.2012. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *PROJETO URAD – Unidades de Recuperação de Áreas Degradadas e redução da vulnerabilidade climática na região Semiárida brasileira*. 2017. Disponível em: www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2017/08/PROJETO-URAD.pdf.

BRASIL. MCTI. *Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília: MCT, 2015.

BRIENEN, R. J. W. *et al.* Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, [s. l.], v. 519, n. 7543, p. 344-348, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature14283>.

BRITO, S. S. B. *et al.* Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 517-529, 2018.

BROCK, W. A.; CARPENTER, S. R. Panaceas and diversification of environmental policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 104, n. 39, p. 15206-15211, 2007.

BRONDIZIO, E. S. *et al.* Re-conceptualizing the Anthropocene: A call for collaboration. *Global Environmental Change*, v. 39, p. 318-327, 2016.

BRONDÍZIO, E. S. *et al.* *Social and health dimensions of climate change in the Amazon*. *Annals of Human Biology*, 2016. Disponível em: www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03014460.2016.1193222.

BROWN, I. F. *et al.* Monitoring fires in southwestern Amazonia Rain Forests. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, v. 87, n. 26, p. 253, 2006.

BUCKERIDGE, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 85-101, ago. 2015.

BULL, S. R.; BILELLO, D. E.; EKMANN, J.; SALE, M. J.; SCHMALZER, D. K. *Effects of climate change on energy production and use in the United States*. 2007. p. 45-80.

BURKE, M.; HSIANG, S. M.; MIGUEL, E. Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature*, v. 527, n. 7577, 2015.

BUSTAMANTE, M. M. C. *et al.* Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3, supl. 0, São Carlos, 2012.

BUSTAMANTE, M. M. C.; METZGER, J. P.; SCARIOT, A.; BAGER, A.; TURRA, A.; BARBIERI, A.; NEVES, A.; BOESING, A. L.; AGOSTINHO, A. A.; MARQUES, A. C.; DIAS, B.; GRELE, C. E. V.; CAIXETA, D.; SAWYER, D.; SCARANO, F. R.; SOUSA, F. D. R.; FERNANDES, G. W.; QUEIROZ, H.; MIRANDA, H. S.; SCHONGART, J.; QUINTÃO, J. M. B.; MARTINELLI, L. A.; GOMES, L. C.; DA CUNHA, M. C.; PIEDADE, M. T. F.; SATO, M. N.; VALE, M. M.; AQUINO, M. F. S.; VOGT, N.; MAY, P.; FEARNSIDE, P.; PRADO, R. B.; RODRIGUES, R. R.; THOMAZ, S. M.; PIVELLO, V. R.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; FARJALLA, V. F. Capítulo 3: Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In: JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; SEIXAS, C. S.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; PIRES, A. P. F.; CASTRO, P. F. D.; GADDA, T.; TOLEDO, P. (eds.). *1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. São Carlos: Cubo, 2019. p. 351.

BYERS, E. *et al.* *Global exposure and vulnerability to multi-sector climate change hotspots*. *Environmental Research Letters*, v. In Press. 2018.

CAESAR, L. *et al.* Observed fingerprint of a weakening Atlantic Ocean overturning circulation. *Nature*, v. 556, p. 191-196, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0006-5>.

CAFEICULTURA. *Próxima madrugada será ainda mais fria em São Paulo*. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/?mat=22179>. Acesso em: ago. 2019.

CALDEIRA, T. P. *Cidade de muros Crime, segregação e cidadania em São Paulo*. São Paulo: Edusp, 2000.

CALIJURI, M. C.; ALVES, M. S. A.; SANTOS, A. C. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: RIMA, 2006.

CAMPANHARO, W. *et al.* Translating Fire Impacts in Southwestern Amazonia into Economic Costs. *Remote Sensing*, v. 11, n. 7, p. 764, 29 mar. 2019.

CAMPBELL-LENDRUM, D.; WOODRUFF, R. Climate change: quantifying the health impact at national and local levels. PRÜSS-ÜSTÜN, A.; CORVALÁN, C. (eds.). *World Health Organization*. Geneva, 2007.

CAMPOS, E. J. D. *O papel dos oceanos nas mudanças climáticas globais*. 2019. Disponível em: www.io.usp.br/imagens/noticias/papel_oceanos_clima.pdf.

CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. R. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 396-404, 2010.

CARLETON, T. A.; HSIANG, S. M. *Social and economic impacts of climate*. Science, 2016.

CARLTON, E. J.; EISENBERG, J. N.; GOLDSTICK, J.; CEVALLOS, W.; TROSTLE, J.; LEVY, K. Heavy Rainfall Events and Diarrhea Incidence: The Role of Social and Environmental Factors. *Am. J. Epidemiol.*, v. 179, n. 3, p. 344-352, 2014.

CARLTON, J. E.; WOSTER, A. P.; DEWITT, P.; GOLDSTEIN, R.; LEVY, K. A systematic review and meta-analysis of ambient temperature and diarrhoeal diseases. *International Journal of Epidemiology*, v. 45, n. 1, p. 117-130, 2016.

CARMO, C. N.; ALVES, M. B.; HACON, S. S. *Impact of biomass burning and weather conditions on children's health in a city of Western Amazon region*. Air Quality, Atmosphere and Health, 2013.

CARREIRA, D.; RE'EM, A.; TARIN, M. *Natural Capital Risk Exposure of the Financial Sector in Brazil*. 2015.

CARVALHO, A. M. *et al.* Meat consumption in São Paulo - Brazil: Trend in the last decade. *PLoS ONE*, 2014.

CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. 2013. Brazil's sugar-energy industry: an analysis of varietal conditions and their technological challenges. *Revista de Economia Agrícola*, v. 60, n. 2, p. 77-90.

CASTELLO, L. *et al.* *The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems*. Conservation Letters, 2013.

CASTRO, C. N. Uma análise sobre diferentes opções de política para a agricultura irrigada no semiárido. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)*, v. 16, p. 19-30, 2017.

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. N. Agricultura familiar, assistência técnica e extensão rural e a política nacional de ATER. *Texto para Discussão (IPEA)*, v. 2343, p. 1-48, 2017.

CASTRO, C. M.; BURSZTYN, M. Climate adaptation and policy conflicts in the Brazilian Amazon: prospects for a Nexus + approach. *Climatic Change*, v. 154, p. 1-22, 2019.

CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* Global climatological features in a simulation using the CPTEC-COLA AGCM. *Journal of Climate*, v. 15, n. 21, p. 2965-2988, 2002.

CAVERO, P. A. S. *Impacto das mudanças climáticas na produtividade da cultura da soja (Glycine max (L.) Merr) na Amazônia - Estudo de caso no Município de Santarém - PA*. Tese (doutorado no Programa de pós-graduação em Clima e Ambiente) - Universidade do Estado do Amazonas, 105 p., 2016.

CCEE. *Info Leilão nº 012 - 3º Leilão de Fontes Alternativas (3º LFA)*. 2015. Disponível em: https://ccee.org.br/ccee/documentos/CCEE_350580. Acesso em: 17 nov. 2018.

CEBDS. *Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável*. 2018. Disponível em: http://cebds.org/camaras_tematicas/clima/#.

CEDEPLAR/MMA/PNUD. *Dinâmica de População e as implicações para a agenda de Planejamento Sustentável*: assentamentos urbanos e sustentabilidade. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (CEDEPLAR/UFMG), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA), 2017.

CEMADEN. *Secas e seus impactos no Brasil em 2018*. Boletim de Secas. Principais tipos de ameaças naturais no Brasil. São José dos Campos: Cemaden, 2019. Disponível em: www.cemaden.gov.br/ameacas-naturais-no-brasil. Acesso em: ago. 2019.

CEMADEN. *Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais*. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018. Disponível em: www.cemaden.gov.br/missao-do-cemaden.

CEMIG. *Usina Hidrelétrica de Três Marias*. 2019. Disponível em: www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/Nossa_Historia/Paginas/Usinas_Hidreletricas.aspx.

CENAD. *Registro de ocorrência de desastres naturais 2005-2015*. Dados gentilmente cedidos pela Coordenação de Análise de Risco do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. 2018.

CEPAL. *El estudio regional de los efectos del cambio climático en las costas de América Latina y el Caribe*. Disponível em: <https://c3a.ihcantabria.com>. Acesso em: dez. 2019.

CEPEA. *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da ESALQ/USP*. Cepea, 2018. Disponível em: www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx. Acesso em: 12 dez. 2018.

CEPED. *Atlas Brasileiro de Desastres Naturais*. Florianópolis: UFSC, 2013.

CEPED. *Grandes Desastres*. 2015.

CGEE. *Roadmap tecnológico para produção, uso limpo e eficiente do carvão mineral nacional: 2012 a 2035*. Série Documentos Técnicos. 2012.

CHEN, P. Y. *et al.* Evaluating the economic damage of climate change on global coral reefs. *Global Environmental Change*, v. 30, p. 12-20, 2015.

CHOU, S. C. *et al.* Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. *American Journal of Climate Change*, v. 3, n. 5, p. 512-525, 2014.

CHOU, S. C. *et al.* Evaluation of the eta simulations nested in three global climate models. *American Journal of Climate Change*, v. 3, n. 5, p. 438, 2014.

CNI - Confederação Nacional da Indústria. *Mudança do clima e indústria brasileira: iniciativas e recomendações estratégicas para implementação e financiamento da NDC do Brasil / Confederação Nacional da Indústria*. Brasília: CNI, 2018. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/ac/90/ac90f5bd-1dc1-40ca-8ef0-9c1dcb1cf355/mudanca_do_clima_e_industria_brasileira_web_final_270718.pdf.

CNUC/MMA. *Cadastro Nacional de Unidades de Conservação*. 2019.

COALIZAÇÃO BRASIL. *Visão 2030-2050 o futuro das florestas e da agricultura no Brasil*. 2018. Disponível em: www.coalizaobr.com.br/home/phocadownload/documentos/Visao-2030-2050-0-Futuro-das-Florestas-e-da-Agricultura-no-Brasil.pdf.

COALIZAÇÃO BRASIL. *Mudanças climáticas: riscos e oportunidades para o desenvolvimento do Brasil* propostas da coalizão Brasil clima, florestas e agricultura aos candidatos às eleições de 2018. 2018. Disponível em: www.coalizaobr.com.br/home/phocadownload/biblioteca/Propostas-da-Coalizaobrasil-aos-candidatos-as-eleicoes-2018.pdf.

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (eds.) *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. v. XIII. Gland, Switzerland: IUCN, 2016. 97 p.

COHEN, D. A. *The Other Low-Carbon Protagonists: Poor People's Movements and Climate Politics*. São Paulo: Penn Univ., 2017.

COLLISCHONN, W. *Simulação Hidrológica de Grandes Bacias*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2500/000320696.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

COLLS, A.; ASH, N.; IKKALA, N. *Ecosystem-based Adaptation: a natural response to climate change*. Gland, Switzerland: IUCN, 2009.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. A cultura do milho: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2007 a 2017. *Compêndio de estudos Conab*, v. 14, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Custo de produção*. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao. Acesso em: 15 dez. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. *Perspectivas para a agropecuária*, v. 6 - safra 2018-2019. Brasília, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Programa de Aquisição de Alimentos - PAA: Resultados das ações da CONAB em 2017. *Compêndio de estudos CONAB* (ISSN: 2448-3710), v. 13, 2018. Disponível em: www.conab.gov.br/component/k2/item/download/17418_e1ccbbb226e69b398152ab36925b4d3d+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 15 nov. 2018.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra Livre*, [s. l.], v. 1, p. 193-204, 2003.

CONTINI, E.; MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.; SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. *Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. Série Desafios do Agronegócio Brasileiro (NT2)*. EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: jul. 2019.

COOK, C.; BAKKER, K. Water security: Debating an emerging paradigm. *Global Environmental Change*, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 94-102, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011>.

COPERTINO, M. S. *et al.* Zonas Costeiras. In: NOBRE, C.; MARENGO, J. (Eds.). *Mudanças Climáticas em Rede: Um Olhar Interdisciplinar - Contribuições do Instituto de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas*. São José dos Campos: INCT, 2017. p. 608.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JUNIOR, G. B. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2015.

COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.; BURNQUIST, H. L. Impactos Socioeconômicos de Reduções nas Perdas Pós-colheita de Produtos Agrícolas no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 53, n. 3, p. 395-408, 2015.

COSTA, D. S. *Variação do nível médio do mar - técnicas para a avaliação*. [s.l.]: Escola Politécnica; São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007.

COSTA, L. C.; JUSTINO, F. B.; OLIVEIRA, L. J. C.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; LEMOS, C.F. Potential forcing of CO₂, technology and climate changes in maize (zea mays) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. *Environmental Research Letters*, v. 4, p. 1-10, 2009.

COSTA, W. F. *et al.* Bat diversity in Carajás National Forest (Eastern Amazon) and potential impacts on ecosystem services under climate change. *Biological Conservation*, 2018.

COSTANZA, R. *et al.* Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*. Elsevier, 1 dez. 2017. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041617304060#f0015. Acesso em: 14 nov. 2017.

COX, P. M. *et al.* Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 78, n. 1-3, p. 137-156, 2004.

COX, P. M. *et al.* Sensitivity of tropical carbon to climate change constrained by carbon dioxide variability. *Nature*, [s. l.], v. 494, n. 7437, p. 341-344, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature11882>.

CRAMER, W.; YOHE, G. W.; AUFFHAMMER, M.; HUGGEL, C.; MOLAU, U.; DA SILVA DIAS, M. A. F.; SOLOW, A.; STONE, D. A.; TIBIGI, L. Detection and attribution of observed impacts. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press; Cambridge; United Kingdom; New York, 2014. p. 979-1037.

CREUS, A. C. Prevenção do desperdício alimentar sob a avaliação de ciclo de vida: ferramenta e aplicação em casos práticos. Tese (doutorado no Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018, 261 p.

CRUTZEN, P. J. The Anthropocene. In: EHLERS, E.; KRAFFT, T. (eds.). *Earth System Science in the Anthropocene*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2006.

CUNHA, A. P. M. A.; BARROS, S. S.; RIBEIRO NETO, G. G.; ALVALÁ, R. C. S. As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)*. impresso, v. 41, p. 487, 2018.

CUNHA, A. P.; MARENGO, J. A.; ALVALÁ, R. C.; DEUSDARA-LEAL, K. R.; CUARTAS, L. A.; SELUCHI, M.; ZERI, M.; RIBEIRO-NETO, G.; BRODEL, E.; CUNNINGHAM, C.; COSTA, L.; MORAES, O. L. L. *Secas e seus Impactos no Brasil 2018*, n. 1. São José dos Campos: CEMADEN, jan. 2019. 19p. Disponível em: www.cemaden.gov.br/wpcontent/uploads/2019/01/Boletim_Anuual_SECAS_CEMADEN_MCTIC.pdf. Acesso em: jan. 2019.

CUNHA, A. P.; MARENGO, J. A.; ALVALÁ, R. C.; DEUSDARA-LEAL, K. R.; CUARTAS, L. A.; SELUCHI, M.; ZERI, M.; RIBEIRO-NETO, G.; BRODEL, E.; CUNNINGHAM, C.; COSTA, L.; MORAES, O. L. L. *Secas e seus Impactos no Brasil 2018*, n. 1. São José dos Campos: CEMADEN, jan. 2019. 19 p. Disponível em: www.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Boletim_Anuual_SECAS_CEMADEN_MCTIC.pdf; Principais tipos de ameaças naturais no Brasil. Disponível em: www.cemaden.gov.br/ameacas-naturais-no-brasil. Acesso em: ago. 2019.

CUNHA, D. A.; COELHO, A. B.; FÉRES, J. G.; BRAGA, M. J.; SOUZA, E. C. Irrigação como estratégia de adaptação de pequenos agricultores às mudanças climáticas: aspectos econômicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural* (Impresso), v. 51, p. 369-386, 2013.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 7, p. 735-742, 2013.

CUNHA, P. C. R.; SILVEIRA, P. M.; NASCIMENTO, J. L.; ALVES JÚNIOR, J. Manejo da irrigação no feijoeiro cultivado em plantio direto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 7, p. 735-742, 2013.

DAILY, G. C. *Nature's Services: Societal dependence on natural ecosystems*, 1997 [s.l.: s.n.].

DARELA FILHO, J. P. D. *et al.* Socio-climatic hotspots in Brazil: how do changes driven by the new set of IPCC climatic projections affect their relevance for policy? *Climatic Change*, v. 136, n. 3-4, p. 413-425, 8 jun. 2016.

DAVIDSON, E. A. *et al.* The Amazon basin in transition. *Nature*, [s. l.], v. 481, n. 7381, p. 321-328, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature10717>.

DAVIS, M. *Planeta Favela*. São Paulo: Boitempo, 2016.

DE JONG, P.; TANAJURA, C. A. S.; SANCHEZ, A. S.; DARGAVILLE, R.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Hydroelectric production from Brazil's São Francisco River could cease due to climate change and inter-annual variability. *Science of the Total Environment*, v. 634, p. 1540-53, 2018.

DE JONG, P. *et al.* Hydroelectric production from Brazil's São Francisco River could cease due to climate change and inter-annual variability. *Science of the Total Environment*, [s. l.], v. 634, p. 1540-1553, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.256>.

DE JONG, P.; BARRETO, T. B.; TANAJURA, C. A. S.; KOULOUKOU, D.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. *Renewable Energy*, v. 141, p. 390-401, 2019.

DE LIMA MOSCATI, M. C.; GAN, M. A. Rainfall variability in the rainy season of semiarid zone of Northeast Brazil (NEB) and its relation to wind regime. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 27, n. 4, p. 493-512, 2007.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PBMC. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. *Contribuição do Grupo de Trabalho*, v. 2, 2014.

DE PAULA, M. M.; KAMIMURA, Q. P.; SILVA, J. L. G. Mercados institucionais na agricultura familiar: dificuldades e desafios. *Revista de Política Agrícola*, n. 1, p. 33-43, 2014.

DEBORTOLI, N.; CAMARINHA, P. I.; MARENGO, J.; RODRIGUES, R. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disaster in the context of climate change. *Natural Hazard*, v. 8, n. 2, 2017.

DEBORTOLI, N. S. *et al.* An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards*, [s. l.], v. 86, n. 2, p. 557-582, 2017.

DEFRIES, R.; EDENHOFER, O.; HALLIDAY, A.; HEAL, G.; LENTON, T.; PUMA, M.; RISING, J.; ROCKSTRÖM, J.; RUANE, A. C.; SCHELLNHUBER, H. J.; STAINFORTH, D.; STERN, N.; TEDESCO, M.; WARD, B. *The missing economic risks in assessments of climate change impacts*. 2019.

DENALDI, R.; MORETTI, R.; PAIVA, C.; NOGUEIRA, F.; PETRAROLLI, J. Urbanização de favelas na Região do ABC no âmbito do PAC de assentamentos precários. *Cadernos Metrópole*, n. 18, 2016.

DÉQUÉ, M. *et al.* A multi-model climate response over tropical Africa at+ 2 C. *Climate Services*, v. 7, p. 87-95, 2017.

DETER/INPE. *Alerta Deter Amazonia*. Disponível em: www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5147. Acesso em: 19 set. 2019.

DI GIULIO, G. M. *et al.* Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: possibilidades e desafios. *Jornal da Ciência*, v. 24, n. 1, p. 1, 2016.

DÍAZ, S. *et al.* Assessing nature's contributions to people. *Science*, v. 359, n. 6373, p. 270-272, 2018.

DICKIE, A. *et al.* *Challenges and Opportunities for Conservation, Agricultural Production, and Social Inclusion in the Cerrada Biome*. San Francisco-CA, 2016.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Geographic shifts in climatically suitable areas and loss of genetic variability in *Dipteryx alata* ("Baru" Tree; Fabaceae). *Genetics and Molecular Research*, 2012.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* The three phases of the ensemble forecasting of niche models: geographic range and shifts in climatically suitable areas of *Utetheisa ornatrix*. *Revista Brasileira de Entomologia*, v. 54, n. 3, p. 339-349, 2010.

DINIZ-FILHO, J. A. F. *et al.* Partitioning and mapping uncertainties in ensembles of forecasts of species turnover under climate change. *Ecography*, v. 32, n. 6, p. 897-906, dez. 2009.

DOE, DICKSON, A. G.; GOYET, C. (eds.). *Handbook of Methods for the Analysis of the Various Parameters of the Carbon Dioxide System in Sea Water*. Version 2.1, Chapter 2. ORNL/CDIAC. 1994.

DONNER, S. D.; POTERE, D. The Inequity of the Global Threat to Coral Reefs. *BioScience*, v. 57, n. 3, p. 214-215, 1 mar. 2007.

DONOGHUE, M. J.; EDWARDS, E. J. Biome Shifts and Niche Evolution in Plants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 45, n. 1, p. 547-572, 2014.

DURAIAPPAN, A. K. *et al.* *Ecosystems and human well-being*. [s.l.: s.n.]. v. 5, 2005

DUTRA, R.; SZKLO, A. Assessing long-term incentive programs for implementing wind power in Brazil using GIS rule-based methods. *Renewable Energy*, v. 33, n. 12, p. 2507-2515, 2008.

ELETROBRAS. *Potencial Hidrelétrico Brasileiro em cada Estágio por Estado*. (MW). dez. 2017.

ELETROSUL, 2014. *Relatório anual e de sustentabilidade Eletrosul 2014*. Florianópolis: [s.n.], 2014. Disponível em: [www.en.eletrosul.gov.br/files/files/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade/RELATÓRIO ANUAL E DE SUSTENTABILIDADE ELETROSUL 2014\(1\).pdf](http://www.en.eletrosul.gov.br/files/files/sustentabilidade/relatorios-de-sustentabilidade/RELATÓRIO ANUAL E DE SUSTENTABILIDADE ELETROSUL 2014(1).pdf).

EMATER. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. *Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas*. Disponível em: www.emater.al.gov.br/acesso-a-informacao/lista-de-pastas/perguntas-frequentes/o-que-e-ater. Acesso em: 12 dez. 2018.

EMBRAPA. *Soja: resultados de pesquisa 2011/2012*. In: COSTAMILAN, L. M. (Org.). *Documentos*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/997373/1/2012sojaresultados20112012.pdf. Acesso em: 20 jan. 2019.

EMBRAPA. *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. Resumo Executivo, Embrapa e Unicamp, 2008. 84 p.

EMBRAPA. *Aquecimento Global e a Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil*. Resumo Executivo, Embrapa e Unicamp, 2008. 84 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. In: ALVES, E. R. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. *Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira*. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153552/1/Evolucao-da-producao.pdf>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Ação contra a mudança global do clima*. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 13. Brasília, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Pesquisa revela que família brasileira desperdiça 128 quilos de comida por ano*. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37863018/pesquisa-revela-que-familia-brasileira-desperdiça-128-quilos-de-comida-por-ano. Acesso em: 30 nov. 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Melhoramento genético de alface: desenvolvimento de linhagens do tipo americana e crespa com resistência ao calor e ao mosaico provocado por LMV*. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/37965/melhoramento-genetico-de-alface-desenvolvimento-de-linhagens-do-tipo-americana-e-crespa-com-resistencia-ao-calor-e-ao-mosaico-provocado-por-lmv. Acesso em: 14 maio 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Pesca artesanal brasileira*. Aspectos conceituais, históricos, institucionais e prospectivos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 3, Embrapa Pesca e Aquicultura. Palmas, 2014.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Pesca e Aquicultura*. Disponível em: www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/nota-tecnica. Acesso em: jul. 2019.

EMPINOTTI, V.; JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; PEREIRA, A. P.; FRANCO, C. P. *Transparência na Gestão das Águas no Brasil*. Working paper 1. São Paulo, 2014.

ENDO, A.; TSURITA, I.; BURNETT, K.; ORENCIO, P. M. A review of the current state of research on the water, energy, and food nexus. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, v. 11, p. 20-30, 2017. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S221458181501251?token=4826B691FA08E043DE-013964CE2DAF085E4115B7E0F37FC0C68B1E0282E-31A579055DC427643AD95B1F523E6E6CEBE>.

ENRIGHT, N. J. *et al.* Interval squeeze: Altered fire regimes and demographic responses interact to threaten woody species persistence as climate changes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2026*. Brasília: Ministério de Minas e Energia – MME/EPE, 2017. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro*. Web Map. EPE, 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Capítulo 3: Geração Hidrelétrica. In: *Plano Nacional de Energia 2030, PNE 2030*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, MME, 2007. p. 210.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Aspectos Fundamentais de Planejamento Energético*. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Ministério da Integração Nacional, 2005. p. 37.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balancas Energéticas Nacionais*, v. 72, n. 10, p. 61-63, 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018.pdf>.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balancas Energéticas Nacionais 2019*. Disponível em: [www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019](http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019).

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *RenovaBio: Biocombustíveis 2030 – Nota Técnica: Regras de Comercialização*. 2017.

ERIKSEN, S. H.; O'BRIEN, K. Vulnerability, poverty and the need for sustainable adaptation measures. *Climate Policy*, v. 7, n. 4, p. 337-352, 2007.

ESPINOZA, J. C. *et al.* Contrasting North-South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981-2017). *Climate Dynamics*, [s. l.], 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-018-4462-2>.

ESPINOZA, J. C. *et al.* Rainfall hotspots over the southern tropical Andes: Spatial distribution, rainfall intensity, and relations with large-scale atmospheric circulation. *Water Resources Research*, v. 51, n. 5, p. 3459-3475, 2015.

FAEMG. *Valor Bruto da Produção Agropecuária*. Disponível em: www.sistemafaemg.org.br/Conteudo.aspx?Code=72&Portal=2&ParentCode=67&ParentPath=None&ContentVersion=R. Acesso em: set. 2019.

FAHEL, M. C. X.; TELES, L. R.; CAMINHAS, D. A. Para além da renda: uma análise da pobreza multidimensional no Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Sociais (Impresso)*, v. 31, p. 1-24, 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Declaração Universal sobre Erradicação da Fome e Má Nutrição*. Item 12: As it is the common responsibility of the entire international community to ensure the availability at all times of adequate world food supplies of basic foodstuffs to sustain a steady expansion of food consumption and to offset fluctuations in productions and prices. Report of the world food conference, 5-16 nov. 1974. Roma: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO; Organização Mundial de Saúde – OMS, 1975.

FAO. 2014. *The Water-Energy-Food Nexus*. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Disponível em: www.fao.org/3/a-b1496e.pdf.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The state of world fisheries and aquaculture: meeting the sustainable development goals*. Rome, 2018b.

FAO. Food And Agriculture Organization of the United States. *FAOSTAT – Food and Agriculture Data*. 2019. Disponível em: www.fao.org/faostat/en/#home.

FAO. Full Cost Accounting.

FAO. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação; Organização Mundial de Saúde – OMS. *World Food Security: a Reappraisal of the Concepts and Approaches*. Director General's Report. Roma: FAO, 1983. Disponível em: www.ipcinfo.org/attachments/easf_pb_issue2_fs_response.pdf. Acesso em: 20 maio 2011.

FAO. *The state of food security and nutrition in the world*. Building climate resilience for food security and nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.

FAO. *The state of food security and nutrition in the world*. Safeguarding Against Economic Slowdowns and Downturns. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2019. Disponível em: www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf.

FAPESP. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. *Agrotóxicos na berlimda*. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2018/09/18/agrotoxicos-na-berlimda>. Acesso em: 6 dez. 2018.

FAPESP. *Mudanças no clima do Brasil até 2100*. Disponível em: www.agencia.fapesp.br/mudancas-no-clima-do-brasil-ate-2100/17840. Acesso em: ago. 2019.

FARACO, L. F. D. *Vulnerabilidade de pescadores paranaenses às mudanças climáticas e os fatores que influenciam suas estratégias de adaptação*. Tese (doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2012.

FAZENDA TUPÃ. 2018. Disponível em: <http://fazendatupa.com.br>.

FBMC – Fundo Brasileiro de Mudança do Clima. 2018. Disponível em: www.fbmc.com.br.

FBMC – Fundo Brasileiro de Mudança do Clima. *Proposta Inicial de Implementação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil*. 2018. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/fbec55_2a718a1f72f14907a4c99b29a850abfa.pdf

FEBRAPDP. Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação. *Área do Sistema Plantio Direto*. Disponível em: <https://febrapdp.org.br/area-de-pd>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FERNANDES, C. C.; MAZZOLA, B. G.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. Resíduos Alimentares e as Mudanças Climáticas. *Organizações e Sustentabilidade*, v. 4, p. 116-141, 2016.

FERNANDES, E. C. M.; SOLIMAN, A.; CONFALONIERI, R.; DONATELLI, M.; TUBIELLO, F. *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. LCSAR – The World Bank, 2012.

FERNANDES, K. *et al.* North Tropical Atlantic influence on western Amazon fire season variability. *Geophysical Research Letters*, 2011.

FERREIRA, M. D. P.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Inserção no mercado internacional e a produção de carnes no Brasil. *Texto para Discussão (IPEA)*, v. 2479, p. 1-50, 2019.

FERREIRA, M. E. *et al.* Modeling landscape dynamics in the central Brazilian savanna biome: Future scenarios and perspectives for conservation. *Journal of Land Use Science*, 2013.

FERREIRA, M. P.; ALVES, D. S.; SHIMABUKURO, Y. E. Forest dynamics and land-use transitions in the Brazilian Atlantic Forest: the case of sugarcane expansion. *Regional Environmental Change*, v. 15, n. 2, p. 365-377, 24 fev. 2015.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. *O engajamento público na transição energética*. Disponível em: www.fgv.br/fgvenergia/analise_comparativa_kas/files/assets/common/downloads/Paper_KAS-FGV_Port_Web.pdf. Acesso em: set. 2019.

FGV. Fundação Getúlio Vargas. *O engajamento público na transição energética*. Disponível em: www.fgv.br/fgvenergia/analise_comparativa_kas/files/assets/common/downloads/Paper_KAS-FGV_Port_Web.pdf. Acesso em: set. 2019.

FILOSO, S.; BEZERRA, M. O.; WEISS, K. C. B.; PALMER, M. A. Impacts of forest restoration on water yield: A systematic review. *PLoS ONE*, v. 12, n. 8, p. 1-26, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183210>.

FIOCRUZ. *Projeto Vulnerabilidade à Mudança do Clima*. 2018. Disponível em: <https://projetovulnerabilidade.fiocruz.br/o-projeto>.

FISCHER, E. M.; KNUITTI, R. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy-precipitation and high-temperature extremes. *Nature Climate Change*, v. 5, n. 6, p. 560, 2015.

FLEURY, M.; CHARRON, D.; HOLT, J.; ALLEN, O.; MAAROUF, A. A time series analysis of the relation of ambient temperature and common bacterial enteric infections in two Canadian provinces. *Int J Biometeorol*, v. 50, p. 385-391, 2006.

FNDE. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. *Programa Nacional de Alimentação Escolar - PNAE*. Disponível em: www.fnde.gov.br/programas/pnae. Acesso em: 10 dez. 2018.

FONSECA, P. A. M. *Influência de variáveis hidroclimáticas na ocorrência de diarreias em menores de 5 anos na Amazônia ocidental*. Manaus: [sem editor], 2018.

FRANÇA, C. G.; GROSSI, M.; MARQUES, V. O Censo Agropecuário 2006 e a Agricultura Familiar no Brasil. v. 1. 1. ed. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2009. p. 96.

FRANCA, R. R.; MENDONÇA, F. A. A cheia histórica do rio Madeira no ano de 2014: riscos e impactos à saúde em Porto Velho (RO). *Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde - Hygeia*, [s. l.], v. 11, n. 21, p. 62-79, 2015.

FRANKLIN, J. *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. 2010.

FREITAS, C. M.; SILVA, D. R. X.; SENA, A. R. M.; SILVA, E. L.; SALES, L. B. F.; CARVALHO, M. L.; et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, M. D. C. M. D. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. *Enciclopédia Biosfera-Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

FROESE, R.; SCHILLIN, J. *The Nexus of Climate Change, Land Use, and Conflicts Current Climate Change Reports*, v. 5, n. 1, p. 24-35, mar. 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-019-00122-1>.

FUNDAÇÃO BOTICÁRIO/ICLEI. *Adaptação baseada em ecossistemas: Oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas*. 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/sonia/Downloads/AbE_2015%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/sonia/Downloads/AbE_2015%20(9).pdf)

FUTURE EARTH. *Future Earth 2025 Vision*. Paris: Future Earth Secretariat, 2014. Disponível em: http://futureearth.org/sites/default/files/future-earth_10-year-vision_web.pdf.

GARCIA, J. R.; PUGA, B. P. A Política brasileira de recursos hídricos na perspectiva da economia ecológica. In: MAY, Peter (Ed.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. p. 478.

GASALLA, M. A.; ABDALLAH, P. R.; LEMOS, D. *Potential Impacts of Climate Change in Brazilian Marine Fisheries and Aquaculture*. Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture: A global analysis. 2017. p. 455-477.

GASPARRINI, A.; GUO, Y.; HASHIZUME, M.; LAVIGNE, E.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*, v. 6736, n. 14, p. 62114-0, 2015.

GASPARRINI, A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm. *Journal of Statistical Software*, v. 43, n. 8, p. 1-20, 2011. Disponível em: www.jstatsoft.org/v43/i08.

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; KENWARD, M. G. Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations. *Statistics in Medicine*, v. 31, n. 29, p. 3821-3839, 2012.

GASPARRINI, A. et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Planetary healthy*, v. 1, n. 9, 2017.

GATTI, L. V. et al. Drought sensitivity of Amazonian carbon balance revealed by atmospheric measurements. *Nature*, [s. l.], v. 506, n. 7486, p. 76-80, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/nature12957>.

GAUDERETO, G. L.; GALLARDO, A.; FERREIRA, M. L.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N.; MANTOVANI, W. *Avaliação de Serviços Ecossistêmicos na Gestão de Áreas Verdes Urbanas: Promovendo Cidades Saudáveis e Sustentáveis*. Ambiente & Sociedade (online), 2018.

GEEST, K. VAN DER et al. *The Impacts of Climate Change on Ecosystem Services and Resulting Losses and Damages to People and Society*. [s.l.: s.n.], 2019. p. 221-236.

GERHARDINGER, L. C. et al. Healing Brazil's Blue Amazon: The Role of Knowledge Networks in Nurturing Cross-Scale Transformations at the Frontlines of Ocean Sustainability. *Frontiers in Marine Science*, v. 4, 26 jan. 2018.

GHAZANI, M.; FITZGERALD, G.; HU, W.; TOLOO, G. S.; XU, Z. Temperature Variability and Gastrointestinal Infections: A Review of Impacts and Future Perspectives. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v. 15, p. 766, 2018.

GIANNINI, T. C. et al. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. *PLOS ONE*, v. 12, n. 8, p. e0182274, 9 ago. 2017.

GIANNINI, T. C. et al. Safeguarding ecosystem services: A methodological framework to buffer the joint effect of habitat configuration and climate change. *PLoS ONE*, 2015.

GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; GARÓFALO, C. A.; SARAIVA, A. M. SANTOS, I. A.; FONSECA, V. L. I. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling*, v. 244, p. 127-131, 2012.

GIORGI, F.; MEARNES, L. O. Introduction to special section: Regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 104, n. D6, p. 6335-6352, 1999.

GIZ. *ProAdapta* - Apoio para adaptação à mudança do clima. 2018. Disponível em: www.giz.de/en/worldwide/69877.html.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. João Pessoa. *Anais*. João Pessoa: ABRH, 2005.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy*, v. 36, n. 6, p. 2086-2097, 2008.

GOMES, A. F.; NOBRE, A. A.; CRUZ, O. G. Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2001-2009. *Cad. Saúde Pública* [online], v. 28, n. 11, 2012.

GOMES, L. et al. Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. *Land*, v. 8, n. 1, p. 12, 2019.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. *Evolução e Qualidade da Pecuária Brasileira*. Embrapa Gado de CORTE: nota técnica. 2017. Disponível em: www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuarica.pdf/64e8985a-5c7c-b83e-ba2d-168ffaa762ad. Acesso em: jul. 2019.

GONÇALVES, M. P.; CAMPOS, S. T.; SARTI, F. M. Políticas públicas de segurança alimentar no Brasil: Uma análise do Programa de Restaurantes Populares. *Revista Gestão & Políticas Públicas*, v. 1, p. 92-111, 2011.

GOOD, P. et al. Comparing Tropical Forest Projections from Two Generations of Hadley Centre Earth System Models, HadGEM2-ES and HadCM3LC. *Journal of Climate*, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 495-511, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00366.1>.

GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C.; ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, v. 347, n. 6229, p. 1255957, 2015.

GOVERNO DE PERNAMBUCO. *Plano Estadual de Mudanças Climáticas*. 2011. Disponível em: www.cprh.pe.gov.br/downloads/PLANO_MC_PERNAMBUCO.PDF.pdf.

GOVERNO DE PERNAMBUCO. Secretaria de Planejamento e Gestão. *Programa Chapéu de Palha*. 2018. Disponível em: www.seplag.pe.gov.br/web/cp/chapeu-de-palha-apresentacao.

GOVERNO DE SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. *Programa Nascentes*. 2018. Disponível em: www.ambiente.sp.gov.br/programanascentes.

GOVERNO DO ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. *Plano estadual de recursos hídricos do Acre*. Rio Branco: SEMA, 2012. Disponível em: www.agencia.ac.gov.br/wp-content/uploads/2017/03/PLERH_interativo_final1.pdf.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. *Pacto pelas Águas*. 2018. Disponível em: www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=3682959.

GOVERNO DO RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado do Ambiente e o Instituto Estadual do Ambiente. *Água do rio das flores*. 2018. Disponível em: <https://inea.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=7d1d0330012a4f20b36d73f51e16d375>

GOVERNO DO RIO GRANDE DO SUL & REGIONSADAPT. *Rio Grande do Sul & Regions Adapt 2016-2017 Report*. Working Group: Water resources and management. 2017. Disponível em: www.nrg4sd.org/wp-content/uploads/2017/11/RA2016REPORT_FINAL-EDITADO-1.compressed.pdf.

GRASSI NETO, R. *Segurança Alimentar: da produção agrícola à proteção ao consumidor*. v. 1. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 448 p.

GREY, D.; SADOFF, C. W. *Sink or Swim? Water security for growth and development*. v. 9. [s. l.], 2007. p. 545-571.

GRILLI, N. M. *et al.* Integrated science for coastal management: Discussion on a local empirical basis. *Ocean & Coastal Management*, v. 167, p. 219-228, jan. 2019.

GRIMM, A. M.; PAL, J. S.; GIORGI, F. Connection Between Spring Conditions and Peak Summer Monsoon Rainfall in South America: Role of Soil Moisture, Surface Temperature, and Topography in Eastern Brazil. *Journal of Climate*, v. 20, n. 24, p. 5.929-5.945, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1684.1>.

GRIMM, A. M.; ZILLI, M. T. Interannual Variability and Seasonal Evolution of Summer Monsoon Rainfall in South America. *Journal of Climate*, v. 22, n. 9, p. 2257-2275, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2008JCLI12345.1>.

GUIMARÃES, S. O.; COSTA, A. A.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; SILVA, E. M.; SALES, D. C.; ARAÚJO JÚNIOR, L. M.; SOUZA, S. G. Projeções de mudanças climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 3, p. 337-365, 2016.

GUNDERSON, L. H. Ecological Resilience - In Theory and Application. *Annu Rev Ecol Syst*, v. 31, p. 425-439, 2000.

GVces. Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV EAESP. *Plataforma Adaptaclima*. 2018. Disponível em: www.gvces.com.br/adaptaclima-objetivos/?locale=pt-br.

GVces. Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV EAESP. *Adaptação às mudanças climáticas e o setor empresarial*. 2015. Disponível em: <http://adaptacao.gvces.com.br>.

GVces. Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV EAESP. *Plataforma Empresas pelo Clima (EPC)*. 2018. Disponível em: <http://empresaspeloclima.com.br/sobre-a-epc?locale=pt-br>

HACON, S.; OLIVEIRA, B. F.; SILVEIRA, I. A Review of the Health Sector Impacts of 4 °C or more Temperature Rise. In: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SPARES, W. R. (Ed.). *Climate change risks in Brazil*. New York: Springer New York, 2018.

HACON, S. S.; OLIVEIRA, B. F. A.; SILVEIRA, I. *Climate Change Risks in Brazil: A Review of the Health Sector Impacts of 4 °C or more Temperature Rise*. NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Orgs.). UK: Springer, 2018.

HAGEMANN, N.; KIRSCHKE, S. Key issues of interdisciplinary NEXUS governance analyses: lessons learned from research on integrated water resources management. *Resources*, v. 6, p. 9, 2017. Disponível em: www.mdpi.com/2079-9276/6/1/9/htm.

HAHN, M. B. *et al.* Influence of Deforestation, Logging, and Fire on Malaria in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, v. 9, n. 1, p. e85725, 3 jan. 2014.

HAINES-YOUNG, R.; POTTSCHIN, M. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: RAFFAELLI, D. G.; FRID, C. L. J. (Eds.). *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2010.

HAJAT, S.; KOSATKY, T. Heat-related mortality: A review and exploration of heterogeneity. *Journal of Epidemiology and Community Health*, v. 64, p. 753-60, 2009.

HALLEGATTE, S.; ROZENBERG, J. Climate change through a poverty lens. *Nature Climate Change*, v. 7, n. 4, 2017.

HARARI, J.; FRANÇA, C. A. S.; CAMARGO, R. Variabilidade de longo termo de componentes de maré e do nível médio do mar. Na costa brasileira. *Afro-America Gloss News Edição*, [s. l.], v. 11, n. 1, 2007.

HARDOY, J.; PANDIELLA, G. Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. *Environment and Urbanization*, v. 21, n. 1, p. 203-224, 2009.

HASELIP, J. A.; NYGAARD, I.; HANSEN, U. E.; ACKOM, E. *Diffusion of renewable energy technologies: case studies of enabling frameworks in developing countries*. 2011.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 103, n. 435, p. 77-92, 2006.

HECHT, S. B. *Indigenous Soil Management and the Creation of Amazonian Dark Earths: Implications of Kayapó Practice*. Amazonian Dark Earths. [s.l.: s.n.], 2006

HELLER, L.; COLOSIMO, E. A.; ANTUNES, C. M. F. Environmental sanitation conditions and health impact: a case-control study. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 36, p. 41-50, 2003.

HELTBERG, R.; SIEGEL, P. B.; JORGENSEN, S. L. Addressing human vulnerability to climate change: Toward a "no-regrets" approach. *Global Environmental Change*, v. 19, n. 1, p. 89-99, fev. 2009.

HIJMANS, R. J. *et al.* *Dismo: Species distribution modeling*. R package version 1.1-4. 2017. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=dismo>. Acesso em: 7 jun. 2018.

HIRAI, W. G.; ANJOS, F. S. Estado e segurança alimentar: alcances e limitações de políticas públicas no Brasil. *Textos & Contextos*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 335-353, 2007.

HOEGH-GULDBERG, O. *et al.* Impacts of 1.5 °C Global Warming on Natural and Human Systems. In: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (Eds.). *Global Warming of 1.5 °C*. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, 2018. [s.l.: s.n.]. p. 175-311.

HOFF, H. Understanding the Nexus, background paper for the Bonn 2011 Conference. In: *The Water, Energy and Food Security Nexus - Solutions for the green Economy*. Background paper. Stockholm: SEI, 2011. 52 p.

HOFFMANN, U. *Assuring food security in developing countries under the challenges of climate change: key trade and development issues of a fundamental transformation of agriculture*. 2011. UNCTAD/OSG/DP/2011/1.

HONÓRIO, N. A.; CODEÇO, C. T.; ALVES, F. C.; MAGALHÃES, M. Temporal distribution of *Aedes aegypti* in different districts of Rio de Janeiro, Brazil, measured by two types of traps. *J Med Entomol*, v. 46, p. 1001-14, 2009.

HORTA NOGUEIRA, L. A.; MOREIRA, J. R.; SCHUCHARDT, U.; GOLDBERG, J. The rationality of biofuels. *Energy Policy*, v. 61, p. 595-598, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.112>.

HORTA, P. A.; VIEIRA-PINTO, T.; MARTINS, C. D. L.; SISSINI, M. N.; RAMLOV, F.; LHULLIER, C.; SCHERNER, F.; SANCHES, P. F.; FARIAS, J. N.; BASTOS, E.; BOUZON, J. L.; MUNOZ, P.; VALDUGA, E.; ARANTES, N. P.; BATISTA, M. B.; RIUL, P.; ALMEIDA, R. S.; PAES, E.; FONSECA, A.; SCHENKEL, E. P.; RORIG, L.; BOUZON, Z.; BARUFI, J. B.; COLEPICCOLO, P.; YOKOYA, N.; COPERTINO, M. S.; DE OLIVEIRA, E. C. Evaluation of impacts of climate change and local stressors on the biotechnological potential of marine macroalgae – A brief theoretical discussion of likely scenarios. *Brazilian J Pharmacogn*, 2012. DOI: 10.1590/S0102-695X2012005000085.

HORTA, M. A.; FONSECA, P. A.; COSTA, D.; BARCELLOS, C.; HACON, S. Temporal Relationship between Climatic Factors and the Occurrence of Dengue Fever in an Amazonian Urban Center, Brazil. *International Journal of Epidemiology & Infection*, v. 2, p. 80, 2014.

HORTA, M. A.; BRUNIERA, R.; KER, F.; CATITA, C.; FERREIRA, A. P. Temporal relationship between environmental factors and the occurrence of dengue fever. *Int J Environ Health Res*, v. 24, n. 5, p. 471-81, 2014.

HOWELLS, M.; ROGNER, H. H. Assessing integrated systems. *Nat. Clim. Change*, 2014. Disponível em: www.nature.com/articles/nclimate2180.pdf.

HUNTINGFORD, C. *et al.* Simulated resilience of tropical rainforests to CO₂-induced climate change. *Nature Geoscience*, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 268-273, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ngeo1741>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Caderno Temático 2016*. População indígena. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo agropecuário: resultados definitivos 2017*. 2019. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Municipal agricultural production census*. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Perfil dos municípios brasileiros (Munic 2017)*. Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2017. p. 106.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: ibge.gov.br. Acesso em: out. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estatísticas Sociais, 2017*. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-banco-de-midia.html?editoria=estatisticas-sociais>. Acesso em: out. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *IBGE Cidades*. 2017. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Projeção da População, 2018*. Disponível em: www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao. Acesso em: out. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Biomass do Brasil*. 2004. Disponível em: www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estudos-ambientais/15842-biomass.html?=&t=o-que-e. Acesso em: dez. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal*. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *A agropecuária puxa o PIB de 2017*. Disponível em: www.agricultura.gov.br/noticias/agropecuaria-puxa-o-pib-de-2017. Acesso em: out. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Biomass brasileiros*. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomass-brasileiros.html>. Acesso em: 2 jun. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário da Agricultura Familiar: primeiros resultados Brasil, Grandes regiões e Unidades da Federação*. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Índices Agropecuários: 1996-2003*. Estudos e Pesquisas: informação econômica, v. 3. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: segurança alimentar 2013*. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA*. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>. Acesso em: jan. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores – 2015*. Rio de Janeiro.

ICMBio. Ministério do Meio Ambiente. *Monitora programa nacional de monitoramento da biodiversidade Subprograma Terrestre Componente Florestal Relatório triênio 2014-2016*. 2018. Disponível em: www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/relatorios/monitora_subprograma_terrestre_componente_florestal_relatorio_trienio_2014_2016.pdf.

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica, 2011. Disponível em: <http://ideb.inep.gov.br/resultado>. Acesso em: nov. 2018.

IDSU – Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde, 2010. Disponível em: <http://idsu.saude.gov.br>. Acesso em: nov. 2018.

IEA – International Energy Agency. *Perspectives for the clean energy transition. The Critical Role of Building*. 2019.

IIS – Instituto Internacional para a Sustentabilidade. *Mudança do Clima, Infraestruturas Críticas no Brasil e Dano Econômico*. Sumário Executivo. 2019. Disponível em: www.iis-rio.org/media/publications/IIS-ICS_Mudanca_Clima_BaixaRes.pdf.

IISD. *The Water-Energy-Food Security Nexus: Towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management*. 2013. Disponível em: www.iisd.org/pdf/2013/wef_nexus_2013.pdf.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2019. Acesso em: 6 nov. 2019.

INPE/Queimadas. *Queimadas por Estados e Biomass*. 2020. Disponível em: http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados.

Instituto Ethos. *Fórum Clima*. 2018. Disponível em: www.ethos.org.br/conteudo/projetos/mudanca-do-clima/forum-clima-acao-empresarial-sobre-mudancas-climaticas/#.XEtQsVxKjIV.

Instituto Ethos and WWF. *Financiamento Climático para adaptação no Brasil*. Mapeamento de fundos nacionais e internacionais. 2017. 71 p. Disponível em: https://d3nehc6y19qzo4.cloudfront.net/downloads/publicacao_financiamento_climatico_compressed_1.pdf.

IPCC. In: BARROS, V. R.; FIELD, C. B.; DOKKEN, D. J.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014. p. 688.

IPCC. *Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1454. 2014.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016*. 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8326/1/cc38_nt_crescimento_e_producao_da_agricultura_brasileira_1975_a_2016.pdf.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Agenda 2030. ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável Proposta de adequação*. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8636/1/Agenda%202030%20ODS%20Metas%20Nac%20dos%20Obj%20de%20Desenv%20Susten%202018.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2018.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *O Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional na Visão de seus Conselheiros*. Relatório de Pesquisa – Projeto Conselhos Nacionais: perfil e atuação dos conselheiros. Brasília, 2012.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Produtividade cresceu 3,6% ao ano na agricultura*. 2013. Disponível em: www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=18554.

ISA. Instituto Socioambiental. 2018. Disponível em: www.socioambiental.org/pt-br/o-isa/programas/xingu.

ISO – *Hot environments*: Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). ISO Standard 7243. Geneva: International Standards Organization, 1989.

JACOBI, P.; FRACALANZA, A. P.; EMPINOTTI, V. (Org.). *Governança da Água no contexto da escassez hídrica*. v. 1. 1. ed. São Paulo: IEE/USP, 2017. 248 p.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. *Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções*. São Paulo: IEE-USP; Reconnecta, 2017.

JACOBSON, L. S. V. *et al.* Acute Effects of Particulate Matter and Black Carbon from Seasonal Fires on Peak Expiratory Flow of Schoolchildren in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, v. 9, n. 8, p. e104177, 13 ago. 2014.

JAMES, R.; WASHINGTON, R. Changes in African temperature and precipitation associated with degrees of global warming. *Climatic Change*, v. 117, n. 4, p. 859-872, 2013.

JENKINS, C. N. *et al.* Patterns of vertebrate diversity and protection in Brazil. *PLoS ONE*, 2015.

JEWELL, J.; CHERP, A.; RIAHI, K. Energy security under de-carbonization scenarios: An assessment framework and evaluation under different technology and policy choices. *Energy Policy*, v. 65, p. 743-760, 2014.

JOETZER, E.; DOUVILLE, H.; DELIRE, C.; CIAIS, P. Present-day and future Amazonian precipitation in global climate models: CMIP5 versus CMIP3. *Clim Dyn*, v. 41, n. 11-12, p. 2921-2936, 2013.

JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; SEIXAS, C. S.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; PIRES, A. P. F.; CASTRO, P. F. D.; GADDA, T.; TOLEDO, P. (eds.). 1^o Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. São Carlos: Cubo, 2019. p. 351.

JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. *Experiences from the Brazilian Atlantic Forest*: Ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, 2014.

JONG, P.; BARRETO, T. B.; TANAJURA, C. A.; KOULOUKOU, D.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Estimating the impact of climate change on wind and solar energy in Brazil using a South American regional climate model. *Renewable energy*, v. 141, p. 390-401, 2019.

KELLY, L. T.; BROTONS, L. *Using fire to promote biodiversity*. *Science*, 2017.

KERR, R. *et al.* *The Western South Atlantic Ocean in a High-CO₂ World*: Current Measurement Capabilities and Perspectives. *Environmental Management*, 2016.

KING, M. D.; GULLEDGE, J. Climate change and energy security: an analysis of policy research. *Climatic Change*, v. 123, n. 1, p. 57-68, 2014.

KISHIDA, N. *et al.* Quantitative detection of human enteric adenoviruses in river water by microfluidic digital polymerase chain reaction. *Water Science and Technology*, [s. l.], v. 70, n. 3, p. 555-560, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2014.262>.

KJELLSTROM, T. *et al.* *Climate Change and increasing heat impacts on Labor Productivity*. Mapua, New Zealand: Ruby Coast Research Centre, 2015.

KLARE, M. T. Climate Change Blowback: The Threats to Energy Security. *SAIS Review of International Affairs*, v. 35, n. 1, p. 61-72, 2015.

KLOSOWSKI, E. S. *Simulação dos Impactos das Mudanças Climáticas globais sobre os setores de Agropecuária, Floresta e Energia*: análise dos impactos das mudanças climáticas sobre o conforto térmico em aves e bovinos. Disponível em: www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Workshop_Clima100/Projeto_Simcafe_Meta_Fisica_6_Elcio_Klosowski_20130723.pdf. Acesso em: 6 abr. 2019.

KOCH, R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; KLEINSCHMIT, B. Revealing areas of high nature conservation importance in a seasonally dry tropical forest in Brazil: Combination of modelled plant diversity hot spots and threat patterns. *Journal for Nature Conservation*, 2017.

KROEGER, T. C.; KLEMZ, D.; SHEMIE, T.; BOUCHER, J. R. B.; FISHER, E.; ACOSTA, P. J.; DENNEDY-FRANK. *Assessing the Return on Investment in Watershed Conservation*: Best Practices Approach and Case Study for the Rio Camboriú PWS Program. Santa Catarina-Brasil; Arlington-VA, 2017.

KUNERT, N. *et al.* Agricultural and Forest Meteorology A revised hydrological model for the Central Amazon: The importance of emergent canopy trees in the forest water budget. *Agricultural and Forest Meteorology*, [s. l.], v. 239, p. 47-57, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.03.002>.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, E. L. Constraining the unacceptable risk of an Amazon forest dieback. *Proc Natl Acad Sci, USA*, 2017.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, E. L. Heat stress vulnerability and risk at the (super) local scale in six Brazilian capitals. *Climatic Change*, 2019.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, E. L. Limiting the high impacts of Amazon forest dieback with no-regrets science and policy action. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 46, p. 11671-11679, 13 nov. 2018.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DALLA-NORA, E. L. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. *Environment*, 2016. LAPOLA, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. *Nature Climate Change*, v. 4, n. 1, p. 27-35, 1 jan. 2014.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais. Brasília: Embrapa Milho e Sorgo, 2016.

LAPOLA, D. M. *et al.* Limiting the high impacts of Amazon forest dieback with no-regrets science and policy action, [s. l.], v. 115, n. 46, p. 11671-11679, 2018.

LE QUÉRÉ, C. *et al.* Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience*, v. 2, n. 12, p. 831, 2009.

LEAL FILHO, W. *et al.* Fostering coastal resilience to climate change vulnerability in Bangladesh, Brazil, Cameroon and Uruguay: a cross-country comparison. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 23, n. 4, p. 579-602, 22 abr. 2018.

LECUYER, O.; QUIRION, P. Can uncertainty justify overlapping policy instruments to mitigate emissions? *Ecological Economics*, v. 93, p. 177-191, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.009>.

LEHMANN, C. E. R. *et al.* Savanna Vegetation-Fire-Climate Relationships Differ Among Continents. *Science*, v. 343, n. January, p. 548-553, 2014.

LEICHENKO, R. M.; O'BRIEN, K. L. *Environmental change and globalization*: Double exposures. New York: Oxford University Press, 2008.

LEMKE, B.; KJELLSTROM, T. Calculating workplace WBGT from meteorological data: a tool for climate change assessment. *Ind Health*, v. 50, n. 4, p. 267-78, Epub, 2012.

LEMONS, M. C. Usable climate knowledge for adaptive and co-managed water governance. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 12, p. 48-52, fev. 2015.

LEMONS, M. C. *et al.* Advancing metrics: models for understanding adaptive capacity and water security. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, [s. l.], v. 21, p. 52-57, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.004>.

LENNARD, C. J. *et al.* On the need for regional climate information over Africa under varying levels of global warming. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 6, p. 060401, 2018.

LENTON, T. M. *et al.* Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 6, p. 1786-1793, 2008.

LESLIE, P.; MCCABE, J. T. Response Diversity and Resilience in Social-Ecological Systems. *Curr Anthropol*, v. 54, n. 2, p. 114-143, 2013. DOI: 10.1086/669563.

LEWIS, S. L. *et al.* The 2010 Amazon drought. *Science*, [s. l.], v. 331, n. 6017, p. 554, 2011.

LILJEGREN, J. C.; CARHART, R. A.; LAWDAY, P.; TSCHOPP, S.; SHARP, R. Modeling the wet bulb globe temperature using standard meteorological measurements. *Journal of occupational and environmental hygiene*, v. 5, n. 10, p. 645-55, 2008.

LINDOSO, D.; MARIA, J. A. Evolução da adaptação à mudança climática na agenda da ONU: vinte anos de avanços e descaminhos. *Cuadernos de Geografía; Revista Colombiana de Geografía*, Bogotá, Colômbia, v. 22, n. 2, p. 107-123, jul.-dez. 2013. ISSN 0121-215x (impreso) 2256-5442 (en línea). Disponível em: www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v22n2/v22n2a07.pdf.

LINDOSO, D.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES-FILHO, S.; NASUTI, S. Harvesting Water for Living with Drought: Insights from the Brazilian Human Coexistence with Semi-Aridity Approach towards Achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainability*, v. 10, p. 622, 2018.

LIU, Y.; STANTURF, J.; GOODRICK, S. *Trends in global wildfire potential in a changing climate*. Forest Ecology and Management, 2010.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. *Saúde em Debate*, v. 42, p. 518-534, 2018.

LOUZADA, M. L. C.; MARTINS, A. P. B.; CANELLA, D. S.; BARALDI, L. G.; LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; MOUBARAC, J. C.; CANNON, G.; MONTEIRO, C. A. Alimentos ultraprocessados e perfil nutricional da dieta no Brasil. *Revista Saúde Pública*, v. 49, n. 38, 2015.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. *Amazon Tipping Point*. Science Advances, 2018.

LUCENA, A. F. P. DE; SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R.; RODRIGUES DE SOUZA, R.; SOARES, B.; BORBA, M. C.; LEAL DA COSTA, I. V.; OLIMPIO, A.; JÚNIOR B, P.; FERREIRA DA CUNHA, S. H. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy*, v. 37, p. 879-889, 2008. DOI: 10.1016/j.enpol.2008.10.029.

LUCENA, A. F. P. *et al.* The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy*, [s. l.], v. 37, n. 3, p. 879-889, 2009. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421508006058>. Acesso em: 18 nov. 2013.

LUCENA, A. F.; HEJAZI, M.; VASQUEZ-ARROYO, E.; TURNER, S.; KÖBERLE, A. C.; DAENZER, K.; ROCHEDO, P. R.; KOBER, T.; CAI, Y.; BEACH, R. H.; GERNAAT, D. Interactions between climate change mitigation and adaptation: The case of hydropower in Brazil. *Energy*, v. 164, p. 1161-1177, 2018.

LUCENA, A. F. P.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S. Least-cost adaptation options for global climate change impacts on the Brazilian electric power system. *Global Environmental Change*, v. 20, n. 2, p. 342-350, 2010.

LUCENA, A. F. P.; SZKLO, A. S.; SCHAEFFER, R.; DE SOUZA, R. R.; BORBA, B. S. M. C.; DA COSTA, I. V. L.; JÚNIOR, A. O. P.; DA CUNHA, S. H. F. The vulnerability of renewable energy to climate change in Brazil. *Energy Policy*, v. 37, n. 3, p. 879-889, 2009.

LUO, G.; ZHANG, X. Universalization of access to modern energy services in Tibetan rural households. Renewable energy's exploitation, utilization, and policy analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 2373-2380, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2012.01.050.

MAFFI, L. Linguistic, cultural, and biological diversity. *Annual Review of Anthropology*, 2005.

MAGNAGO, L. F. S. *et al.* Do fragment size and edge effects predict carbon stocks in trees and lianas in tropical forests? *Functional Ecology*, 2017.

MAGRIN, G. *et al.* Central and South America. In: BARROS, V. R.; FIELD, C. B.; DOKKEN, D. J.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; BILLIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (Ed.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014. p. 1499-1566.

MALHI, Y. *et al.* *Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon*. Science, 2008.

MÅNSSON, A.; JOHANSSON, B.; NILSSON, L. J. 2014. Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies. *Energy*, 73, p. 1-14.

MANSUR, A. V. *et al.* An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure. *Sustainability Science*, v. 11, n. 4, p. 625-643, 2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Seguro Rural. Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural - PSR. *Relatório estatístico 2016*. 2018. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/seguro-rural/documentos-seguro-rural/ResultadoGeralPSR2016.pdf.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Zoneamento Agrícola de Risco Climático*. 2018. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/zoneamento-agricola.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural - PSR*. 2018. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuários/2017/92a-ro/psr_out2017.pdf.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Institucional*. Disponível em: www.agricultura.gov.br/acesso-a-informacao/institucional. Acesso em: 4 dez. 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Prioridades da secretaria de aquicultura e pesca com o setor açícola e pesqueiro*. Disponível em: www.agricultura.gov.br/assuntos/aquicultura-e-pesca/a-secretaria. Acesso em: set. 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Ranking da FAO mostra que uso de defensivos no Brasil é menor que em diversos países da Europa*. Disponível em: www.agricultura.gov.br/noticias/ranking-da-fao-mostra-que-uso-de-defensivos-no-brasil-e-menor-que-em-diversos-paises-da-europa. Acesso em: dez. 2019.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Relatório de Gestão: exercício 2009*. Disponível em: www.agricultura.gov.br/acesso-a-informacao/auditorias/2009/sfa-pr-parana.pdf. Acesso em: 4 dez. 2018.

MARCELLO, F.; WAINER, I.; RODRIGUES, R. R. South Atlantic Subtropical Gyre Late Twentieth Century Changes. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, v. 123, n. 8, p. 5194-5209, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2018JC013815>.

MARENGO, J. O future do clima no Brasil. *Revista USP*, São Paulo, n. 103, p. 25-32, 2014.

MARENGO, J.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climatic Change*, v. 129, p. 103-115, 2015.

MARENGO, J.; BORMA, L.; RODRIGUEZ, D.; PINHO, P.; SOARES, W.; ALVEZ, L. Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *American Journal of Climate Change*, v. 2, p. 87-96, 2013.

MARENGO, J.; SOARES, W.; SAULO, C.; NICOLINI, W. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCA Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. *Journal of Climate*, v. 17, n. 12, 2004.

MARENGO, J. *Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil*. Relatório FDBS Mudanças Climáticas e eventos extremos no Brasil. Lloyd, 2009.

MARENGO, J. A. *et al.* Increase Risk of Drought in the Semiarid Lands of Northeast Brazil Due to Regional Warming above 4 °C. In: *Climate Change Risks in Brazil*. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 181-200.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. *Journal of Climate*, 2004.

MARENGO, J. A. *et al.* Recent developments on the South American monsoon system. *International Journal of Climatology*, v. 32, n. 1, p. 1-21, 2012.

MARENGO, J. A. *et al.* Recent Extremes of Drought and Flooding in Amazonia: Vulnerabilities and Human Adaptation. *American Journal of Climate Change*, v. 2, n. 2, p. 87-96, 2013.

MARENGO, J. A. *Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a Biodiversidade: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI*. Series Biodiversidade, n. 26. MMA, 2007.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. *Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande - PB: Instituto Nacional do Semiárido, 2011.

MARENGO, J. A.; SCARANO, F. R. *Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas*. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), 2016. p. 184.

MARENGO, J.; ALVES, L. M. The 2011 intense rainfall and floods in Rio de Janeiro. In: State of the Climate in 2011. *Bull Am Meteorol Soc*, v. 93, p. S175-S177, 2012.

MARENGO, J.; TORRES, R.; ALVES, L. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, n. 3-4, p. 1189-1200, 2017.

MARENGO, J. A. *et al.* An Integrated Framework to Analyze Local Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Coastal Regions in Selsey (UK), Broward County (USA), and Santos (Brazil). *American Journal of Climate Change*, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 403-424, 2017.

MARENGO, J. A. *et al.* Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends. *Frontiers in Earth Science*, [s. l.], v. 6, p. 228, 2018. Disponível em: www.frontiersin.org/article/10.3389/feart.2018.00228.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, [s. l.], v. 90, n. 2, p. 1973-1985, 2018.

MARENGO, J. A. *et al.* The METROPOLE Project – An Integrated Framework to Analyse Local Decision Making and Adaptive Capacity to Large-Scale Environmental Change: Decision Making and Adaptation to Sea Level Rise in Santos, Brazil. In: NUNES, L.; GRECO, R.; MARENGO, J. (Ed.). *Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options*. [s.l.]: Springer, 2018. p. 302.

MARENGO, J. A.; ESPINOZA, J. C. Extreme seasonal droughts and floods in Amazonia: Causes, trends and impacts. *International Journal of Climatology*, [s. l.], v. 36, n. 3, p. 1033-1050, 2016.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, [s. l.], v. 129, n. 3-4, p. 1189-1200, 2017.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. *Revista USP*, [s. l.], n. 103, p. 25, 2015.

MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D. C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, v. 38, p. 1829-1848, 2012.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T. Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales. Proceedings of 8 ICSHMO, INPE, Foz do Iguaçu, 24-28 abr. 2006, p. 291-296.

MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climatic Change*, v. 128, p. 23-34, 2014.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Rio de Janeiro: FBDS, 2009.

MARGULIS, S.; DUBEUX, C. B. S. *Economia da Mudança do Clima no Brasil: Custos e Oportunidades*. São Paulo: IBEP, 2010.

MARRONI, E. V.; ASMUS, M. L. Historical antecedents and local governance in the process of public policies building for coastal zone of Brazil. *Ocean & Coastal Management*, v. 76, p. 30-37, maio 2013.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. *Ecological Applications*, v. 18, n. 4, p. 885-898, jun. 2008.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. M. Produção de Alimentos x Desperdícios: Tipos, causas e como reduzir as perdas na produção agrícola. *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana*, v. 9, p. 83-93, 2003.

MARTINS, E. S. P. R. *et al.* A multimethod attribution analysis of the prolonged Northeast Brazil hydrometeorological drought (2012-16). *Bulletin of the American Meteorological Society*, [s. l.], v. 99, n. 1, 2018.

MARTINS, I. M.; GASALLA, M. A. *Perceptions of climate and ocean change impacting the resources and livelihood of small-scale fishers in the South Brazil Bight*. Climatic Change, 2018.

MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; DIAS, C. G. Maize yield under a changing climate in the Brazilian Northeast: impacts and adaptation. *Agricultural Water Management*, v. 260, p. 339-350, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.011>.

MARTINS, M. A.; TOMASELLA, J.; RODRIGUEZ, D. A.; ALVALA, R. C. S.; GIAROLLA, A.; GAROFOLLO, L. L.; SIQUEIRA JUNIOR, J. L.; PAOLICCHI, L. T. L. C.; PINTO, G. L. N. Improving drought management in the Brazilian semiarid through crop forecasting. *Agricultural Systems*, v. 160, p. 21-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.11.002>.

MARTINS, N. P.; ASSAD, E. D. *Impactos econômicos das possíveis alterações climáticas na cultura do feijão nos estados de Goiás e Minas Gerais*. XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007.

MARU, Y. T. *et al.* A linked vulnerability and resilience framework for adaptation pathways in remote disadvantaged communities. *Global Environmental Change*, v. 28, p. 337-350, 2014.

MASCARENHAS, M. D. M.; VIEIRA, L. C.; LANZIERI, T. M.; LEAL, A. P. R.; DUARTE, A. F.; HATCH, D. L. Poluição atmosférica devido à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil. *Jornal Brasileiro e Pneumologia*, v. 34, n. 1, p. 46-46, 2008.

MATTISON, K.; BIDAVID, S. Analytical Methods for Food and Environmental Viruses. *Food and Environmental Virology*, [s. l.], v. 1, n. 3-4, 2009.

MC – Ministério das Cidades. *Projeto Gides*. 2018. Disponível em: www.cidades.gov.br/gides/#.

MCMANUS, C. M.; CANOZZI, M. E. A.; BARCELLOS, J. O. J.; PAIVA, S. R. Pecuária e mudanças climáticas. *Revista UFG (Impresso)*, v. 13, p. 73-84, 2012.

MCMICHAEL, A. J.; LINDGREN, E. Climate change: present and future risks to health, and necessary responses. *Journal of Internal Medicine*, v. 270, n. 5, p. 401-413, 2011.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil*. 2016. 590 p.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *3ª Edição das estimativas anuais de emissões do Brasil*. Brasília, 2017.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Brasil agroecológica: Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo: 216-2019; Câmara Interministerial de Agroecologia e Produção Orgânica*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2016. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/PLANAPO_2016_2019.pdf.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Você sabe quais as diferenças entre o SEAF e o Garantia-Safra?* 2018. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-seaf/cobertura-padr%C3%A3o-do-seaf.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Plano Safra da Agricultura Familiar 2016-2017. Alimentos Saudáveis para o Campo e a Cidade*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/cartilha_plano_safra_2016_2017_1.pdf. Acesso em: nov. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAF)*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/miss%C3%A3o-vis%C3%A3o-e-valores. Acesso em: dez. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAF). Garantia-Safra*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-garantia/sobre-o-programa. Acesso em: dez. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAF). SEAF atinge mais de 300 mil assegurados*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/noticias/seaf-atinge-marca-de-300-mil-segurados. Acesso em: dez. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Assistência Técnica e Extensão Rural*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/noticias/assist%C3%Aancia-t%C3%A9cnica-e-extens%C3%A3o-rural. Acesso em: 12 dez. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Programa de Aquisição de Alimentos – PAA*. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-paa/sobre-o-programa. Acesso em: dez. 2016.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Seguro da Agricultura Familiar – SEAF*. 2018. Disponível em: www.mda.gov.br/sitemda/secretaria/saf-seaf/sobre-o-programa.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Plano Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica – Planapo*. 2018. Disponível em: www.mda.gov.br/planapo.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. *Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação*. 2013. Disponível em: <https://cetesp.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/industria.pdf>.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. *Plano Regional de Desenvolvimento do Nordeste*. Brasília, 2011. Acesso em: jan. 2020.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. *Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Mais orgânicos na mesa do brasileiro em 2017*. Disponível em: <http://mds.gov.br/caisan-mds/noticias/2017/janeiro/mais-organicos-na-mesa-do-brasileiro-em-2017>. Acesso em: jan. 2017.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. *Pesquisa painel de mobilidade ocupacional e acesso a programas sociais: apresentação e contribuições metodológicas*. Cadernos de estudos: desenvolvimento social em debate, n. 21. 2015.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. *Programa de Aquisição de Alimentos – PAA*. Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/programa-de-aquisicao-de-alimentos-paa>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. *SUS – Sistema Único de Saúde*. Disponível em: www.mds.gov.br/webarquivos/legislacao/seguranca_alimentar/_doc/portarias/1991/Portaria%20CVS-15-%20de%2007%20de%20novembro%20de%201991.pdf. Acesso em: dez. 2018.

MDSA – Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário. *Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. PLANASAN 2016-2019*. Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. Brasília, fev. 2017.

MDSA¹ – Ministério Desenvolvimento Social e Agrário. *Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – PLANASAN 2016-2019*. Brasília, 2017. Disponível em: www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/caisan/plansan_2016_19.pdf.

MEA – Millenium Ecosystem Assessment. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, 2005. DOI: www.maweb.org.

MEC – Ministério da Educação. *Cartilha Nacional da Alimentação Escolar*. Brasil, 2014. Disponível em: www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/960.pdf.

MEDEIROS, R.; YOUNG, C. E. *Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional*. Relatório Final, 2011.

MELO, F. P. L. et al. Priority setting for scaling-up tropical forest restoration projects: Early lessons from the Atlantic forest restoration pact. *Environmental Science and Policy*, 2013.

MELO, M. C. R. *Políticas públicas brasileiras de biocombustíveis: estudo comparativo entre os programas de incentivos à produção, com ênfase em etanol e biodiesel*. Dissertação (mestrado em Biocombustíveis) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 86 p., 2018.

MENEZES, J. A. et al. Mapping human vulnerability to climate change in the Brazilian Amazon: The construction of a municipal vulnerability index. *Plos One*, [s. l.], v. 13, n. 2, p. e0190808, 2018. Disponível em: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0190808>.

MEREL, S. et al. State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environment International*, [s. l.], v. 59, p. 303-327, 2013. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412013001311.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. *The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios*. International Soil and Water Conservation Research, 2013.

MESQUITA, L. F. G.; LINDOSO, D.; RODRIGUES FILHO, S. Crise hídrica no Distrito Federal: o caso da bacia do Rio Preto. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 23, n. 14, p. 307-326, 2018.

MI – Ministério de Integração Nacional. *Projeto de Integração do Rio São Francisco*. 2018. Disponível em: www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/o-andamento-das-obras.

MICKWITZ, P.; BECK, S.; JENSEN, A.; BRANTH PEDERSEN, A.; AIX, F.; CARSS, D.; FERRAND, N.; GÖRG, C.; KIVIMAA, P.; KUHLLICKE, C.; KUINDERSMA, W.; MÁÑEZ, M.; MELANEN, M.; MONNI, S.; REINERT, H.; VAN BOMMEL, S. Climate Policy Integration as a Necessity for an Efficient Climate Policy. Paper Presented at the 9th European Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change. Volendam, 2-4 dez. 2009.

¹ O Ministério do Desenvolvimento Social e Agrário foi extinto e suas políticas passam a ser executadas pela Secretaria Especial do Desenvolvimento Social, integrante do Ministério da Cidadania.

MIKOSZ, L. *Sendai framework indicators for disaster risk reduction in Brazil: Initial conditions, feasibility analysis, and understanding the risks*. Dissertação (Mestrado) – Water-related Disaster Management Course. National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Tokyo, Japan, 2017.

MILHORANCE, C.; BURSZTYN, M. *Climate adaptation and policy conflicts in the Brazilian Amazon: prospects for a Nexus + approach*. Climatic Change, 2019.

MILHORANCE, C.; SABOURIN, E.; CHECHI, L. *Adaptação às mudanças climáticas e integração de políticas públicas no semiárido pernambucano*. Texto para Discussão Série Working Papers n. 2. 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystem and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press. 2005. DOI: www.maweb.org.

MINANG, P. A.; VAN NOORDWIJK, M. Design challenges for achieving reduced emissions from deforestation and forest degradation through conservation: leveraging multiple paradigms at the tropical forest margins. *Land Use Policy*, v. 31, p. 61-70, 2013.

MINISTÉRIO DA CIDADANIA. *Programa Fomento Rural*. 2018. Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/programa-fomento-rural>.

MINISTÉRIO DA CIDADANIA. Secretaria Especial do Desenvolvimento Social. *SISAN: Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional*. Disponível em: <http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/direito-a-alimentacao/sistema-nacional-de-seguranca-alimentar-e-nutricional-sisan>. Acesso em: set. 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME. *O perfil da Extrema Pobreza no Brasil com base nos dados preliminares do universo do Censo 2010*. 2011. Disponível em: www2.maringa.pr.gov.br/diagnosticosocial/perfil_extrema_pobreza.pdf.

MIRANDA, D. L. R.; GOMES, B. M. A. Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar: trajetórias e desafios no vale do ribeira, Brasil. *Sociedade & Natureza*, v. 28, n. 3, p. 397-408, 2016.

MITIDIERO JUNIOR, M. A.; BARBOSA, H. J. N.; SA, T. H. Quem produz comida para os brasileiros? 10 anos do censo agropecuário 2006. *Revista Pegada Eletrônica* (online), v. 18, p. 7-77, 2018.

MITTERMEIER, R. A.; ROBLES-GIL, P.; MITTERMEIER, C. G. (eds.). *Megadiverse Countries*. [s.l.: s.n.], 1997.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Projeto Biodiversidade e Mudanças Climáticas na Mata Atlântica*. 2015. Disponível em: file:///C:/Users/sonia/Downloads/projeto_biodiversidade_e_mudanas_climticas_na_ma_2015-08-12.pdf.

MMA. *Plano Nacional de Recursos Hídricos para 2016-2020*. 2016. Disponível em: www.academia.edu/8204144/Climate_policy_integration_as_a_necessity_for_an_efficient_climate_policy.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *Portaria 150/2016*. 2016 https://seguro.mprj.mp.br/documents/112957/15506385/PORTARIA_N_150_DE_10_DE_MAIO_DE_2016.pdf.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. *MacroZEE da Amazônia Legal*. 2018. Disponível em: www.mma.gov.br/gestao-territorial/zonamento-territorial/macrozee-da-amaz%C3%B4nia-legal.html.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. 2018. Disponível em: www.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.

MMA. *Brasil: 5º Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica*. Brasília: [s.n.], 2016.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Pesca para o futuro?* Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/205/_publicacao/205_publicacao29112010050729.pdf. Acesso em: jun. 2019.

MMA. *s/d. Resumo Executivo Planos Estaduais do Programa Água Doce 2010-2019*. Disponível em: www.mma.gov.br/images/arquivos/agua/agua_doce/2018/resumo_executivo_PAD-1.pdf.

MMA. *Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

MME – Ministério das Minas e Energia. Casa Civil. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono (Plano MBC)*. 2013. Disponível em: www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00006220.pdf.

MME/EPE – Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2026*. Brasília: MME/EPE, 2017. Disponível em: www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896.

MME/EPE – Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Energia 2027*. Brasília: MME/EPE, 2018. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE_2027_aprovado_OFICIAL.pdf.

MONTEIRO, C. A. A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 7-20, 2003.

MORAES, V. D.; MACHADO, C. V. O Programa Bolsa Família e as condicionalidades de Saúde: desafios da coordenação intergovernamental e intersetorial. *Saúde em Debate*, v. 41, p. 129-143, 2017.

MORAIS, D. C.; DUTRA, L. V.; FRANCESCINI, S. D. C. C.; PRIORE, S. E. Insegurança alimentar e indicadores antropométricos, dietéticos e sociais em estudos brasileiros: uma revisão sistemática. *Cien Saúde Colet*, v. 19, n. 5, p. 1475-1488, 2014.

MOREIRA, J. M.; ESPARTA, R. *Energy security. Brazil: A country profile on sustainable energy development*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2006. p. 153-174.

MORICE, C. P. *et al.* Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 data set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 117, n. D8, 2012.

MOTTA, R. S. *The Economics of Biodiversity in Brazil: the case of forest*. Brasília: [s.n.], 2015.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. *1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura*. Associação Cultural e Educacional Brasil – ACEB. 2014. 136 p.

MS – Ministério da Saúde. *Datasus*. 2019. Disponível em: www.datasus.saude.gov.br. Acesso em: jan. 2020.

MS – Ministério da Saúde. *Plano Setorial da Saúde para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima*. Brasília, 2013. Disponível em: <http://pdsitoral.com/wp-content/uploads/2018/02/PSdaSaude.pdf>.

MS – Ministério da Saúde. *Programa nacional de vigilância da qualidade da água para consumo humano: indicadores institucionais 2014 e 2015*. Brasília, 2016. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/novembro/18/Relatorio-situacional--Indicadores-Institucionais-2014-e-2015-.pdf>.

MT/MC – Ministério dos Transportes. Ministério das Cidades. *Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM)*. 2013. Disponível em: http://euroclimaplus.org/intranet/_documents/repositorio/Transporte%20y%20de%20Movilidad%20Urbana_2013Brasil.pdf.

MUEHER, D. Brazilian coastal vulnerability to climate change. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 5, n. 2, p. 173-183, 2010.

MUKHEIBIR, P. Potential consequences of projected climate change impacts on hydroelectricity generation. *Climatic Change*, v. 121, n. 1, p. 67-78, 2013.

MULLER, M. The 'Nexus' As a Step Back towards a More Coherent Water Resource Management Paradigm. *Water Alternatives*, v. 8, n. 1, p. 675-694, 2015. Disponível em: www.water-alternatives.org/index.php/all-abs/271-a8-1-4/file.

MUÑOZ, P. T.; SÁEZ, C. A.; MARTÍNEZ-CALLE JAS, M. B.; FLORES-MOLINA, M. R.; BASTOS, E.; FONSECA, A.; HORTA, P. A. Short-term interactive effects of increased temperatures and acidification on the calcifying macroalgae *Lithothamnion crispatum* and *Sonderophycus capensis*. *Aquatic botany*, v. 148, p. 46-52, 2018.

MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000.

NAMIAS, J. Influence of northern hemisphere general circulation on drought in Northeast Brazil. *Tellus*, v. 24, p. 336-343, 1972.

NASCIMENTO, N.; PEREIRA, G. Cenário das Exportações Brasileiras de Soja: Uma Análise do Mercado Chinês. *Caderno Científico CECIESA-Gestão*, v. 3, p. 11, 2017.

NAUMOVA, E. N.; JAGAI, J. S.; MATYAS, B.; DEMARIA, A.; MACNEILL, I. B.; GRIFFITHS, J. K. Seasonality in six enterically transmitted diseases and ambient temperature. *Epidemiol Infect*, v. 135, p. 281-292, 2007.

NETO, A. R.; DA PAZ, A. R.; MARENGO, J. A.; CHOU, S. C. Hydrological Processes and Climate Change in Hydrographic Regions of Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 8, p. 1103-1127, 2016.

NIKULIN, G. et al. The effects of 1.5 and 2 degrees of global warming on Africa in the CORDEX ensemble. *Environmental Research Letters*, v. 13, n. 6, p. 065003, 2018.

NOBRE, A. D. *O futuro climático da Amazônia*. São Paulo: [s.n.], 2014. Disponível em: www.socioambiental.org/sites/blog.socioambiental.org/files/futuro-climatico-da-amazonia.pdf.

NOBRE, C. *Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. São Paulo: CPTEC/ INPE, 2007.

NOBRE, C. A.; SELLERS, P. J.; SHUKLA, J. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change. *J. Climate*, v. 4, p. 957-988, 1991.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s. l.], v. 113, n. 39, p. 10759-10768, 2016.

NOBRE, C. A. et al. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, n. 39, p. 10759-68, set. 2016.

NOBRE, C. A. et al. Some Characteristics and Impacts of the Drought and Water Crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 8, n. 2, p. 252-262, 2016.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, L. A.; ALVES, L. M. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. *Journal of Water Resource and Protection*, v. 8, n. 2, p. 252, 2016.

NOBRE, P. et al. Climate simulation and change in the Brazilian Climate Model. *Journal of Climate*, v. 26, n. 17, p. 6716-6732, 2013.

NOBRE, P.; MALAGUTTI, M.; URBANO, D. F.; ALMEIDA, R. A. F.; GIAROLLA, E. Amazon Deforestation and climate change in a coupled model simulation. *Journal of Climate*, v. 22, n. 21, p. 5686-5697, 2009.

NÓBREGA, M. T. et al. Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. *Hydrology and Earth System Sciences*, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 585-595, 2011. Disponível em: www.hydrol-earth-syst-sci.net/15/585/2011/hess-15-585-2011.pdf. Acesso em: 18 nov. 2013.

NOGUEIRA, E. M. et al. Carbon stocks and losses to deforestation in protected areas in Brazilian Amazonia. *Regional Environmental Change*, v. 18, n. 1, p. 261-270, 21 jan. 2018.

NOVAES, R. L. M.; FELIX, S.; SOUZA, R. DE F. Save Caatinga from drought disaster. *Nature*, 2013.

NOVAIS, S. M. A.; NUNES, C. A.; SANTOS, N. B.; D'AMICO, A. R.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M.; BRAGA, R. F.; NEVES, A. C. O. Correction: Effects of a Possible Pollinator Crisis on Food Crop Production in Brazil. *PLOS ONE*, v. 13, n. 5, p. e0197396, 2016.

O'NEILL, B. C. et al. IPCC reasons for concern regarding climate change risks. *Nature Climate Change*, v. 7, n. 1, 2017.

OECD. *Water Security for Better Lives*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: www.oecd-ilibrary.org/environment/water-security_9789264202405-en.

OJIMA, R. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. *Caderno Metrôpoles*, São Paulo, v. 15, n. 29, p. 35-54, 2013.

OJIMA, R.; FUSCO, W. Migração no Semiárido Setentrional: Dinâmica recente, retorno e políticas sociais. *Revista Mediações*, Londrina, v. 22, n. 1, 2017.

OJIMA, R.; FUSCO, W. Nos caminhos para o Nordeste: reflexões sobre os impactos diretos e indiretos da migração de retorno no período recente. *Redes* (St. Cruz Sul, Online), v. 20, n. 2, p. 48-62, 2015.

OLIVEIRA ALVES, N. et al. Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 10937, 7 dez. 2017.

OLIVEIRA, A. R.; BRAGA, M. B. *Florescimento e acamamento de cultivares de cana-de-açúcar submetidas a diferentes lâminas de irrigação*. Embrapa Semiárido-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2011.

OLIVEIRA, L. J. C. *Mudanças climáticas e seus impactos nas produtividades das culturas do feijão e do milho no Estado de Minas Gerais*. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C. M.; SOUZA, I. J.; LINK, T. T.; BOTTEGA, E. L. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 12, n. 2, p. 110-121, 2018.

OLIVEIRA, Z. B.; SILVA, C. M.; SOUZA, I. J.; LINK, T. T.; BOTTEGA, E. L. Cenários de mudanças climáticas e seus impactos na produção leiteira no sul do Brasil. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v. 12, n. 2, p. 110-121, 2018.

OLIVERAS, I.; MALHI, Y. *Many shades of green: The dynamic tropical forest-savanna transitions*. Philosophical Transactions. Series B, Biological Sciences, 2016.

OLSON, D. M. et al. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience*, v. 51, n. 11, p. 933, 2001.

OLSSON, L.; OPONDO, M.; TSCHAKERT, P.; AGRAWAL, A.; ERIKSEN, S. H.; MA, S.; PERCH, L. N.; ZAKIELDEEN, S. A. Livelihoods and Poverty. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L. et al. (eds.). *Tran. R.*, v. E1421, p. 793-832. Cambridge: United Kingdom; New York: Cambridge University Press, 2014.

OMETTO, J. P.; GADDA, T.; TOLEDO, P.; PIRES, A. F. P.; AMARAL, A. G.; SIQUEIRA, M. F.; GONDIM, L.; AFFE, H. M. J.; CARNAVAL, A. C.; ANJOS, L.; LAPOLA, D.; VALLE, M.; RANDOW, C.; TEJADA, G.; DOMINGUES, T. F.; LOYOLA, R. Interações entre Natureza e Sociedade: trajetórias do presente ao futuro. In: *1ª diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos*. 2018. p. 46.

OMETTO, J. P. et al. *Amazon forest biomass density maps: Tackling the uncertainty in carbon emission estimates*. *Climatic Change*, 2014.

OMETTO, J. P.; SOUSA-NETO, E. R.; TEJADA, G. Land use, land cover and land use change in the Brazilian Amazon (1960-2013). In: *Interactions Between Biosphere, Atmosphere and Human Land Use in the Amazon Basin*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2016. p. 369-383.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Diagrama Esquemático das Usinas Hidroelétricas do SIN na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco*. set. 2018. Disponível em: www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas. Acesso em: jan. 2019.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Balanco de energia*. 2019. Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/energia-agora/balanco-de-energia>. Acesso em: mar. 2019.

OPAS. *Manejo da desnutrição grave: um manual para profissionais de saúde de nível superior (médicos, enfermeiros, nutricionistas e outros) e suas equipes de auxiliares*. Brasília, 2000. 61 p. Disponível em: www.opas.org.br/cedoc/hpp/ml04/0003.pdf.

OPPENHEIMER, M. et al. *Emergent Risks and Key Vulnerabilities*. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. p. 1039-1099.

OPPERMAN, J. J.; GALLOWAY, G. E.; FARGIONE, J.; MOUNT, J. F.; RICHTER, B. D.; SECCHI, S. Sustainable Floodplains Through Large-Scale Reconnection to Rivers. *Science*, v. 326, n. 5959, p. 1487-1488, 2009.

OSTROM, E. (ed.). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press: Princeton-NJ, 2005.

OSTROM, E. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, v. 325, n. 5939, p. 419-422, jul. 2009.

OZMENT, S.; DIFRANCESCO, K.; GARTNER, T. *The role of natural infrastructure in the water, energy and food nexus*. Nexus Dialogue Synthesis Papers. Gland, Switzerland: IUCN, 2015.

PACTO GLOBAL DE PREFEITOS PELO CLIMA E A ENERGIA. *Sobre o Pacto*. 2018. Disponível em: <http://pactodealcaldes-la-eu/pt-br/sobre-o-pacto>.

PACTO GLOBAL REDE BRASILEIRA. *Caderno do pacto*. Clima: o Brasil rumo à economia de baixo carbono. 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0BzeogYNFvEqycE80ZldLeWRGVkE/view>.

PACTO GLOBAL REDE BRASILEIRA. 2018. Disponível em: <http://pactoglobal.org.br/#>.

PAHL-WOSTL C. A conceptual framework for analyzing adaptive capacity and multi-level learning processes in resource governance regimes. *Global Environmental Change*, v. 19, p. 354-65, 2009.

PAHL-WOSTL, C. Governance of the water-energy-food security nexus: a multi-level coordination challenge. *Environ. Sci. Policy*, v. 92, p. 356-367, 2017. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S146290117300758?token=C6F8F8A0558E-92709EECE3742FC675487320D3A08484BF7C920C68E-277BFD510DE40CDB50F03018044396086704CCFA>.

PAL, J. S. et al. Regional climate modeling for the developing world: the ICTP RegCM3 and RegCM3. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 88, n. 9, p. 1395-1410, 2007.

PARDOE, J.; CONWAY, D.; NAMAGANDA, E.; VINCENT, K.; DOUGILL, A. J.; KASHAIGILI, J. J. Climate change and the water-energy-food nexus: insights from policy and practice in Tanzania. *Climate Policy*, v. 18, n. 7, p. 863-877, 2018. Disponível em: www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/14693062.2017.1386082?needAccess=true.

PARADES, J. R.; RAMÍREZ, J. J.; JOHN, J.; TELLO, M. D.; VIO GORGET, D.; WALTER, M.; JONES, M. P.; VALLE, M. R. D.; TONETO JUNIOR, R.; VIEIRA CICOGNA, M. P.; TARANTIN JUNIOR, W. *Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: Complementariedad en Colombia*. BID Banco Interamericano de Desarrollo, 2017. p. 62.

PARRY, L. et al. Social Vulnerability to Climatic Shocks Is Shaped by Urban Accessibility. *Annals of the American Association of Geographers*, 2017. p. 1-19.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. *Primeiro Relatório de Avaliação Nacional: Impactos Vulnerabilidade e Adaptação*. Volume 2. Brasília: Governo Federal, 2016.

PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. *Impactos, vulnerabilidades e adaptação: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*. Sumário executivo. Brasília, 2013.

PBMC. No Title. In: AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M. (Ed.). *Base científica das mudanças climáticas*. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro relatório da Avaliação nacional sobre mudanças climáticas. Rio de Janeiro: Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

PEIXEBR. *Anuário PeixeBR da Piscicultura 2018*. Associação Brasileira da Piscicultura. Disponível em: www.peixebr.com.br/Anuario2018/AnuarioPeixeBR2018.pdf. Acesso em: jul. 2019.

PENMAN, H. L.; KEEN, B. A. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences*, [s. l.], v. 193, n. 1032, p. 120-145, 1948. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspa.1948.0037>.

PERCEBOIS, J. Energy vulnerability and its management. *International Journal of Energy Sector Management*, v. 1, n. 1, p. 51-62, 2007.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; PES, M. P.; DA CRUZ SEGUNDO, E. I.; LYRA, A. D. A. The impacts of global climate changes on the wind power density in Brazil. *Renewable Energy*, v. 49, p.107-110, 2013.

PEREZ, L. P.; SCARATI MARTINS, J. R. Vulnerability to landslides in the city of São Paulo. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, v. 10, p. 1160-67, 2016.

PES, M. P.; PEREIRA, E. B.; MARENGO, J. A.; MARTINS, F. R.; HEINEMANN, D.; SCHMIDT, M. Climate trends on the extreme winds in Brazil. *Renewable Energy*, v. 109, p. 110-120, 2017.

PHILLIPS, O. L. et al. *Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest*, [s. l.], v. 323, n. March, p. 1344-1347, 2009.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, v. 190, p. 231-259, 2006.

PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N.; SOUZA, E.; LARA, S. S.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, p. 3281-3293, 2017.

PIMENTEL, D. A. *Indicadores de vulnerabilidade de produtores de petróleo: o caso da OPEP*. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PINHO, P. F. et al. Ecosystem protection and poverty alleviation in the tropics: Perspective from a historical evolution of policymaking in the Brazilian Amazon. *Ecosystem Services*, v. 8, p. 97-109, jun. 2014.

PINHO, P. F. *Watching Brazil but missing the story: An Amazonian inferno*. Latin American Studies Association - Special Issue on Environmental Justice and Climate Change in Latin America LASAFORUM, v. XLVIII, n. 4, p. 21-25, Fall 2016.

PINHO, P. F.; MARENGO, J. A.; SMITH, M. S. Complex socio-ecological dynamics driven by extreme events in the Amazon. *Regional Environmental Change*, v. 15, n. 4, 2015.

PINHO, P.; ORLOVE, B.; LUBELL, M. Overcoming Barriers to Collective Action in Community-Based Fisheries Management in the Amazon. *Human Organization*, v. 71, n. 1, p. 99-109, 2012.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. *Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil*. Campinas, 2008. p. 83.

PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A. M. H.; ASSAD, E. D.; MARIN, F.; PELLEGRINO, G. Q. *Effects of Climate Change in Brazilian Agriculture: Mitigation and Adaptation*. Disponível em: www.fao.org/fileadmin/user_upload/foodclimate/presentations/biodiv/Hilton-s.pdf. Acesso em: 6 abr. 2019.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. *Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira*. Campinas: Embrapa, 2008.

PIRES, A. P. F. et al. *Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience*. Perspectives in Ecology and Conservation, 2017.

PIRES, V. C.; GREATTI, L.; MICHELON, E. Agricultura Urbana como Fator de Desenvolvimento Sustentável: Um Estudo na Região Metropolitana de Maringá. *Pesquisa em Debate* (São Paulo, 2004), v. 27, p. 69-84, 2016.

PISNICHENKO, I. A.; TARASOVA, T. A. *The climate version of the Eta regional forecast model. 2*. Evaluation of the Eta CCS model performance against reanalysis data and surface observations. arXiv preprint arXiv:0901.1461, 2009.

PNUD. *Atlas Brasileiro do Desenvolvimento Humanos nos Municípios Brasileiros*. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013>. Acesso em: ago. 2019.

PNUD. *Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008. Combater as alterações climáticas: Solidariedade humana num mundo dividido*. 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/sonia/Downloads/undp-br-hdr-portuguese-2007-8.pdf>.

PORTAL G1. Notícias sobre desastres. 2019. Disponível em: www.g1.com.br Acesso em: ago. 2019.

PORTO, M. F. A.; LAINA PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

PRADO, D. S.; SEIXAS, C. S.; BERKES, F. Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community. *Ocean and Coastal Management*, v. 113, p. 29-37, 2015.

PREFEITURA DE PORTO SEGURO. *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Porto Seguro - Bahia*. Porto Seguro, 2014. Disponível em: www.conservacao.org/global/brasil/publicacoes/Documents/PMMA-PORTO-SEGURO-TELA.pdf.

PREFEITURA DE RECIFE. Plano Diretor de Recife. 2018. Disponível em: <http://planodiretordorecife.com.br>.

PREFEITURA DE SANTOS. *Estado da Arte Plano Municipal de Mudança do Clima de Santos - PMMCS*. 2016. Disponível em: www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/Pag_Internas/PMMCS%20Plano%20Municipal%20de%20Mudanc%CC%A7a%20do%20Clima%20de%20Santos%2015-12-%202016%20II.pdf.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. *São Paulo e a mudança do clima*. s/d. Disponível em: www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/sp_mudanca.1259242799.pdf.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. *Estratégia de Adaptação às Mudanças Climáticas da Cidade do Rio de Janeiro*. 2016. Disponível em: www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6631312/4179912/ESTRATEGIA_PORT.pdf.

PRIST, P. R. et al. Climate change and sugarcane expansion increase Hantavirus infection risk. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2017.

PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária. *Relatórios circunstanciados 2012 a 2015*. Brasília: Banco do Brasil, 2019.

PRYOR, S. C.; BARTHELMIE, R. J. Climate change impacts on wind energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 1, p. 430-437, 2010.

R CORE TEAM. *A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: www.R-project.org. Acesso em: 7 jun. 2018.

RAMOS, L. P.; KOTHE, V.; CÉSAR-OLIVEIRA, M. A. F.; MUNIZ-WYPYCH, A. S.; NAKAGAKI, S.; KRIEGER, N.; WYPYCH, F.; CORDEIRO, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. *Revista Virtual de Química*, v. 1, n. 9, p. 317-369, 2017.

RANJAN, A.; HUGHES, L. Energy security and the diversity of energy flows in an energy system. *Energy*, v. 73, p. 137-144, 2014.

REBOITA, M. S. et al. Evidências de Circulação de Brisa Vale-Montanha na Serra da Mantiqueira: Cidade de Itajubá-MG. *Ciência e Natura*, v. 36, n. 1, p. 61-71, 2014.

REDDY, B. S. *Measuring and evaluating energy security and sustainability: a case study of India*. 2015.

REDDY, B. S.; BALACHANDRA, P.; NATHAN, H. S. K. Universalization of access to modern energy services in Indian households-economic and policy analysis. *Energy Policy*, v. 37, n. 11, p. 4645-4657, 2009.

REDE CLIMA. *Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais*. 2018. Disponível em: <http://redeclima.ccst.inpe.br>.

REGIONSADAPT. *Comunicado de imprensa*. 2018. Disponível em: www.nrg4sd.org/wp-content/uploads/2018/03/PR_nrg4SDWWF_PT2.pdf.

REYER, C. P. O. et al. Climate change impacts in Latin America and the Caribbean and their implications for development. *Regional Environmental Change*, v. 17, n. 6, p. 1601-1621, 2017.

REZENDE, C. L. et al. *Land use policy as a driver for climate change adaptation: A case in the domain of the Brazilian Atlantic forest*. *Land Use Policy*, 2018.

RIBEIRO NETO, A. et al. Hydrological Processes and Climate Change in Hydrographic Regions of Brazil. *Journal of Water Resource and Protection*, [s. l.], v. 8, n. 12, p. 1103-1127, 2016. Disponível em: www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jwarp.2016.812087.

RIBEIRO NETO, A.; ROLIM DA PAZ, A.; RAIMUNDO DA SILVA, E. *Impactos e vulnerabilidade do setor de recursos hídricos no Brasil às mudanças climáticas*. Capítulo 5 do Modelagem climática e vulnerabilidades Setoriais à mudança do clima no Brasil / Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. F. L. Alimentação e sustentabilidade. *Estudos Avançados*, v. 31, p. 185-198, 2017.

RIBEIRO, M. C. et al. *The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation*. *Biological Conservation*, 2009.

RICE, J. et al. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. In: RICE, J.; SEIXAS, C. S.; ZACCAGNINI, M. E.; BEDOYA-GAITÁN, M.; VALDERRAMA, N. (Eds.). *IPBES*. Bonn, Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2018.

RIETIG, K. *Climate policy integration beyond principled priority: a framework for analysis*. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper n. 99 Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment Working Paper n. 86. 2012. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4254/57514668f79a4dadd753dd121869ffff1bf89.pdf>.

RINGLER, C.; BHADURI, A.; LAWFOR, R. The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency? *Curr. Opin. Environ. Sustain*, v. 5, p. 617-624, 2013.

RITCHIE, H.; ROSER, M. *Meat and Dairy Production: Cattle livestock count*. Disponível em: <https://ourworldindata.org/meat-production>. Acesso em: 1 out. 2019.

ROBINSON, S. J. B. et al. *Factors influencing early secondary succession and ecosystem carbon stocks in Brazilian Atlantic Forest*. *Biodiversity and Conservation*, 2015.

ROCHA, J. C.; PETERSON, G. D.; BIGGS, R. Regime shifts in the anthropocene: Drivers, risks, and resilience. *PLoS ONE*, v. 10, n. 8, 2015.

ROCHEDO, P. R. R. et al. *The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil*. *Nature Climate Change*, 2018.

RODELL, M. et al. Emerging trends in global freshwater availability. *Nature*, [s. l.], p. 557, n. 7707, p. 651-659, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0123-1>.

RODRIGUES, P. et al. Climate change effects on the geographic distribution of specialist tree species of the Brazilian tropical dry forests. *Brazilian Journal of Biology*, 2015.

ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C.; SULSER, T. B.; EWING, M.; PALAZZO, A.; ZHU, T.; NELSON, G. C.; KOO, J.; ROBERTSON, R.; MSANGI, S.; BATKA, M. *Agriculture and food security under global change: Prospects for 2025/2050*. Background paper written in support of the CGIAR Strategy and Results Framework. Washington, DC: IFPRI, 2009.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R. C. S.; MARENGO, J. A.; ZERI, M.; CUNHA, A. P. M. A.; PIRES, L. B. M.; BARBOSA, H. A. Impact of Soil Moisture on Crop Yields over Brazilian Semiarid. *Frontiers in Environmental Science*, v. 5, p. 1-16, 2017.

ROY, J. et al. Sustainable Development, Poverty Eradication and Reducing Inequalities. In: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P.R.; PIRANI, A.; W. M.-O.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J. B. R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M. I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M. A.; WATERFIELD, T. (Eds.). *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development*. [s.l.: s.n.], 2018. p. 435-558.

RUFFATO-FERREIRA, V.; DA COSTA BARRETO, R.; JÚNIOR, A. O.; SILVA, W. L.; DE BERRÊDO VIANA, D.; DO NASCIMENTO, J. A.; DE FREITAS, M. A. A foundation for the strategic long-term planning of the renewable energy sector in Brazil: Hydroelectricity and wind energy in the face of climate change scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, p. 1124-37, 2017.

RUFINO, R. et al. Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde - Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. *Ciênc. Saúde Coletiva* [online], v. 21, n. 3, 2016.

SACCARO JUNIOR, N. L.; VIEIRA FILHO, J. E. R. *Agricultura e Sustentabilidade: esforços brasileiros para mitigação dos problemas climáticos*. Brasília: IPEA (Texto para discussão - IPEA), 2018.

SALATI, E.; SANTOS, A. A.; NOBRE, C. *As mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ecossistemas brasileiros*. Disponível em: www.comciencia.br/reportagens/clima/clima14.htm#2. Acesso em: maio 2011.

SALAZAR, L. F.; NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 2007.

SANCHES, R. A. *Campanha Y Ikatu Xingu: governança ambiental da região das nascentes do Xingu (Mato Grosso, Brasil)*. [s.l.]: Unicamp, 2015.

SANTOS, C. S. M. Distribuição espacial da agropecuária e dos recursos hídricos. In: IBGE (Ed.). *Atlas do espaço rural brasileiro*. Rio de Janeiro. p. 302.

SANTOS, G. B. et al. Marcação e recaptura da curimatápia (*Prochilodus costatus*) em um afluente do rio São Francisco e avaliação da necessidade de transposição de peixes na UHE Gafanhoto. In: SILVA, F. O.; LOPES, M. (Ed.). *Transposição de peixes*. Belo Horizonte.

SANTOS, J. P. DOS; STEINKE, E. T.; GARCÍA-ZAPATA, M. T. A. Uso e ocupação do solo e a disseminação da hantavirose na região de São Sebastião, Distrito Federal: 2004-2008. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 2011.

SARAIVA, A. et al. Contribuições da Natureza para Qualidade de Vida. In: SEIXAS, C. S. (Ed.). *Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos*. [s.l.: s.n.], 2018.

SARAIVA, M. A. Avaliação da sustentabilidade do uso da água do aquífero Alter do Chão na zona urbana de Manaus. [s. l.]: Universidade Federal do Amazonas, 2017.

SATO, O.; POLITO, P. Influence of salinity on the interannual heat storage trends in the atlantic estimated from altimeters and the Pilote Research Moored Array in the Tropical Atlantic Data. *Journal of Geophysical Research*, v. 113, p. C02008, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2007JC004151>.

SAUER, S.; LEITE, S. P. Expansão Agrícola, Preços e Apropriação de Terra por Estrangeiros no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural - RESR*, Piracicaba, v. 50, n. 3, 2012.

SAWYER, D. Fluxos de carbono na Amazônia e no Cerrado: um olhar socioecossistêmico. *Sociedade e Estado*, v. 24, n. 1, p. 149-171, abr. 2009.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, v. 24, n. 9, 2015.

SCARANO, F. R.; SANTOS, A. S. Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. In: SCARANO, F. R.; SANTOS, A. S. (Eds.). *PBMC/BPBES*. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasil: PBMC, COPPE - UFRJ, 2018. p. 15.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*, [s. l.], v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.

SCHAEFFER, R.; LUCENA, A. F.; RATHMANN, R.; SZKLO, A.; SORIA, R.; CHAVEZ-RODRIGUEZ, M. *Who Drives Climate-relevant Policies in Brazil?* (No. IDS Evidence Report: 132). IDS, 2015.

SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S.; LUCENA, A. F. P. D.; SOUZA, R. R. D.; BORBA, B. S. M. C.; COSTA, I. V. L. D.; PEREIRA, J.; AMARO OLIMPIO, C.; SERGIO HENRIQUE, F. D. *Climate changes and energy safety in Brazil/Mudanças climáticas e segurança energética no Brasil*. 2008.

SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S.; DE LUCENA, A. F. P.; BORBA, B. S. M. C.; NOGUEIRA, L. P. P.; FLEMING, F. P.; TROCCOLI, A.; HARRISON, M.; BOULAHYA, M. S. Energy sector vulnerability to climate change: a review. *Energy*, v. 38, n. 1, p. 1-12, 2012.

SCHAEFFER, M.; BASCOMPTÉ, J.; BROCK, W. A.; BROVKIN, V.; CARPENTER, S. R.; DAKOS, V.; HELD, H.; VAN NES, E. H.; RIETKERK, M.; SUGIHARA, G. Early-warning signals for critical transitions. *Nature*, v. 461, p. 53, 2009.

SCHAEFFER, M. *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton Univ. Press, 2009.

SCHAEFFER, M. et al. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 2001.

SCHAEFFER, M. et al. Thresholds for boreal biome transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 109, n. 52, p. 21384-9, 2012.

SCHMITT, R. W. Salinity and the Global Water Cycle. *Oceanography*, v. 21, n. 1, p. 12-19, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.5670/oceanog.2008.63>.

SCHROEDER, F. D. A.; CASTELLO, J. P. An essay on the potential effects of climate change on fisheries in Patos Lagoon, Brazil. *PANAMJAS - Pan-American J Aquat Sci*, v. 5, p. 320-330, 2010.

SCHUBERT, N. et al. Rhodolith primary and carbonate production in a changing ocean: The interplay of warming and nutrients. *Science of The Total Environment*, v. 676, p. 455-468, 2019.

SCHULZ, K. et al. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of Caatinga forest ecosystems in Brazil. *Forest Ecology and Management*, 2016. In: SEGAN, D. B.; MURRAY, K. A.; WATSON, J. E. M. *A global assessment of current and future biodiversity vulnerability to habitat loss-climate change interactions*. Global Ecology and Conservation, 2016.

SCOTT, A. *2017 Making Governance Work for Water-Energy-Food Nexus Approaches*. Climate and Development Knowledge Network (CDKN) Working Paper Series. London: Overseas Development Institute. Disponível em: https://cdkn.org/wp-content/uploads/2017/06/Working-paper_CDKN_Making-governance-work-for-water-energy-food-nexus-approaches.pdf.

SENA, A. et al. Indicators to measure risk of disaster associated with drought: Implications for the health sector. *PLOS ONE*, v. 12, n. 7, p. e0181394, 25 jul. 2017.

SENEVIRATNE, S. et al. *Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment*. Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. 2012. p. 109-230.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Ministério do Meio Ambiente. *O que é o Cadastro Ambiental Rural - CA?* 2018. Disponível em: www.florestal.gov.br/o-que-e-o-car.

SERVINO, R. N.; GOMES, L. E. DE O.; BERNARDINO, A. F. Extreme weather impacts on tropical mangrove forests in the Eastern Brazil Marine Ecoregion. *Science of The Total Environment*, v. 628-629, p. 233-240, jul. 2018.

SETTELE, J., R. et al. Terrestrial and inland water systems. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [s.l.: s.n.], 2014.

SHANNAK, S.; MABREY, D.; VITTORIO, M. Moving from theory to practice in the water-energy-food nexus: An evaluation of existing models and frameworks. *Water-Energy Nexus*, v. 1, n. 1, p. 17-25, 2018.

SHAVER, E. *Low Impact Design Versus Conventional Development: Literature Review of Developer-related Costs and Profit Margins*. Auckland Regional Council, Technical Report, 1. ed. 2009.

SILVA, D. X.; BARCELLOS, C.; BACURI, R. *Vulnerabilidade e efeitos das mudanças climáticas na saúde pública em Manaus*. Project report on "Guidance for Conducting Assessments of Health Vulnerability and Public Health and Health Care Interventions to Address Climate Change", funded by the Pan-American Health Organisation. 2010.

SILVA, C. V. J. et al. *Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon dynamics*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2018.

SILVA, F. D.; SANTOS, A. M.; CORREA, R. G. C. F.; CALDAS, A. J. M. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luís, Maranhão, Brazil. *Ciênc. Saúde coletiva* [online], v. 21, n. 2, 2016.

SILVA, R. DA et al. *The Sino-Brazilian Telecoupled Soybean System and Cascading Effects for the Exporting Country*. Land, 2017.

SILVA, V. P.; FRANÇA, G. L. S. Percepções de mudanças do clima, impactos e adaptação para sertanejos do semiárido. *Revista Brasileira de Climatologia*, a. 14, v. 22, p. 229-248, 2018.

SILVEIRA-NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N. *Manual de ecologia dos insetos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; ROSSLER, G. P. Efeito das ondas de calor na agricultura - Safra 2013/2014. *Revista Gedecon*, v. 2, p. 116-132, 2014.

SIMPSON, G. B.; JEWITT, G. P. W. *The Development of the Water-Energy-Food Nexus as a Framework for Achieving Resource Security: A Review*. 2019.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, v. 17, 2017.

SIVAK, M. Energy-demand consequences of the recent geographical shift in the metropolitan population of the US. *Cities*, v. 26, n. 6, p. 359-362, 2009.

SMAKHTIN, V.; REVENGA, C.; DOLL, P. A Pilot Global Assessment of Environmental Water Requirements and Scarcity. *International Water Resources Association - Water International*, [s. l.], v. 29, n. 3, p. 307-317, 2004. Disponível em: papers2://publication/uuid/EC1DC40D-2EEC-4ADD-96B3-BFE205E775B3.

SMITH, L. T.; ARAGÃO, L. E.; SABEL, C. E.; NAKAYA, T. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Sci Rep.*, v. 16, n. 4, p. 3726, 2014.

SMITH, L. T. et al. Drought impacts on children's respiratory health in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports*, v. 4, n. 1, p. 3726, 16 maio 2015.

SMITH, M. D. *Sólo tenemos un planeta: pobreza, justicia y cambio climático*. Lima: Soluciones prácticas (ITDG), 2007. Disponível em: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc762/doc762.htm>.

SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. *Mudanças climáticas tendem a afetar nutrientes em alimentos*. Disponível em: www.sna.agr.br/mudancas-climaticas-tendem-a-afetar-nutrientes-em-alimentos. Acesso em: set. 2019.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 440, n. 7083, p. 520-523, 23 mar. 2006.

SOLMAN, S. A. et al. Evaluation of an ensemble of regional climate model simulations over South America driven by the ERA-Interim reanalysis: model performance and uncertainties. *Climate Dynamics*, v. 41, n. 5-6, p. 1139-1157, 2013.

SOMAI - Sistema de Observação e Monitoramento da Amazônia Indígena. 2018. Disponível em: www.somai.org.br/#!

SOS Mata Atlântica. *Relatório anual SOSMA*. São Paulo, 2018.

SOUSA, T. C. M. et al. *Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática*. [s. l.], 2018. p. 1-10.

SOUZA FILHO, F. A. et al. From Drought to Water Security: Brazilian Experiences and Challenges. In: COUNCIL, World Water (Ed.). *Global Water Security: Lessons Learnt and Long-Term Implications*. Singapore: Springer, 2018. p. 292.

SOVACOOOL, B. K. The methodological challenges of creating a comprehensive energy security index. *Energy Policy*, v. 48, p. 835-840, 2012.

SPERA, S. A. et al. *Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier*. *Global Change Biology*, 2016.

SPGF. *Plataforma para o Acompanhamento da Qualidade do Gasto Público em interface à Mudança do Clima no Estado de Santa Catarina*. 2018. Disponível em: <http://spgf.ninetoo.com>.

SPIILKI, F. R. Crise hídrica, saúde e parâmetros de qualidade microbiológica da água no Brasil. *Revista USP*, [s. l.], v. 106, 2015.

STADELMANN, M.; CASTRO, P. Climate policy innovation in the South-Domestic and international determinants of renewable energy policies in developing and emerging countries. *Global Environmental Change*, v. 29, p. 413-423, 2014.

STOCKER, T. F. et al. *Climate change 2013: the physical science basis*. Intergovernmental panel on climate change, working group I contribution to the IPCC fifth assessment report (AR5). New York, 2013.

STONOGA, R. *Erosão faz vila mudar de lugar na Ilha do Cardoso, em Cananeia*. A Tribuna, p. 25 jun. 2016. 2017.

STOUFFER, R. J. et al. Investigating the Causes of the Response of the Thermohaline Circulation to Past and Future Climate Changes. *Journal of Climate*, v. 19, p. 1365-1387, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/JCLI3689.1>.

STRASSBURG, B. B. N. et al. *Moment of truth for the Cerrado hotspot*. *Nature Ecology and Evolution*, 2017.

STRASSBURG, B. B. N. et al. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. *Global Environmental Change*, v. 28, n. 1, p. 84-97, 1 set. 2014.

SUZUKI, M. Identifying roles of international institutions in clean energy technology innovation and diffusion in the developing countries: matching barriers with roles of the institutions. *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 229-240, 2015.

SVOBODA, M. et al. The drought monitor. *American Meteorological Society*, [s. l.], n. August, p. 1181-1190, 2002.

TACOLI, C. Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility. *Environment and Urbanization*, v. 21, n. 2, p. 513-525, 2009.

TAKAHASHI, T.; OLAFSSON, J.; GODDARD, J. G.; CHIPMAN, D.; SUTHERLAND, S. C. Seasonal variation of CO₂ and nutrients in the high-latitude surface oceans: A comparative study. *Global Biogeochem Cy*, v. 7, n. 4, p. 843-878, 1993.

TAVARES, P. S. *Impactos das mudanças climáticas na produtividade do cafeeiro em áreas do Sudeste do Brasil - um estudo de modelagem*. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017.

TAYLOR, K. E.; STOUFFER, R. J.; MEEHL, G. A. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, n. 4, p. 485-498, 2012.

TEBALDI, C.; O'NEILL, B.; LAMARQUE, J.-F. Sensitivity of regional climate to global temperature and forcing. *Environmental Research Letters*, v. 10, n. 7, p. 074001, 2015.

TEDESCO, E. C. *et al.* Conservation of Brazilian coral reefs in the Southwest Atlantic Ocean: a change of approach. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 2017.

TEIXEIRA, M. N. O Sertão Semiárido. Uma relação de sociedade e natureza numa dinâmica de organização social do espaço. *Sociedade e Estado* (UnB. Impresso), v. 31, p. 769-797, 2016.

TERRA, J.; FERREIRA, R.; BORGES, C.; CARVALHO, M. Using distribution-level locational marginal pricing to value distributed generation: Impacts on revenues captured by generation agents. In: *2017 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America)*. IEEE, 2017. p. 1-6.

THE LANCET COMMISSIONS. *A síndrome global da obesidade, desnutrição e mudanças climáticas*. Disponível em: <https://alimentandopoliticas.org.br/wp-content/uploads/2019/10/Relat%C3%B3rio-Completo-The-Lancet.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2019.

THE LANCET COMMISSIONS. v. 393, n. 10173, p. 791-846, 23 fev. 2019.

THOMAS, C. D. Climate, climate change and range boundaries. *Diversity and Distributions*, v. 16, p. 488-495, 2010.

THUILLER, W. *et al.* BIOMOD – a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, v. 32, n. 3, p. 369-373, jun. 2009.

TOL, R. S. J.; DOWNING, T. E.; KUIJK, O. J.; SMITH, J. B. Distributional aspects of climate change impacts. *Global Environmental Change*, v. 14, p. 259-272, 2004.

TOLEDO, P. M. DE *et al.* *Development paradigms contributing to the transformation of the Brazilian Amazon: do people matter?* Current Opinion in Environmental Sustainability, 2017.

TOMASELLA, J. *et al.* The droughts of 1997 and 2005 in Amazonia: floodplain hydrology and its potential ecological and human impacts. *Climatic Change*, v. 116, n. 3-4, p. 723-746, 13 fev. 2013.

TOMAZELA, J. *Ilha da Cardoso está quase dividida pela erosão em Cananea*. Estado de São Paulo, nov. 2016. p. 3.

TOMINAGA, L.; SANTORO, J.; AMARAL, R. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TORQUATO, S. A.; TSUNECHIRO, A.; MARTINS, S. S.; VEGRO, C. L. R.; SILVA, P. R.; SOUZA, M. C. M.; NACHILUK, K.; MIURA, M. Chuva e as possíveis perdas na agropecuária Paulista, safra 2009/10. *Análises e indicadores do agronegócio*, v. 5, n. 2, 2010.

TORRES, R. R.; MARENGO, J. A. Climate change hotspots over South America: from CMIP3 to CMIP5 multi-model datasets. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 117, p. 579-587, 2014.

TORRES, R. R. *et al.* Socio-climatic hotspots in Brazil. *Climatic Change*, v. 115, n. 3-4, 2012.

TORTELLI, A. *Cartilha de Mudanças Climáticas. Mudanças Climáticas: Desafios da sustentabilidade e da produção de alimentos saudáveis. A casa dos grandes debates 2015-2019*. Disponível em: www.al.rs.gov.br/FileRepository/repdcp_m505/CSMA/CARTILHA%20MUDANCAS%20CLIMATICAS.PDF. Acesso em: 16 nov. 2018.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

TUNDISI, J. G. *et al.* Water availability, water quality water governance: The future ahead. *IAHS-AISH Proceedings and Reports*, [s. l.], v. 366, n. June 2014, p. 75-79, 2015.

TUNDISI, J. G. Water resources in the future: problems and solutions. *Estudos Avançados*, [s. l.], v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200002&lng=en&nrn=iso&tlng=pt.

TURNEY, D.; FTHENAKIS, V. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 6, p. 3261-3270, 2011.

UN – United Nations Development Programme (UNDP). *Sustainable Development Goals*. 2016. Disponível em: www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html.

UN – United Nations. *Accelerating SDG7 Achievement Policy Briefs In Support Of The First Sdg7 Review at the UN High-Level Political Forum 2018*. 2018. Disponível em: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1804ISDG7_Policy_Brief.pdf.

UN WATER. *Water Security and the Global Water Agenda*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/197890/%5Cnhttp://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.360.9258&rep=rep1&type=pdf.

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat. *Opportunities and options for integrating climate change adaptation with Sustainable Development Goals and the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. 2017. Disponível em: http://unfccc.int/files/adaptation/groups_committees/adaptation_committee/application/pdf/techpaper_adaptation.pdf.

UNICA. *Acompanhamento de Safra*. UnicaData. 2019.

UNICA. *Balanco da Safra 2014/2015*. São Paulo: UNICA, 2014.

UNICA. *Quebra agrícola e redução da moagem promovem perda de receita superior a R\$ 3 bilhões na safra 2014/2015*. Notícias. 2014.

URIARTE, M. *et al.* *Depopulation of rural landscapes exacerbates fire activity in the western Amazon*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012.

USDA. *World Agricultural Supply and Demand Estimates*. Washington-DC, 2018.

USP – Universidade de São Paulo. *Estudo compara as emissões de CO₂ entre Etanol e Gasolina*. Disponível em: www.usp.br/portaliobiosistemas/?p=557. Acesso em: set. 2019.

VAN BEEK, E.; ARRIENS, W. L. *Water Security: Putting the Concept into Practice* Stockholm Environment Institute. Stockholm.

VAN BOMMEL, S.; KUINDERSMA, W. *Policy integration, coherence and governance in Dutch climate policy*. A multi-level analysis of mitigation and adaptation policy. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1799. 2008.

VASCONCELLOS, R. C.; BELTRÃO, N. E. S. Avaliação de prestação de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais através de indicadores ambientais. *Interações* (UCDB), v. 19, p. 209-220, 2018.

VAUTARD, R. *et al.* The European climate under a 2 °C global warming. *Environmental Research Letters*, v. 9, n. 3, p. 034006, 2014.

VIANA, J. P. Recursos pesqueiros do Brasil: situação dos estoques, da gestão, e sugestões para o futuro. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental* (IPEA), v. 7, p. 45-59, 2013.

VICEDO-CABRERA, A. M.; SERA, F.; GASPARRINI, A. Hands-on Tutorial on a Modeling Framework for Projections of Climate Change Impacts on Health. *Epidemiology*, v. 30, n. 3, p. 321-329, 2019.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERIA, S.; LOPEZ-MORENO, J. I. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1696-1718, 2010. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/2009JCLI2909.1>. Acesso em: 27 nov. 2015.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; ALVALÁ, R. C. S.; SESTINI, M. F.; AFFONSO, A. G.; RODRIGUEZ, D. A.; BARBOSA, A. A.; CUNHA, A. P. M. A.; VALLES, G. F.; CREPANI, E.; DE OLIVEIRA, S. B. P.; DE SOUZA, M. S. B.; CALIL, P. M.; DE CARVALHO, M. A.; VALERIANO, D. M.; CAMPELLO, F. C. B.; SANTANA, M. O. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth*, v. 6, p. 347-360, 2015.

VIEIRA, R. R. S. *et al.* *Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services*. Diversity and Distributions, 2018.

VIOLA, E.; FRANCHINI, M. Brazilian climate politics 2005-2012: ambivalence and paradox. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, v. 5, n. 5, p. 677-688, set. 2014.

VIVEIROS DE CASTRO, E. Os Pronomes Cosmológicos e o Perspectivismo Ameríndio. *Mana*, v. 2, n. 2, p. 115-144, 1996.

VOLDOIRE, A. *et al.* The CNRM-CM5.1 global climate model: description and basic evaluation. *Climate Dynamics*, v. 40, n. 9-10, p. 2091-2121, 2013.

VÖRÖSMARTY, C. J. *et al.* Geospatial indicators of emerging water stress: an application to Africa. *Ambio*, [s. l.], v. 34, n. 3, 2005.

WALTERS, D. *et al.* The Met Office unified model global atmosphere 6.0/6.1 and JULES global land 6.0/6.1 configurations. *Geoscientific Model Development*, v. 10, n. 4, p. 1487-1520, 2017.

WATERAID. *Water security framework*. [s. l.]: WaterAid, 2012.

WATTS, N.; AMANN, M.; ARNELL, N.; AYE-B-KARLSSON, S.; BELESOVA, K.; BOYKOFF, M. *et al.* The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. *The Lancet*, v. 94, n. 10211, p. 1836-1878, nov. 2016, 2019.

WBGU. *Scenario for the Derivation of Global CO₂ Reduction Targets and Implementation Strategies*. Special Report. German Advisory Council on Global Change, 1995.

WEATHERDON, L. V. *et al.* Observed and Projected Impacts of Climate Change on Marine Fisheries, Aquaculture, Coastal Tourism, and Human Health: An Update. *Frontiers in Marine Science*, v. 3, n. April 2016.

WEISS, R. F. Carbon dioxide in water and seawater: the solubility of a non-ideal gas. *mar. Chem.*, v. 2, p. 203-215, 1974. DOI: 10.1016/0304-4203(74)90015-2.

WEITZ, N.; STRAMBO, C.; KEMP-BENEDICT, E.; NILSSON, M. Closing the governance gaps in the water-energy-food nexus: insights from integrative governance. *Glob. Environ. Change*, v. 45, p. 165-73, 2017. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959378017300031?token=6340BB202ACBB921E-0DFF4D76E2D8A34E37E4487431ED85B1FD170228C-D9BA55D2F7B3DC2B8E4085C39CC7D3C2E37E8F>.

WINSEMIUS, H. C. *et al.* Disaster risk, climate change, and poverty: assessing the global exposure of poor people to floods and droughts. *Environment and Development Economics*, v. 17, p. 1-21, 2 mar. 2018.

WINZER, C. Conceptualizing energy security. *Energy policy*, v. 46, p. 36-48, 2012.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Global Risks 2011*. Sixth Edition An initiative of the Risk Response Network. 2011. Disponível em: www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2011.pdf.

WORLDCLIM. Disponível em: worldclim.org. Acesso em: nov. 2018.

WRIGHT, J. S. *et al.* Rainforest-initiated wet season onset over the southern Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, [s. l.], v. 114, n. 32, p. 8481 LP-8486, 2017. Disponível em: www.pnas.org/content/114/32/8481.abstract.

WWC – World Water Council. *A Pact for Water Security* World Water Council. Marseille.

WWF – World Wide Fund for Nature. Adaptação às mudanças climáticas. Disponível em: www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/dia_do_meio_ambiente/mudancas_climaticas_adaptacao. Acesso em: jun. 2019.

WWF. *The Ecological Footprint of São Paulo*. State and Capital 2012. São Paulo: WWF, 2012.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). *International Journal of Climatology*, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2016.

XU, Z.; LIU, Y.; MA, Z.; TOLLOO, G. S.; HU, W.; TONG, S. Assessment of the temperature effect on childhood diarrhea using satellite imagery. *Scientific Reports*, v. 4, p. 5389, 2014.

YIN, L.; FU, R.; SHEVLIKOVA, E.; DICKINSON, R. E. How well can CMIP5 simulate precipitation and its controlling processes over tropical South America. *Climate Dynamics*, v. 41, n. 11-12, p. 3127-3143, 2013.

YU, L. Global Variations in Oceanic Evaporation (1958 – 2005): The Role of the Changing Wind Speed. *Journal of Climate*, v. 20, p. 5376-5390, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/2007JCLI1714.1>.

ZANIN, M.; MACHADO, N.; ALBERNAZ, A. L. M. Mudanças climáticas e a cobertura vegetal nativa: impactos em um país megadiverso e seus biomas. In: Ministério da Ciência, T. E. I. S. DE P. E. P. DE P. E. D. (Ed.). *Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil*. [s.l.: s.n.], 2016. p. 93-125.

ZULLO, J.; PEREIRA, V. R.; KOGA-VICENTE, A. Sugar-energy sector vulnerability under CMIP5 projections in the Brazilian central-southern macro-region. *Climatic Change*, v. 149, n. 3-4, p. 489-502, 2018.



APÊNDICE I



SÉRIE HISTÓRICA DE EMISSÕES DE GASES

de efeito estufa por gás e
por setor, 1990 a 2016

QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1990

		CO ₂ (Gg) [EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1,093,435	14,354.3	357.52	1,407	2,207	267	35,599	1,954	3,479
1	Energia	177.046	543,3	14,04	-	-	-	9.001	1.445	1.696
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	170.855	449,9	13,99	-	-	-	9.001	1.445	1.696
1.A.1	Indústrias de Energia	23.706	24,9	3,42	-	-	-	1.372	221	338
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	6.248	0,1	0,05	-	-	-	3	53	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	11.968	0,2	0,08	-	-	-	8	92	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.490	24,6	3,29	-	-	-	1.361	76	336
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	36.470	16,3	2,66	-	-	-	788	140	32
1.A.2.a	Ferro e aço	4.725	0,2	0,03	-	-	-	3	11	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.374	0,1	0,02	-	-	-	4	3	0
1.A.2.c	Produtos químicos	8.932	0,8	0,12	-	-	-	30	28	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	2.551	1,1	0,43	-	-	-	255	17	8
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.273	7,3	1,38	-	-	-	211	31	9
1.A.2.f	Minerais não metálicos	7.543	5,3	0,41	-	-	-	199	26	6
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	4.012	0,9	0,19	-	-	-	63	13	3
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	2.440	0,4	0,03	-	-	-	10	7	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.620	0,2	0,05	-	-	-	14	4	1
1.A.3	Transporte	82.338	67,3	3,67	-	-	-	5.307	926	1.069
1.A.3.a.ii	Aviação civil	5.151	0,0	0,14	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	72.062	66,9	2,81	-	-	-	5.289	806	1.063
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.642	0,1	0,63	-	-	-	6	27	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.484	0,3	0,09	-	-	-	8	88	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	26.728	341,4	4,22	-	-	-	1.534	155	258
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.611	3,8	0,05	-	-	-	5	7	3
1.A.4.b	Residencial	13.964	318,2	3,29	-	-	-	1.443	29	216
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	10.154	19,3	0,88	-	-	-	87	119	38
1.A.5	Não Especificado	1.612	0,1	0,02	-	-	-	1	2	0

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.191	93,4	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	51,9	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.191	41,5	0,06	-	-	-	NE	NE	NE
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	45.192	42,9	11,55	1.407	2.207	267	1.096	27	1.783
2.A	Indústria Mineral	15.171	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	11.062	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.502	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	145	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	462	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	3.875	5,3	10,81	1.407	-	-	1	1	26
2.B.1	Produção de amônia	286	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	1,81	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	8,63	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,38	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	0	NO	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	3.589	5,3	-	-	-	-	-	0	7
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.407	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	NO	-	-	-	-	-	-	-	19
2.C	Indústria Metalúrgica	25.625	37,6	0,74	-	2.207	138	1.076	20	18
2.C.1	Produção de ferro e aço	23.724	37,4	0,74	-	-	-	731	18	18
2.C.2	Produção de ferroligas	122	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.574	-	-	-	2.207	-	345	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	29	-	-	-	-	138	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	176	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	520	-	-	-	-	-	-	-	1.441
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	130	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	20	5	297
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	20	5	13
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	284
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	113
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	170
3	Agropecuária	9.771	11.102,7	279,30	-	-	-	1.682	61	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.178,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	9.763,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	7.991,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.771,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	100,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	33,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	281,0	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	553,7	8,73	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	248,4	3,15	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	185,6	0,26	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	62,8	2,89	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,4	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	269,0	1,28	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	32,9	0,34	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	3,96	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,01	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,61	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	331,1	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	267,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	208,98	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	11,73	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	8,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	135,21	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	121,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	87,61	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	33,62	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,95	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	11,03	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	45,66	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	5,73	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	4,32	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,05	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,28	-	-	-	-	-
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	0,92	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,99	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	28,85	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,07	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,42	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	58,80	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	22,42	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	2,44	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Alubos orgânicos	-	-	1,51	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	18,47	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	16,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	11,68	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,48	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,29	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	2,01	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	36,37	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	2,76	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Alubos orgânicos	-	-	1,91	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	20,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	18,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,33	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	2,26	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	10,27	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	0,97	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,46	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	39,6	2,79	-	-	-	1.682	61	-
3.G	Calagem	9.141	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	631	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	860.893	1.520,1	47,43	-	-	-	23.819	422	-
4.A	Floresta	- 46.138	68,4	2,04	-	-	-	1.052	17	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 22.641	68,0	2,00	-	-	-	1.039	16	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 23.497	0,4	0,04	-	-	-	12	1	-
4.B	Agricultura	75.950	92,3	3,47	-	-	-	1.571	40	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	NE	IE	IE	-	-	-	IE	IE	IE
4.B.2	Área convertida para agricultura	75.950	92,3	3,47	-	-	-	1.571	40	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	828.009	1.345,6	41,50	-	-	-	20.983	362	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	15.890	31,0	2,83	-	-	-	877	53	NE
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	812.119	1.314,6	38,67	-	-	-	20.106	309	-
4.D	Área Alagada	6.158	7,5	0,22	-	-	-	115	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.158	7,5	0,22	-	-	-	115	2	-
4.E	Assentamento	6.711	4,9	0,15	-	-	-	77	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.711	4,9	0,15	-	-	-	77	1	-
4.F	Outras Terras	1.226	1,4	0,04	-	-	-	21	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.226	1,4	0,04	-	-	-	21	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeiros	- 11.025	-	-	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
5	Resíduos	533	1.145,2	5,20	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	522,8	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	181,3	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	341,5	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,5	0,03	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	533	19,1	0,30	-	-	-	-	-	-
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	602,9	4,87	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	541,9	4,87	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	61,0	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	NO	NO	NO	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	3.228	1,8	1,79	-	-	-	2	2	2
1.A.3.a.i	Aviação	1.475	0,0	0,04	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	1.753	1,8	1,75	-	-	-	2	2	2
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	165.951								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1991

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		923.867	14.616,5	360,70	1.609	2.455	263	33.017	1.966	3.257
1	Energia	180.564	545,7	14,04	-	-	-	9.164	1.501	1.704
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	174.530	448,4	13,98	-	-	-	9.164	1.501	1.704
1.A.1	Indústrias de Energia	21.893	23,9	3,29	-	-	-	1.275	231	300
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	7.161	0,1	0,05	-	-	-	3	60	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	10.039	0,2	0,07	-	-	-	8	91	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	4.693	23,6	3,16	-	-	-	1.264	80	298
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	38.428	15,5	2,65	-	-	-	781	145	31
1.A.2.a	Ferro e aço	4.946	0,2	0,03	-	-	-	3	12	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.330	0,1	0,02	-	-	-	3	3	0
1.A.2.c	Produtos químicos	9.560	0,8	0,12	-	-	-	28	29	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	2.822	1,2	0,43	-	-	-	268	18	8
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.283	7,4	1,40	-	-	-	216	32	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	8.430	4,4	0,40	-	-	-	178	29	6
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	4.092	0,9	0,19	-	-	-	62	13	3
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	2.415	0,4	0,03	-	-	-	11	7	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.549	0,2	0,05	-	-	-	13	3	1
1.A.3	Transporte	86.105	70,8	3,80	-	-	-	5.583	964	1.117
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.390	0,0	0,15	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	75.747	70,4	2,94	-	-	-	5.565	848	1.111
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.630	0,1	0,63	-	-	-	6	27	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.337	0,3	0,09	-	-	-	8	85	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	27.366	338,2	4,22	-	-	-	1.524	159	256
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.479	3,8	0,05	-	-	-	5	6	3
1.A.4.b	Residencial	14.345	316,7	3,28	-	-	-	1.433	29	215
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	10.542	17,7	0,89	-	-	-	87	124	38
1.A.5	Não Especificado	739	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.034	97,3	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	56,4	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.034	40,9	0,06	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	48.834	37,1	14,23	1.609	2.455	263	1.085	25	1.553
2.A	Indústria Mineral	15.980	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	11.776	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.566	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	145	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	494	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	3.690	5,2	13,60	1.609	-	-	1	1	21
2.B.1	Produção de amônia	251	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	1,93	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	11,25	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	3.439	5,2	-	-	-	-	-	0	6
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.609	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	NO	-	-	-	-	-	-	-	16
2.C	Indústria Metalúrgica	28.652	31,9	0,62	-	2.455	139	1.062	18	15
2.C.1	Produção de ferro e aço	26.596	31,7	0,62	-	-	-	616	15	15
2.C.2	Produção de ferroligas	125	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.901	-	-	-	2.455	-	446	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	30	-	-	-	-	139	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	512	-	-	-	-	-	-	-	1.220
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	124	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	23	6	296
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	23	6	15
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	282
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	118
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	164

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3	Agropecuária	9.328	11.470,7	284,96	-	-	-	1.659	60	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.498,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.078,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.230,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.847,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	100,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	34,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	285,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	572,6	9,14	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	257,1	3,25	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	191,5	0,27	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	65,6	2,98	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,4	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	277,7	1,31	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	34,4	0,38	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,23	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,19	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,04	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,18	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,78	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	360,3	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	273,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	213,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	11,68	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	8,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	139,44	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	125,30	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	90,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	35,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	11,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	45,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	4,30	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	4,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,04	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,63	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,13	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	28,85	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,10	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,45	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	60,06	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	23,09	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	2,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,56	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,04	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	16,71	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	12,03	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,68	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	2,04	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	36,98	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	2,76	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,96	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,42	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	18,79	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	2,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	10,18	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	0,97	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,46	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,37	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	39,0	2,76	-	-	-	1.659	60	-
3.G	Calagem	8.673	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	655	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	684.597	1.343,2	42,21	-	-	-	21.109	380	-
4.A	Floresta	- 68.871	57,6	1,72	-	-	-	886	14	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 44.533	57,1	1,68	-	-	-	874	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 24.339	0,4	0,04	-	-	-	12	1	-
4.B	Agricultura	73.183	91,0	3,44	-	-	-	1.552	39	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	73.183	91,0	3,44	-	-	-	1.552	39	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	681.831	1.181,2	36,63	-	-	-	18.462	323	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	13.384	30,6	2,79	-	-	-	865	52	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	668.447	1.150,6	33,84	-	-	-	17.597	271	-
4.D	Área Alagada	6.056	7,6	0,23	-	-	-	116	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.056	7,6	0,23	-	-	-	116	2	-
4.E	Assentamento	6.441	4,8	0,15	-	-	-	75	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.441	4,8	0,15	-	-	-	75	1	-
4.F	Outras Terras	1.069	1,2	0,04	-	-	-	18	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.069	1,2	0,04	-	-	-	18	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeiros	- 15.112	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	544	1.219,7	5,26	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	582,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	212,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	370,2	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,5	0,03	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	544	18,1	0,28	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	618,6	4,95	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	554,3	4,95	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	64,3	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	NO	NO	NO	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		4.023	2,5	2,52	-	-	-	3	3	3
1.A.3.a.i	Aviação	1.550	0,0	0,04	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	2.473	2,5	2,47	-	-	-	2	2	2
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		166.366								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1992

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.031.526	15.062,5	375,36	1.914	2.603	291	36.400	2.064	3.278
1	Energia	186.066	530,8	13,93	-	-	-	8.879	1.539	1.640
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	179.832	442,9	13,87	-	-	-	8.879	1.539	1.640
1.A.1	Indústrias de Energia	23.753	22,6	3,11	-	-	-	1.201	249	276
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	7.821	0,1	0,06	-	-	-	4	66	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	10.247	0,2	0,07	-	-	-	9	100	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.685	22,3	2,98	-	-	-	1.188	82	274
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	39.897	15,8	2,69	-	-	-	750	150	30
1.A.2.a	Ferro e aço	5.449	0,2	0,04	-	-	-	3	13	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.438	0,1	0,02	-	-	-	3	3	0
1.A.2.c	Produtos químicos	10.356	0,8	0,11	-	-	-	24	30	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	3.334	1,3	0,48	-	-	-	315	21	9
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.586	8,3	1,48	-	-	-	183	34	9
1.A.2.f	Minerais não metálicos	7.460	3,8	0,35	-	-	-	156	25	5
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	4.044	0,7	0,15	-	-	-	47	13	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	2.678	0,4	0,03	-	-	-	10	7	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.552	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	86.863	68,9	3,82	-	-	-	5.413	975	1.081
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.067	0,0	0,14	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	76.624	68,5	2,95	-	-	-	5.395	854	1.075
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.674	0,1	0,65	-	-	-	6	28	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.498	0,3	0,09	-	-	-	8	89	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	28.198	335,6	4,22	-	-	-	1.515	162	253
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.506	3,8	0,05	-	-	-	5	6	3
1.A.4.b	Residencial	14.846	316,8	3,29	-	-	-	1.427	30	214
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	10.846	15,1	0,88	-	-	-	83	126	36
1.A.5	Não Especificado	1.121	0,0	0,02	-	-	-	1	3	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.234	87,8	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	46,3	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.234	41,5	0,06	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	46.739	35,3	13,25	1.914	2.603	291	1.077	25	1.638
2.A	Indústria Mineral	14.060	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	9.770	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.749	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	105	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	435	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	3.842	5,4	12,67	1.914	-	-	1	1	25
2.B.1	Produção de amônia	258	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	1,89	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	10,41	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,38	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	3.584	5,4	-	-	-	-	-	0	6
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.914	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	19
2.C	Indústria Metalúrgica	28.455	29,9	0,58	-	2.603	167	1.051	17	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	26.200	29,7	0,58	-	-	-	575	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	208	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.011	-	-	-	2.603	-	476	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	36	-	-	-	-	167	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	383	-	-	-	-	-	-	-	1.294
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	125	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	25	7	305
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	25	7	17
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	288
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	131
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	157

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	8.019	11.655,7	293,53	-	-	-	1.688	62	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.646,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.224,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.326,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.898,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	99,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	34,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	287,3	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	584,2	9,42	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	263,0	3,33	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	194,0	0,29	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	69,0	3,05	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,4	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	282,3	1,33	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	35,6	0,40	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,35	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,27	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,07	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,88	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	385,6	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	281,27	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	219,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	12,94	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	8,74	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	141,37	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	127,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	91,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	35,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	11,22	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	47,93	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	5,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,17	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,12	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,72	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,89	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,42	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	28,85	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	61,89	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	23,61	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	2,66	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,64	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,30	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	16,96	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	12,17	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,80	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	2,05	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	38,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	3,06	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,72	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,09	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	2,30	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	10,79	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,24	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,39	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,39	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,09	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,24	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	39,4	2,84	-	-	-	1.688	62	-
3.G	Calagem	7.344	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	674	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	790.137	1.580,0	49,29	-	-	-	24.757	438	-
4.A	Floresta	- 121.928	71,2	2,12	-	-	-	1.094	17	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 100.291	70,7	2,08	-	-	-	1.081	17	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 21.636	0,5	0,04	-	-	-	13	1	-
4.B	Agricultura	76.170	95,8	3,60	-	-	-	1.630	41	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	76.170	95,8	3,60	-	-	-	1.630	41	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	837.102	1.398,8	43,13	-	-	-	21.811	376	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.895	32,2	2,94	-	-	-	910	55	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	824.208	1.366,6	40,20	-	-	-	20.902	322	-
4.D	Área Alagada	6.160	7,8	0,23	-	-	-	120	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.160	7,8	0,23	-	-	-	120	2	-
4.E	Assentamento	6.716	5,1	0,16	-	-	-	80	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.716	5,1	0,16	-	-	-	80	1	-
4.F	Outras Terras	1.230	1,4	0,04	-	-	-	22	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.230	1,4	0,04	-	-	-	22	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 15.314	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	565	1.260,7	5,35	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	634,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	230,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	403,8	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,6	0,04	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	565	19,4	0,29	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	606,1	5,02	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	538,2	5,02	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	67,9	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	4.102	2,7	2,71	-	-	-	3	3	3
1.A.3.a.i	Aviação	1.433	0,0	0,04	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	2.670	2,7	2,67	-	-	-	3	3	3
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	165.211								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1993

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.074.939	15.305,9	385,46	2.016	2.443	367	37.482	2.129	3.361
1	Energia	191.351	493,7	13,82	-	-	-	8.745	1.587	1.616
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	185.032	402,2	13,77	-	-	-	8.745	1.587	1.616
1.A.1	Indústrias de Energia	23.802	22,9	3,15	-	-	-	1.234	251	289
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	6.862	0,1	0,05	-	-	-	4	58	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	11.443	0,2	0,08	-	-	-	10	111	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.497	22,6	3,03	-	-	-	1.221	82	287
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	40.582	16,0	2,76	-	-	-	807	155	30
1.A.2.a	Ferro e aço	5.774	0,3	0,04	-	-	-	4	14	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.667	0,1	0,02	-	-	-	3	3	0
1.A.2.c	Produtos químicos	9.667	0,8	0,12	-	-	-	25	30	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	3.202	1,4	0,51	-	-	-	357	22	9
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.665	8,3	1,48	-	-	-	184	35	9
1.A.2.f	Minerais não metálicos	7.696	4,2	0,37	-	-	-	168	25	5
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	4.435	0,7	0,16	-	-	-	50	14	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	2.831	0,2	0,03	-	-	-	6	8	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.645	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	90.078	68,5	3,94	-	-	-	5.359	1.006	1.069
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.351	0,0	0,15	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	79.058	68,0	3,03	-	-	-	5.340	872	1.062
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.701	0,1	0,66	-	-	-	6	28	3
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.969	0,4	0,10	-	-	-	9	101	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	29.835	294,9	3,89	-	-	-	1.345	174	228
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.462	3,8	0,04	-	-	-	5	7	3
1.A.4.b	Residencial	15.392	277,3	2,92	-	-	-	1.254	28	188
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	11.982	13,7	0,93	-	-	-	86	139	36
1.A.5	Não Especificado	734	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.319	91,5	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	49,1	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.319	42,4	0,06	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	48.279	38,8	16,93	2.016	2.443	367	1.131	26	1.745
2.A	Indústria Mineral	14.777	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	10.164	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.028	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	126	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	459	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	4.361	6,1	16,30	2.016	-	-	1	1	29
2.B.1	Produção de amônia	286	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,00	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	13,84	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,46	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	4.075	6,1	-	-	-	-	-	0	8
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	2.016	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	21
2.C	Indústria Metalúrgica	28.717	32,7	0,64	-	2.443	241	1.104	18	16
2.C.1	Produção de ferro e aço	25.991	32,5	0,64	-	-	-	630	16	16
2.C.2	Produção de ferroligas	201	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.946	-	-	-	2.443	-	474	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	52	-	-	-	-	241	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	527	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	424	-	-	-	-	-	-	-	1.378
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	126	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	26	7	322
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	26	7	17
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	304
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	141
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	164

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	10.321	11.746,0	297,11	-	-	-	1.489	55	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.723,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.316,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.451,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.864,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	90,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	34,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	282,6	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	577,2	9,46	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	262,4	3,34	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	195,6	0,28	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	66,8	3,06	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,1	0	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	276,2	1,33	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	35,5	0,40	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,38	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,27	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,07	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	0	1,90	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	411,2	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	285,11	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	221,94	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	15,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	8,68	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	141,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	127,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	92,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	35,24	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	10,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	48,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	6,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	1,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,74	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,02	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,89	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,33	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	28,85	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	0,89	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,52	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	63,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	24,34	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	3,43	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	1,64	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,27	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	17,04	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	12,34	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,70	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,28	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,96	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	38,82	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	3,59	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,05	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,17	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	2,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	10,85	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,46	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,37	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,39	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,07	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	34,6	2,55	-	-	-	1.489	55	-
3.G	Calagem	9.371	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	950	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	824.453	1.668,5	51,93	-	-	-	26.117	460	-
4.A	Floresta	- 143.493	76,3	2,27	-	-	-	1.173	19	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 121.320	75,9	2,23	-	-	-	1.160	18	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 22.174	0,5	0,04	-	-	-	13	1	-
4.B	Agricultura	77.225	97,2	3,65	-	-	-	1.653	42	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	77.225	97,2	3,65	-	-	-	1.653	42	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	891.870	1.480,4	45,56	-	-	-	23.065	396	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.825	32,7	2,98	-	-	-	923	55	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	879.045	1.447,7	42,58	-	-	-	22.142	341	-
4.D	Área Alagada	6.202	7,8	0,23	-	-	-	120	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.202	7,8	0,23	-	-	-	120	2	-
4.E	Assentamento	6.827	5,2	0,16	-	-	-	82	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.827	5,2	0,16	-	-	-	82	1	-
4.F	Outras Terras	1.294	1,5	0,05	-	-	-	23	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.294	1,5	0,05	-	-	-	23	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 15.473	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	536	1.358,9	5,66	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	692,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	247,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	445,1	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,6	0,04	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	536	20,3	0,30	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	645,2	5,32	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	577,1	5,32	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	68,1	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		4.858	3,3	3,39	-	-	-	4	4	3
1.A.3.a.i	Aviação	1.514	0,0	0,04	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	3.344	3,3	3,34	-	-	-	3	3	3
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		163.211								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1994

		CO ₂ (Gg) [EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.061.961	15.576,9	396,23	1.832	2.357	363	37.933	2.192	3.588
1	Energia	200.128	487,4	14,45	-	-	-	8.833	1.638	1.620
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	193.483	398,3	14,39	-	-	-	8.833	1.638	1.620
1.A.1	Indústrias de Energia	24.953	24,0	3,31	-	-	-	1.276	258	294
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	7.518	0,1	0,05	-	-	-	4	62	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	12.162	0,2	0,08	-	-	-	11	114	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.273	23,7	3,17	-	-	-	1.261	82	292
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	41.744	18,1	3,05	-	-	-	855	170	32
1.A.2.a	Ferro e aço	5.766	0,2	0,04	-	-	-	3	14	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.640	0,1	0,02	-	-	-	4	4	0
1.A.2.c	Produtos químicos	9.998	0,8	0,12	-	-	-	28	34	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	3.308	1,3	0,54	-	-	-	382	24	9
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.694	10,1	1,72	-	-	-	194	40	9
1.A.2.f	Minerais não metálicos	7.665	4,5	0,38	-	-	-	176	26	6
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	4.844	0,8	0,17	-	-	-	52	16	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	3.445	0,2	0,03	-	-	-	7	10	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.383	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	94.432	69,8	4,17	-	-	-	5.392	1.025	1.071
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.493	0,0	0,15	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	84.068	69,4	3,44	-	-	-	5.375	908	1.066
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.274	0,1	0,49	-	-	-	4	21	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.597	0,3	0,09	-	-	-	9	91	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	31.608	286,4	3,84	-	-	-	1.310	184	223
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.580	3,6	0,05	-	-	-	5	11	3
1.A.4.b	Residencial	15.374	269,3	2,85	-	-	-	1.218	27	183
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	12.654	13,5	0,95	-	-	-	87	146	37
1.A.5	Não Especificado	746	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.645	89,0	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	44,9	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.645	44,1	0,06	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	48.409	40,4	17,11	1.832	2.357	363	1.160	28	1.968
2.A	Indústria Mineral	14.595	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	10.086	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.892	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	115	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	502	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	4.712	6,7	16,46	1.832	-	-	1	1	30
2.B.1	Produção de amônia	287	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,01	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	13,99	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,46	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	0	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	4.425	6,7	-	-	-	-	-	0	7
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.832	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	23
2.C	Indústria Metalúrgica	28.646	33,7	0,66	-	2.357	236	1.130	19	16
2.C.1	Produção de ferro e aço	26.140	33,5	0,66	-	-	-	650	16	16
2.C.2	Produção de ferroligas	188	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.955	-	-	-	2.357	-	480	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	50	-	-	-	-	236	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	312	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	457	-	-	-	-	-	-	-	1.601
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	127	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	29	8	321
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	29	8	19
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	302
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	145
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	157

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	10.729	11.947,0	306,62	-	-	-	1.753	65	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.908,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.492,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.631,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.860,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	92,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	35,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	288,7	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	594,1	9,77	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	269,7	3,43	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	200,2	0,35	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	69,5	3,08	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,1	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	284,9	1,38	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	36,4	0,42	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,54	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,32	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,25	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,08	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,25	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,97	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	403,4	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	293,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	228,67	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	17,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	8,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	143,36	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	129,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	94,40	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	35,14	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	11,05	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	50,36	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	7,17	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,57	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,29	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,81	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
	[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.D.1.d.v	Feijão	-	1,39	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	0,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	0,31	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	28,85	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	0,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	5,47	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	65,16	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	24,96	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	3,76	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Aubos orgânicos	-	1,67	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	19,54	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	17,27	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	12,59	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	4,68	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	0,28	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	1,99	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	40,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	4,16	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Aubos orgânicos	-	2,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	21,98	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	19,43	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	0,31	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	2,24	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	11,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	1,61	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	1,48	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	0,52	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	0,41	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	0,31	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	0,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	6,49	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	40,5	3,02	-	-	-	1.753	65	-
3.G	Calagem	9.741	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	988	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	802.131	1.673,0	52,07	-	-	-	26.187	461	-
4.A	Floresta	- 156.246	76,5	2,28	-	-	-	1.177	19	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 133.083	76,1	2,24	-	-	-	1.163	18	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 23.163	0,5	0,04	-	-	-	13	1	-
4.B	Agricultura	77.141	97,5	3,66	-	-	-	1.657	42	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	77.141	97,5	3,66	-	-	-	1.657	42	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	886.450	1.484,4	45,69	-	-	-	23.127	397	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.383	32,8	2,99	-	-	-	926	56	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	874.067	1.451,6	42,70	-	-	-	22.202	342	-
4.D	Área Alagada	6.202	7,8	0,23	-	-	-	121	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.202	7,8	0,23	-	-	-	121	2	-
4.E	Assentamento	6.827	5,2	0,16	-	-	-	82	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.827	5,2	0,16	-	-	-	82	1	-
4.F	Outras Terras	1.294	1,5	0,05	-	-	-	23	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.294	1,5	0,05	-	-	-	23	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 19.538	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	564	1.429,2	5,97	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	752,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	263,8	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	488,6	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,7	0,04	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	564	21,0	0,31	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	655,0	5,62	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	585,4	5,62	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	69,6	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	5.669	3,9	3,93	-	-	-	4	4	4
1.A.3.a.i	Aviação	1.787	0,0	0,05	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	3.882	3,9	3,88	-	-	-	4	4	4
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	173.798								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1995

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		2.152.596	17.188,2	442,84	1.791	2.232	369	58.129	2.598	3.636
1	Energia	216.613	463,9	14,93	-	-	-	8.692	1.721	1.596
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	210.030	375,0	14,87	-	-	-	8.692	1.721	1.596
1.A.1	Indústrias de Energia	26.255	22,5	3,12	-	-	-	1.190	268	272
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	9.099	0,2	0,07	-	-	-	6	80	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	11.558	0,2	0,08	-	-	-	11	104	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.599	22,1	2,96	-	-	-	1.174	83	270
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	45.149	18,5	3,08	-	-	-	836	181	32
1.A.2.a	Ferro e aço	5.763	0,2	0,03	-	-	-	4	13	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	1.936	0,1	0,02	-	-	-	4	5	0
1.A.2.c	Produtos químicos	11.080	0,8	0,12	-	-	-	25	39	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	3.811	1,3	0,54	-	-	-	370	24	9
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.132	10,4	1,75	-	-	-	194	41	9
1.A.2.f	Minerais não metálicos	8.716	4,6	0,38	-	-	-	174	29	6
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.002	0,8	0,17	-	-	-	55	16	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	3.352	0,1	0,03	-	-	-	2	11	0
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.357	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	104.411	73,0	5,00	-	-	-	5.471	1.078	1.086
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.376	0,0	0,18	-	-	-	4	6	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	93.132	72,6	4,20	-	-	-	5.454	960	1.080
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.367	0,1	0,53	-	-	-	5	23	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.537	0,3	0,09	-	-	-	8	90	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	33.343	261,0	3,66	-	-	-	1.194	192	206
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.694	3,5	0,05	-	-	-	5	11	3
1.A.4.b	Residencial	16.083	243,6	2,62	-	-	-	1.098	26	165
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	13.567	13,8	0,99	-	-	-	91	155	38
1.A.5	Não Especificado	871	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	6.583	88,9	0,06	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	43,7	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	6.583	45,1	0,06	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	53.139	37,7	18,20	1.791	2.232	369	1.106	27	2.040
2.A	Indústria Mineral	16.149	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	11.528	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.897	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	139	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	586	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	4.684	6,6	17,60	1.791	-	-	1	1	31
2.B.1	Produção de amônia	303	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,05	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	15,08	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	4	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	4.377	6,6	-	-	-	-	-	0	7
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.791	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	24
2.C	Indústria Metalúrgica	31.836	31,1	0,60	-	2.232	241	1.076	17	15
2.C.1	Produção de ferro e aço	28.853	30,8	0,60	-	-	-	597	15	15
2.C.2	Produção de ferroligas	227	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.965	-	-	-	2.232	-	480	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	52	-	-	-	-	241	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	738	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	470	-	-	-	-	-	-	-	1.617
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	NE/NO	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	128	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	29	8	377
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	29	8	19
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	358
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	184
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	174

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	6.765	12.179,7	311,96	-	-	-	1.806	67	-
3.A	Fermentação Entérica	-	11.113,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.690,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.780,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.909,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	91,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	36,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	295,1	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	612,9	10,13	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	277,9	3,58	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	204,7	0,43	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	73,2	3,15	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,1	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	294,4	1,43	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	37,5	0,43	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,69	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,41	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,10	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,29	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,99	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	412,1	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	298,70	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	232,57	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	17,10	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Aduos orgânicos	-	-	9,54	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	145,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	131,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	95,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	36,05	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	11,22	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	51,47	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	7,39	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	7,33	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,93	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,21	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,03	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	29,05	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	0,90	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,59	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	66,13	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	25,25	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	3,56	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	1,80	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,89	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	17,59	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	12,79	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,81	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,28	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	2,02	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	40,88	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,01	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,25	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	22,38	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,79	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	2,27	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	11,58	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,66	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,65	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,54	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,27	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,05	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,54	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	41,7	3,13	-	-	-	1.806	67	-
3.G	Calagem	5.845	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	920	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.875.495	2.996,2	91,47	-	-	-	46.525	784	-
4.A	Floresta	- 80.960	154,0	4,57	-	-	-	2.364	37	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 68.244	153,4	4,51	-	-	-	2.345	36	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 12.717	0,7	0,06	-	-	-	19	1	-
4.B	Agricultura	109.489	132,7	4,88	-	-	-	2.234	54	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	109.489	132,7	4,88	-	-	-	2.234	54	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.845.499	2.686,3	81,32	-	-	-	41.568	687	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	26.834	37,3	3,41	-	-	-	1.054	63	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.818.665	2.649,0	77,91	-	-	-	40.513	623	-
4.D	Área Alagada	10.164	12,5	0,37	-	-	-	191	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	10.164	12,5	0,37	-	-	-	191	3	-
4.E	Assentamento	9.673	7,9	0,25	-	-	-	124	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	9.673	7,9	0,25	-	-	-	124	2	-
4.F	Outras Terras	2.327	2,8	0,09	-	-	-	44	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	2.327	2,8	0,09	-	-	-	44	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 20.697	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	585	1.510,7	6,28	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	817,9	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	294,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	523,2	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,7	0,04	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	585	21,6	0,32	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	670,4	5,92	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	593,6	5,92	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	76,8	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		6.217	4,1	4,20	-	-	-	5	5	4
1.A.3.a.i	Aviação	2.074	0,0	0,06	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	4.143	4,1	4,14	-	-	-	4	4	4
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		168.703								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1996

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.478.147	15.480,0	396,63	1.123	2.174	362	43.673	2.471	3.654
1	Energia	233.816	452,3	15,80	-	-	-	8.702	1.825	1.567
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	226.662	373,6	15,73	-	-	-	8.702	1.825	1.567
1.A.1	Indústrias de Energia	28.322	21,8	3,04	-	-	-	1.124	290	244
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	10.135	0,2	0,07	-	-	-	5	79	1
1.A.1.b	Refino de petróleo	12.319	0,2	0,09	-	-	-	13	118	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.868	21,4	2,87	-	-	-	1.106	93	242
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	50.684	19,7	3,15	-	-	-	888	194	31
1.A.2.a	Ferro e aço	5.852	0,2	0,03	-	-	-	5	12	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	2.832	0,1	0,02	-	-	-	1	7	0
1.A.2.c	Produtos químicos	12.800	0,8	0,11	-	-	-	21	44	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.468	1,3	0,51	-	-	-	388	26	8
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.603	10,8	1,80	-	-	-	204	43	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	9.807	5,5	0,43	-	-	-	201	32	7
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.000	0,7	0,17	-	-	-	54	15	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	3.841	0,2	0,03	-	-	-	4	12	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.481	0,1	0,04	-	-	-	10	3	0
1.A.3	Transporte	112.671	76,2	5,87	-	-	-	5.521	1.143	1.089
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.807	0,0	0,19	-	-	-	5	6	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	100.174	75,8	5,08	-	-	-	5.501	1.003	1.083
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.258	0,1	0,49	-	-	-	4	21	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.431	0,4	0,12	-	-	-	11	113	4
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.059	255,9	3,65	-	-	-	1.169	197	202
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.151	3,7	0,04	-	-	-	5	8	3
1.A.4.b	Residencial	16.745	238,5	2,59	-	-	-	1.072	27	161
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	14.163	13,7	1,01	-	-	-	93	162	39
1.A.5	Não Especificado	926	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	7.154	78,7	0,07	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	28,1	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	7.154	50,6	0,07	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO ₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	54.509	33,7	14,31	1.123	2.174	362	1.028	25	2.087
2.A	Indústria Mineral	18.690	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	13.884	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.034	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	141	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	631	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	4.703	6,6	13,78	1.042	-	-	1	1	30
2.B.1	Produção de amônia	298	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,07	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	11,22	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,49	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	23	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	4.382	6,6	-	-	-	-	-	0	8
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.042	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	23
2.C	Indústria Metalúrgica	30.538	27,1	0,52	-	2.174	233	997	16	13
2.C.1	Produção de ferro e aço	27.372	26,9	0,52	-	-	-	518	13	13
2.C.2	Produção de ferroligas	250	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.981	-	-	-	2.174	-	480	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	50	-	-	-	-	233	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	885	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	578	-	-	-	-	-	-	-	1.654
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	81	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	129	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	31	8	390
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	31	8	20
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	369
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	193
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	177

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	8.456	11.344,3	296,56	-	-	-	1.774	66	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.416,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.091,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.581,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.509,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	73,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	29,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	222,6	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	529,2	8,79	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	275,8	2,96	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	198,5	0,50	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	77,3	2,47	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	217,6	1,16	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	33,3	0,43	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,24	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,21	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,35	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,86	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,06	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	1,97	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	357,4	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	284,70	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	221,63	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	18,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	8,81	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	136,39	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	125,71	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	97,17	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	28,55	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	8,64	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	49,71	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	6,67	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	5,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	2,76	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,49	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,72	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,49	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	29,70	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	0,88	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,63	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	63,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	24,04	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	3,83	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	1,66	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	18,55	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	16,76	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	12,96	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	3,81	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,58	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	39,03	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,09	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	20,87	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	18,86	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,78	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	11,19	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,50	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,35	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,62	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,68	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	40,9	3,07	-	-	-	1.774	66	-
3.G	Calagem	7.444	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.012	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.180.685	2.062,9	63,63	-	-	-	32.169	555	-
4.A	Floresta	- 134.291	99,2	2,95	-	-	-	1.525	24	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 116.523	98,7	2,90	-	-	-	1.509	23	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 17.768	0,6	0,05	-	-	-	16	1	-
4.B	Agricultura	96.577	115,6	4,31	-	-	-	1.959	49	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	96.577	115,6	4,31	-	-	-	1.959	49	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.220.250	1.828,4	55,76	-	-	-	28.380	477	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	19.018	32,1	2,93	-	-	-	908	54	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.201.232	1.796,2	52,83	-	-	-	27.472	423	-
4.D	Área Alagada	9.269	11,2	0,33	-	-	-	173	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.269	11,2	0,33	-	-	-	173	3	-
4.E	Assentamento	8.375	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.375	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.F	Outras Terras	1.648	1,9	0,06	-	-	-	30	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.648	1,9	0,06	-	-	-	30	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 21.143	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	681	1.586,7	6,34	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	876,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	308,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	568,5	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,7	0,04	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	681	22,8	0,34	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	686,6	5,95	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	605,8	5,95	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	80,8	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		6.663	4,2	4,31	-	-	-	5	5	4
1.A.3.a.i	Aviação	2.418	0,0	0,07	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	4.245	4,2	4,25	-	-	-	4	4	4
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		170.947								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1997

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.177.340	15.315,8	394,58	1.296	1.462	434	37.199	2.439	3.595
1	Energia	249.335	465,5	16,85	-	-	-	8.404	1.891	1.490
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	241.647	375,2	16,78	-	-	-	8.404	1.891	1.490
1.A.1	Indústrias de Energia	31.438	22,8	3,18	-	-	-	1.143	332	238
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	11.966	0,2	0,09	-	-	-	7	100	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	13.460	0,3	0,11	-	-	-	15	126	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	6.012	22,3	2,98	-	-	-	1.121	106	235
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	53.525	19,9	3,28	-	-	-	885	208	31
1.A.2.a	Ferro e aço	5.726	0,2	0,03	-	-	-	7	13	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	2.886	0,1	0,02	-	-	-	1	6	0
1.A.2.c	Produtos químicos	14.562	0,9	0,12	-	-	-	19	50	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.149	1,3	0,51	-	-	-	397	25	8
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.179	11,7	1,92	-	-	-	206	45	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	11.420	4,6	0,43	-	-	-	187	36	6
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.557	0,8	0,18	-	-	-	54	17	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	3.765	0,2	0,03	-	-	-	4	13	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.282	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	119.489	73,9	6,57	-	-	-	5.188	1.139	1.015
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	7.661	0,0	0,21	-	-	-	5	7	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	107.607	73,5	5,89	-	-	-	5.172	1.034	1.010
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.021	0,1	0,39	-	-	-	3	17	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.200	0,3	0,08	-	-	-	8	81	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.865	258,6	3,71	-	-	-	1.183	204	205
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.384	3,6	0,05	-	-	-	5	9	3
1.A.4.b	Residencial	16.765	241,4	2,62	-	-	-	1.084	27	163
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	14.717	13,6	1,03	-	-	-	94	168	39
1.A.5	Não Especificado	2.330	0,0	0,04	-	-	-	5	8	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	7.688	90,3	0,07	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	36,0	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	7.688	54,3	0,07	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	58.302	35,8	12,83	1.296	1.462	434	1.048	26	2.105
2.A	Indústria Mineral	20.292	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	15.267	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.119	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	153	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	753	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	5.249	7,4	12,29	1.115	-	-	1	1	33
2.B.1	Produção de amônia	311	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,12	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	9,66	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	32	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	4.906	7,4	-	-	-	-	-	0	8
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.115	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	25
2.C	Indústria Metalúrgica	32.115	28,4	0,55	-	1.462	305	1.016	16	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	29.754	28,2	0,55	-	-	-	542	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	180	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.975	-	-	-	1.462	-	474	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	65	-	-	-	-	305	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	140	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	646	-	-	-	-	-	-	-	1.652
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	181	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	130	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	32	8	407
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	32	8	21
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	386
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	206
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	180

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	9.263	11.514,8	306,82	-	-	-	1.767	66	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.598,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.272,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.695,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.576,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	72,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	29,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	224,0	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	538,5	9,06	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	278,9	3,12	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	201,7	0,54	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	77,1	2,58	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	0,00	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	222,9	1,17	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	34,2	0,44	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,34	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,29	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,38	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,90	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,06	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	0,00	2,00	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	336,8	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	294,69	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	229,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	19,87	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Aduvos orgânicos	-	-	9,36	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	138,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	128,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	98,28	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	29,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	8,72	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	52,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	7,60	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,66	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,44	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,17	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,81	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,37	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	30,35	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,05	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,67	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	65,45	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	24,88	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,23	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	1,75	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	18,90	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	17,09	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	13,10	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	3,99	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,61	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	40,57	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,60	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,26	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,81	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	11,82	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	1,71	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,50	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,69	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,26	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,08	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,83	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	40,8	3,06	-	-	-	1.767	66	-
3.G	Calagem	8.132	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.131	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	859.706	1.660,3	51,63	-	-	-	25.979	457	-
4.A	Floresta	- 160.191	75,6	2,26	-	-	-	1.163	19	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 140.217	75,1	2,21	-	-	-	1.148	18	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 19.973	0,5	0,05	-	-	-	15	1	-
4.B	Agricultura	91.416	109,3	4,10	-	-	-	1.857	47	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	91.416	109,3	4,10	-	-	-	1.857	47	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	939.177	1.456,8	44,71	-	-	-	22.670	387	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	14.839	30,0	2,74	-	-	-	849	51	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	924.338	1.426,8	41,96	-	-	-	21.821	336	-
4.D	Área Alagada	9.076	11,1	0,33	-	-	-	170	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.076	11,1	0,33	-	-	-	170	3	-
4.E	Assentamento	7.868	6,1	0,19	-	-	-	95	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	7.868	6,1	0,19	-	-	-	95	2	-
4.F	Outras Terras	1.351	1,5	0,05	-	-	-	24	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.351	1,5	0,05	-	-	-	24	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 28.992	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	733	1.639,4	6,44	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	919,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	345,8	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	573,8	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,8	0,05	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	733	23,5	0,35	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	695,6	6,04	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	615,2	6,04	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	80,4	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		7.231	4,6	4,71	-	-	-	5	5	5
1.A.3.a.i	Aviação	2.596	0,0	0,07	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	4.635	4,6	4,64	-	-	-	5	5	5
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		177.139								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1998

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.435.494	15.914,9	421,56	434	1.638	388	42.487	2.566	3.748
1	Energia	256.470	473,0	17,57	-	-	-	7.984	1.926	1.396
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	248.026	375,5	17,49	-	-	-	7.984	1.926	1.396
1.A.1	Indústrias de Energia	32.153	20,4	2,87	-	-	-	1.031	339	217
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	12.450	0,3	0,09	-	-	-	8	106	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	13.829	0,3	0,11	-	-	-	16	135	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.874	19,9	2,66	-	-	-	1.007	97	214
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	54.305	21,4	3,57	-	-	-	953	215	35
1.A.2.a	Ferro e aço	5.350	0,2	0,03	-	-	-	7	12	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	3.322	0,1	0,02	-	-	-	1	7	0
1.A.2.c	Produtos químicos	13.332	1,0	0,12	-	-	-	18	48	2
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.425	1,6	0,60	-	-	-	443	27	10
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.377	13,3	2,13	-	-	-	218	50	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	12.495	4,3	0,42	-	-	-	197	36	8
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.779	0,7	0,18	-	-	-	56	19	2
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	3.929	0,2	0,03	-	-	-	4	13	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.297	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	125.674	70,0	7,28	-	-	-	4.794	1.172	938
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	8.395	0,0	0,23	-	-	-	6	8	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	112.767	69,6	6,54	-	-	-	4.777	1.059	932
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.085	0,1	0,42	-	-	-	4	18	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.427	0,3	0,09	-	-	-	8	87	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.568	263,6	3,73	-	-	-	1.202	198	207
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.702	3,4	0,05	-	-	-	5	10	3
1.A.4.b	Residencial	16.821	247,1	2,69	-	-	-	1.107	27	166
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	14.046	13,0	0,99	-	-	-	91	161	37
1.A.5	Não Especificado	1.326	0,0	0,03	-	-	-	3	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	8.443	97,6	0,08	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	35,5	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	8.443	62,1	0,08	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	61.621	33,9	19,71	434	1.638	388	1.012	25	2.351
2.A	Indústria Mineral	20.958	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	16.175	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	3.933	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	153	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	697	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	5.486	7,9	19,20	153	-	-	1	1	34
2.B.1	Produção de amônia	292	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,06	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	16,75	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,39	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	25	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.170	7,9	-	-	-	-	-	0	8
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	153	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	26
2.C	Indústria Metalúrgica	34.567	26,0	0,50	-	1.638	241	977	15	12
2.C.1	Produção de ferro e aço	31.951	25,9	0,50	-	-	-	497	12	12
2.C.2	Produção de ferroligas	558	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.007	-	-	-	1.638	-	480	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	51	-	-	-	-	241	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	610	-	-	-	-	-	-	-	1.892
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	281	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	147	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	33	9	413
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	33	9	22
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	391
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	208
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	183

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	9.002	11.679,4	314,99	-	-	-	1.816	67	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.759,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.430,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.833,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.597,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	71,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	227,6	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	544,6	9,13	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	281,2	3,12	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	204,1	0,49	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	77,1	2,63	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,5	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	226,5	1,19	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	34,4	0,44	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,37	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,27	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,35	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,92	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,08	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,02	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	333,0	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	302,71	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	235,16	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	22,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	9,62	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	141,07	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	130,30	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	100,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	30,29	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,98	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	8,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	53,61	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	9,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	5,98	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,27	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,33	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	0,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,34	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	31,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	0,98	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,71	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	67,54	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	25,80	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,82	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,80	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,19	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	17,37	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	13,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,04	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,62	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	41,74	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	5,15	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,59	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,54	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,82	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	12,06	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,35	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,73	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,30	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,08	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	6,98	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,22	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	41,9	3,14	-	-	-	1.816	67	-
3.G	Calagem	7.691	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.311	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.107.623	2.030,3	62,69	-	-	-	31.675	548	-
4.A	Floresta	- 148.211	97,0	2,89	-	-	-	1.491	24	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 130.095	96,4	2,84	-	-	-	1.475	23	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 18.116	0,6	0,05	-	-	-	16	1	-
4.B	Agricultura	95.763	116,4	4,34	-	-	-	1.973	49	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	95.763	116,4	4,34	-	-	-	1.973	49	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.174.299	1.797,2	54,86	-	-	-	27.905	470	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	16.728	32,3	2,95	-	-	-	913	55	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.157.571	1.764,9	51,91	-	-	-	26.992	415	-
4.D	Área Alagada	9.239	11,4	0,34	-	-	-	175	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.239	11,4	0,34	-	-	-	175	3	-
4.E	Assentamento	8.295	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.295	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.F	Outras Terras	1.601	1,9	0,06	-	-	-	29	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.601	1,9	0,06	-	-	-	29	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 33.364	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	778	1.698,2	6,60	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	968,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	360,9	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	607,2	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,9	0,05	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	778	24,2	0,36	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	705,1	6,19	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	623,9	6,19	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	81,1	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	8.036	5,4	5,43	-	-	-	6	6	5
1.A.3.a.i	Aviação	2.678	0,0	0,08	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	5.358	5,4	5,36	-	-	-	5	5	5
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	177.178								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 1999

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.397.021	16.184,3	425,73	1.501	1.450	386	42.008	2.623	3.649
1	Energia	265.728	484,2	18,10	-	-	-	7.603	1.985	1.320
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	256.773	377,9	18,01	-	-	-	7.603	1.985	1.320
1.A.1	Indústrias de Energia	38.347	20,5	2,90	-	-	-	1.058	384	232
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	19.238	0,4	0,14	-	-	-	11	153	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	13.641	0,3	0,11	-	-	-	16	142	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	5.467	19,8	2,65	-	-	-	1.030	89	229
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	58.045	22,6	3,78	-	-	-	1.043	233	40
1.A.2.a	Ferro e aço	5.341	0,2	0,04	-	-	-	8	13	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	3.859	0,1	0,03	-	-	-	2	8	0
1.A.2.c	Produtos químicos	14.577	1,1	0,13	-	-	-	20	57	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.720	1,6	0,63	-	-	-	472	29	10
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.469	14,3	2,27	-	-	-	228	53	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	13.140	4,3	0,43	-	-	-	235	37	11
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.130	0,7	0,18	-	-	-	62	19	3
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	4.623	0,2	0,04	-	-	-	8	15	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.187	0,1	0,04	-	-	-	8	3	0
1.A.3	Transporte	123.106	63,5	7,46	-	-	-	4.264	1.160	835
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	7.825	0,0	0,22	-	-	-	5	7	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	110.693	63,1	6,74	-	-	-	4.247	1.046	829
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.084	0,1	0,42	-	-	-	4	18	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.503	0,3	0,09	-	-	-	8	89	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	36.206	271,3	3,84	-	-	-	1.238	206	212
1.A.4.a	Comercial/Institucional	4.412	3,4	0,06	-	-	-	5	12	3
1.A.4.b	Residencial	17.156	255,2	2,78	-	-	-	1.142	28	171
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	14.638	12,6	1,00	-	-	-	91	166	37
1.A.5	Não Especificado	1.070	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	8.955	106,3	0,09	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	37,2	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	8.955	69,1	0,09	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	59.890	38,0	19,71	1.501	1.450	386	1.101	28	2.329
2.A	Indústria Mineral	21.392	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	16.439	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.133	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	174	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	646	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	5.885	8,4	19,14	1.137	-	-	1	1	36
2.B.1	Produção de amônia	330	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,06	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	16,62	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	40	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.515	8,4	-	-	-	-	-	0	8
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	1.137	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	28
2.C	Indústria Metalúrgica	32.029	29,6	0,57	-	1.450	234	1.064	17	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	29.413	29,4	0,57	-	-	-	568	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	487	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.079	-	-	-	1.450	-	496	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	50	-	-	-	-	234	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	584	-	-	-	-	-	-	-	1.826
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	365	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	152	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	36	10	453
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	36	10	24
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	429
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	243
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	186

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	8.616	11.857,4	318,63	-	-	-	1.728	64	-
3.A	Fermentação Entérica	-	10.863,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.528,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	8.920,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.607,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	72,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	30,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	232,5	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	559,4	9,50	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	287,1	3,19	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	207,0	0,55	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	80,2	2,64	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	0	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	234,3	1,28	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	35,4	0,46	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,58	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,31	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,39	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,92	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	-	0	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	394,3	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	306,14	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	237,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	21,16	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	9,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	142,43	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	131,45	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	100,95	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	30,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,02	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	8,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	55,84	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	8,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,52	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,24	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,01	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,17	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,85	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,37	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	31,65	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,12	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,75	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	68,22	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	25,96	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,74	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,85	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,37	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	17,53	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	13,46	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,07	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,64	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	42,26	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,93	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,33	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,79	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	19,72	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,85	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	12,56	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	2,01	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,73	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,45	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,26	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,08	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,12	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,25	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	39,9	2,99	-	-	-	1.728	64	-
3.G	Calagem	7.295	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.320	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.061.880	2.023,9	62,50	-	-	-	31.577	546	-
4.A	Floresta	- 180.850	96,6	2,87	-	-	-	1.484	24	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 162.678	96,0	2,82	-	-	-	1.468	23	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 18.171	0,6	0,05	-	-	-	16	1	-
4.B	Agricultura	95.633	116,4	4,35	-	-	-	1.974	49	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	95.633	116,4	4,35	-	-	-	1.974	49	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.162.818	1.791,0	54,68	-	-	-	27.811	469	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.206	32,3	2,95	-	-	-	913	55	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.150.612	1.758,7	51,73	-	-	-	26.898	414	-
4.D	Área Alagada	9.234	11,4	0,34	-	-	-	175	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.234	11,4	0,34	-	-	-	175	3	-
4.E	Assentamento	8.283	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.283	6,6	0,21	-	-	-	103	2	-
4.F	Outras Terras	1.594	1,9	0,06	-	-	-	29	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.594	1,9	0,06	-	-	-	29	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 34.832	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	907	1.780,8	6,78	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.033,3	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	384,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	649,1	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,8	0,05	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	907	25,0	0,39	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	721,7	6,34	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	635,6	6,34	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	86,1	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		10.737	8,2	8,29	-	-	-	9	9	8
1.A.3.a.i	Aviação	2.522	0,0	0,07	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	8.215	8,2	8,22	-	-	-	8	8	8
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		180.784								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2000

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.458.729	16.736,8	443,43	505	1.060	400	42.731	2.616	3.730
1	Energia	272.173	496,7	17,94	-	-	-	7.052	1.959	1.222
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	262.738	372,7	17,83	-	-	-	7.052	1.959	1.222
1.A.1	Indústrias de Energia	39.781	19,9	2,84	-	-	-	1.071	391	249
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	19.092	0,4	0,14	-	-	-	9	138	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	14.194	0,3	0,12	-	-	-	17	153	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	6.495	19,2	2,58	-	-	-	1.045	100	246
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	61.798	20,6	3,48	-	-	-	1.074	238	43
1.A.2.a	Ferro e aço	5.660	0,2	0,04	-	-	-	9	14	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	4.254	0,1	0,03	-	-	-	2	9	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.001	1,2	0,14	-	-	-	21	62	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.746	1,6	0,66	-	-	-	484	30	10
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.530	11,6	1,91	-	-	-	216	46	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	13.735	4,6	0,44	-	-	-	259	39	13
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	7.017	0,8	0,19	-	-	-	67	20	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.535	0,3	0,05	-	-	-	9	17	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.319	0,1	0,04	-	-	-	7	3	0
1.A.3	Transporte	124.262	55,7	7,61	-	-	-	3.642	1.130	715
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	8.327	0,0	0,23	-	-	-	6	7	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	111.723	55,3	6,82	-	-	-	3.625	1.027	709
1.A.3.c	Transporte ferroviário	1.251	0,1	0,48	-	-	-	4	21	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	2.961	0,3	0,08	-	-	-	7	75	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	35.745	276,6	3,86	-	-	-	1.263	199	215
1.A.4.a	Comercial/Institucional	4.357	3,1	0,06	-	-	-	5	10	3
1.A.4.b	Residencial	17.195	261,4	2,85	-	-	-	1.172	28	176
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	14.193	12,0	0,96	-	-	-	87	160	36
1.A.5	Não Especificado	1.152	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	9.434	124,0	0,11	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	47,4	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	9.434	76,6	0,11	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	64.506	41,0	20,73	505	1.060	400	1.155	29	2.508
2.A	Indústria Mineral	21.702	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	16.047	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.756	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	193	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	706	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.321	9,0	20,11	-	-	-	1	1	43
2.B.1	Produção de amônia	283	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,09	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	17,51	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	51	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.988	9,0	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	33
2.C	Indústria Metalúrgica	35.858	32,0	0,62	-	1.060	246	1.117	18	15
2.C.1	Produção de ferro e aço	33.135	31,8	0,62	-	-	-	613	15	15
2.C.2	Produção de ferroligas	550	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.116	-	-	-	1.060	-	504	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	53	-	-	-	-	246	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	5	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	624	-	-	-	-	-	-	-	1.979
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	505	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	154	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	37	10	471
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	37	10	25
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	446
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	257
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	189

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	10.645	12.208,4	332,56	-	-	-	1.596	59	-
3.A	Fermentação Entérica	-	11.222,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	10.878,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	9.222,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.656,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	73,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	31,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	238,2	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	581,1	10,12	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	300,4	3,39	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	215,6	0,68	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	84,8	2,71	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	241,5	1,36	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	36,5	0,49	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,88	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,43	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,23	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,23	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	368,2	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	319,67	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	248,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	25,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	10,16	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	146,86	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	135,63	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	104,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	31,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,05	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	57,32	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	9,45	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	6,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,36	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,92	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,26	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,93	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,26	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	32,30	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,30	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,78	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	71,15	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	26,83	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	4,94	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,93	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	19,97	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	18,08	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	13,90	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	44,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	5,90	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,40	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	22,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	20,34	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,89	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	12,90	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	2,13	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,76	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,28	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,06	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,27	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	36,8	2,76	-	-	-	1.596	59	-
3.G	Calagem	9.444	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.201	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.110.480	2.111,6	65,12	-	-	-	32.928	568	-
4.A	Floresta	- 185.076	101,6	3,02	-	-	-	1.562	25	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 167.337	101,0	2,97	-	-	-	1.545	24	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 17.739	0,6	0,05	-	-	-	16	1	-
4.B	Agricultura	96.645	118,1	4,40	-	-	-	2.001	50	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	96.645	118,1	4,40	-	-	-	2.001	50	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.217.144	1.871,8	57,08	-	-	-	29.053	488	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.265	32,8	3,00	-	-	-	928	56	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.204.879	1.838,9	54,09	-	-	-	28.125	433	-
4.D	Área Alagada	9.272	11,5	0,34	-	-	-	176	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.272	11,5	0,34	-	-	-	176	3	-
4.E	Assentamento	8.382	6,7	0,21	-	-	-	105	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.382	6,7	0,21	-	-	-	105	2	-
4.F	Outras Terras	1.652	2,0	0,06	-	-	-	31	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.652	2,0	0,06	-	-	-	31	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 37.539	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	926	1.878,9	7,08	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.086,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	421,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	665,3	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,9	0,05	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	926	25,3	0,40	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	766,1	6,63	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	676,4	6,63	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	89,6	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		11.313	9,3	9,31	-	-	-	10	10	9
1.A.3.a.i	Aviação	2.063	0,0	0,06	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	9.250	9,3	9,25	-	-	-	9	9	9
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		166.349								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2001

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
1	Energia	279.460	524,1	18,77	-	-	-	6.656	1.985	1.135
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	269.687	381,3	18,66	-	-	-	6.656	1.985	1.135
1.A.1	Indústrias de Energia	43.224	19,8	2,86	-	-	-	1.036	410	234
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	21.623	0,5	0,18	-	-	-	11	142	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	14.842	0,3	0,14	-	-	-	17	157	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	6.759	18,9	2,54	-	-	-	1.008	111	231
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	61.093	23,1	3,80	-	-	-	1.085	240	45
1.A.2.a	Ferro e aço	5.619	0,2	0,04	-	-	-	8	13	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	3.977	0,1	0,03	-	-	-	2	8	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.070	1,4	0,14	-	-	-	19	61	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.575	1,7	0,67	-	-	-	482	29	11
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.501	14,3	2,25	-	-	-	228	53	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	14.172	4,3	0,42	-	-	-	265	37	14
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.534	0,7	0,18	-	-	-	64	18	3
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.435	0,3	0,05	-	-	-	9	17	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.210	0,1	0,04	-	-	-	7	2	0
1.A.3	Transporte	126.788	50,6	7,93	-	-	-	3.216	1.121	632
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	8.561	0,0	0,24	-	-	-	6	8	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	113.535	50,2	7,07	-	-	-	3.198	1.006	626
1.A.3.c	Transporte Ferroviário	1.419	0,1	0,55	-	-	-	5	24	2
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.274	0,3	0,09	-	-	-	8	83	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	37.390	287,8	4,04	-	-	-	1.317	214	223
1.A.4.a	Comercial/Institucional	4.572	3,0	0,06	-	-	-	4	10	3
1.A.4.b	Residencial	17.233	272,7	2,96	-	-	-	1.221	29	183
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.586	12,0	1,01	-	-	-	91	174	37
1.A.5	Não Especificado	1.192	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	9.773	142,8	0,11	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	62,6	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	9.773	80,2	0,11	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg)	HFCs		PFCs	SF ₆	CO	NO _x	NMVOC	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	(Gg CO ₂ e)	(Gg CO ₂ e)	(Gg CO ₂ e)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
Total Brasil		1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	62.487	38,7	16,98	637	830	385	1.063	28	2.536
2.A	Indústria Mineral	20.641	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	15.227	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.568	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	194	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	652	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	5.906	8,6	16,40	-	-	-	1	1	41
2.B.1	Produção de amônia	237	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,06	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	13,90	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.627	8,6	-	-	-	-	-	0	9
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	32
2.C	Indústria Metalúrgica	35.372	30,1	0,58	-	830	226	1.025	17	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	32.762	29,9	0,58	-	-	-	576	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	616	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.879	-	-	-	830	-	449	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	48	-	-	-	-	226	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	67	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	569	-	-	-	-	-	-	-	2.037
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	637	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	159	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	37	10	444
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	37	10	25
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	420
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	228
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	192

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]								
	Total Brasil	1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
3	Agropecuária	9.908	12.724,1	344,97	-	-	-	1.705	63	-
3.A	Fermentação Entérica	-	11.712,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	11.367,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	9.679,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.687,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	73,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	32,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	239,5	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	612,7	10,21	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	315,6	3,38	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	227,0	0,65	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	88,6	2,73	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	257,1	1,38	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	37,4	0,51	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,94	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,42	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,96	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,19	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,32	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	359,4	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	331,81	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	258,11	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	25,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	9,79	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	153,02	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	141,75	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	109,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	31,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,07	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	61,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	10,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	8,48	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)	
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	32,95	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,47	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,82	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	73,70	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	27,73	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	5,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	1,87	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	20,79	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	18,90	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	14,64	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,68	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	45,97	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	5,80	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,29	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	23,39	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	21,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,89	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	13,84	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	2,45	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,91	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,79	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,39	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,41	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	39,4	2,95	-	-	-	1.705	63	-
3.G	Calagem	8.617	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.291	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.057.520	2.050,8	63,29	-	-	-	31.988	553	-
4.A	Floresta	- 192.802	96,1	2,86	-	-	-	1.476	23	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 174.132	95,5	2,81	-	-	-	1.461	22	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 18.670	0,5	0,05	-	-	-	15	1	-
4.B	Agricultura	89.029	112,5	4,22	-	-	-	1.912	48	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	89.029	112,5	4,22	-	-	-	1.912	48	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.184.180	1.826,2	55,72	-	-	-	28.352	477	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	11.858	32,5	2,97	-	-	-	918	55	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.172.321	1.793,8	52,76	-	-	-	27.434	422	-
4.D	Área Alagada	6.934	8,3	0,25	-	-	-	128	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.934	8,3	0,25	-	-	-	128	2	-
4.E	Assentamento	7.499	5,8	0,18	-	-	-	92	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	7.499	5,8	0,18	-	-	-	92	2	-
4.F	Outras Terras	1.532	1,8	0,06	-	-	-	28	0	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.532	1,8	0,06	-	-	-	28	0	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 38.851	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	921	1.999,2	7,18	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.160,0	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	472,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	687,6	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	0,9	0,06	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	921	24,2	0,38	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
Total Brasil		1.410.297	17.336,8	451,19	637	830	385	41.412	2.629	3.671
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	814,1	6,74	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	714,6	6,74	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	99,5	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		12.231	10,4	10,47	-	-	-	11	11	10
1.A.3.a.i	Aviação	1.812	0,0	0,05	-	-	-	0	0	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.419	10,4	10,42	-	-	-	10	10	10
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		174.694								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2002

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		1.612.275	17.949,3	480,83	761	986	456	46.321	2.694	3.535
1	Energia	277.150	551,1	20,14	-	-	-	6.707	1.970	1.132
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	267.097	415,8	20,02	-	-	-	6.707	1.970	1.132
1.A.1	Indústrias de Energia	37.786	21,0	3,01	-	-	-	1.094	372	245
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	17.136	0,6	0,17	-	-	-	11	108	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	14.543	0,3	0,14	-	-	-	17	149	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	6.106	20,1	2,69	-	-	-	1.067	115	242
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	61.835	25,1	4,03	-	-	-	1.119	246	44
1.A.2.a	Ferro e aço	6.084	0,3	0,04	-	-	-	10	14	1
1.A.2.b	Metais não ferrosos	4.179	0,1	0,03	-	-	-	2	9	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.326	1,7	0,15	-	-	-	18	63	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.772	1,8	0,69	-	-	-	524	31	11
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.425	16,0	2,46	-	-	-	237	57	10
1.A.2.f	Minerais não metálicos	13.708	4,2	0,39	-	-	-	255	34	14
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.454	0,7	0,17	-	-	-	57	17	3
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.602	0,3	0,05	-	-	-	8	18	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.284	0,1	0,04	-	-	-	7	2	0
1.A.3	Transporte	129.522	48,9	8,59	-	-	-	3.032	1.136	596
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	8.201	0,0	0,23	-	-	-	6	7	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	115.860	48,4	7,44	-	-	-	3.011	1.009	589
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.146	0,1	0,83	-	-	-	7	36	3
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.315	0,3	0,09	-	-	-	8	84	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	36.817	320,9	4,37	-	-	-	1.460	214	246
1.A.4.a	Comercial/Institucional	4.901	2,8	0,06	-	-	-	4	11	3
1.A.4.b	Residencial	16.675	304,9	3,27	-	-	-	1.362	31	204
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.241	13,2	1,04	-	-	-	94	172	39
1.A.5	Não Especificado	1.137	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	10.053	135,3	0,12	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	46,6	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	10.053	88,7	0,12	-	-	-	NE	NE	NE

1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	65.061	39,6	21,06	761	986	456	1.167	30	2.403
2.A	Indústria Mineral	19.905	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	14.390	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.707	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	223	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	585	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	5.867	8,4	20,46	-	-	-	1	1	42
2.B.1	Produção de amônia	266	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,14	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	17,80	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,52	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	54	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.547	8,4	-	-	-	-	-	0	9
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	33
2.C	Indústria Metalúrgica	38.619	31,2	0,60	-	986	292	1.126	18	15
2.C.1	Produção de ferro e aço	35.810	31,1	0,60	-	-	-	597	15	15
2.C.2	Produção de ferroligas	581	0,1	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.176	-	-	-	986	-	529	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	52	-	-	-	-	292	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	670	-	-	-	-	-	-	-	1.864
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	761	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	164	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	40	11	482
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	40	11	27
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	455
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	260
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	195

3	Agropecuária	11.966	12.933,5	360,07	-	-	-	1.816	67	-
3.A	Fermentação Entérica	-	11.907,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	11.566,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	9.877,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.689,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	71,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	31,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	237,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	610,2	10,21	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	320,1	3,41	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	228,7	0,66	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	91,5	2,74	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	N0	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	250,3	1,37	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	37,2	0,51	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	4,92	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,44	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,48	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,96	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,18	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	N0	2,30	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	373,7	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	346,72	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	269,62	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	27,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	10,12	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	160,22	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	149,07	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	115,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	33,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,11	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	62,55	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	12,12	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	7,27	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,69	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,26	-	-	-	-	-	-

3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,94	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	33,60	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,41	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,03	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	77,10	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	29,12	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	5,44	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	1,93	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	21,75	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	19,88	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	15,47	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,41	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,67	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	47,99	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	6,42	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,37	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,47	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	22,36	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,88	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	14,07	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	2,73	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,63	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,83	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,40	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,28	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,10	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,56	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,32	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	41,9	3,14	-	-	-	1.816	67	-

3.G	Calagem	10.623	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.342	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.257.137	2.352,7	72,30	-	-	-	36.632	627	-
4.A	Floresta	- 191.990	113,6	3,38	-	-	-	1.745	28	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 174.877	113,0	3,32	-	-	-	1.729	27	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 17.113	0,6	0,05	-	-	-	16	1	-
4.B	Agricultura	92.674	117,9	4,40	-	-	-	1.998	50	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	92.674	117,9	4,40	-	-	-	1.998	50	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.380.217	2.104,3	64,01	-	-	-	32.627	545	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.319	34,2	3,12	-	-	-	966	58	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.367.898	2.070,2	60,89	-	-	-	31.661	487	-
4.D	Área Alagada	7.070	8,5	0,25	-	-	-	131	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	7.070	8,5	0,25	-	-	-	131	2	-
4.E	Assentamento	7.858	6,2	0,20	-	-	-	98	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	7.858	6,2	0,20	-	-	-	98	2	-
4.F	Outras Terras	1.741	2,1	0,06	-	-	-	33	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	1.741	2,1	0,06	-	-	-	33	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 40.434	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	962	2.072,4	7,25	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.214,8	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	494,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	720,6	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,0	0,06	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	962	24,3	0,39	-	-	-	-	-	-
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	832,4	6,81	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	735,3	6,81	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	97,1	-	-	-	-	-	-	-

5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	13.679	11,4	11,51	-	-	-	12	12	12
1.A.3.a.i	Aviação	2.237	0,0	0,06	-	-	-	0	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	11.442	11,4	11,44	-	-	-	11	11	11
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	190.585								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2003

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		2.647.725	20.094,2	558,51	888	991	527	68.590	3.036	3.455
1	Energia	269.839	541,0	21,12	-	-	-	6.849	1.941	1.141
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	259.898	432,6	20,99	-	-	-	6.849	1.941	1.141
1.A.1	Indústrias de Energia	38.047	23,7	3,37	-	-	-	1.241	404	287
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	16.068	0,6	0,17	-	-	-	12	121	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	14.904	0,4	0,15	-	-	-	19	152	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	7.075	22,8	3,05	-	-	-	1.211	131	283
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	59.338	28,0	4,40	-	-	-	1.275	249	47
1.A.2.a	Ferro e aço	6.235	0,3	0,04	-	-	-	11	14	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	4.997	0,2	0,03	-	-	-	2	10	0
1.A.2.c	Produtos químicos	14.584	1,9	0,16	-	-	-	21	62	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.466	2,0	0,75	-	-	-	603	33	13
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.278	18,0	2,72	-	-	-	291	62	11
1.A.2.f	Minerais não metálicos	12.286	4,5	0,40	-	-	-	254	32	12
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.818	0,8	0,20	-	-	-	76	17	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.586	0,3	0,05	-	-	-	10	18	1
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.086	0,1	0,04	-	-	-	8	2	0
1.A.3	Transporte	127.048	46,4	8,69	-	-	-	2.809	1.074	550
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.868	0,0	0,16	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	116.008	46,0	7,63	-	-	-	2.790	955	543
1.A.3.c	Transporte Ferroviário	2.118	0,1	0,82	-	-	-	7	35	3
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.054	0,3	0,08	-	-	-	7	78	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.696	334,5	4,52	-	-	-	1.523	213	257
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.849	3,2	0,06	-	-	-	5	8	3
1.A.4.b	Residencial	15.532	316,7	3,37	-	-	-	1.419	31	213
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.315	14,6	1,09	-	-	-	100	175	41
1.A.5	Não Especificado	770	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	9.941	108,4	0,12	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	43,4	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	9.941	65,0	0,12	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	65.828	44,3	19,46	888	991	527	1.254	33	2.314
2.A	Indústria Mineral	18.771	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	13.096	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.809	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	223	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	644	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.236	8,9	18,78	-	-	-	1	1	46
2.B.1	Produção de amônia	287	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,14	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	16,19	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,44	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	49	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	5.900	8,9	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	36
2.C	Indústria Metalúrgica	40.171	35,4	0,69	-	991	352	1.207	20	17
2.C.1	Produção de ferro e aço	36.617	35,3	0,69	-	-	-	679	17	17
2.C.2	Produção de ferroligas	954	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.198	-	-	-	991	-	528	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	55	-	-	-	-	352	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	347	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	649	-	-	-	-	-	-	-	1.727
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	888	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	175	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	46	12	524
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	46	12	30
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	494
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	296
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	198

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	14.422	13.583,8	395,48	-	-	-	2.006	74	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.537,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.190,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.461,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.728,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	72,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	32,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	241,5	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	639,2	10,51	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	339,9	3,49	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	243,0	0,70	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	97,0	2,79	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,6	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	258,4	1,41	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	38,2	0,53	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	5,08	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,48	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,51	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	0,98	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,21	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,38	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	361,2	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	381,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	296,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	34,21	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	10,73	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	167,87	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	156,70	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	122,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	33,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	72,55	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	14,94	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	9,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	3,94	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,78	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,36	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,89	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,92	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,29	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,65	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,90	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	85,25	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	31,80	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	6,98	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,04	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	22,77	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	20,89	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	16,37	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,52	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,69	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	53,45	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,86	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	25,62	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	23,50	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,22	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,90	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	16,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,36	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,89	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,40	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,39	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,37	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	46,3	3,47	-	-	-	2.006	74	-
3.G	Calagem	12.614	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.808	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	2.296.717	3.765,2	115,02	-	-	-	58.481	987	-
4.A	Floresta	- 200.711	71,4	2,31	-	-	-	1.137	22	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 171.929	67,9	2,00	-	-	-	1.039	16	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 28.782	3,4	0,31	-	-	-	97	6	-
4.B	Agricultura	261.154	287,5	9,13	-	-	-	4.538	83	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	261.154	287,5	9,13	-	-	-	4.538	83	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	2.252.123	3.375,8	102,63	-	-	-	52.330	873	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	46.702	54,0	4,93	-	-	-	1.527	92	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	2.205.421	3.321,7	97,70	-	-	-	50.803	782	-
4.D	Área Alagada	15.202	17,2	0,54	-	-	-	269	5	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	15.202	17,2	0,54	-	-	-	269	5	-
4.E	Assentamento	8.573	5,6	0,18	-	-	-	88	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.573	5,6	0,18	-	-	-	88	2	-
4.F	Outras Terras	6.178	7,7	0,23	-	-	-	120	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	6.178	7,7	0,23	-	-	-	120	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 45.801	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	919	2.160,0	7,43	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.274,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	539,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	734,7	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,0	0,06	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	919	25,1	0,39	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	859,4	6,98	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	752,7	6,98	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	106,7	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		13.463	10,1	10,16	-	-	-	11	11	10
1.A.3.a.i	Aviação	3.405	0,0	0,10	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.058	10,1	10,06	-	-	-	10	10	10
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		207.549								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2004

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		2.849.186	21.082,4	585,82	1.039	899	592	73.146	3.201	3.834
1	Energia	284.503	580,6	22,46	-	-	-	7.084	2.033	1.187
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	275.107	443,3	22,36	-	-	-	7.084	2.033	1.187
1.A.1	Indústrias de Energia	43.676	27,0	3,84	-	-	-	1.434	444	330
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	20.285	0,8	0,23	-	-	-	15	141	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	15.594	0,4	0,16	-	-	-	19	162	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	7.797	25,8	3,46	-	-	-	1.399	141	326
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	60.378	29,4	4,56	-	-	-	1.304	255	48
1.A.2.a	Ferro e aço	6.556	0,3	0,05	-	-	-	13	15	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	5.264	0,2	0,03	-	-	-	2	10	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.395	2,4	0,18	-	-	-	21	64	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.219	1,9	0,79	-	-	-	637	34	12
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.119	18,3	2,78	-	-	-	258	63	11
1.A.2.f	Minerais não metálicos	11.663	5,0	0,42	-	-	-	271	30	13
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	5.974	0,9	0,22	-	-	-	79	17	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	6.002	0,3	0,06	-	-	-	14	20	2
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.187	0,1	0,04	-	-	-	8	2	0
1.A.3	Transporte	135.236	47,2	9,33	-	-	-	2.800	1.120	548
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.261	0,0	0,17	-	-	-	4	6	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	123.053	46,7	8,14	-	-	-	2.779	985	540
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.414	0,1	0,93	-	-	-	8	40	4
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.508	0,3	0,09	-	-	-	8	89	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.988	339,7	4,60	-	-	-	1.546	213	262
1.A.4.a	Comercial/Institucional	4.023	3,0	0,07	-	-	-	5	8	3
1.A.4.b	Residencial	15.863	321,1	3,42	-	-	-	1.439	31	216
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.102	15,6	1,11	-	-	-	102	173	43
1.A.5	Não Especificado	828	0,0	0,02	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	9.396	137,3	0,11	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	50,6	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	9.396	86,7	0,11	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	67.043	52,0	26,97	1.039	899	592	1.433	38	2.646
2.A	Indústria Mineral	19.401	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	13.273	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.228	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	245	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	655	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.535	9,4	26,14	-	-	-	1	1	49
2.B.1	Produção de amônia	329	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,21	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	23,48	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	41	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.166	9,4	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	39
2.C	Indústria Metalúrgica	40.445	42,5	0,83	-	899	407	1.383	24	21
2.C.1	Produção de ferro e aço	36.783	42,4	0,83	-	-	-	821	21	21
2.C.2	Produção de ferroligas	960	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.408	-	-	-	899	-	562	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	62	-	-	-	-	407	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	232	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	662	-	-	-	-	-	-	-	2.020
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	1.039	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	185	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	49	13	556
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	49	13	32
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	523
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	323
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	201

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3	Agropecuária	14.330	14.226,5	405,71	-	-	-	2.075	77	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.112,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.761,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.962,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.798,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	75,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	33,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	242,3	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	663,6	11,11	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	361,2	3,74	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	256,8	0,85	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	104,4	2,89	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,7	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	260,9	1,46	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	38,7	0,55	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	5,35	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,63	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,61	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,01	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,25	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,48	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	402,6	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	391,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	303,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	34,48	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	11,64	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	174,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	163,48	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	128,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	35,30	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,33	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	71,67	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	14,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	8,45	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	4,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,28	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,22	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,97	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,87	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,41	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,01	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,94	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	87,50	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	32,88	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	6,97	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbulos orgânicos	-	-	2,21	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	23,70	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	21,80	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,09	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,71	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,71	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	54,62	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbulos orgânicos	-	-	2,74	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	26,66	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	24,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,22	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,92	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	16,15	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,90	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,51	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,28	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,22	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,42	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,48	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	47,9	3,59	-	-	-	2.075	77	-
3.G	Calagem	12.546	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.784	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	2.482.398	4.029,3	122,94	-	-	-	62.553	1.053	-
4.A	Floresta	- 200.066	73,7	2,39	-	-	-	1.173	22	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 175.270	70,2	2,06	-	-	-	1.073	17	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 24.797	3,5	0,32	-	-	-	100	6	-
4.B	Agricultura	273.041	301,3	9,55	-	-	-	4.751	87	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	273.041	301,3	9,55	-	-	-	4.751	87	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	2.426.472	3.622,6	110,03	-	-	-	56.134	935	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	49.680	56,3	5,14	-	-	-	1.590	95	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	2.376.792	3.566,4	104,89	-	-	-	54.544	839	-
4.D	Área Alagada	15.518	17,6	0,55	-	-	-	276	5	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	15.518	17,6	0,55	-	-	-	276	5	-
4.E	Assentamento	8.790	5,8	0,18	-	-	-	91	2	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	8.790	5,8	0,18	-	-	-	91	2	-
4.F	Outras Terras	6.590	8,3	0,25	-	-	-	128	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	6.590	8,3	0,25	-	-	-	128	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 47.947	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	912	2.194,0	7,74	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.271,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	530,6	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	740,5	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,1	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	912	25,5	0,40	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	896,3	7,27	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	771,7	7,27	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	124,7	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		13.463	10,1	10,16	-	-	-	11	11	10
1.A.3.a.i	Aviação	3.405	0,0	0,10	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.058	10,1	10,06	-	-	-	10	10	10
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		219.905								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2005

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		1.850.825	20.111,8	548,25	1.231	901	646	53.586	2.894	3.761
1	Energia	292.351	660,4	23,15	-	-	-	7.057	2.037	1.164
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	279.894	450,1	22,95	-	-	-	7.057	2.037	1.164
1.A.1	Indústrias de Energia	45.514	27,7	3,94	-	-	-	1.453	471	328
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	20.909	0,8	0,23	-	-	-	15	145	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	16.960	0,4	0,16	-	-	-	21	178	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	7.646	26,5	3,55	-	-	-	1.417	148	324
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	63.308	30,0	4,71	-	-	-	1.372	265	50
1.A.2.a	Ferro e aço	6.876	0,3	0,05	-	-	-	13	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	5.402	0,2	0,03	-	-	-	2	10	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.192	2,5	0,18	-	-	-	22	62	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.572	2,1	0,84	-	-	-	675	38	13
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.102	18,8	2,84	-	-	-	267	66	11
1.A.2.f	Minerais não metálicos	12.926	4,9	0,44	-	-	-	286	33	14
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.169	0,8	0,21	-	-	-	78	17	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	6.889	0,4	0,07	-	-	-	20	22	2
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.181	0,1	0,04	-	-	-	8	2	0
1.A.3	Transporte	135.530	45,8	9,61	-	-	-	2.654	1.089	519
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	5.889	0,0	0,16	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	123.488	45,3	8,37	-	-	-	2.633	950	511
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.556	0,1	0,99	-	-	-	9	43	4
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.598	0,3	0,09	-	-	-	9	91	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.398	346,6	4,66	-	-	-	1.577	211	267
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.786	3,1	0,06	-	-	-	4	7	3
1.A.4.b	Residencial	15.591	327,6	3,48	-	-	-	1.468	31	220
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.022	15,9	1,12	-	-	-	104	173	43
1.A.5	Não Especificado	1.144	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	12.457	210,2	0,21	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	52,1	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	12.457	158,2	0,21	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	67.660	51,1	23,79	1.231	901	646	1.430	39	2.597
2.A	Indústria Mineral	20.444	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	14.349	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.087	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	250	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	759	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.844	9,4	22,98	-	-	-	1	1	49
2.B.1	Produção de amônia	522	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,24	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	20,29	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	35	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.287	9,4	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	39
2.C	Indústria Metalúrgica	39.711	41,7	0,81	-	901	455	1.376	23	20
2.C.1	Produção de ferro e aço	35.973	41,5	0,81	-	-	-	804	20	20
2.C.2	Produção de ferroligas	949	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.472	-	-	-	901	-	572	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	74	-	-	-	-	455	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	243	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	661	-	-	-	-	-	-	-	1.985
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	1.231	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	190	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	53	14	543
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	53	14	35
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	508
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	343
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	165

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	9.975	14.352,9	408,30	-	-	-	2.078	77	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.243,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.885,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	11.027,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.858,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	77,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	34,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	246,1	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	675,7	11,44	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	367,8	3,75	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	258,9	0,80	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	108,9	2,95	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,8	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	265,1	1,53	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	40,0	0,59	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	5,56	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,61	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,58	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,03	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,31	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,64	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	385,6	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	393,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	305,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	33,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	12,21	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	176,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	165,48	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	129,07	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	36,41	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	2,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	71,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	14,73	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	7,10	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	4,36	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,27	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,25	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,05	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,70	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,52	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,11	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	5,98	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	88,17	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	33,40	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,08	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,32	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,00	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,06	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,21	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,85	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,74	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	54,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,88	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,00	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	24,82	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,95	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	15,99	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,60	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	0,98	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,51	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,28	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,16	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,44	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	48,0	3,60	-	-	-	2.078	77	-
3.G	Calagem	8.097	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.878	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.479.731	2.760,2	85,03	-	-	-	43.020	740	-
4.A	Floresta	- 271.068	56,4	1,85	-	-	-	902	18	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 219.889	53,3	1,57	-	-	-	815	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 51.178	3,1	0,28	-	-	-	88	5	-
4.B	Agricultura	189.353	207,4	6,70	-	-	-	3.298	63	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	189.353	207,4	6,70	-	-	-	3.298	63	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.590.192	2.473,4	75,75	-	-	-	38.458	653	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	21.515	48,6	4,43	-	-	-	1.372	82	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.568.677	2.424,8	71,32	-	-	-	37.086	571	-
4.D	Área Alagada	11.873	12,9	0,40	-	-	-	202	4	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	11.873	12,9	0,40	-	-	-	202	4	-
4.E	Assentamento	6.920	4,3	0,14	-	-	-	67	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.920	4,3	0,14	-	-	-	67	1	-
4.F	Outras Terras	4.819	5,9	0,18	-	-	-	92	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	4.819	5,9	0,18	-	-	-	92	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 52.357	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.108	2.287,2	7,99	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.334,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	578,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	756,3	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,2	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.108	28,1	0,45	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	923,6	7,48	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	788,9	7,48	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	134,6	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		15.255	10,9	11,05	-	-	-	12	12	11
1.A.3.a.i	Aviação	4.323	0,0	0,12	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.932	10,9	10,93	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		228.317								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2006

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.509.776	19.409,8	534,25	1.492	888	710	42.752	2.729	4.427
1	Energia	297.469	630,8	23,81	-	-	-	7.005	2.042	1.133
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	285.827	454,2	23,65	-	-	-	7.005	2.042	1.133
1.A.1	Indústrias de Energia	45.552	28,4	4,05	-	-	-	1.466	480	322
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	20.658	0,8	0,23	-	-	-	13	141	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	16.605	0,4	0,16	-	-	-	21	176	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	8.288	27,2	3,65	-	-	-	1.431	163	319
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	64.389	33,2	5,17	-	-	-	1.458	278	54
1.A.2.a	Ferro e aço	6.868	0,3	0,05	-	-	-	13	15	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	5.628	0,2	0,03	-	-	-	2	11	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.892	2,5	0,19	-	-	-	23	65	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	3.997	2,2	0,90	-	-	-	729	38	15
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	3.704	21,5	3,22	-	-	-	279	72	12
1.A.2.f	Minerais não metálicos	13.837	5,1	0,46	-	-	-	302	35	15
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.164	0,9	0,22	-	-	-	81	17	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.120	0,4	0,07	-	-	-	20	22	2
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.180	0,1	0,04	-	-	-	9	2	0
1.A.3	Transporte	140.238	44,0	9,70	-	-	-	2.497	1.070	488
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.150	0,0	0,17	-	-	-	4	5	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	127.782	43,6	8,35	-	-	-	2.476	929	481
1.A.3.c	Transporte Ferroviário	2.830	0,2	1,09	-	-	-	10	47	4
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.476	0,3	0,09	-	-	-	8	88	3
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	34.559	348,6	4,70	-	-	-	1.583	213	268
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.778	3,2	0,07	-	-	-	5	7	3
1.A.4.b	Residencial	15.616	329,0	3,49	-	-	-	1.473	31	221
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.165	16,4	1,14	-	-	-	106	175	44
1.A.5	Não Especificado	1.089	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	11.642	176,6	0,16	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	50,8	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	11.642	125,8	0,16	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	67.549	52,7	25,69	1.492	888	710	1.449	40	3.294
2.A	Indústria Mineral	21.715	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	15.440	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.137	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	213	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	924	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.930	12,5	24,91	-	-	-	1	2	52
2.B.1	Produção de amônia	258	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,20	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	22,31	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,40	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	46	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.626	12,5	-	-	-	-	-	0	12
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	41
2.C	Indústria Metalúrgica	38.317	40,3	0,78	-	888	515	1.390	23	19
2.C.1	Produção de ferro e aço	34.379	40,0	0,78	-	-	-	776	19	19
2.C.2	Produção de ferroligas	959	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.646	-	-	-	888	-	614	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	85	-	-	-	-	515	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	247	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	588	-	-	-	-	-	-	-	2.553
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	1.492	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	195	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	57	15	669
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	57	15	38
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	632
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	337
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	295

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	9.925	14.297,5	412,94	-	-	-	2.233	83	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.178,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.817,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.931,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.886,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	80,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	35,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	244,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	687,3	11,77	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	371,1	3,83	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	257,1	0,81	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	114,0	3,02	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,9	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	273,1	1,61	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	40,3	0,61	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	5,72	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,64	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,59	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,06	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,38	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,70	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	380,6	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	397,31	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	308,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	35,31	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	12,47	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	176,34	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	164,89	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	127,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	36,93	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,95	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	73,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	15,10	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	8,62	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	5,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,98	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,43	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,08	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,37	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,44	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,86	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,01	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	89,08	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	33,55	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,26	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,37	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	23,92	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	21,99	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,06	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,92	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,74	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	55,54	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	8,12	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	26,91	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	24,73	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,22	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,96	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	16,44	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,40	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	1,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	1,17	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,45	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,08	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,42	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,42	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	51,5	3,87	-	-	-	2.233	83	-
3.G	Calagem	8.032	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	1.894	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	1.133.831	2.048,3	63,77	-	-	-	32.066	565	-
4.A	Floresta	- 274.196	59,8	1,96	-	-	-	957	19	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 218.165	56,5	1,66	-	-	-	864	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 56.030	3,3	0,30	-	-	-	92	6	-
4.B	Agricultura	120.244	123,6	4,20	-	-	-	2.010	43	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	120.244	123,6	4,20	-	-	-	2.010	43	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.319.924	1.844,7	56,97	-	-	-	28.783	498	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	20.765	43,9	4,01	-	-	-	1.240	74	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.299.159	1.800,9	52,97	-	-	-	27.543	424	-
4.D	Área Alagada	10.336	10,8	0,34	-	-	-	170	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	10.336	10,8	0,34	-	-	-	170	3	-
4.E	Assentamento	6.422	4,1	0,13	-	-	-	64	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	6.422	4,1	0,13	-	-	-	64	1	-
4.F	Outras Terras	4.538	5,3	0,16	-	-	-	83	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	4.538	5,3	0,16	-	-	-	83	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 53.438	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.001	2.380,4	8,04	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.403,5	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	605,9	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	797,6	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,1	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.001	25,3	0,41	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	950,5	7,56	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	810,3	7,56	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	140,1	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		14.763	10,6	10,72	-	-	-	11	12	11
1.A.3.a.i	Aviação	4.157	0,0	0,12	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.606	10,6	10,61	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		242.189								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2007

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		1.201.242	18.277,8	515,96	1.752	854	819	37.885	2.749	2.998
1	Energia	310.634	615,9	25,15	-	-	-	7.257	2.138	1.164
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	298.680	444,4	25,00	-	-	-	7.257	2.138	1.164
1.A.1	Indústrias de Energia	45.302	30,9	4,36	-	-	-	1.570	489	332
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	19.364	0,6	0,19	-	-	-	11	127	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	17.500	0,4	0,16	-	-	-	22	186	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	8.439	29,9	4,00	-	-	-	1.537	175	329
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	70.142	34,9	5,49	-	-	-	1.555	303	59
1.A.2.a	Ferro e aço	7.588	0,3	0,06	-	-	-	14	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	6.001	0,2	0,03	-	-	-	3	12	0
1.A.2.c	Produtos químicos	16.194	2,6	0,20	-	-	-	24	71	4
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.085	2,4	0,95	-	-	-	773	41	16
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.120	22,9	3,41	-	-	-	298	78	13
1.A.2.f	Minerais não metálicos	15.647	5,0	0,49	-	-	-	324	39	16
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	6.989	0,9	0,23	-	-	-	86	19	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	8.210	0,4	0,08	-	-	-	25	25	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.309	0,1	0,04	-	-	-	9	3	0
1.A.3	Transporte	145.937	47,0	10,52	-	-	-	2.616	1.120	513
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.695	0,0	0,18	-	-	-	4	6	0
1.A.3.b	Transporte rodoviário	131.953	46,4	9,06	-	-	-	2.592	954	505
1.A.3.c	Transporte Ferroviário	3.009	0,2	1,17	-	-	-	10	51	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.280	0,4	0,11	-	-	-	10	109	4
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	36.116	331,6	4,60	-	-	-	1.515	225	260
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.989	3,3	0,07	-	-	-	5	8	3
1.A.4.b	Residencial	16.123	311,1	3,33	-	-	-	1.398	31	210
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	16.004	17,2	1,21	-	-	-	112	186	47
1.A.5	Não Especificado	1.182	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	11.954	171,6	0,15	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	57,3	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	11.954	114,3	0,15	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	N0	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	82.971	54,4	3,90	1.752	854	819	1.486	42	1.834
2.A	Indústria Mineral	23.755	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	17.200	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.381	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	213	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	960	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.225	12,7	3,09	-	-	-	1	2	53
2.B.1	Produção de amônia	200	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	2,07	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,57	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	41	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.984	12,7	-	-	-	-	-	0	12
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	42
2.C	Indústria Metalúrgica	51.307	41,7	0,81	-	854	620	1.423	24	20
2.C.1	Produção de ferro e aço	47.055	41,4	0,81	-	-	-	800	20	20
2.C.2	Produção de ferroligas	1.099	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.739	-	-	-	854	-	623	4	-
2.C.4	Produção de magnésio	93	-	-	-	-	620	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	319	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	685	-	-	-	-	-	-	-	1.144
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	NE/NO	NE/NO	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	1.752	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	199	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	61	16	617
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	61	16	41
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	576
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	382
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	194

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)	
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	12.823	13.526,2	425,66	-	-	-	2.445	91	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.437,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.085,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.223,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.862,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	81,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	35,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	235,4	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	669,6	12,36	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	353,3	3,98	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	239,9	0,90	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	113,4	3,08	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	2,9	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	271,3	1,65	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	42,1	0,66	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	6,07	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,73	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,65	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,08	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,41	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	2,93	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	362,2	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	409,07	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	316,74	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	42,60	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	13,56	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	171,76	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	160,70	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	123,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	37,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,86	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	77,75	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	16,65	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	10,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	6,28	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,90	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,31	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,08	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,62	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,93	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,05	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	92,33	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	34,55	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	8,69	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbus orgânicos	-	-	2,57	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	23,30	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	21,43	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	16,47	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,96	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	57,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	9,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbus orgânicos	-	-	3,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	26,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	24,11	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,89	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	17,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,37	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	1,41	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,14	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	56,4	4,23	-	-	-	2.445	91	-
3.G	Calagem	10.563	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.260	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	793.759	1.699,8	53,34	-	-	-	26.698	479	-
4.A	Floresta	- 336.495	53,0	1,75	-	-	-	850	17	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 271.333	49,9	1,47	-	-	-	762	12	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 65.162	3,1	0,28	-	-	-	88	5	-
4.B	Agricultura	102.876	105,6	3,65	-	-	-	1.729	38	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	102.876	105,6	3,65	-	-	-	1.729	38	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.061.751	1.523,7	47,38	-	-	-	23.841	419	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	10.411	41,4	3,78	-	-	-	1.171	70	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.051.340	1.482,3	43,60	-	-	-	22.670	349	-
4.D	Área Alagada	9.372	9,5	0,30	-	-	-	151	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.372	9,5	0,30	-	-	-	151	3	-
4.E	Assentamento	5.830	3,6	0,11	-	-	-	56	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	5.830	3,6	0,11	-	-	-	56	1	-
4.F	Outras Terras	3.897	4,5	0,14	-	-	-	70	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	3.897	4,5	0,14	-	-	-	70	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 53.472	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.054	2.381,5	7,90	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.395,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	563,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	832,0	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,2	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.054	26,7	0,43	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	958,3	7,40	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	811,8	7,40	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	146,5	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		16.004	11,4	11,54	-	-	-	12	13	12
1.A.3.a.i	Aviação	4.594	0,0	0,13	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	11.410	11,4	11,41	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		263.119								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2008

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		1.324.648	18.697,8	527,33	2.065	891	871	39.858	2.900	4.381
1	Energia	329.701	622,1	26,96	-	-	-	7.362	2.259	1.154
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	317.169	445,9	26,79	-	-	-	7.362	2.259	1.154
1.A.1	Indústrias de Energia	54.625	35,1	4,97	-	-	-	1.705	567	337
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	26.472	1,1	0,30	-	-	-	18	150	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	18.081	0,4	0,18	-	-	-	22	197	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	10.072	33,6	4,49	-	-	-	1.665	220	332
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	71.573	34,7	5,53	-	-	-	1.647	303	61
1.A.2.a	Ferro e aço	8.073	0,4	0,07	-	-	-	15	17	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	5.665	0,2	0,03	-	-	-	2	12	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.519	2,6	0,19	-	-	-	22	64	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.449	2,5	1,02	-	-	-	821	44	17
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.187	21,9	3,30	-	-	-	298	76	13
1.A.2.f	Minerais não metálicos	17.079	5,7	0,55	-	-	-	364	43	18
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	7.805	1,0	0,25	-	-	-	90	20	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.622	0,4	0,07	-	-	-	26	23	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.174	0,1	0,04	-	-	-	9	2	0
1.A.3	Transporte	151.247	47,1	11,55	-	-	-	2.499	1.141	493
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	6.621	0,0	0,18	-	-	-	3	6	0
1.A.3.b	Transporte rodoviário	136.924	46,5	10,04	-	-	-	2.474	965	484
1.A.3.c	Transporte ferroviário	3.055	0,2	1,21	-	-	-	11	52	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.648	0,4	0,12	-	-	-	11	118	4
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	37.848	329,0	4,69	-	-	-	1.510	246	262
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.829	3,4	0,07	-	-	-	5	9	3
1.A.4.b	Residencial	16.530	307,1	3,30	-	-	-	1.382	31	207
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	17.489	18,6	1,33	-	-	-	123	206	51
1.A.5	Não Especificado	1.874	0,0	0,05	-	-	-	1	2	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	12.532	176,2	0,17	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	62,0	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	12.532	114,2	0,17	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO ₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	80.998	52,4	3,63	2.065	891	871	1.473	42	3.228
2.A	Indústria Mineral	25.562	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	18.884	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.404	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	220	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.054	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.531	11,5	2,84	-	-	-	1	1	49
2.B.1	Produção de amônia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	1,98	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,37	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	0,50	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	43	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.487	11,5	-	-	-	-	-	0	11
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	38
2.C	Indústria Metalúrgica	48.081	40,9	0,79	-	891	620	1.407	23	20
2.C.1	Produção de ferro e aço	43.736	40,7	0,79	-	-	-	784	20	20
2.C.2	Produção de ferroligas	1.165	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.753	-	-	-	891	-	623	4	-
2.C.4	Produção de magnésio	103	-	-	-	-	620	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	324	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	824	-	-	-	-	-	-	-	2.514
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	2.065	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	251	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	65	17	646
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	65	17	43
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	602
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	394
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	209

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)	
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	13.533	13.785,5	431,33	-	-	-	2.369	88	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.644,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.290,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.385,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.905,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	83,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	36,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	234,0	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	688,8	12,85	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	366,4	4,07	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	243,0	0,87	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	123,4	3,20	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,0	0,00	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	275,9	1,71	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	43,5	0,71	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	6,35	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,75	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,63	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,12	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,45	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	0,00	3,15	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	397,3	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	414,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	321,32	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	38,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	14,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	174,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	163,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	125,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	37,95	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	82,69	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	17,22	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	11,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	8,54	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,07	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSÕES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,43	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,08	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,90	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,47	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,05	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,09	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	93,06	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	34,39	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	7,99	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	2,78	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	23,62	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	21,76	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	16,70	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,06	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	58,67	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	8,85	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	26,57	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	24,48	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,89	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	18,60	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,87	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	1,92	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,46	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	54,7	4,10	-	-	-	2.369	88	-
3.G	Calagem	11.427	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.106	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	899.085	1.826,4	57,16	-	-	-	28.654	511	-
4.A	Floresta	- 330.356	55,0	1,82	-	-	-	883	18	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 267.824	51,8	1,52	-	-	-	793	12	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 62.532	3,2	0,29	-	-	-	90	5	-
4.B	Agricultura	105.260	108,0	3,73	-	-	-	1.768	39	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	105.260	108,0	3,73	-	-	-	1.768	39	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	1.155.753	1.645,1	51,03	-	-	-	25.715	450	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	12.115	42,8	3,90	-	-	-	1.208	73	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	1.143.638	1.602,4	47,13	-	-	-	24.507	377	-
4.D	Área Alagada	9.465	9,7	0,31	-	-	-	153	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	9.465	9,7	0,31	-	-	-	153	3	-
4.E	Assentamento	5.954	3,7	0,12	-	-	-	58	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	5.954	3,7	0,12	-	-	-	58	1	-
4.F	Outras Terras	4.166	4,9	0,15	-	-	-	76	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	4.166	4,9	0,15	-	-	-	76	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 51.156	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.332	2.411,5	8,25	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.388,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	546,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	841,7	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,4	0,08	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.332	31,9	0,51	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	989,8	7,65	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	836,9	7,65	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	152,9	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
	Bunkers internacionais	19.452	14,3	14,47	-	-	-	15	16	14
1.A.3.a.i	Aviação	5.129	0,0	0,14	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	14.322	14,3	14,32	-	-	-	14	14	14
	Emissões de CO₂ a partir da biomassa	284.889								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2009

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
Total Brasil		685.733	18.336,3	509,28	2.429	632	542	27.376	2.597	4.017
1	Energia	317.026	669,8	26,41	-	-	-	6.819	2.163	998
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	300.476	429,3	26,12	-	-	-	6.819	2.163	998
1.A.1	Indústrias de Energia	45.188	28,4	4,00	-	-	-	1.329	539	227
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	16.536	0,6	0,16	-	-	-	11	118	2
1.A.1.b	Refino de petróleo	17.855	0,4	0,17	-	-	-	21	196	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	10.796	27,4	3,67	-	-	-	1.296	225	224
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	67.430	34,1	5,65	-	-	-	1.696	298	61
1.A.2.a	Ferro e aço	6.168	0,3	0,05	-	-	-	11	14	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	4.665	0,1	0,03	-	-	-	2	9	0
1.A.2.c	Produtos químicos	15.448	2,6	0,19	-	-	-	22	65	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.042	2,6	1,05	-	-	-	871	46	17
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.142	23,2	3,47	-	-	-	318	79	14
1.A.2.f	Minerais não metálicos	18.312	4,0	0,52	-	-	-	351	43	17
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	7.913	1,0	0,25	-	-	-	90	21	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.619	0,3	0,05	-	-	-	22	19	2
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.121	0,1	0,04	-	-	-	8	2	0
1.A.3	Transporte	149.793	44,9	11,87	-	-	-	2.309	1.086	454
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	7.769	0,0	0,21	-	-	-	4	7	0
1.A.3.b	Transporte rodoviário	134.715	44,3	10,36	-	-	-	2.284	917	445
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.959	0,2	1,18	-	-	-	10	51	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.351	0,4	0,11	-	-	-	10	111	4
1.A.3.e	Outros transportes	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.A.4	Outros Setores	36.890	321,9	4,57	-	-	-	1.485	239	256
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.321	3,5	0,06	-	-	-	5	9	3
1.A.4.b	Residencial	16.738	300,8	3,24	-	-	-	1.362	31	204
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	16.831	17,6	1,27	-	-	-	118	200	49
1.A.5	Não Especificado	1.175	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	16.550	240,5	0,29	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	54,9	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	16.550	185,7	0,29	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	72.337	36,0	1,65	2.429	632	542	1.093	35	3.018
2.A	Indústria Mineral	25.045	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	19.031	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	4.805	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	222	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	987	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	6.969	11,9	1,18	-	-	-	1	2	56
2.B.1	Produção de amônia	168	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,92	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,14	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	41	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.760	11,9	-	-	-	-	-	0	11
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	45
2.C	Indústria Metalúrgica	39.662	24,2	0,46	-	632	310	1.023	15	11
2.C.1	Produção de ferro e aço	35.495	24,0	0,46	-	-	-	456	11	11
2.C.2	Produção de ferroligas	1.036	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.544	-	-	-	632	-	567	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	112	-	-	-	-	310	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	474	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	661	-	-	-	-	-	-	-	2.300
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	2.429	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	232	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	69	18	651
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	69	18	45
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	605
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	398
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	207

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	11.188	14.037,7	437,97	-	-	-	2.073	77	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.874,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.522,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.541,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.980,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	84,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	38,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	230,3	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	706,1	13,60	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	377,1	4,36	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	247,8	1,03	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	129,3	3,32	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,0	0,00	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	282,1	1,83	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	43,9	0,73	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	6,69	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,91	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,75	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,16	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,55	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	0,00	3,22	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	409,0	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	420,78	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	326,11	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	39,32	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	16,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	177,79	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	166,90	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	127,45	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	39,45	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	81,67	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	16,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	10,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	10,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,18	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,44	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,99	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,76	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,49	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,82	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,13	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	94,68	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	35,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	8,05	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,01	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,09	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,25	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	16,99	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,26	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,66	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	59,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	9,04	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,88	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,10	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,03	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,86	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	18,38	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	3,71	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	2,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,22	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,17	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,41	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	47,8	3,59	-	-	-	2.073	77	-
3.G	Calagem	9.094	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.094	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	284.056	1.100,6	35,04	-	-	-	17.391	322	-
4.A	Floresta	-392.979	32,6	1,13	-	-	-	534	12	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	-311.566	29,9	0,88	-	-	-	457	7	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 81.413	2,7	0,25	-	-	-	78	5	-
4.B	Agricultura	71.646	75,2	2,71	-	-	-	1.253	29	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	71.646	75,2	2,71	-	-	-	1.253	29	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	634.771	981,2	30,83	-	-	-	15.420	277	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	- 6.674	31,8	2,91	-	-	-	900	54	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	641.444	949,4	27,92	-	-	-	14.520	223	-
4.D	Área Alagada	6.889	6,4	0,21	-	-	-	102	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.889	6,4	0,21	-	-	-	102	2	-
4.E	Assentamento	4.422	2,3	0,07	-	-	-	37	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.422	2,3	0,07	-	-	-	37	1	-
4.F	Outras Terras	2.612	2,8	0,09	-	-	-	44	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	2.612	2,8	0,09	-	-	-	44	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 43.305	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.125	2.492,2	8,21	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.457,3	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	561,4	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	895,9	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,1	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.125	25,9	0,43	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.007,9	7,72	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	851,4	7,72	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	156,5	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		16.787	11,9	12,01	-	-	-	13	13	12
1.A.3.a.i	Aviação	4.915	0,0	0,14	-	-	-	1	1	0
1.A.3.d.i	Navegação	11.872	11,9	11,87	-	-	-	12	12	12
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		281.133								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2010

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
Total Brasil		670.265	18.617,9	529,34	2.872	593	241	26.472	2.678	4.023
1	Energia	352.903	609,6	28,92	-	-	-	7.028	2.265	1.008
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	339.596	426,5	28,72	-	-	-	7.028	2.265	1.008
1.A.1	Indústrias de Energia	56.526	31,4	4,51	-	-	-	1.458	539	251
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	26.577	1,2	0,32	-	-	-	19	157	4
1.A.1.b	Refino de petróleo	15.827	0,4	0,16	-	-	-	17	168	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	14.122	29,9	4,03	-	-	-	1.422	215	246
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	75.552	37,7	6,27	-	-	-	1.906	327	68
1.A.2.a	Ferro e aço	7.299	0,3	0,06	-	-	-	13	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	8.544	0,2	0,05	-	-	-	6	23	1
1.A.2.c	Produtos químicos	14.187	2,6	0,18	-	-	-	23	60	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.434	2,8	1,13	-	-	-	942	48	19
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.548	26,0	3,89	-	-	-	415	90	15
1.A.2.f	Minerais não metálicos	19.727	4,4	0,56	-	-	-	373	47	20
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.172	1,0	0,28	-	-	-	98	20	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.585	0,3	0,07	-	-	-	27	23	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.055	0,1	0,04	-	-	-	8	2	0
1.A.3	Transporte	169.010	45,0	13,37	-	-	-	2.227	1.153	439
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	9.157	0,0	0,25	-	-	-	5	8	0
1.A.3.b	Transporte rodoviário	151.403	44,4	11,82	-	-	-	2.200	960	430
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.925	0,2	1,18	-	-	-	10	51	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.414	0,4	0,12	-	-	-	10	112	4
1.A.3.e	Outros transportes	1.110	0,0	0,00	-	-	-	2	22	0
1.A.4	Outros Setores	37.365	312,3	4,54	-	-	-	1.436	244	250
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.799	3,8	0,06	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	17.249	290,1	3,15	-	-	-	1.307	31	196
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	17.316	18,5	1,33	-	-	-	124	208	51
1.A.5	Não Especificado	1.144	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	13.307	183,1	0,20	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	42,5	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	13.307	140,7	0,20	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	82.049	41,9	1,51	2.872	593	241	1.200	39	3.015
2.A	Indústria Mineral	28.359	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	21.288	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.651	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	246	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.175	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.472	12,0	0,93	-	-	-	1	1	56
2.B.1	Produção de amônia	296	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,80	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,13	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.134	12,0	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	46
2.C	Indústria Metalúrgica	45.418	29,9	0,57	-	593	-	1.125	17	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	40.930	29,7	0,57	-	-	-	565	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	1.214	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.543	-	-	-	593	-	561	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	95	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	636	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	800	-	-	-	-	-	-	-	2.274
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	2.872	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	241	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	73	20	670
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	73	20	48
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	622
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	425
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	197

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	13.698	14.406,5	457,60	-	-	-	1.832	68	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.250,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.890,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.860,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	2.029,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	86,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	39,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	233,8	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	728,6	13,92	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	391,7	4,43	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	255,4	1,00	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	136,4	3,43	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,2	0,00	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	289,5	1,91	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	44,2	0,75	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	6,83	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	1,93	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,73	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,20	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,61	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	0,00	3,29	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	385,5	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	440,51	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	341,08	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	44,05	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adubos orgânicos	-	-	16,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	182,91	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	171,85	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	131,58	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	40,27	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,84	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	86,84	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	19,79	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	11,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	11,37	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,93	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,30	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,01	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,93	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	37,50	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,81	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	5,00	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,08	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	99,42	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	36,93	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	9,13	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,03	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,78	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,91	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,54	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,37	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	62,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	10,09	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,86	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,87	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,89	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	19,54	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	4,45	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	2,56	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	8,44	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,40	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	1,13	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	42,3	3,17	-	-	-	1.832	68	-
3.G	Calagem	11.292	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.406	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	220.461	1.036,8	33,14	-	-	-	16.411	306	-
4.A	Floresta	- 401.061	32,6	1,13	-	-	-	535	12	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 317.462	29,7	0,87	-	-	-	455	7	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 83.599	2,8	0,26	-	-	-	80	5	-
4.B	Agricultura	69.033	71,4	2,60	-	-	-	1.196	28	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	69.033	71,4	2,60	-	-	-	1.196	28	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	586.650	922,7	29,08	-	-	-	14.520	263	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	- 7.574	31,4	2,87	-	-	-	889	53	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	594.223	891,3	26,21	-	-	-	13.631	210	-
4.D	Área Alagada	6.084	5,4	0,18	-	-	-	86	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.084	5,4	0,18	-	-	-	86	2	-
4.E	Assentamento	4.286	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.286	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.F	Outras Terras	2.402	2,6	0,08	-	-	-	40	1	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	2.402	2,6	0,08	-	-	-	40	1	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 46.933	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.154	2.523,1	8,17	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.470,3	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	610,3	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	860,0	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,1	0,06	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.154	26,3	0,43	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.025,4	7,67	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	860,5	7,67	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	164,9	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		18.350	12,8	12,92	-	-	-	14	14	13
1.A.3.a.i	Aviação	5.585	0,0	0,16	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	12.765	12,8	12,76	-	-	-	13	13	13
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		302.004								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2011

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		775.650	18.378,1	541,06	3.422	493	250	24.156	2.646	3.886
1	Energia	368.824	561,3	29,39	-	-	-	6.783	2.283	979
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	356.153	392,9	29,21	-	-	-	6.783	2.283	979
1.A.1	Indústrias de Energia	51.394	28,8	4,10	-	-	-	1.406	550	262
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	19.941	0,8	0,23	-	-	-	15	138	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	16.229	0,4	0,15	-	-	-	18	191	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	15.224	27,6	3,72	-	-	-	1.373	221	258
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	81.528	38,8	6,32	-	-	-	1.975	345	72
1.A.2.a	Ferro e aço	7.177	0,4	0,06	-	-	-	13	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	9.559	0,2	0,06	-	-	-	7	25	1
1.A.2.c	Produtos químicos	15.548	2,7	0,19	-	-	-	23	60	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.534	2,7	1,13	-	-	-	943	49	19
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.488	25,6	3,84	-	-	-	419	90	15
1.A.2.f	Minerais não metálicos	22.314	5,7	0,63	-	-	-	431	54	23
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.933	1,1	0,29	-	-	-	103	22	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.901	0,4	0,07	-	-	-	29	27	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.076	0,1	0,04	-	-	-	7	2	0
1.A.3	Transporte	184.966	43,6	14,54	-	-	-	2.102	1.149	415
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	10.434	0,0	0,28	-	-	-	5	9	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	166.579	43,1	12,95	-	-	-	2.074	966	406
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.952	0,2	1,20	-	-	-	11	52	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.239	0,4	0,11	-	-	-	10	108	4
1.A.3.e	Outros transportes	763	0,0	0,00	-	-	-	1	15	0
1.A.4	Outros Setores	37.350	281,7	4,23	-	-	-	1.300	238	229
1.A.4.a	Comercial/Institucional	3.049	4,1	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	17.487	259,7	2,86	-	-	-	1.173	29	176
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	16.814	17,9	1,30	-	-	-	121	204	50
1.A.5	Não Especificado	914	0,0	0,02	-	-	-	0	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	12.671	168,4	0,19	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	47,0	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	12.671	121,4	0,19	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	88.632	44,1	1,53	3.422	493	250	1.211	38	2.907
2.A	Indústria Mineral	29.983	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	22.496	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	6.018	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	284	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.185	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	8.080	13,3	0,93	-	-	-	1	1	58
2.B.1	Produção de amônia	274	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,75	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,18	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.765	13,3	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	48
2.C	Indústria Metalúrgica	49.723	30,9	0,60	-	493	-	1.138	18	15
2.C.1	Produção de ferro e aço	44.508	30,7	0,60	-	-	-	585	15	15
2.C.2	Produção de ferroligas	1.090	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.375	-	-	-	493	-	553	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	92	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	1.658	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	846	-	-	-	-	-	-	-	2.070
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	3.422	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	250	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	72	19	765
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	72	19	48
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	718
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	482
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	236

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3	Agropecuária	16.827	14.263,4	472,42	-	-	-	1.500	56	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.006,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.639,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.630,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	2.009,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	88,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	39,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	238,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	790,0	15,44	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	382,3	4,73	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	249,0	1,22	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	133,4	3,51	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,2	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	359,4	2,45	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	45,1	0,77	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,50	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,11	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,88	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,23	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	2,02	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,37	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	432,5	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	454,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	350,92	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	52,02	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	16,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	184,14	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	172,99	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	132,24	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	40,75	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	87,55	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	21,54	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	11,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	12,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,32	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,42	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	1,03	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,85	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,18	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,20	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	103,46	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	38,84	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	10,76	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adubos orgânicos	-	-	3,14	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,94	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	23,07	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,63	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,43	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,70	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	64,62	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	11,90	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adubos orgânicos	-	-	4,02	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	28,06	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,95	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,91	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	19,70	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	4,85	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,53	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	2,81	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,52	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,32	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	34,6	2,60	-	-	-	1.500	56	-
3.G	Calagem	13.992	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.835	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	300.253	929,1	29,48	-	-	-	14.662	269	-
4.A	Floresta	-346.974	51,3	1,65	-	-	-	814	15	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	-309.367	49,1	1,44	-	-	-	751	12	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 37.607	2,2	0,20	-	-	-	63	4	-
4.B	Agricultura	133.218	102,5	3,73	-	-	-	1.718	41	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	133.218	102,5	3,73	-	-	-	1.718	41	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	540.860	757,0	23,54	-	-	-	11.845	208	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	- 487	20,6	1,88	-	-	-	582	35	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	541.347	736,4	21,66	-	-	-	11.263	173	-
4.D	Área Alagada	7.142	7,9	0,25	-	-	-	123	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	7.142	7,9	0,25	-	-	-	123	2	-
4.E	Assentamento	4.328	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.328	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.F	Outras Terras	7.152	8,2	0,25	-	-	-	127	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	7.152	8,2	0,25	-	-	-	127	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 45.474	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.114	2.580,2	8,23	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.507,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	637,5	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	869,6	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,1	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.114	26,9	0,44	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)	HFCs			PFCs		SF ₆	CO	NO _x	NMVOC
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	(Gg co ₂ e)	(Gg co ₂ e)	(Gg co ₂ e)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.045,1	772	-	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	870,9	772	-	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	174,1	-	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:											
Bunkers internacionais		19.979	13,7	13,84	-	-	-	15	15	14	
1.A.3.a.i	Aviação	6.314	0,0	0,18	-	-	-	1	2	0	
1.A.3.d.i	Navegação	13.665	13,7	13,67	-	-	-	14	14	14	
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		286.450									

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2012

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		665.884	18.138,9	535,15	3.906	508	259	21.144	2.691	3.943
1	Energia	400.894	575,8	30,93	-	-	-	6.738	2.382	960
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	387.400	393,1	30,76	-	-	-	6.738	2.382	960
1.A.1	Indústrias de Energia	66.158	30,6	4,44	-	-	-	1.466	637	254
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	34.894	1,7	0,44	-	-	-	26	199	4
1.A.1.b	Refino de petróleo	16.209	0,4	0,15	-	-	-	18	195	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	15.055	28,6	3,85	-	-	-	1.423	243	249
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	80.256	38,7	6,36	-	-	-	1.921	346	71
1.A.2.a	Ferro e aço	7.258	0,4	0,06	-	-	-	13	17	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	9.533	0,2	0,05	-	-	-	7	25	1
1.A.2.c	Produtos químicos	15.270	2,5	0,19	-	-	-	22	60	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.507	2,6	1,11	-	-	-	929	48	17
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.562	26,0	3,91	-	-	-	380	93	16
1.A.2.f	Minerais não metálicos	22.350	5,5	0,65	-	-	-	436	54	24
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.164	1,1	0,28	-	-	-	101	21	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.591	0,3	0,07	-	-	-	27	26	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.021	0,1	0,04	-	-	-	7	2	0
1.A.3	Transporte	201.834	43,5	15,69	-	-	-	2.055	1.152	406
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	10.616	0,0	0,29	-	-	-	6	9	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	183.002	42,9	14,07	-	-	-	2.027	963	397
1.A.3.c	Transporte ferroviário	3.027	0,2	1,23	-	-	-	11	53	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.153	0,4	0,11	-	-	-	10	105	4
1.A.3.e	Outros transportes	1.035	0,0	0,00	-	-	-	2	20	0
1.A.4	Outros Setores	37.943	280,2	4,24	-	-	-	1.295	246	229
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.874	4,1	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	17.598	258,4	2,85	-	-	-	1.167	29	175
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	17.471	17,7	1,32	-	-	-	123	212	50
1.A.5	Não Especificado	1.209	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	13.494	182,7	0,17	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	50,1	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	13.494	132,7	0,17	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	89.473	41,0	1,34	3.906	508	259	1.165	38	2.982
2.A	Indústria Mineral	31.995	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	24.438	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	6.080	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	265	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.211	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.175	11,5	0,77	-	-	-	1	1	56
2.B.1	Produção de amônia	210	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,65	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,12	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	6.924	11,5	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	46
2.C	Indústria Metalúrgica	49.525	29,4	0,57	-	508	-	1.093	17	14
2.C.1	Produção de ferro e aço	44.252	29,2	0,57	-	-	-	559	14	14
2.C.2	Produção de ferroligas	1.063	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.378	-	-	-	508	-	534	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	108	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	1.724	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	777	-	-	-	-	-	-	-	2.202
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	3.906	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	259	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	72	19	710
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	72	19	47
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	662
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	463
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	199

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	18.932	14.148,5	470,26	-	-	-	1.222	45	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.943,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.590,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.614,4	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.976,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	83,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	38,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	230,4	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	792,1	15,50	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	388,6	4,90	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	249,4	1,37	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	139,3	3,53	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,0	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	356,5	2,34	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	44,0	0,76	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,50	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,23	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	0,99	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,24	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,92	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,35	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	384,6	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	452,65	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	349,81	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	53,69	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	15,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	182,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	171,85	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	131,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	39,89	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,64	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,01	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	87,40	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	18,95	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	14,37	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	12,88	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,99	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)								
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,15	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,93	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,66	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,24	-	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	102,84	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	38,44	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	10,76	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	2,98	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,70	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,91	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,59	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,32	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,63	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	64,40	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	12,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,75	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,79	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,78	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,83	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	19,66	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	4,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	3,23	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	2,90	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,26	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,15	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	28,2	2,12	-	-	-	1.222	45	-
3.G	Calagem	16.179	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.753	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	155.421	758,1	24,32	-	-	-	12.019	226	-
4.A	Floresta	-362.364	45,0	1,46	-	-	-	717	14	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	-322.211	42,8	1,26	-	-	-	654	10	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 40.153	2,2	0,20	-	-	-	63	4	-
4.B	Agricultura	122.707	94,3	3,44	-	-	-	1.581	38	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	122.707	94,3	3,44	-	-	-	1.581	38	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	422.778	604,2	18,97	-	-	-	9.492	170	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	- 2.502	19,4	1,77	-	-	-	547	33	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	425.280	584,9	17,20	-	-	-	8.945	138	-
4.D	Área Alagada	6.011	6,3	0,20	-	-	-	99	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.011	6,3	0,20	-	-	-	99	2	-
4.E	Assentamento	4.344	2,1	0,07	-	-	-	34	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.344	2,1	0,07	-	-	-	34	1	-
4.F	Outras Terras	5.503	6,1	0,18	-	-	-	94	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	5.503	6,1	0,18	-	-	-	94	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 43.558	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.164	2.615,5	8,30	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.533,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	657,9	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	875,2	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,3	0,08	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.164	28,9	0,46	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.052,3	7,76	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	868,7	7,76	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	183,6	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		18.850	12,2	12,34	-	-	-	13	14	12
1.A.3.a.i	Aviação	6.698	0,0	0,19	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	12.152	12,2	12,15	-	-	-	12	12	12
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		289.817								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2013

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		897.306	18.551,4	559,03	4.472	444	268	24.346	2.851	3.970
1	Energia	432.346	551,3	32,31	-	-	-	6.648	2.490	906
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	418.400	366,9	32,14	-	-	-	6.648	2.490	906
1.A.1	Indústrias de Energia	89.266	33,9	5,04	-	-	-	1.544	753	238
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	55.296	2,6	0,72	-	-	-	36	276	5
1.A.1.b	Refino de petróleo	18.362	0,5	0,18	-	-	-	19	206	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	15.607	30,8	4,15	-	-	-	1.490	271	231
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	80.720	38,0	6,33	-	-	-	1.998	347	73
1.A.2.a	Ferro e aço	7.100	0,4	0,06	-	-	-	12	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	9.578	0,2	0,05	-	-	-	7	24	1
1.A.2.c	Produtos químicos	14.588	2,3	0,18	-	-	-	22	58	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.480	2,7	1,18	-	-	-	994	50	19
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.439	25,1	3,78	-	-	-	370	91	15
1.A.2.f	Minerais não metálicos	23.141	5,7	0,68	-	-	-	455	56	25
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.771	1,1	0,29	-	-	-	103	23	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.611	0,3	0,07	-	-	-	28	27	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	1.012	0,1	0,04	-	-	-	7	2	0
1.A.3	Transporte	209.051	42,7	16,72	-	-	-	1.940	1.143	385
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	10.187	0,0	0,28	-	-	-	5	9	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	189.874	42,1	15,12	-	-	-	1.911	940	376
1.A.3.c	Transporte ferroviário	3.003	0,2	1,22	-	-	-	11	53	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.158	0,4	0,11	-	-	-	10	106	4
1.A.3.e	Outros transportes	1.829	0,0	0,00	-	-	-	3	36	0
1.A.4	Outros Setores	38.306	252,4	4,01	-	-	-	1.166	245	211
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.829	4,1	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	17.994	229,0	2,57	-	-	-	1.032	28	155
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	17.484	19,3	1,37	-	-	-	128	213	53
1.A.5	Não Especificado	1.057	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	13.947	184,4	0,17	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	62,6	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	13.947	121,8	0,17	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	90.395	38,9	1,32	4.472	444	268	1.078	38	3.064
2.A	Indústria Mineral	34.050	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	25.867	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	6.159	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	309	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.714	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.399	12,1	0,80	-	-	-	1	1	58
2.B.1	Produção de amônia	60	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,66	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,14	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.297	12,1	-	-	-	-	-	0	11
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	47
2.C	Indústria Metalúrgica	48.076	26,8	0,52	-	444	-	999	15	13
2.C.1	Produção de ferro e aço	43.079	26,6	0,52	-	-	-	506	13	13
2.C.2	Produção de ferroligas	974	0,2	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	2.156	-	-	-	444	-	493	3	-
2.C.4	Produção de magnésio	119	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	1.749	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	871	-	-	-	-	-	-	-	2.282
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	4.472	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	268	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	78	21	712
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	78	21	52
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	660
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	489
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	172

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3	Agropecuária	19.114	14.167,5	485,66	-	-	-	1.096	41	-
3.A	Fermentação Entérica	-	12.965,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.608,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.610,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.998,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	86,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	36,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	233,4	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	785,2	15,76	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	400,3	5,19	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	251,1	1,56	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	149,2	3,63	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,1	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	337,7	2,20	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	44,1	0,77	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,61	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,40	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	1,13	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,27	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,80	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,40	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	391,8	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	468,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	361,37	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	57,29	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	16,10	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	182,25	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	171,56	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	131,50	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	40,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,56	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,13	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	95,28	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	23,52	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	16,23	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	14,20	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,19	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,87	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,86	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,91	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,28	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	106,63	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	39,60	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	11,90	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,03	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,67	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,87	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,53	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,34	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,64	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	67,03	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	13,08	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,82	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,73	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,84	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	21,44	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	5,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	3,65	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	3,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,46	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,27	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOG (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	25,3	1,90	-	-	-	1.096	41	-
3.G	Calagem	15.955	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	3.159	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	354.221	985,6	31,14	-	-	-	15.525	283	-
4.A	Floresta	-343.473	57,9	1,86	-	-	-	918	17	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	-309.707	55,5	1,63	-	-	-	848	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 33.766	2,4	0,22	-	-	-	69	4	-
4.B	Agricultura	156.328	122,0	4,28	-	-	-	2.011	45	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	156.328	122,0	4,28	-	-	-	2.011	45	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	567.886	787,1	24,43	-	-	-	12.306	215	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	5.587	20,6	1,88	-	-	-	583	35	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	562.299	766,5	22,55	-	-	-	11.723	180	-
4.D	Área Alagada	7.397	8,1	0,25	-	-	-	127	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	7.397	8,1	0,25	-	-	-	127	2	-
4.E	Assentamento	4.932	2,6	0,08	-	-	-	41	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.932	2,6	0,08	-	-	-	41	1	-
4.F	Outras Terras	6.849	7,9	0,24	-	-	-	122	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	6.849	7,9	0,24	-	-	-	122	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 45.698	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.230	2.808,0	8,61	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.669,7	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	795,9	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	873,8	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,2	0,07	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.230	30,6	0,49	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.106,5	8,04	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	881,2	8,04	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	225,3	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		17.972	10,9	11,06	-	-	-	12	13	11
1.A.3.a.i	Aviação	7.110	0,0	0,20	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.861	10,9	10,86	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		302.887								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2014

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		782.646	18.486,5	565,20	5.001	320	277	21.916	2.888	3.991
1	Energia	458.908	567,1	33,74	-	-	-	6.766	2.568	900
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	443.238	381,5	33,51	-	-	-	6.766	2.568	900
1.A.1	Indústrias de Energia	106.878	35,2	5,31	-	-	-	1.585	849	236
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	69.818	3,2	0,88	-	-	-	44	337	7
1.A.1.b	Refino de petróleo	19.383	0,4	0,18	-	-	-	20	229	2
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	17.677	31,6	4,25	-	-	-	1.521	284	227
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	81.628	36,5	6,20	-	-	-	2.073	352	71
1.A.2.a	Ferro e aço	7.540	0,5	0,08	-	-	-	12	17	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	9.968	0,2	0,06	-	-	-	7	26	1
1.A.2.c	Produtos químicos	13.980	2,3	0,17	-	-	-	21	55	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.847	2,6	1,22	-	-	-	1.074	55	17
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.497	23,7	3,60	-	-	-	363	88	15
1.A.2.f	Minerais não metálicos	23.313	5,7	0,69	-	-	-	457	57	25
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.840	1,1	0,29	-	-	-	102	24	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.792	0,3	0,07	-	-	-	29	29	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	850	0,1	0,04	-	-	-	6	2	0
1.A.3	Transporte	214.361	41,8	17,74	-	-	-	1.862	1.108	369
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	10.281	0,0	0,28	-	-	-	6	9	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	194.349	41,1	16,13	-	-	-	1.832	886	360
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.943	0,2	1,20	-	-	-	11	52	5
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	4.764	0,4	0,12	-	-	-	11	121	4
1.A.3.e	Outros transportes	2.024	0,0	0,00	-	-	-	3	40	0
1.A.4	Outros Setores	39.137	268,0	4,23	-	-	-	1.245	257	224
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.947	4,1	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	18.002	244,2	2,72	-	-	-	1.106	29	166
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	18.188	19,7	1,44	-	-	-	133	223	55
1.A.5	Não Especificado	1.234	0,0	0,03	-	-	-	1	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	15.670	185,6	0,23	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	57,4	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	15.670	128,2	0,23	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	87.882	37,8	1,53	5.001	320	277	955	39	3.091
2.A	Indústria Mineral	33.881	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	25.927	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	5.962	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	292	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.699	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.237	11,6	1,02	-	-	-	1	1	58
2.B.1	Produção de amônia	165	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,66	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,36	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.030	11,6	-	-	-	-	-	0	11
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	46
2.C	Indústria Metalúrgica	45.977	26,3	0,51	-	320	-	869	14	12
2.C.1	Produção de ferro e aço	41.271	26,1	0,51	-	-	-	496	12	12
2.C.2	Produção de ferroligas	906	0,1	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.589	-	-	-	320	-	373	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	121	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	2.089	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	788	-	-	-	-	-	-	-	2.328
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	5.001	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	277	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	85	23	693
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	85	23	56
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	637
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	478
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	159

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	20.271	14.239,0	494,53	-	-	-	952	35	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.013,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.653,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	10.649,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	2.003,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	88,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	37,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	234,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	803,9	16,12	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	406,3	5,13	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	252,5	1,54	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	153,8	3,59	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,2	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	348,5	2,27	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	45,9	0,83	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,88	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,37	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	1,12	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,26	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	1,86	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,64	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	399,2	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	476,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	367,69	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	60,00	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	17,11	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	183,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	172,46	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	132,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	40,26	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,59	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,22	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	96,82	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	24,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	16,15	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	13,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,09	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,36	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,94	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,94	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,06	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,32	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	109,08	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	40,67	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	12,66	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	24,81	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	22,99	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	17,63	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	5,37	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,66	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	68,41	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	13,69	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	4,08	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	27,91	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	25,87	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,87	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	21,78	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	5,62	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	3,63	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	3,11	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,46	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	22,0	1,65	-	-	-	952	35	-
3.G	Calagem	16.863	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	3.408	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	214.254	837,4	26,71	-	-	-	13.243	246	-
4.A	Floresta	- 357.076	49,1	1,59	-	-	-	781	15	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 318.883	46,8	1,38	-	-	-	716	11	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 38.193	2,3	0,21	-	-	-	66	4	-
4.B	Agricultura	133.290	104,4	3,75	-	-	-	1.739	41	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	133.290	104,4	3,75	-	-	-	1.739	41	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	468.516	668,1	20,88	-	-	-	10.476	186	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	305	19,9	1,82	-	-	-	563	34	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	468.211	648,2	19,06	-	-	-	9.913	153	-
4.D	Área Alagada	6.371	6,9	0,22	-	-	-	108	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	6.371	6,9	0,22	-	-	-	108	2	-
4.E	Assentamento	4.367	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.367	2,2	0,07	-	-	-	35	1	-
4.F	Outras Terras	5.914	6,7	0,20	-	-	-	103	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	5.914	6,7	0,20	-	-	-	103	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 47.127	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.331	2.805,1	8,69	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.681,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	787,5	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	893,7	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,3	0,08	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.331	30,5	0,50	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.092,0	8,11	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	894,7	8,11	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	197,3	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		18.583	11,1	11,33	-	-	-	12	13	11
1.A.3.a.i	Aviação	7.457	0,0	0,21	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	11.127	11,1	11,13	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		311.108								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2015

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		874.531	18.998,5	569,39	5.409	255	286	23.565	2.730	3.297
1	Energia	433.397	576,5	33,62	-	-	-	6.662	2.387	866
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	418.006	387,9	33,39	-	-	-	6.662	2.387	866
1.A.1	Indústrias de Energia	101.474	36,1	5,41	-	-	-	1.618	804	234
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	65.319	3,0	0,84	-	-	-	38	303	5
1.A.1.b	Refino de petróleo	18.529	0,4	0,18	-	-	-	18	215	2
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	17.626	32,7	4,40	-	-	-	1.561	286	227
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	77.598	35,2	6,05	-	-	-	2.080	341	68
1.A.2.a	Ferro e aço	7.231	0,4	0,07	-	-	-	12	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	8.976	0,2	0,05	-	-	-	6	25	1
1.A.2.c	Produtos químicos	14.360	2,5	0,18	-	-	-	22	57	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.546	2,8	1,30	-	-	-	1.153	57	18
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.505	22,9	3,47	-	-	-	351	85	14
1.A.2.f	Minerais não metálicos	21.056	5,0	0,60	-	-	-	405	51	22
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	8.448	1,0	0,28	-	-	-	96	21	5
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	7.763	0,4	0,07	-	-	-	29	28	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	714	0,1	0,03	-	-	-	6	1	0
1.A.3	Transporte	199.110	39,1	17,54	-	-	-	1.676	980	332
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	10.407	0,0	0,28	-	-	-	5	9	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	180.993	38,6	16,01	-	-	-	1.651	806	324
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.800	0,2	1,16	-	-	-	10	50	4
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	3.093	0,3	0,08	-	-	-	7	79	3
1.A.3.e	Outros transportes	1.817	0,0	0,00	-	-	-	3	36	0
1.A.4	Outros Setores	39.111	277,6	4,36	-	-	-	1.287	263	231
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.781	4,0	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	18.021	252,9	2,80	-	-	-	1.143	29	172
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	18.309	20,7	1,49	-	-	-	138	228	57
1.A.5	Não Especificado	714	0,0	0,02	-	-	-	0	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	15.391	188,6	0,23	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	53,0	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	15.391	135,6	0,23	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	87.652	38,0	1,36	5.409	255	286	884	40	2.431
2.A	Indústria Mineral	31.696	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	23.445	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	6.071	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	280	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.901	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.688	11,6	0,85	-	-	-	1	1	57
2.B.1	Produção de amônia	555	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,65	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,20	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.092	11,6	-	-	-	-	-	0	10
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	47
2.C	Indústria Metalúrgica	47.516	26,4	0,51	-	255	-	793	14	13
2.C.1	Produção de ferro e aço	43.391	26,4	0,51	-	-	-	500	13	13
2.C.2	Produção de ferroligas	814	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.281	-	-	-	255	-	292	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	129	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	1.902	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	751	-	-	-	-	-	-	-	1.679
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	5.409	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	286	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	90	24	682
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	90	24	60
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	623
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	458
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	165

		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]								
3	Agropecuária	17.538	14.530,9	494,66	-	-	-	577	21	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.258,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	12.886,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	11.030,2	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.856,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	92,1	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	39,8	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	239,9	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	832,2	16,13	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	411,7	4,90	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	260,4	1,50	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	151,3	3,40	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,4	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	370,9	2,47	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	46,2	0,83	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,93	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,27	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	1,09	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,19	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	2,01	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,64	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	427,4	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	477,53	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	369,38	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	54,66	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	17,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	185,02	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	173,96	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	137,19	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	36,77	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,59	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,47	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	101,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	28,06	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	17,24	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	15,02	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	2,12	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,28	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,93	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	0,83	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	2,04	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,36	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	108,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	39,48	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	11,21	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,21	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	25,06	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	23,19	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	18,29	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,90	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,16	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,71	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	68,68	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	12,49	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	4,11	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	28,20	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	26,09	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,18	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,92	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	22,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	6,31	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	3,88	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	3,38	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,48	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,29	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,21	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,46	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NM VOC (Gg)
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	13,3	1,00	-	-	-	577	21	-
3.G	Calagem	14.606	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de Ureia	2.932	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	334.796	979,9	31,00	-	-	-	15.442	282	-
4.A	Floresta	- 347.581	55,9	1,79	-	-	-	886	17	-
4.A.1	Floresta permanecendo Floresta	- 312.373	53,5	1,57	-	-	-	819	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 35.208	2,4	0,22	-	-	-	67	4	-
4.B	Agricultura	147.479	115,5	4,11	-	-	-	1.917	44	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	147.479	115,5	4,11	-	-	-	1.917	44	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	562.914	789,6	24,51	-	-	-	12.347	216	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	3.188	20,8	1,90	-	-	-	588	35	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	559.725	768,8	22,61	-	-	-	11.758	181	-
4.D	Área Alagada	7.333	8,2	0,25	-	-	-	128	2	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	7.333	8,2	0,25	-	-	-	128	2	-
4.E	Assentamento	4.645	2,4	0,08	-	-	-	38	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.645	2,4	0,08	-	-	-	38	1	-
4.F	Outras Terras	7.054	8,2	0,25	-	-	-	126	2	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	7.054	8,2	0,25	-	-	-	126	2	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 47.047	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	1.149	2.873,2	8,75	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.751,5	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	837,1	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	914,4	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,5	0,09	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	1.149	32,3	0,49	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)	
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.087,8	8,17	-	-	-	-	-	
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	888,7	8,17	-	-	-	-	-	
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	199,1	-	-	-	-	-	-	
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		20.792	13,3	13,48	-	-	-	14	15	13
1.A.3.a.i	Aviação	7.518	0,0	0,21	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	13.274	13,3	13,27	-	-	-	13	13	13
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		322.978								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)

Resultados do Quarto Inventário Nacional – Ano 2016

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
Total Brasil		873.272	19.333.2	586.09	5.728	273	295	24.044	2.548	3.241
1	Energia	401.690	557,1	32,88	-	-	-	6.399	2.191	799
1.A	Atividades de Queima de Combustíveis	385.850	371,5	32,65	-	-	-	6.399	2.191	799
1.A.1	Indústrias de Energia	76.693	32,6	4,81	-	-	-	1.485	695	202
1.A.1.a	Produção de eletricidade e calor como atividade principal	42.663	1,8	0,55	-	-	-	22	214	3
1.A.1.b	Refino de petróleo	17.121	0,4	0,16	-	-	-	17	205	1
1.A.1.c	Produção de combustíveis sólidos e outras indústrias de energia	16.909	30,4	4,10	-	-	-	1.446	276	198
1.A.2	Indústrias de Transformação e Construção	72.312	37,0	6,33	-	-	-	2.101	337	66
1.A.2.a	Ferro e aço	6.816	0,4	0,06	-	-	-	11	16	2
1.A.2.b	Metais não ferrosos	8.956	0,2	0,05	-	-	-	6	25	1
1.A.2.c	Produtos químicos	14.008	2,4	0,17	-	-	-	20	54	3
1.A.2.d	Celulose, papel e impressão	4.886	2,9	1,37	-	-	-	1.232	63	19
1.A.2.e	Processamento de alimentos, bebidas e tabaco	4.373	25,3	3,78	-	-	-	349	92	15
1.A.2.f	Minerais não metálicos	19.055	4,5	0,54	-	-	-	364	46	20
1.A.2.g	Equipamentos de transporte	7.669	1,0	0,26	-	-	-	90	18	4
1.A.2.i	Mineração (exceto combustíveis) e extração	5.904	0,3	0,05	-	-	-	22	23	3
1.A.2.l	Têxtil e couro	645	0,1	0,03	-	-	-	5	1	0
1.A.3	Transporte	199.974	37,0	17,42	-	-	-	1.595	935	314
1.A.3.a.ii	Aviação Civil	9.733	0,0	0,26	-	-	-	5	8	1
1.A.3.b	Transporte rodoviário	182.869	36,5	15,96	-	-	-	1.571	773	307
1.A.3.c	Transporte ferroviário	2.746	0,2	1,13	-	-	-	10	49	4
1.A.3.d.ii	Navegação doméstica	2.367	0,2	0,06	-	-	-	6	60	2
1.A.3.e	Outros transportes	2.260	0,0	0,00	-	-	-	3	45	0
1.A.4	Outros Setores	36.177	264,9	4,08	-	-	-	1.217	224	217
1.A.4.a	Comercial/Institucional	2.758	3,8	0,07	-	-	-	5	5	3
1.A.4.b	Residencial	18.209	241,9	2,70	-	-	-	1.091	29	164
1.A.4.c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscicultura	15.210	19,2	1,31	-	-	-	121	190	51
1.A.5	Não Especificado	693	0,0	0,02	-	-	-	0	1	0
1.B	Emissões Fugitivas a Partir da Produção de Combustíveis	15.840	185,6	0,23	-	-	-	-	-	-
1.B.1	Combustíveis sólidos	NO	48,1	NO	-	-	-	NO	NO	NO
1.B.2	Petróleo e Gás Natural	15.840	137,5	0,23	-	-	-	NE	NE	NE

		CO ₂ (Gg) [EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	HFCs (Gg CO ₂ e)	PFCs (Gg CO ₂ e)	SF ₆ (Gg CO ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOc (Gg)
1.C	Transporte e armazenamento de CO₂	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)	85.943	34,5	1,27	5.728	273	295	801	39	2.442
2.A	Indústria Mineral	29.373	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.1	Produção de cimento	21.238	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.2	Produção de cal	6.071	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.3	Produção de vidro	263	-	-	-	-	-	-	-	-
2.A.4	Outras utilizações de carbonatos em processos	1.801	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B	Indústria Química	7.904	12,2	0,85	-	-	-	1	1	60
2.B.1	Produção de amônia	456	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.2	Produção de ácido nítrico	-	-	0,65	-	-	-	-	1	-
2.B.3	Produção de ácido adípico	-	-	0,19	-	-	-	1	0	-
2.B.4	Caprolactama, glioxal e produção de ácido glioxílico	-	-	NO	-	-	-	-	-	-
2.B.5	Produção de carbureto	42	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.6	Produção de dióxido de titânio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.7	Produção de carbonato de sódio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.8	Produção de petroquímica e negro de fumo	7.407	12,2	-	-	-	-	-	0	11
2.B.9	Produção de fluoroquímicos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.B.10	Outros produtos químicos	-	-	-	-	-	-	-	-	49
2.C	Indústria Metalúrgica	47.903	22,3	0,43	-	273	-	702	12	10
2.C.1	Produção de ferro e aço	43.806	22,3	0,43	-	-	-	417	10	10
2.C.2	Produção de ferroligas	798	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.3	Produção de alumínio	1.317	-	-	-	273	-	285	2	-
2.C.4	Produção de magnésio	140	-	-	-	-	-	-	-	-
2.C.7	Outros não ferrosos, fora alumínio e magnésio	1.843	-	-	-	-	-	-	-	-
2.D	Produtos Não Energéticos de Combustíveis e Solventes	763	-	-	-	-	-	-	-	1.670
2.E	Indústria Eletrônica	-	-	-	0	0	NO	-	-	-
2.F	Usos de Produtos como Substitutos para Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio	-	-	-	5.727	NE/NO	-	-	-	-
2.G	Fabricação e Uso de Outros Produtos	-	-	-	-	-	295	-	-	-
2.H	Outros	-	-	-	-	-	-	98	26	701
2.H.1	Indústria de papel e celulose	-	-	-	-	-	-	98	26	65
2.H.2	Indústria de alimentos e bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	637
2.H.2.a	Alimentos	-	-	-	-	-	-	-	-	450
2.H.2.b	Bebidas	-	-	-	-	-	-	-	-	187

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3	Agropecuária	19.732	14.715,7	510,46	-	-	-	498	18	-
3.A	Fermentação Entérica	-	13.462,5	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1	Bovinos	-	13.087,3	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.a	Bovinos de corte	-	11.350,6	-	-	-	-	-	-	-
3.A.1.b	Bovinos de leite	-	1.736,7	-	-	-	-	-	-	-
3.A.2	Ovinos	-	92,0	-	-	-	-	-	-	-
3.A.3	Suínos	-	39,9	-	-	-	-	-	-	-
3.A.4	Outros animais	-	243,3	-	-	-	-	-	-	-
3.B	Manejo de Dejetos Animais	-	843,1	15,84	-	-	-	-	-	-
3.B.1	Bovinos	-	419,3	4,67	-	-	-	-	-	-
3.B.1.a	Bovinos de corte	-	266,5	1,44	-	-	-	-	-	-
3.B.1.b	Bovinos de leite	-	152,8	3,23	-	-	-	-	-	-
3.B.2	Ovinos	-	3,4	NO	-	-	-	-	-	-
3.B.3	Suínos	-	373,9	2,49	-	-	-	-	-	-
3.B.4	Outros animais	-	46,6	0,83	-	-	-	-	-	-
3.B.5	Emissões indiretas de N ₂ O	-	-	7,85	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a	Bovinos	-	-	2,18	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.i	Bovinos de corte	-	-	1,05	-	-	-	-	-	-
3.B.5.a.ii	Bovinos de leite	-	-	1,13	-	-	-	-	-	-
3.B.5.b	Suínos	-	-	2,03	-	-	-	-	-	-
3.B.5.c.vii	Aves	-	NO	3,64	-	-	-	-	-	-
3.C	Cultivo de Arroz	-	398,5	-	-	-	-	-	-	-
3.D	Solos Manejados	-	-	493,76	-	-	-	-	-	-
3.D.1	Emissões diretas	-	-	379,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.a	Fertilizantes sintéticos	-	-	67,80	-	-	-	-	-	-
3.D.1.b	Adbos orgânicos	-	-	17,24	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c	Deposição de dejetos em pastagem	-	-	186,83	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i	Bovinos	-	-	175,72	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.1	Bovinos de corte	-	-	141,54	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.i.2	Bovino de leite	-	-	34,18	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.ii	Suínos	-	-	1,54	-	-	-	-	-	-
3.D.1.c.iii	Outros animais	-	-	9,57	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d	Resíduos agrícolas	-	-	97,52	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.i	Soja	-	-	27,75	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ii	Milho	-	-	12,97	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iii	Cana-de-açúcar	-	-	15,61	-	-	-	-	-	-
3.D.1.d.iv	Arroz	-	-	1,83	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)		HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)					
3.D.1.d.v	Feijão	-	-	1,08	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vi	Mandioca	-	-	0,85	-	-	-	-	-
3.D.1.d.vii	Trigo	-	-	1,03	-	-	-	-	-
3.D.1.d.viii	Pastagens	-	-	34,46	-	-	-	-	-
3.D.1.d.ix	Outras culturas temporárias	-	-	1,95	-	-	-	-	-
3.D.1.e	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	4,18	-	-	-	-	-
3.D.1.f	Manejo de solos orgânicos	-	-	6,40	-	-	-	-	-
3.D.2	Emissões indiretas	-	-	113,79	-	-	-	-	-
3.D.2.a	Deposição atmosférica	-	-	42,87	-	-	-	-	-
3.D.2.a.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	14,36	-	-	-	-	-
3.D.2.a.ii	Adbos orgânicos	-	-	3,20	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	25,31	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1	Bovinos	-	-	23,43	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.a	Bovinos de corte	-	-	18,87	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.1.b	Bovino de leite	-	-	4,56	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.2	Suínos	-	-	0,15	-	-	-	-	-
3.D.2.a.iii.3	Outros animais	-	-	1,72	-	-	-	-	-
3.D.2.b	Lixiviação/escorrimento superficial	-	-	70,92	-	-	-	-	-
3.D.2.b.i	Fertilizantes sintéticos	-	-	15,44	-	-	-	-	-
3.D.2.b.ii	Adbos orgânicos	-	-	4,14	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii	Deposição de dejetos diretamente no solo	-	-	28,47	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.1	Bovinos	-	-	26,36	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.2	Suínos	-	-	0,17	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iii.3	Outros animais	-	-	1,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv	Resíduos agrícolas	-	-	21,94	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.1	Soja	-	-	6,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.2	Milho	-	-	2,92	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.3	Cana-de-açúcar	-	-	3,51	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.4	Arroz	-	-	0,41	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.5	Feijão	-	-	0,24	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.6	Mandioca	-	-	0,19	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.7	Trigo	-	-	0,23	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.8	Pastagens	-	-	7,75	-	-	-	-	-
3.D.2.b.iv.9	Outras	-	-	0,43	-	-	-	-	-
3.D.2.b.v	Mineralização de N associada a perda de C do solo	-	-	0,94	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
3.E	Queima prescrita de savanas	NE	NE	NE	-	-	-	NE	NE	NE
3.F	Queima de resíduos agrícolas	-	11,5	0,86	-	-	-	498	18	-
3.G	Calagem	15.844	-	-	-	-	-	-	-	-
3.H	Aplicação de ureia	3.888	-	-	-	-	-	-	-	-
3.I	Outro	NO	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF)	365.404	1.037,2	32,81	-	-	-	16.346	298	-
4.A	Floresta	- 349.535	55,6	1,76	-	-	-	877	16	-
4.A.1	Floresta permanecendo floresta	- 312.255	53,5	1,57	-	-	-	819	13	-
4.A.2	Área convertida para floresta	- 37.281	2,1	0,19	-	-	-	59	4	-
4.B	Agricultura	129.819	97,1	3,68	-	-	-	1.658	42	-
4.B.1	Agricultura permanecendo agricultura	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.B.2	Área convertida para agricultura	129.819	97,1	3,68	-	-	-	1.658	42	-
4.C	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	614.001	862,1	26,69	-	-	-	13.464	234	-
4.C.1	Campos/Pastagem permanecendo Campos/Pastagem	- 4.481	21,5	1,96	-	-	-	607	36	-
4.C.2	Área convertida para Campos/Pastagem	618.482	840,6	24,72	-	-	-	12.856	198	-
4.D	Área Alagada	8.308	9,4	0,29	-	-	-	147	3	-
4.D.1	Área alagada permanecendo área alagada	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.D.2	Área convertida para área alagada	8.308	9,4	0,29	-	-	-	147	3	-
4.E	Assentamento	4.984	2,7	0,09	-	-	-	43	1	-
4.E.1	Assentamento permanecendo Assentamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.E.2	Área convertida para Assentamento	4.984	2,7	0,09	-	-	-	43	1	-
4.F	Outras Terras	8.600	10,3	0,31	-	-	-	158	3	-
4.F.1	Outras Terras permanecendo Outras Terras	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.F.2	Área convertida para Outras Terras	8.600	10,3	0,31	-	-	-	158	3	-
4.G	Produtos Florestais Madeireiros	- 50.772	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Resíduos	504	2.988,7	8,67	-	-	-	-	-	-
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	-	1.857,2	-	-	-	-	-	-	-
5.A.1	Locais Manejados	-	874,8	-	-	-	-	-	-	-
5.A.3	Locais Não Categorizados	-	982,4	-	-	-	-	-	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	-	1,4	0,09	-	-	-	-	-	-
5.C	Incineração e Queima a Céu Aberto de Resíduos Sólidos	504	23,4	0,35	-	-	-	-	-	-

		CO ₂ (Gg)			HFCs (Gg co ₂ e)	PFCs (Gg co ₂ e)	SF ₆ (Gg co ₂ e)	CO (Gg)	NO _x (Gg)	NMVOC (Gg)
		[EMISSIONES LÍQUIDAS]	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)						
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	-	1.106,7	8,24	-	-	-	-	-	-
5.D.1	Águas residuárias domésticas	-	897,3	8,24	-	-	-	-	-	-
5.D.2	Águas residuárias industriais	-	209,4	-	-	-	-	-	-	-
5.E	Outro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Itens apenas para memória:										
Bunkers internacionais		17.666	10,9	11,13	-	-	-	12	13	11
1.A.3.a.i	Aviação	6.727	0,0	0,19	-	-	-	1	2	0
1.A.3.d.i	Navegação	10.939	10,9	10,94	-	-	-	11	11	11
Emissões de CO₂ a partir da biomassa		320.192								

Notações:
NO – não ocorre;
NE – não estimada;
NA – não aplicável
(células em cinza)



APÊNDICE II



PRINCIPAIS IMPACTOS E VULNERABILIDADES

nas seguranças hídrica,
energética, alimentar e
socioambiental

QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC



Principais impactos e vulnerabilidades na segurança hídrica



DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Redução de vazões e intensas retiradas de água por grandes centros urbanos e outros usos; possíveis conflitos pelo uso múltiplo da água associado

Cenários futuros indicam:

- Aumento de áreas críticas quanto à exploração de água:
 - › Redução das vazões de longo período (Q90) ●●●●●
 - › Elevadas retiradas para abastecimento de metrópoles (SP e RJ), polos de irrigação, e mineração ●●●●●
- Aumento de episódios de secas extremas ●●●●●



ACESSIBILIDADE**

Limitada cobertura dos serviços de saneamento (água e esgoto); deficiências de drenagem pluvial e na gestão de resíduos



Baixa acessibilidade ao esgotamento sanitário ●●●●●

■ 97,5% com abastecimento regular
■ 65% com rede de esgoto
Fonte: (PNAD, 2016)



SEGURIDADE E QUALIDADE**

Vulnerabilidades em relação à ocorrência de inundações e à baixa qualidade da água nas regiões metropolitanas.

- Cheias extremas ●●●●●
- Baixa qualidade de água em açudes ●●●●●
- Baixa qualidade de água nos centros urbanos ●●●●●

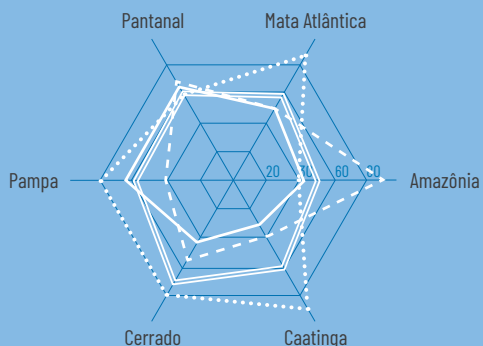


GOVERNANÇA**

Baixa capacidade institucional e fragilidades nos instrumentos de gestão de recursos hídricos, para lidar com eventos extremos e conflitos pelo uso da água.

Planos de Recursos Hídricos e Comitês de Bacias ainda incipientes ●●●●●

Nível de segurança hídrica no presente por dimensões do ISHmc*



ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Falta de controle da poluição difusa pode levar à contaminação dos lençóis freáticos.

*ISHmc (Índice de Segurança Hídrica no contexto da mudança do clima).

**Dimensão representa apenas o contexto atual.

Peculiaridades no território brasileiro

- Alta disponibilidade hídrica
- Déficit de saneamento
- Deficiência de instrumentos de gestão de recursos hídricos e de resposta a extremos (secas e inundações).

- Zonas costeiras e oceano:**
Saturação e salinização de bacias que desaguam no litoral; inundações costeiras.

- Redução de vazões e intensificação de eventos extremos (secas e cheias)
- Polos de irrigação
- Déficit de saneamento
- Vulnerabilidade social

- Redução de vazões
- Intensificação da irrigação
- Poluição difusa

Aumento de secas excepcionais que afetam os pulsos de inundação.

- Redução de vazões e intensificação de eventos extremos
- Alta demanda hídrica (abastecimento, indústria, agropecuária, mineração)
- Gestão mais estabelecida
- Déficit de saneamento
- Ocupações irregulares

- Intensificação de eventos extremos (secas e cheias)
- Intensificação da irrigação (arroz)
- Poluição difusa

- Amazônia
- Cerrado
- Caatinga
- Mata Atlântica
- Pantanal
- Pampa
- Zona Costeira

Secas excepcionais, como as ocorridas em 2005 e 2010, afetaram a disponibilidade de água na região com impactos para outras áreas do país.

Os impactos causados pela seca prolongada na região Sudeste comprometeram a indústria, a agricultura e também o funcionamento de hospitais e escolas.

O nível do Rio Acre (AC) atingiu cotas recordes causando inundações e danos excepcionais.

Baixos índices de precipitação no final do ano impactaram o armazenamento dos principais reservatórios que abastecem a população de Brasília.

Impactos observados

**2005
2010**

2012

2014

2015

2016

O semiárido registrou a pior seca dos últimos 30 anos, com impacto direto na vida e economia de 30 milhões de pessoas.

Cheia histórica do Rio Madeira (RO) inundou comunidades e alagou parte da BR-364

Seca excepcional afetou a disponibilidade de água na região com impactos para outras áreas do país.



Principais impactos e vulnerabilidades na segurança energética

Energia elétrica



Alteração na oferta hidrelétrica (e impactos na matriz elétrica)

Mudanças nas vazões alteram a energia natural afluenta (ENA) e o potencial hidrelétrico.

→ Cenários futuros apontam diminuição entre 6% e 41% da capacidade de geração hidrelétrica (65% da geração do Sistema Interligado Nacional – SIN – em 2018), o que induz uma maior participação de outras fontes na geração elétrica, e exige novos investimentos. ●●●●●



Alteração na disponibilidade eólica e solar

Recurso solar: manutenção ou aumento da disponibilidade do recurso, beneficiando a geração fotovoltaica, tanto no SIN, quanto de forma descentralizada. ●●●●●

Recurso eólico: aumento na disponibilidade do recurso para geração elétrica em todos biomas. ●●●●●●●●

→ Áreas no RN e PB (Caatinga), que detêm mais de 50% da capacidade instalada do país, apresentam pequena diminuição da disponibilidade conforme o cenário.



Complementaridade entre fontes renováveis

A mudança do clima pode alterar o grau de complementaridade entre fontes, em diferentes períodos e regiões/subsistemas, compensando momentos de baixa produção entre si.

→ **Hidro-eólico:** complementaridades mais significativas entre a fonte hídrica na Caatinga (bacia do rio São Francisco) com a eólica em outros biomas. ● hidro ● eólico ● eólico ● eólico

→ **Hidro-hidro:** Complementaridades entre a fonte hídrica na Mata Atlântica com a hídrica em demais biomas. ● hidro ● hidro ● hidro ● hidro



Alteração da demanda para conforto térmico

Tendência de aumento da necessidade de resfriamento em todo o país, com destaque para o bioma Amazônia e Caatinga e áreas do Cerrado. ●●●●●

→ Implicações de aumento da demanda de energia elétrica (uso de ar condicionado, por exemplo), em especial na Mata Atlântica, devido à grande concentração populacional (apesar do aumento relativo ser menor que em outros biomas).



Desafios para infraestrutura de transmissão e distribuição de energia elétrica

As infraestruturas de transmissão e distribuição de energia elétrica, que conectam as diferentes regiões e dotam o SIN de capacidade adaptativa, são vulneráveis a eventos climáticos extremos. ●●●●●●●●

Biocombustíveis

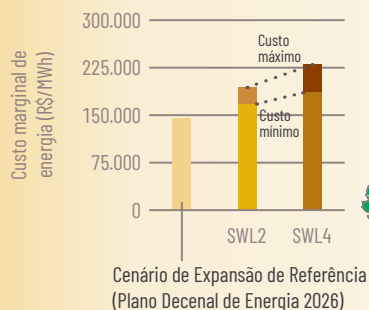


Impactos nas culturas de soja e cana para biocombustíveis

Cenários de aumento de áreas de alto risco para as culturas da soja e cana-de-açúcar afetam a produção de biodiesel e etanol, respectivamente. Projeta-se maior necessidade de irrigação.

→ As áreas de baixo risco climático (aptas às lavouras) podem ser reduzidas:
• Em torno de 80% (soja); ●●●●●
• Mais de 30% (cana-de-açúcar); ●●●●●

- Amazônia
- Cerrado
- Caatinga
- Mata Atlântica
- Pantanal
- Pampa
- Zona Costeira



Maior redução da Energia Natural Afluente (ENA) nos subsistemas Norte e Nordeste (correspondem a 29% da ENA no cenário de expansão do PDE 2026). O subsistema Norte, sobretudo, é responsável pelo intercâmbio de energia elétrica para outros subsistemas em períodos do ano.

● ● ●

84% e 76% das usinas de biodiesel e etanol, respectivamente, estão no Cerrado e na Mata Atlântica.

● ●

• Sul do bioma susceptível a eventos extremos que podem afetar a infraestrutura de transmissão e distribuição.
 • SIN é sensível ao aumento da demanda por resfriamento na Mata Atlântica devido à maior concentração de consumidores (setor industrial, residencial e comercial).

● ● ●

Condições meteorológicas desfavoráveis para a safra de soja de 2011/2012, com redução de 6,45% da produção de biodiesel no RS em 2012, em relação ao ano anterior.

O reservatório da UHE Três Marias (bacia do rio São Francisco) regula parte da vazão afluente de UHEs à jusante (Sobradinho, Itaparica, Moxotó, Paulo Alfonso e Xingó). Entre 2014 e 2015, o volume da UHE ficou abaixo de 10% da sua capacidade.

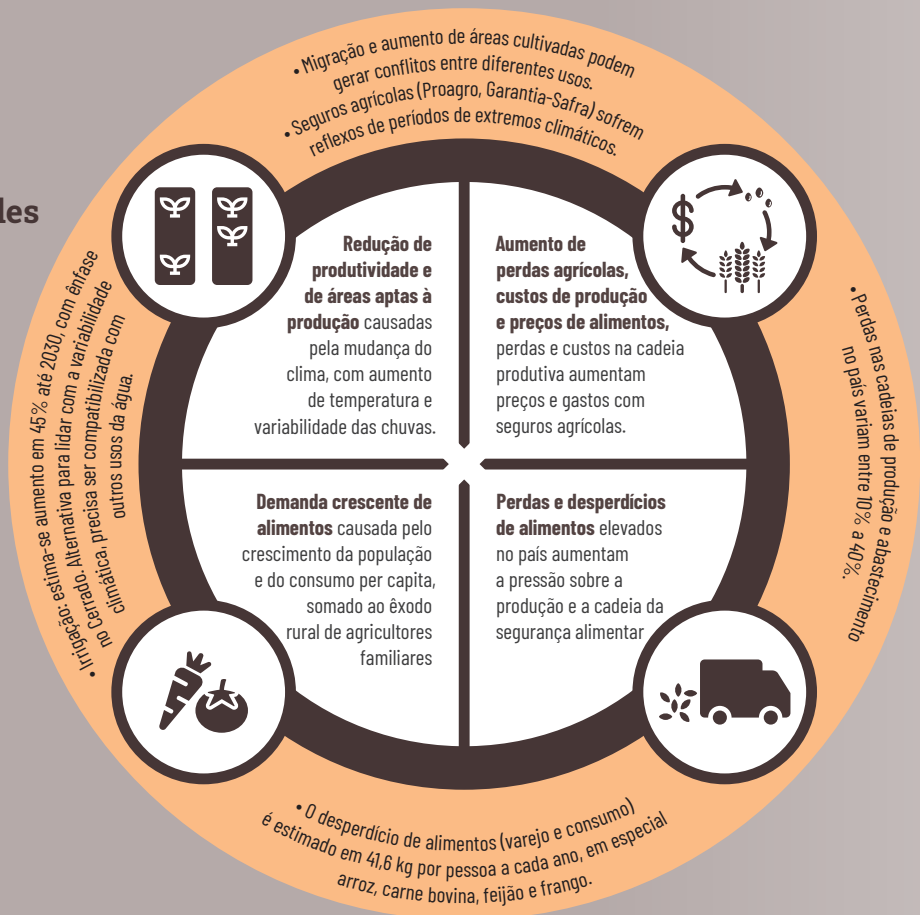
O reservatório de Serra da Mesa (maior em capacidade do país) regulariza a cascata de geração hidrelétrica na bacia do rio Tocantins. Com diminuição desde 2012, chegou, em 2017, a menos de 6% de seu volume útil (o menor desde o início de sua operação).

Impactos observados



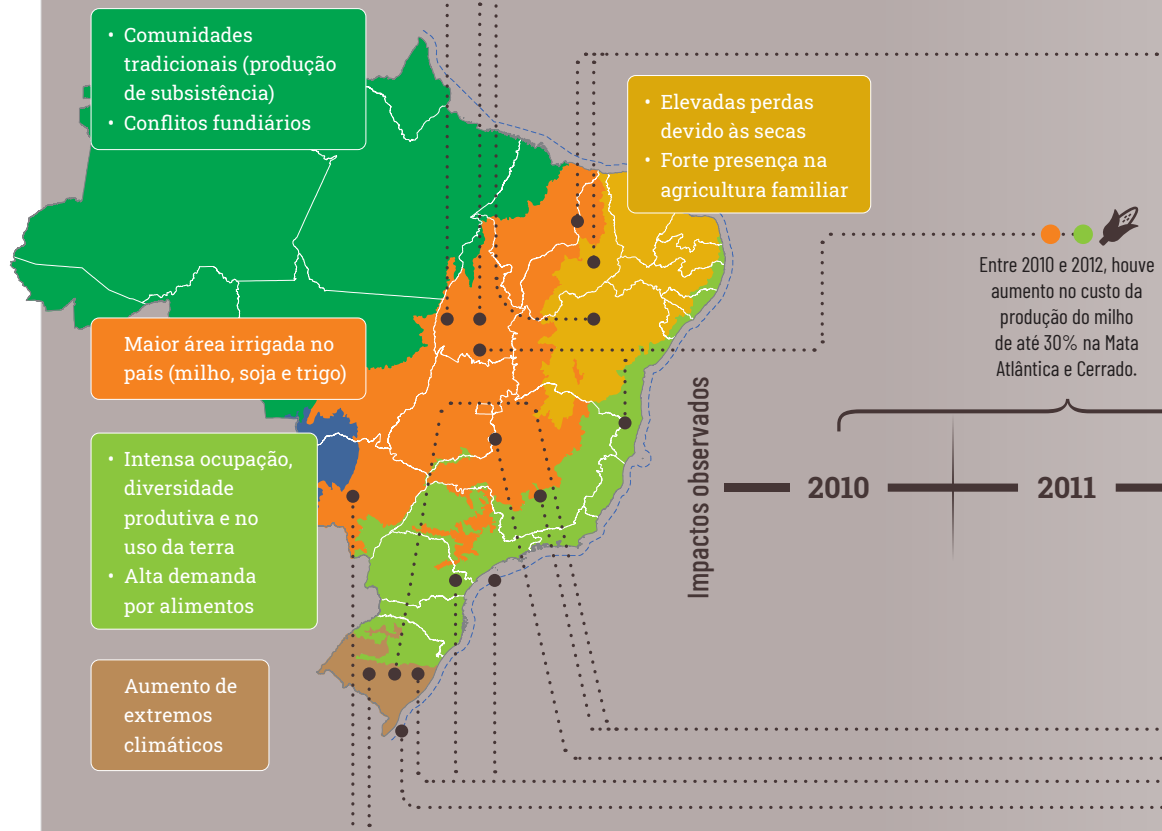


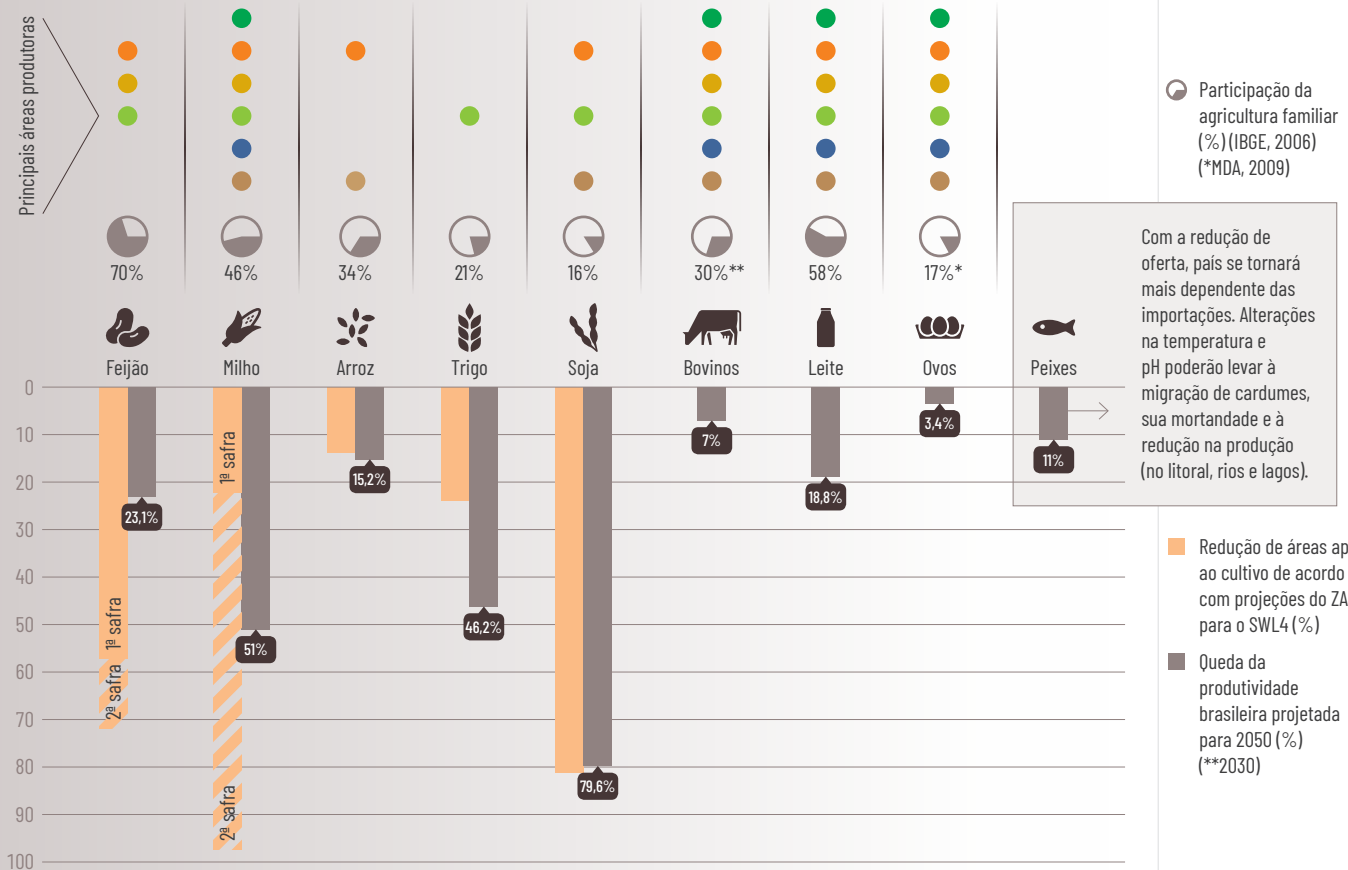
Principais impactos e vulnerabilidades na segurança alimentar



Peculiaridades no território brasileiro

- Amazônia
- Cerrado
- Caatinga
- Mata Atlântica
- Pantanal
- Pampa
- Zona Costeira

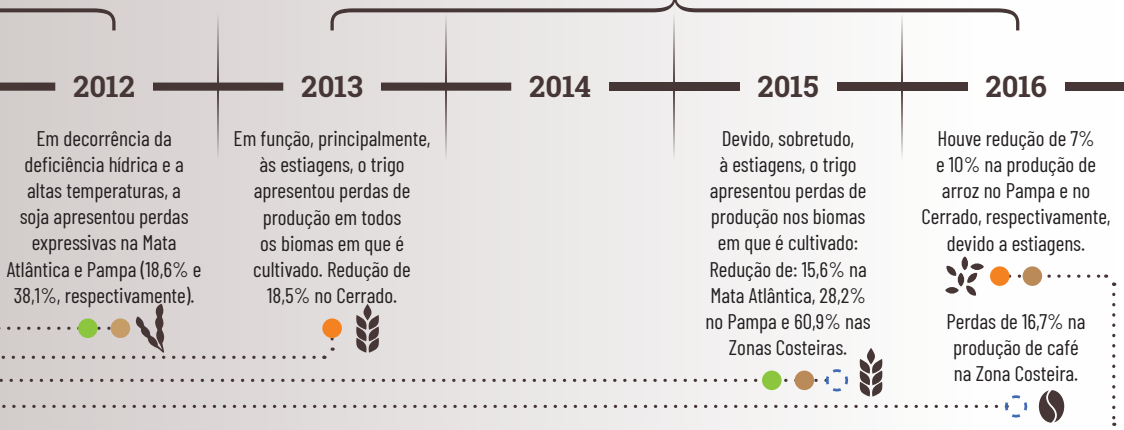




Devido a secas e estiagens na Caatinga e no Cerrado, o preço da soja subiu mais de 40%, e o do feijão mais de 50%.

Entre 2013 e 2016, secas e estiagens na Caatinga e no Cerrado aumentaram o preço do milho em 45%.

Com a forte redução de chuvas, o milho teve perdas de produção de até 8,7%.





Principais impactos e vulnerabilidades na segurança socioambiental

Fatores condicionantes



Climáticos

Projeções de aumento da temperatura, alteração em padrões de precipitação e intensificação de eventos extremos



Socioeconômicos

Desigualdades socioeconômicas, segregação socioespacial nas cidades, nível de acesso a serviços básicos, marginalização por gênero e etnia, capacidade institucional dos atores governamentais.



Intensificação de desastres



Aumento de ocorrência de doenças



Perda de resiliência dos biomas

- Desastres relacionados a extremos de chuva são potencializados pela falta de infraestrutura urbana, como drenagem de águas pluviais e saneamento ambiental, principalmente em assentamentos precários e informais, bem como a ocupação de várzeas e encostas.
- Extremos de chuva causadores de desastres devem aumentar no Sul e Sudeste, principalmente na Zona Costeira, onde se concentra grande parte da população do país. No litoral, os riscos devem ser potencializados por eventos de sobre-elevação do nível do mar, como as marés de tempestade.

- Impactos diretos na saúde associados à ocorrência de eventos extremos (ondas de calor, dias quentes e úmidos, extremos de chuvas) incluem o aumento da morbimortalidade, doenças cardiovasculares, respiratórias e geniturinárias.
- Impactos indiretos da mudança do clima incluem alterações na distribuição geográfica e na abundância sazonal de doenças vetoriais e de veiculação hídrica, e o surgimento de novas arboviroses, associados também à degradação ambiental e a falta de saneamento.

Todos os biomas perdem estados estáveis com a mudança do clima (agravado por pressões não-climáticas). Projetam-se perdas de biodiversidade, alterações nos tipos de vegetação e perda de serviços ecossistêmicos.



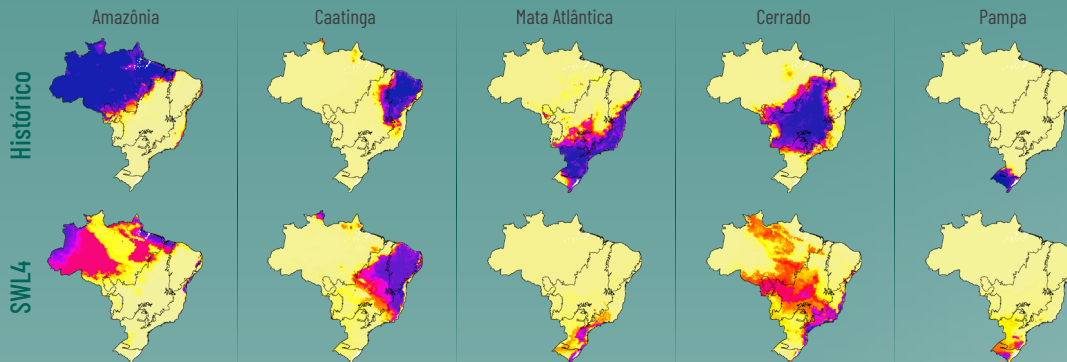
Migrações

- A escassez de água pode induzir processos migratórios e a urbanização precária, que aumenta os riscos de desastres e a incidência de doenças.
- A concentração populacional em centros urbanos também aumenta a pressão por alimentos, água e energia.



Resiliência dos biomas

O que é resiliência? Cada bioma está adaptado a determinadas condições climáticas. À medida que essas condições se modificam, o bioma pode perder suas características originais até um ponto em que se transformaria, resultando em características de vegetação de outros biomas.



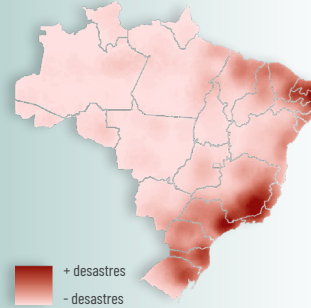
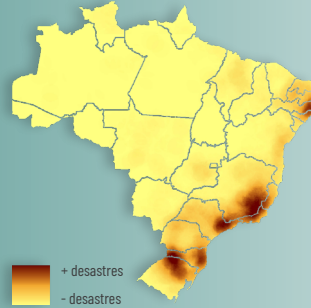
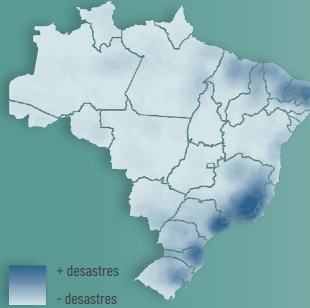
A perda de 40% da distribuição original da floresta pode representar um ponto de inflexão e comprometer a integridade de todo o Bioma, com riscos para o clima continental.

Áreas protegidas

Há evidências da importância das Unidades de Conservação e Terras Indígenas em conter processos de desmatamento e queimadas, além de providenciar serviços ecossistêmicos para a população e setor produtivo, inclusive para os centros urbanos.



Desastres



Inundações, enxurradas e alagamentos

Concentram-se nas regiões Sudeste, Nordeste (principalmente, RN e PB) e no Sul (SC e RS).



Deslizamentos de terra

Hotspots localizados nas regiões Sul, Nordeste (divisa de PE e AL, na região da Serra da Roncadeira), e Sudeste (Serra da Mantiqueira).



Índice de vulnerabilidade urbana e exposição (IVUexp)

Registros de desastres coincidem com áreas de maior densidade demográfica, bem como precariedade na infraestrutura urbana e nas condições sociais (maior IVUexp).

85% da população brasileira vive em cidades e quase 25% em regiões metropolitanas.

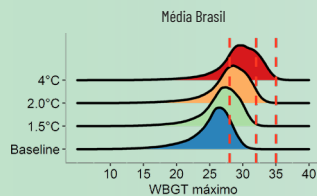


Ocorrência de doenças



Risco de Exposição por Estresse Térmico (WBGT)

Observa-se aumento de dias quentes, com WBGT acima de 28 °C, em todo o Brasil e em todos os cenários (SWL1,5, SWL2 e SWL4). Capitais das regiões Norte e Nordeste, além de Cuiabá (MT), Rio de Janeiro (RJ) e Vitória (ES) terão mais de 90% dos dias quentes com WBGT acima de 28 °C.



Doenças respiratórias em idosos (acima de 60 anos)

	Óbitos	Internações	Óbitos	Internações
Norte	40%	40%	8%	8%
Nordeste	10%	15%	redução	12%
Sudeste	30%	30%	redução	12%
Sul	23%	23%	10%	redução
Centro-Oeste	9%	9%	5%	redução



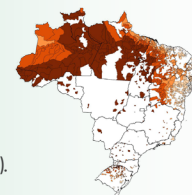
Doenças cardiovasculares (em pessoas acima de 45 anos)

Fração (%) de óbitos e internações atribuíveis ao calor no SWL4 (nas capitais)*



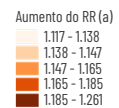
Doenças de veiculação hídrica

Aumento da incidência de diarreia infantil na região Norte e no Semiárido nordestino (associada à mudança do clima e à vulnerabilidade social e ambiental).



*O valor apresentado refere-se à fração observada no cenário SWL4. No presente, estes valores estão próximos de zero na maior parte das capitais para estas doenças, não ultrapassando 10% onde estão mais elevados.

Taxa de aumento do risco relativo para diarreia infantil (SWL4)



Doenças vetoriais

Adequabilidade climática para doenças vetoriais

Histórico



SWL4

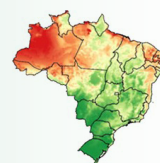
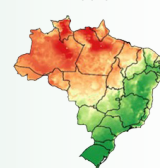
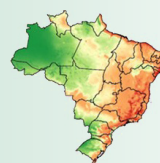
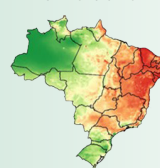
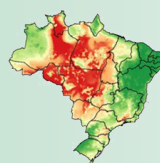
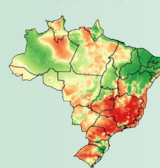


Dengue

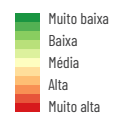
Febre Amarela

Leishmaniose Viral

Malária



Distribuição potencial



Peculiaridades no território brasileiro

Desastres podem ser potencializados por eventos associados a sobre-elevações do nível do mar, como as marés de tempestade.

- Cenários futuros de savanização agravados pelas mudanças de uso da terra
- Conflitos fundiários
- Urbanização precária
- Pobreza, marginalização e difícil acesso a serviços de saúde e educação
- Alta vulnerabilidade de povos indígenas e comunidades tradicionais
- Aumento da temperatura e de secas prolongadas que amplificam a ocorrência de incêndios florestais

- Cenários futuros de intensificação da desertificação
- 35% da área de agricultura familiar do país
- Alta incidência de pobreza
- Além da aridez, extremos chuvosos vêm se intensificando, com recorrentes inundações e alagamentos nas capitais do Nordeste.

- Cenários futuros de expansão do bioma para outras regiões, porém com empobrecimento ecológico
- *Hotspot* de biodiversidade
- Alta demanda por conversão do uso da terra
- Baixa cobertura de áreas protegidas
- Baixo acesso a serviços de saúde
- Projeções de aumento de dias de perigo crítico de fogo (de 20% para 32% ao final do século).

- Restrições à capacidade adaptativa do bioma devido à alta fragmentação
- *Hotspot* de biodiversidade
- Alta densidade populacional
- Assentamentos precários
- Baixa cobertura vegetal original (somente 14% remanescente)
- Baixa cobertura de áreas protegidas
- Histórico de desastres (de grande magnitude ou alagamentos constantes nas cidades)

Secas na Caatinga

O bioma Caatinga foi atingido por secas intensas entre 2011 e 2017, que afetaram mais de 80% dos municípios da região.

Secas e cheias na Amazônia

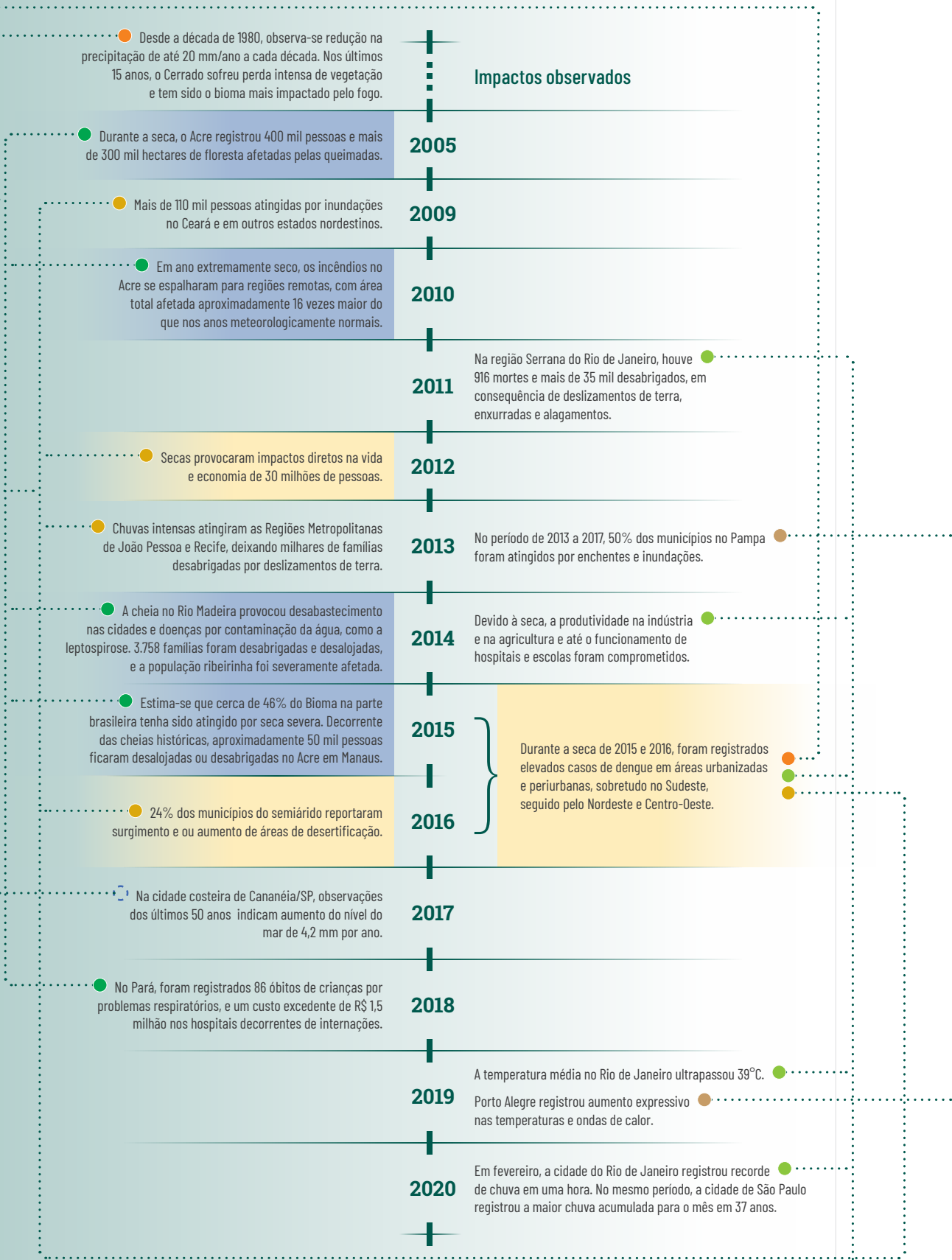
O bioma Amazônia foi altamente atingido por secas e cheias extremas nas últimas duas décadas.

Nos anos de seca, como em 2005, 2010 e 2015/16, observou-se aumento no número de focos de calor e na incidência de doenças respiratórias.

Cheias excepcionais, como as de 2009, 2012 e 2014/15, causaram danos e prejuízos à população.

- Alta ocorrência de desastres
- Intensificação de extremos chuvosos e de estiagens

- Amazônia
- Cerrado
- Caatinga
- Mata Atlântica
- Pantanal
- Pampa
- Zona Costeira



Tipografias:

Barlow Condensed (corpo do texto)

Roboto Slab (títulos)

Papel Couchê Fosco 90 g/m2

Impressão offset

Projeto gráfico: TL Publicidade

Diagramação: CT Comunicação



QUARTA
COMUNICAÇÃO
NACIONAL
DO BRASIL
À UNFCCC



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY
INVESTING IN OUR PLANET



Empoderando vidas.
Fortalecendo nações.

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL