

# SUMÁRIO EXECUTIVO

# IMPACTOS, VULNERABILIDADES E ADAPTAÇÃO

Contribuição do Grupo de Trabalho 2  
ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional  
do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas



**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, DF  
2013**

Carlos Afonso Nobre  
**Presidente do Conselho Diretor**

Suzana Kahn Ribeiro  
**Presidente do Comitê Científico**

Andrea Souza Santos  
**Secretária-Executiva**

Ana Carolina Fiorini  
**Assessora Técnica do Grupo de Trabalho 2**

Susian Christian Martins  
Juliano Groppo  
**Unidade de Apoio Técnico do Grupo de Trabalho 2**

Traço Design  
**Projeto gráfico**

Ficha técnica/Referência deste Sumário:

PBMC, 2013: Contribuição do Grupo de Trabalho 2 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2.  
PBMC, Rio de Janeiro, Brasil.  
28 p.

ISBN: 978-85-285-0208-4

## **Coordenação:**

Eduardo Delgado Assad (Embrapa) e Antônio Rocha Magalhães (CGEE).

## **Autores Principais:**

Eduardo Delgado Assad (Embrapa), Antônio Rocha Magalhães (CGEE), Regina Célia dos Santos Alvalá (INPE), Ana Maria Helminsk Ávila (UNICAMP), Francisco de Assis Souza Filho (UFC), Fabio Rubio Scarano (UFRJ), João Luis Nicolodi (URGS), Helenice Vital (UFRN), Antônio Henrique da Fontoura Klein (UFSC), Paulo Eurico Pires Ferreira Travassos (UFRPE), Fábio Hissa Vieira Hazin (UFRPE), Giampaolo Pellegrino (EMBRAPA), Maya Takagi (MDS), Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho (USP), Andrea F. Young (UNICAMP), Heloisa Costa (UFMG), André Frossad Pereira de Lucena (UFRJ), Andréa Souza Santos (UFRJ), Paulo Hilário Nascimento Saldiva (USP), Roberto Luiz do Carmo (UNICAMP), Roberto Germano Costa (UFPB), Pedro Dantas Fernandes (UFCEG), Eduardo Haddad (USP), Saulo Rodrigues Filho (CDS/UNB), Felipe Gustavo Pilau (UFSM), Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer (CETESB), Dirceu Silveira Reis Junior (UNB), Eduardo Sávio Passos Rodrigues Martins (FUNCEME).

## **Autores Colaboradores:**

Alfredo Ribeiro Neto (UFPE); Joaquim Gondim (ANA), Francisco Antonio Rodrigues Barbosa (UFMG), Ricardo Bomfim Machado (UnB), Carlos Augusto França Schettini (UFPE), Luciana Costa (Ecology Brasil Ltda), Gilberto Fonseca Barroso (UFES), Mario Luiz Gomes Soares (UERJ), Luiz Francisco Ditzel Faraco (ICMBio), Humberto Gomes Hazin (UFRPE), Carmem Priscila Bocchi (MDS), Arnaldo Carneiro Filho (SAE), Susian Christian Martins (GVCes/FGV), Andrea Koga Vicente (CEPAGRI/UNICAMP), Paula Rodrigues Salgado (EMBRAPA), Iedo Bezerra (EMBRAPA), Alisson Flávio Barbieri (UFMG), Gustavo Inácio de Moraes (PUC/RS), Nilo de Oliveira Nascimento (UFMG), Enio Bueno Pereira (INPE), Agostinho Ogura (IPT), Osório Thomaz (IPT), Diana Scabelo da Costa Pereira da Silva Lemos (UFRJ), Micheline de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho (USP), Samya de Lara Pinheiro (USP), Hélio dos Santos Silva (FURB), Alfredo Kingo Oyama Homma (EMBRAPA), Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer (CETESB), Edson Domingues (UFMG), Weslem Rodrigues Faria (USP), Aline Souza Magalhães (USP), Conceição de Maria Albuquerque Alves (UNB), Naticha Nogueira Britschka (SVMA), Diego Pereira Lindoso (UnB), Patrícia Mesquita (UnB).

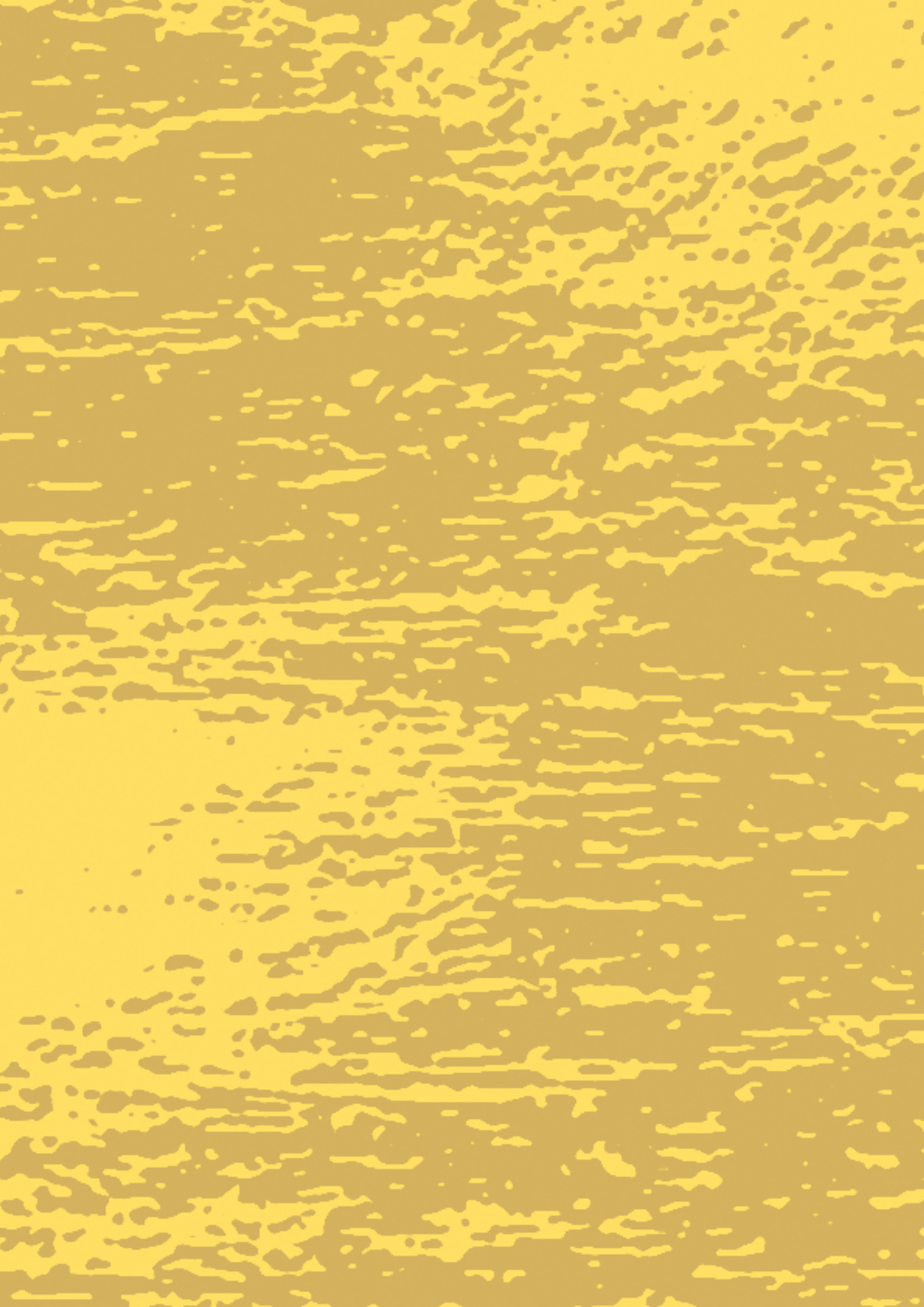
## **Revisores:**

Alberto Waingort (INPE), Hilton Silveira Pinto (UNICAMP), Carlos Eduardo Morelli Tucci (UFRGS), Demetrios Christofidis (MIN), Rosa Maria Johnsson (UERJ), Braulio Ferreira de Souza Dias (MMA), Fábio Roland (UFJF), Simey Thury Vieira Fisch (UNITAU), Jarbas Bonetti Filho (UFSC), Paulo da Cunha Lana (UFPR), Silvio Jablonski (UERJ), Jorge Pablo Castello (FURG), Aryeverton Fortes de Oliveira (EMBRAPA), Jurandir Zullo Junior (UNICAMP), Claudio Szlafstein (UFPA), Luiz Augusto Horta Nogueira (UNIFEI), Roberto Schaeffer (UFRJ), Ronaldo Balassiano (UFRJ), Ulisses Eugenio Cavalcanti Confalonieri (FIOCRUZ), Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer (CETESB), Norma Felicidade Lopes da Silva Valencio (UNICAMP), Alberício Pereira de Andrade (INSA), Jair do Amaral Filho (UFC), Carolina Dubeux (UFRJ), Paulo Henrique Caramori (IAPAR), Nathan dos Santos Debortoli (UNB).



# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
Definições	7
Introdução e Fundamentos	7
Mudanças Climáticas na Esfera Nacional	8
Recursos Naturais e Manejos de Ecossistemas e seus Usos	9
Recursos Hídricos	9
Ecossistema de Água Doce e Terrestre	10
Sistema Costeiro e Áreas Costeiras Baixas	11
Ecossistemas Oceânicos	12
Sistema Alimentar e Segurança	13
<b>AGLOMERADOS HUMANOS, INDÚSTRIA E INFRAESTRUTURA</b>	<b>14</b>
Áreas Rurais	14
Áreas Urbanas	15
Setor Energia	15
Setor Indústria	16
Setor Transportes	16
<b>SAÚDE HUMANA, BEM-ESTAR E SEGURANÇA</b>	<b>18</b>
Saúde Humana	18
Segurança Humana	18
Subsistência e Pobreza	19
Impactos Multissetoriais, Riscos, Vulnerabilidades e Oportunidades	21
<b>IMPACTOS, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO NA ESFERA REGIONAL</b>	<b>22</b>
Região Norte	22
Região Nordeste	23
Região Sul	24
Região Sudeste	25
Região Centro-Oeste	26



# INTRODUÇÃO

Este documento apresenta as principais contribuições do Volume 2 do Primeiro Relatório de Avaliação Nacional - RAN1, do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, que foi estruturado de acordo com o escopo previamente definido pelos Coordenadores e Autores Principais dos capítulos do Grupo de Trabalho 2 (GT2). Os levantamentos aqui sintetizados resultam de uma extensa avaliação da literatura disponível no Brasil nos últimos anos, onde foram considerados os principais resultados do Grupo de Trabalho 2 do Quarto Relatório de Avaliação (AR4) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em Inglês). Na elaboração do Volume 2 procurou-se: (i) identificar as vulnerabilidades do País frente ao aquecimento global; (ii) avaliar os diferentes impactos nos principais setores da economia e na sociedade de acordo com as projeções do clima até o final do século; e (iii) identificar estudos e medidas de adaptação às mudanças climáticas no Brasil até o ano de 2012.

## Definições

A mudança climática, definida pelo IPCC, refere-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Esse uso difere daquele da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas, onde a mudança climática é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera do planeta e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis.

Adaptação é o ajustamento nos sistemas naturais ou humanos em resposta a estímulos climáticos ou reais ou os seus efeitos, o que permite explorar oportunidades benéficas.

Vulnerabilidade é o grau em que um sistema é suscetível e incapaz de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive variabilidade climática e os extremos. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e taxa de mudança do clima e da variação que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.

## Introdução e Fundamentos

Os cenários de mudanças climáticas apontam para uma mudança de temperatura média acima de 2°C, que incluem grandes desequilíbrios em ecossistemas fundamentais para a sobrevivência da humanidade. À medida que o planeta aquece, os padrões de chuva e temperatura mudam e eventos climáticos extremos como secas, chuvas intensas, que podem gerar inundações, ondas de frio e de calor se tornam mais frequentes, com impactos importantes em todas as regiões do planeta. [GT2 1; 2]

Com relação a eventos extremos e seus impactos, o Brasil vivenciou o primeiro furacão já observado no Atlântico Sul, o furacão Catarina, ocorrido em março de 2004, e no Sul-Sudeste do Brasil as chuvas intensas têm sido mais frequentes nos últimos 50 anos. Além da mudança do clima, os principais fatores que contribuem para o aumento da vulnerabilidade são: a pressão demográfica, crescimento urbano desordenado, a pobreza e a migração rural, baixo investimento em infraestrutura e serviços, e os problemas relacionados à governança, com a coordenação intersetorial.

A mudança climática é um dos desafios mais complexos deste século, e nenhum país está imune aos possíveis impactos que poderão surgir. Os desafios estão interconectados e compreendem decisões



políticas e econômicas controversas, bem como, avanços tecnológicos com consequências globais de longo alcance.

## Mudanças Climáticas na Esfera Nacional

Algumas regiões do Brasil poderão apresentar alterações na temperatura e precipitação com o aquecimento global. Deverão ocorrer intensificações dos eventos severos ocasionando impactos em cidades e áreas vulneráveis às mudanças climáticas. No setor agropecuário, as consequências do aquecimento global serão inúmeras.

A população na Região Nordeste se apresenta como a mais vulnerável às mudanças climáticas devido aos baixos índices de desenvolvimento social e econômico. Essa avaliação é baseada no pressuposto de que grupos populacionais com piores condições de renda, educação e moradia sofreriam os maiores impactos das mudanças ambientais e climáticas.

O Semiárido nordestino pode, num clima mais quente no futuro, transformar-se em região árida. Isso pode afetar a agricultura de subsistência regional, a disponibilidade de água e a saúde da população, obrigando as mesmas a migrarem para outras regiões. [GT2 3]

Algumas regiões do Brasil poderão ter seus padrões de temperatura e de chuva alterados, com o aquecimento global. Junto com a mudança dos padrões anuais de chuva, ou mesmo onde não houver alteração do total anual, deverão ocorrer intensificações dos eventos severos. Poderá ocorrer aumento de eventos extremos, principalmente de chuvas, nas grandes cidades brasileiras vulneráveis às mudanças climáticas como São Paulo e Rio de Janeiro. [GT2 3]

No setor agropecuário, as consequências do aquecimento global serão inúmeras. Espera-se que o aumento da temperatura promova um crescimento da evapotranspiração e, conseqüentemente, um aumento na deficiência hídrica, com reflexo direto no risco climático para a agricultura. Por outro lado, com o aumento da temperatura, ocorrerá uma redução no risco de geadas no Sul, no Sudeste e no Sudoeste do País, acarretando um efeito benéfico às áreas atualmente restritas ao cultivo de plantas tropicais.

De modo geral, os estudos revelam que as avaliações, considerando projeções a partir de modelos climáticos globais ou regionais, de mudanças de uso da terra em larga escala ou de cenários projetados para o futuro, podem alterar o clima regional, o qual seria mais quente e mais seco sobre a região leste da Amazônia. [GT2 3]

A dinâmica climática deverá causar uma migração das culturas adaptadas ao clima tropical para as áreas mais ao sul do País ou para zonas de altitudes maiores, para compensar a diferença climática. Ao mesmo tempo, haverá uma diminuição nas áreas de cultivo de plantas de clima temperado do País. Um aumento próximo a 3°C causará uma possível expansão das culturas de café e da cana-de-açúcar para áreas de maiores latitudes. [GT2 3]

As áreas cultivadas com milho, arroz, feijão, algodão e girassol sofrerão forte redução na Região Nordeste, com perda significativa da produção. Duas regiões poderão ser mais atingidas: toda a área correspondente ao agreste nordestino, hoje responsável pela maior parte da produção regional de milho, e a região dos cerrados nordestinos, como sul do Maranhão, sul do Piauí e oeste da Bahia.

## Lacunas identificadas

- Um dos desafios que dificulta o desenvolvimento de estudos com variáveis climáticas tem sido a falta de informação meteorológica de boa qualidade em séries completas de longo prazo;
- Grande parte das projeções futuras sobre impactos das mudanças climáticas na agricultura são baseadas nas espécies atuais, sem adaptação. Faltam estudos sobre cenários agrícolas que incorporam o melhoramento genético das culturas, principalmente melhoramento de espécies tolerantes à seca.

## Recursos Naturais e Manejos de Ecossistemas e seus Usos

### Recursos Hídricos

A mudança do clima impacta o regime hidrológico das regiões hidrográficas brasileiras de forma diversa. O impacto da mudança do clima deve considerar a diversidade hidrológica do território brasileiro.

○ Brasil possui uma grande disponibilidade hídrica distribuída de forma heterogênea no território. A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de 179 mil m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade hídrica superficial mundial.

A região hidrográfica Amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais nacionais. Ou seja, a vazão média dessa região é quase três vezes maior que a soma das vazões de todas as demais regiões hidrográficas brasileiras. A vazão específica indica a capacidade de geração de vazão de uma determinada bacia. No Brasil, a vazão específica varia de menos de 2 l/s.km<sup>2</sup> nas bacias da região semiárida até mais de 40 l/s.km<sup>2</sup> no noroeste da região Amazônica. [GT2 4.1]

○ impacto da mudança do clima deve considerar a diversidade hidrológica do território brasileiro. Diversos estudos têm sido realizados para identificação de tendências em diferentes regiões e bacias hidrográficas brasileiras, considerando as variações naturais e os possíveis efeitos da mudança do clima. As tendências encontradas para as diversas regiões do Brasil são: [GT2 4.1]

- Na Amazônia, não foram verificadas tendências significativas nas chuvas ou vazões nas últimas décadas, ainda que o desmatamento tenha aumentado gradativamente nos últimos vinte anos;
- No Nordeste, os estudos não foram consensuais na identificação da ocorrência ou não, de tendências de longo prazo no regime pluviométrico;
- As precipitações e as vazões fluviais na Amazônia e no Nordeste apresentam uma variabilidade nas escalas interanual e interdecadal mais importantes do que tendências de aumento ou redução, podendo estas estar associadas a padrões de variação climática de grande escala;
- No Sul do Brasil e norte da Argentina foram observadas tendências para aumento das chuvas e vazões de rios desde meados do século XX. O Rio Paraná - Prata apresentou uma tendência de queda desde 1901 a 1970 e um aumento sistemático nas vazões desde o início dos anos 70 até o presente. A região do Pantanal também faz parte dessa bacia, de modo que qualquer alteração na vazão dos rios mencionados tem implicações diretas na capacidade de armazenamento desse enorme reservatório natural;

- A Bacia do rio Paraná possui sua série de vazões não estacionárias tendo como características: (1) as séries de vazões naturais dos rios Tietê, Paranapanema e Paraná (a jusante do rio Grande) não são estacionárias apresentando aumento de vazões médias após o ano de 1970; (2) a taxa de aumento das vazões médias cresce de montante para jusante; (3) os postos pluviométricos nas bacias dos rios Grande, Tietê e Paranapanema também apresentam não estacionariedade; e (4) somente a bacia do rio Paranaíba manteve a estacionariedade de vazões para todo o período de análise;
- As bacias das regiões Sul e Sudeste são de grande importância para a geração hidrelétrica, correspondendo a 80% da capacidade instalada brasileira. A não estacionariedade das séries de vazões pode ter impacto significativo no cálculo da energia assegurada.

A mudança do clima impacta o regime hidrológico das regiões hidrográficas brasileiras de forma diversa. Os modelos que permitem a visualização dos cenários das mudanças climáticas indicam as alterações para as diferentes regiões hidrográficas: [GT2 4.1]

- As precipitações no Norte e Nordeste do Brasil não apresentam uma tendência de mudança definida, podendo ter reduções significativas ou aumento moderado.
- Fatores não relacionados à mudança do clima, como o assoreamento, podem afetar os estoques de água. O aumento global de temperatura tem efeito significativo no aumento da evaporação o que poderá prejudicar a eficiência de armazenamento nos lagos.
- A mudança climática poderá afetar as taxas de recarga de águas subterrâneas, ou seja, o recurso águas subterrâneas renováveis e os níveis de águas subterrâneas.

O risco de desastres naturais, tanto as enchentes e inundações como as secas, deve ser analisado em conjunto com os conceitos de exposição e vulnerabilidade das populações, além da integração entre sistema de alerta precoce, coordenação de planos de ação local, e integração dos planos de contingência, que poderão evitar os fortes impactos com alto índice de óbitos provocados pelos eventos extremos, principalmente nas áreas urbanas.

### Lacunhas identificadas

O conhecimento da recarga corrente em águas subterrâneas nos países desenvolvidos e em desenvolvimento ainda é incipiente. Tem havido pouca pesquisa sobre o impacto das mudanças climáticas em águas subterrâneas, incluindo a questão de como as mudanças climáticas afetarão a relação entre as águas superficiais e aquíferos, que são hidraulicamente conectados.

## Ecosistema de Água Doce e Terrestre

Todos os biomas brasileiros são vulneráveis às mudanças climáticas. Mudança de uso da Terra, expansão territorial desordenada, mudança no regime de chuvas são indicações de vulnerabilidade para os seis biomas brasileiros.

Os principais impactos aos quais os sistemas naturais terrestres e aquáticos continentais brasileiros estão sujeitos incluem: a) desmatamento, fragmentação e impacto sobre recursos naturais renováveis a partir de mudanças no uso da terra; e b) impacto sobre a qualidade de recursos hídricos e sobre o solo por poluição derivada de ação antrópica. [GT2 4.2]

Esses dois tipos de impactos, por sua vez, têm efeito direto sobre o clima. Impactos projetados até 2100, decorrentes de mudanças climáticas, incluem alteração no regime de chuvas e aumento de temperatura praticamente para todo o território brasileiro, implicando em extinção ou mudanças da distribuição geográfica de espécies. [GT2 4.2]

Todos os biomas brasileiros apresentam pontos de vulnerabilidade: a) a Mata Atlântica, por sua pequena e fragmentada cobertura florestal remanescente; b) o Cerrado, por sua pequena cobertura de áreas protegidas frente à rápida expansão agrícola; c) a Caatinga, pela degradação ambiental acelerada que em alguns pontos já leva à desertificação; d) o Pantanal, vulnerável a mudanças no seu regime de inundações, principalmente diante dos cenários de seca projetados; e) os Pampas, pelas profundas mudanças de uso da terra combinadas com susceptibilidade à invasoras; e, finalmente, f) a Amazônia, pela demanda de expansão infraestrutural que não pode correr o risco de ser desordenada. Em todos esses biomas, as mudanças tornam também a sociedade vulnerável, em componentes como economia e saúde. [GT2 4.2]

### Lacunas identificadas

Há necessidade de implementação de estratégias de adaptação às mudanças em curso. Existem algumas iniciativas de adaptação baseadas em ecossistemas, conciliando conservação da natureza com desenvolvimento humano. Essas iniciativas precisam ganhar escala.

## Sistema Costeiro e Áreas Costeiras Baixas

O sistema costeiro brasileiro e as áreas costeiras baixas são vulneráveis ao aumento do nível do mar. É necessário conhecer e mapear as vulnerabilidades em toda a extensão da costa brasileira.

O sistema costeiro e as áreas costeiras baixas são vulneráveis ao aumento do nível do mar conforme resultados apresentados no GT1. A carência de informações relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas costeiros no Brasil impedem quantificar os impactos futuros. É necessário conhecer e mapear as vulnerabilidades em toda a extensão da costa brasileira.

Foram identificados alguns estudos locais que tratam basicamente dos efeitos de uma possível elevação do nível médio do mar sobre tais sistemas. [GT2 4.3]

Alterações significativas nas vazões dos principais rios brasileiros com aumento de volume nas bacias do Prata e Paraná e redução nas bacias Amazônicas e do Pantanal foram alguns dos impactos observados no tema. A variação destes volumes implicará em uma nova dinâmica de transporte sedimentar e seus consequentes efeitos na linha de praia.

Outros impactos identificados nos estudos: a) erosão e progradação costeira; b) danos a obras de proteção costeira; c) prejuízos estruturais ou operacionais a portos e terminais; d) danos a obras de urbanização de cidades litorâneas; e) danos estruturais ou prejuízos operacionais a obras de saneamento; f) exposição de dutos enterrados ou danos estruturais a dutos expostos; g) intrusão salina em estuários; h) intrusão salina em aquíferos; i) evolução dos manguezais; j) danos a recifes de coral.

O cenário está posto e não há dúvidas que o desafio de adaptação e atenuação das consequências desses fenômenos é enorme e não pode ser levado a cabo sem um detalhado referencial técnico composto de análises de vulnerabilidade em micro e macroescala.

## Lacunas identificadas

- Existe grande carência de informações relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas sobre os ecossistemas costeiros no Brasil, bem como da vulnerabilidade desses ecossistemas a tais alterações. As poucas informações disponíveis referem-se a alguns estudos locais e tratam basicamente dos efeitos de uma possível elevação do nível médio do mar sobre tais sistemas;
- Análises sobre vulnerabilidade existem em escala nacional, conforme aqui apresentado, ou em escala local, o que deixa uma lacuna em termos de planejamento. Alia-se a esses fatores o grau de incerteza na própria definição quantitativa das mudanças climáticas em todo o globo, criando assim um cenário de indefinições quanto à tomada de decisão pelo poder público;
- É preciso investir em um monitoramento ambiental sistemático e de longo prazo, no ordenamento territorial e no gerenciamento costeiro. Medidas de adaptação são necessárias para solucionar questões futuras como recuo, acomodação e proteção das linhas de praias.

## Ecossistemas Oceânicos

As mudanças climáticas podem promover uma redistribuição em larga escala do potencial máximo de captura de várias espécies de pescado, com um aumento nas regiões de altas latitudes e quedas nos trópicos. O Brasil poderá reduzir o seu potencial de pesca em 6% nos próximos 40 anos.

Os principais efeitos observados nos oceanos decorrem do armazenamento de uma quantidade de calor proveniente da atmosfera, promovendo um aumento considerável da temperatura da água das camadas superficiais, assim como um aumento do nível do mar em decorrência da expansão térmica da água. Consequência não menos grave é também a acidificação dos oceanos em razão da dissolução do dióxido de carbono na água. Todas essas alterações têm provocado efeitos diversos sobre a vida marinha nos oceanos.

Estudos recentes demonstraram que as mudanças climáticas podem promover uma redistribuição em larga escala do Potencial Máximo de Captura (PMC) de várias espécies, ou seja, o potencial de pesca, com um aumento de 30% a 70% em regiões de altas latitudes e quedas nos trópicos. As perdas e ganhos do PMC nas latitudes tropicais serão da ordem de 10%, mas podem atingir valores entre 15% e 50% do lado oeste tropical do Oceano Atlântico, ao largo da costa brasileira. A previsão é a de que o Brasil diminua em 6% seu PMC nos próximos 40 anos. [GT2 4.4]

Aspectos positivos decorrentes de mudanças no ambiente poderão também ocorrer. Estudos apontam para um aumento da produção pesqueira em algumas regiões, em decorrência de alterações nos padrões de distribuição e abundância de algumas espécies, entre outros aspectos da sua biologia. [GT2 4.4]

## Lacunas identificadas

- Pouco ainda se sabe sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre o ecossistema pelágico oceânico e os organismos marinhos que nele habitam, muitos dos quais são recursos de elevado valor comercial ou de grande relevância para a segurança alimentar de inúmeras comunidades pesqueiras em diversas partes do mundo;
- Existem muitas incertezas que precisam ser mais bem avaliadas. As respostas às questões decorrentes

da mudança de ambiente no ecossistema oceânico não poderão ser encontradas nem construídas sem a realização de pesquisas que permitam aprofundar os conhecimentos sobre as conexões entre a atmosfera e o oceano, principalmente no que se refere aos efeitos das mudanças climáticas sobre esse ecossistema e seus habitantes.

## Sistema Alimentar e Segurança

O aquecimento global poderá colocar em risco a produção de alimentos no Brasil. As mudanças climáticas terão efeito diferenciado na oferta de alimentos nas regiões do Brasil, podendo o País perder cerca de 11 milhões de hectares de terras adequadas à agricultura por causa das alterações climáticas até 2030.

O aquecimento global poderá colocar em risco a produção de alimentos no Brasil, caso nenhuma medida mitigadora e de adaptação seja realizada. Os cenários agrícolas apontam para uma redução da área cultivável de “baixo risco e alto potencial” em 2020 e 2030. O Brasil poderá perder cerca de 11 milhões de hectares de terras adequadas à agricultura, por causa das alterações climáticas até 2030. [GT2 4.5]

Os efeitos negativos sobre a oferta de *commodities* devem resultar em preços significativamente mais elevados de algumas matérias-primas, especialmente os alimentos básicos como arroz, feijão e todos os produtos de carne. Isso irá compensar o declínio na produtividade sobre o valor da produção agrícola, mas poderá ter importantes efeitos negativos sobre os pobres e o consumo desses itens básicos.

Diante disso, algumas medidas adaptativas para o setor agropecuário são listadas abaixo: [GT2 4.5]

- Para alcançar o desenvolvimento nacional, a segurança alimentar, a adaptação e a atenuação das mudanças climáticas, assim como as metas comerciais nas próximas décadas, o Brasil precisará elevar de forma significativa a produtividade por área dos sistemas de cultivo de produtos alimentícios e de pastagens, reduzindo ao mesmo tempo o desmatamento, reabilitando milhões de hectares de terra degradada e adaptando-se às mudanças climáticas;
- Medidas adaptativas poderiam promover avanços na incorporação de novos modelos e paradigmas de produção agropecuária. O foco na descentralização da produção, busca de soluções mais adaptadas às condições locais, na diversificação da oferta interna de alimentos e na qualidade nutricional é uma possível solução para adaptação na agricultura, além disso, deve-se buscar o melhoramento genético de variedades tolerantes à seca, a transição de produção por monocultivos para sistemas integrados de produção, ampliação do acesso à tecnologia de irrigação eficiente e aos mecanismos de gestão que conservam e elevam o nível de carbono do solo;
- A utilização de novas práticas de manejo agrícola contribui para a superação de problemas ocasionados por extremos climáticos, como por exemplo, a defesa contra geadas que incidam sobre a lavoura cafeeira ou a adoção de cultivares mais tolerantes à seca em culturas não irrigadas. O desenvolvimento de novas tecnologias agrícolas, além de promover a redução na emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE), promove o aumento da produtividade das culturas;
- O governo brasileiro e o setor privado vêm facilitando constantemente a adoção de melhores práticas agrícolas de conservação do solo como o plantio direto e os sistemas mais eficientes em termos de recursos, da mesma maneira que os esquemas de integração lavoura-pecuária que são por natureza mais resistentes aos choques climáticos do que alguns modos de cultivo intensivo;

- O governo está concedendo crédito e financiamento para o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, conhecido como Plano ABC, composto por tecnologias sustentáveis de baixa emissão de carbono e desenvolvidas para as condições tropicais e subtropicais;
- O acúmulo de carbono no solo agrícola também pode ser qualificado para o recebimento de pagamentos de carbono nos mercados voluntários e formais (futuros);
- O acúmulo de carbono no solo agrícola também pode ser qualificado para o recebimento de pagamentos de carbono nos mercados voluntários e formais (futuros).

### Lacunas identificadas

- Poucos estudos para a quantificação de fatores de emissão tropicais e sistemas agropecuários adaptados;
- Avaliações mais integradas e avançadas sobre o impacto das alterações no clima são especialmente urgentes no setor agropecuário, para orientar os formuladores de políticas quanto às prioridades e o escalonamento dos investimentos;
- Uma recente pesquisa realizada pela Embrapa revelou que, mesmo com as técnicas avançadas de reprodução, leva-se cerca de 10 anos em atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), com um custo mínimo em torno de US\$ 6 milhões, para desenvolver, testar e produzir uma nova cultivar ou uma variedade tolerante ao calor e/ou à seca. [GT2 4.5]

## AGLOMERADOS HUMANOS, INDÚSTRIA E INFRAESTRUTURA

### Áreas Rurais

Os impactos das mudanças climáticas surgirão no nível regional e estarão concentrados, maiormente, nas regiões mais pobres do Brasil.

Os resultados mostram que a Região Nordeste, pela sua alta vulnerabilidade social, e os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, pela concentração da produção agrícola em soja, seriam afetados em intensidades relevantes em suas economias. As quedas previstas seriam superiores a 5% do PIB para a maior parte dos estados mencionados. [GT2 5.1]

Estudos apontam para um recrudescimento dos fluxos migratórios na direção da Região Sudeste do Brasil, cuja intensidade depende, naturalmente, do cenário em questão. Além disso, são fluxos migratórios de trabalhadores de baixa qualificação profissional. Os municípios do Nordeste que apresentam os piores indicadores sociais da região sofrerão os maiores impactos das mudanças climáticas. [GT2 5.1]

Os impactos das mudanças climáticas deverão ocorrer em escala regional, concentrados nas regiões mais pobres do Brasil. Estratégias de adaptação se fazem necessárias para promover a resiliência das populações afetadas.

## Áreas Urbanas

As cidades brasileiras são vulneráveis às mudanças climáticas e os possíveis impactos destas alterações deverão ocorrer em diferentes escalas, de acordo com a vulnerabilidade e as características específicas de cada região do Brasil.

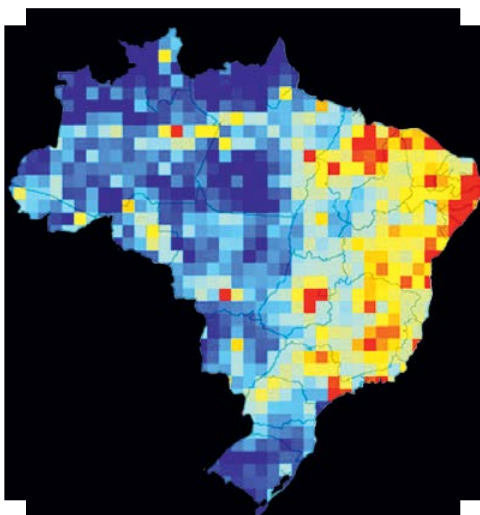
Cidades enfrentam impactos significativos das alterações climáticas, tanto no presente, como enfrentarão no futuro. Esses impactos têm consequências potencialmente graves para a saúde humana e meios de subsistência, especialmente para a população urbana mais pobre, assentamentos irregulares e outros grupos vulneráveis.

Aumentar a resiliência das cidades envolve abordar redução da base de pobreza. Uma cidade resiliente é aquela que está preparada para os impactos climáticos atuais e futuros, limitando assim a sua magnitude e gravidade.

As cidades brasileiras são vulneráveis às mudanças climáticas. Quase todo o Nordeste, o noroeste de Minas Gerais e as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Brasília e Manaus são as áreas do Brasil mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas que podem ocorrer até o final deste século. [GT2 5.2]

Nos próximos 30 anos, a cidade do Rio Janeiro é a que mais sofreria, entre os municípios do Estado, com o aumento do nível do mar, chuvas intensas, inundações, perda de biodiversidade, além do aumento de casos de doenças induzidas pelas mudanças climáticas.

O mapa a seguir apresenta as áreas do Brasil mais suscetíveis às alterações do clima.



**Figura SEF.1.** Áreas do Brasil mais suscetíveis às mudanças climáticas segundo o índice misto para medir a vulnerabilidade socioclimática de uma região (SCVI). Áreas mais suscetíveis às alterações do clima estão em vermelho, correspondendo às áreas de maior densidade populacional.

Os possíveis impactos dessas mudanças deverão ocorrer em diferentes escalas, de acordo com as características específicas de cada região do Brasil. Faz-se necessário conhecer e mapear as vulnerabilidades das regiões brasileiras para identificar, propor e implementar medidas de adaptação. [GT2 5.2]

Em se tratando das considerações sobre as mudanças climáticas e risco de desastres nas cidades, em termos práticos, a redução de risco de desastres e a adaptação às mudanças climáticas podem ser integradas em muitos casos. [GT2 5.2]



## Setor Energia

O setor energético pode ser afetado de diversas formas pelas mudanças do clima, tanto no que diz respeito à base de recursos energéticos e aos processos de transformação, quanto aos aspectos de transporte e consumo de energia.

Em termos de oferta de energia, praticamente todas as opções estão expostas a algum grau de vulnerabilidade às mudanças do clima.

O setor energético pode ser afetado de diversas formas pelas mudanças do clima, tanto no que diz respeito à base de recursos energéticos e aos processos de transformação, quanto aos aspectos de transporte e consumo de energia. [GT2 5.3.1]

Em termos de oferta, praticamente todas as opções de energia estão expostas a algum grau de vulnerabilidade às mudanças do clima. Em geral, espera-se que as fontes renováveis sejam mais susceptíveis a mudanças do clima, já que seu potencial depende de um fluxo que está intimamente ligado às condições climáticas. Esse é o caso da energia hidroelétrica, eólica e de biomassa. [GT2 5.3.1]

A infraestrutura de transporte e transferência de energia pode se estender por milhares de quilômetros, podem ser, portanto, expostas a uma série de eventos climáticos extremos. A identificação das vulnerabilidades do setor energético às mudanças climáticas é essencial para a formulação de políticas de adaptação. [GT2 5.3.1]

## Setor Indústria

O custo da inação pode impactar os diversos segmentos da indústria brasileira, podendo ser mais alto que o custo de se implementarem medidas adaptativas às mudanças climáticas.

É fundamental ampliar os estudos e mapeamentos de áreas de riscos e estabelecer os planos de prevenção, principalmente para as áreas mais vulneráveis aos eventos climáticos extremos.

Os impactos causados por desastres industriais podem ser devastadores, com sérias implicações quando combinados a fatores como a falta de mapeamento das áreas de risco e planos de prevenção. Além disso, atrelados aos riscos de desastres ambientais no setor industrial estão também os setores de comércio e serviços, que podem ser drasticamente afetados por efeitos distintos (diretos e indiretos), como por exemplo, a paralisação temporária do sistema de produção e distribuição de mercadorias. [GT2 5.3.2]

O alcance e a magnitude dos impactos deverá variar de acordo com as condições locais, o tipo de indústria instalada, os sistemas de transporte, projetos e políticas implementados, bem como, a capacidade de adaptação para minimizar custos e riscos de acidentes.

Medidas de adaptação são necessárias, incluindo um detalhamento dos riscos e vulnerabilidades associados para que o setor se desenvolva. Dentro desta perspectiva, serão necessários planos de prevenção e combate a desastres que englobem não somente uma determinada unidade industrial, mas todo o contexto regional no qual cada unidade ou complexo industrial está inserido. [GT2 5.3.2]

O custo da inação pode impactar os diversos segmentos da indústria brasileira, podendo ser mais alto que o custo de se implementarem medidas adaptativas às mudanças climáticas.

## Setor Transportes

As mudanças climáticas deverão afetar os sistemas de transporte, com impactos na mobilidade urbana em grandes cidades, com consequência para o crescimento da economia e qualidade de vida das populações. As oportunidades de adaptação para o setor de transporte podem estar associadas às ações de mitigação, com investimentos na melhoria da infraestrutura e diversificação da matriz de transporte.

O setor de transportes é vulnerável às condições de tempo e clima e as avaliações concentram-se em mudanças nas condições meteorológicas que são diretamente relevantes para o setor.

As mudanças climáticas poderão afetar os sistemas de transporte, impedindo potencialmente a mobilidade urbana, com consequência para o crescimento da economia e qualidade de vida das populações. Todos os modos de transporte costeiros são considerados vulneráveis, mas a exposição e os impactos podem variar por região, modo de transporte, localização e condição da infraestrutura de transportes. [GT2 5.3.3]

Projeções de mudanças climáticas relacionadas com mudanças no nível do mar, variações de temperatura e precipitação, além do aumento na ocorrência de eventos climáticos extremos (incluindo chuvas intensas) irão afetar negativamente a infraestrutura de transporte. [GT2 5.3.3]

O planejamento de sistemas de transportes deve considerar a análise de risco para o aumento de temperatura, aumento da frequência e intensidade de precipitação, inundações e tempestades. Para isso, é importante uma integração das políticas de clima, transporte e desenvolvimento, bem como o monitoramento de dados climáticos e uma reavaliação das políticas e padrões atuais para transportes. [GT2 5.3.3]

Esforços de mitigação são essenciais para reduzir a ameaça das mudanças climáticas. Contudo, práticas de adaptação para aumentar a resiliência do setor e reduzir os impactos dos eventos climáticos extremos devem ser aceleradas.

Com relação às medidas de adaptação em transportes, algumas experiências foram identificadas: realocação de estradas e vias; mudanças nos projetos e substituição e adequação de estruturas como pontes, estradas e pavimentos, de forma a suportar os possíveis efeitos que as condições meteorológicas e a mudança do clima poderão acarretar para o setor. [GT2 5.3.3]

As oportunidades de adaptação para o setor de transporte podem estar associadas às ações de mitigação, que contribuirão para a melhoria da qualidade do ar e redução da emissão de GEE, com impacto positivo na saúde das populações, nas condições de transporte, a partir de transporte público mais eficiente, menos carbono intensivo e seguro. Todavia, investimentos na infraestrutura necessária e adequada ao contexto das mudanças climáticas e em novos modais de transporte, também serão essenciais.

### Lacunas identificadas

- Faz-se necessário conhecer e mapear as vulnerabilidades das regiões brasileiras, tanto de áreas urbanas como rurais, para identificar, propor e implementar medidas de adaptação. A identificação das vulnerabilidades do setor energético às mudanças climáticas é essencial para a formulação de políticas de adaptação;
- Estudos científicos correlacionando mudanças climáticas e seus impactos na indústria ainda são muito raros. É fundamental ampliar os estudos e mapeamentos de áreas de riscos e estabelecer os planos de prevenção, principalmente para as áreas mais vulneráveis aos eventos climáticos extremos;

- A ausência de estudos sobre vulnerabilidades, possíveis impactos das mudanças climáticas e alternativas de adaptação para transportes no Brasil configuram-se como uma lacuna na literatura nacional sobre mudança do clima e transportes;
- Consta-se a necessidade de elaboração de novos estudos e pesquisas sobre a relação da mudança climática com a vulnerabilidade da infraestrutura dos transportes, permitindo assim, o fornecimento de subsídios mais conclusivos que possam ser aplicados nas políticas públicas, no planejamento e na identificação de soluções para o setor.

## SAÚDE HUMANA, BEM-ESTAR E SEGURANÇA

### Saúde Humana

As mudanças climáticas e a ocorrência de eventos climáticos extremos colocam em risco a saúde humana, o bem-estar e a segurança da população brasileira. Isso pode ser agravado na ausência de políticas de saúde e sanitárias.

As alterações climáticas contribuem em larga escala para as secas e inundações que vêm ocorrendo com mais frequência na última década e que afetam muito seriamente a produção alimentar, contribuindo assim para um agravamento do estado nutricional das populações de muitos países e muitas vezes ceifando vidas abruptamente nestas catástrofes. [GT2 6.1]

As comunidades mais pobres podem ser especialmente vulneráveis por se concentrarem em áreas de alto risco, terem menor capacidade adaptativa e por serem mais dependentes de recursos locais sensíveis ao clima. As mudanças climáticas colocam em risco a saúde humana. [GT2 6.1]

Eventos meteorológicos extremos como temporais, enchentes, ondas de frio e calor e secas tornam-se mais frequentes ano a ano. Os eventos extremos podem ocasionar mortes por desastres naturais, bem como pela ocorrência de doenças, perdas materiais, e representam vulnerabilidade dentro do contexto brasileiro. [GT2 6.1]

No Brasil, as cidades crescem com grande velocidade, contudo, sem planejamento urbano. Os cinturões de pobreza aumentam nas periferias dos grandes centros urbanos e a desigualdade socioeconômica torna os moradores mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas. [GT2 6.1]

Construções precárias e em áreas de risco, falta de saneamento básico e exposição a doenças são exemplos da vulnerabilidade dos mais pobres aos impactos dos extremos climáticos. Os aglomerados urbanos também sofrem com alterações de perfil climático relacionadas a questões locais, como perfis de uso do solo. [GT2 6.1]

### Segurança Humana

As mudanças climáticas irão afetar de maneira mais incisiva determinados grupos populacionais que já vivem em situações de risco.

Trinta milhões de pessoas que vivem em áreas relativamente isoladas ou remotas vão estar sujeitas aos efeitos dos eventos climáticos extremos, em uma situação que pode ser ainda de maior vulnerabilidade, tendo em vista as dificuldades de acesso em caso de desastre.

As consequências negativas dos eventos climáticos extremos (inundações, alagamentos, deslizamentos de encostas e deslocamentos populacionais das regiões atingidas por enchentes ou períodos de seca prolongados) afetam tanto as áreas rurais quanto as áreas urbanas, com impactos e implicações diferenciadas. Por um lado, com o histórico do rápido processo de urbanização brasileiro, o maior volume de pessoas expostas está concentrado nas áreas urbanas, assim como grande parte dos investimentos sociais em infraestrutura. Por outro lado, também são afetadas as populações rurais e as atividades produtivas primárias, agricultura e pecuária, que são muito susceptíveis às variações climáticas. [GT2 6.2]

O aumento da população urbana e do grau de urbanização recoloca a preocupação com a relação entre desigualdade social e problemas ambientais, principalmente no contexto das mudanças climáticas, especificamente no caso dos eventos climáticos extremos. [GT2 6.2]

Esse processo de expansão urbana foi realizado em grande parte sem planejamento adequado, com ocupação de áreas inadequadas, suscetíveis a inundações e deslizamentos de terra. O acirramento dos eventos climáticos traz uma nova emergência para o enfrentamento dessas questões.

Mesmo com essa importante concentração populacional nas áreas urbanas há que se destacar que existe um significativo volume populacional residente em áreas rurais. São 30 milhões de pessoas que se encontram em áreas relativamente isoladas ou remotas. E essas populações também vão estar sujeitas aos efeitos dos eventos climáticos extremos, em uma situação que pode ser ainda de maior vulnerabilidade, tendo em vista as dificuldades de acesso em caso de desastre. Grupos populacionais específicos, devido a suas características culturais e de organização econômica, como os grupos indígenas e as comunidades quilombolas, são especialmente susceptíveis aos eventos climáticos extremos, exigindo uma atuação específica. Isso é ainda mais importante após situações de desastre, quando a rearticulação de sua estrutura de organização social pode levar muito tempo para se reorganizar. [GT2 6.2]

Ainda não existe um sistema nacional de registro da ocorrência de desastres. Tendo em vista as recorrências dos fenômenos climáticos extremos, seria importante construir inclusive um arquivo histórico no qual estivessem armazenadas as informações sobre a ocorrência dos desastres, as atitudes que foram tomadas (durante e depois dos desastres), assim como uma contextualização detalhada dos aspectos característicos da região antes do desastre.

Seria importante também, nessa perspectiva histórica, um acompanhamento da evolução da situação de desastre ao longo do tempo, o que aconteceu com a área de ocorrência do desastre, o que aconteceu com as populações atingidas, qual foi a efetividade das ações tomadas pelo poder público no que diz respeito aos vários fatores envolvidos. Certamente um acompanhamento dessas situações de desastre e uma avaliação crítica dos procedimentos seriam fundamentais para garantir a melhoria do sistema de segurança social frente a situações de risco, principalmente na conjuntura atual, quando se começam a sentir os efeitos das mudanças climáticas. [GT2 6.2]

## Subsistência e Pobreza

Os impactos das mudanças no clima tornarão as desigualdades sociais mais acentuadas. Esses impactos tenderão a gerar insegurança alimentar, em função da queda na produção da agricultura de subsistência, com consequente falta de alimentos para as populações expostas diretamente às adversidades climáticas.

As populações mais vulneráveis aos efeitos do clima são as que, por razões de ordem social, estão mais expostas aos desastres ambientais, assim como, têm menor capacidade de se proteger e de responder

aos impactos adversos pelo limitado acesso das pessoas a bens e serviços básicos, inclusive os de saúde. [GT2 6.3]

Na perspectiva de mudanças climáticas, comunidades com agricultura familiar dependente de chuvas, serão muito mais sensíveis a mudanças nos padrões da precipitação, em comparação com outras onde o meio de subsistência dominante seja menos sensível aos fatores de clima. Do mesmo modo, um ecossistema frágil, como a caatinga no Semiárido brasileiro, é mais sensível à diminuição da precipitação do que outros ecossistemas.

Outra consequência de aumento da vulnerabilidade se relaciona à alta concentração da população em zonas urbanas, principalmente de pessoas dependentes de atividades de subsistência, fugindo das condições adversas de áreas rurais, mais vulneráveis a tais riscos; agravar-se-ão as condições de sobrevivência, com implicações sobre a pobreza e, conseqüentemente, sobre o tipo e a qualidade de alimentação das pessoas, resultando em graus variados de subnutrição e problemas de saúde. Consideram-se, ainda, os aspectos de insegurança alimentar, em função da queda prevista de produção da agricultura praticada nos moldes tradicionais. As migrações para vilas e cidades agravarão o tipo e a qualidade de alimentação das pessoas, resultando em graus variados de subnutrição e problemas de saúde, como consequência de deterioração das condições sanitárias das periferias dos centros urbanos. [GT2 6.3]

A existência, em território brasileiro, de várias doenças infecciosas endêmicas, sensíveis ao clima, pode resultar em alteração dos respectivos ciclos, favorecendo tanto o aumento como a diminuição de incidências, por variações de temperatura e umidade, entre outros fatores; há, também, a possibilidade de se redistribuírem, espacialmente, como consequência de fenômenos demográficos regionais. Esse foi o caso dos surtos de calazar (leishmaniose visceral), observados em capitais do Nordeste, no início das décadas de 1980 e 1990, como consequência da grande migração rural-urbana, impulsionada por secas prolongadas. [GT2 6.3]

No Nordeste brasileiro é esperado maior impacto das mudanças de clima, com redução da pluviosidade e aumento de temperatura, com conseqüências sobre a produção de alimentos provenientes das espécies tradicionalmente cultivadas; esses impactos tenderão a gerar insegurança alimentar, em função da queda na produção da agricultura de subsistência.

Os impactos de mudanças no clima, com reflexos sobre a produção de alimentos e, de forma mais abrangente, sobre as condições de vida das populações mais vulneráveis, provavelmente, tornarão mais acentuadas as diferenças sociais, afetando especialmente os mais pobres e, resultando em fome, por estarem as populações pobres expostas, mais diretamente, às adversidades climáticas. A agricultura industrializada, talvez, possa reagir às mudanças do clima, porém, a de subsistência enfrentará maiores dificuldades e deverá se adaptar radicalmente, explorando atividades mais apropriadas, dada à vulnerabilidade. [GT2 6.3]

Em se tratando do Bioma Amazônico, existem grandes desafios para a sua conservação e preservação: manter as atividades econômicas sem destruição de novas áreas e reduzir os riscos de mudanças climáticas. A política agrícola e ambiental também é importante para resolver questões socioambientais da Amazônia. A redução da destruição dos recursos naturais na Amazônia vai depender do desenvolvimento de atividades agrícolas mais sustentáveis e de incentivos como o pagamento por serviços ambientais.

### **Lacunas identificadas**

- Necessidade de mais pesquisas sobre os efeitos destes eventos climáticos e seus impactos na saúde humana, no sentido de auxiliar na estruturação a aplicação de ações de adaptação e redução da vulnerabilidade da população a estes eventos. O tema de saúde humana deve ser ampliado para além das convencionais considerações sobre a adaptação das populações afetadas, passando também a contemplar os cobenefícios potenciais de saúde que devem ser considerados quando da formulação de políticas de mitigação;

- Não existe um mapeamento sistemático das áreas que são mais sujeitas aos perigos e riscos decorrentes das mudanças climáticas. Os mapeamentos existentes não estão disponibilizados, ou não são de acesso simples aos residentes ou aos indivíduos que estejam interessados em residir nas áreas;
- Além do mapeamento, é importante compreender a realidade social em que se encontram os grupos mais vulneráveis, de maneira a construir políticas mais efetivas de redução dessa vulnerabilidade;
- A bibliografia sobre desastres e suas abordagens já está bem consolidada internacionalmente, embora no Brasil ainda seja uma discussão pouco desenvolvida.

## Impactos Multissetoriais, Riscos, Vulnerabilidades e Oportunidades

Grande parte dos estudos analisados revela que os impactos econômicos das mudanças climáticas globais tendem a ser mais intensos, em termos relativos, em regiões menos desenvolvidas, considerando-se diversas escalas territoriais.

Os impactos com maior probabilidade de ocorrência identificados nesses estudos são: [GT2 7]

- Reduções significativas das áreas de florestas e matas nos estabelecimentos agrícolas;
- Aumento das áreas de pastagens;
- As regiões Centro-Oeste e Nordeste seriam as mais severamente atingidas;
- Plantio de cana-de-açúcar pode ser favorecido;
- Redução do crescimento econômico;
- Setores e regiões não são impactados de forma homogênea;
- Agricultura e pecuária são os setores mais sensíveis às mudanças climáticas, mas outros setores também seriam afetados negativamente;
- “Pecuarização” mais acentuada das regiões rurais no Nordeste;
- Aumento das desigualdades regionais;
- Aumento das forças de expulsão populacional das zonas rurais;
- Pressão sobre demanda por serviços públicos em grandes aglomerações urbanas
- Aumento da pobreza;
- Aumento na frequência e intensidade de eventos extremos tenderia a gerar impactos adversos sobre a produtividade e produção de culturas agrícolas, com efeitos perversos sobre a segurança alimentar;
- Chuvas intensas e inundações imporiam custos crescentes às aglomerações urbanas;
- As condições de saúde humana no Brasil poderiam ser severamente afetadas em razão, sobretudo, do histórico de doenças de veiculação hídrica, das doenças transmitidas por vetores e das doenças respiratórias;
- Mudanças climáticas poderiam ser vistas como potencializadoras das situações de risco, uma vez que tenderiam a intensificar a ocorrência de doenças tropicais, pobreza e desastres.
- Vulnerabilidades associadas às mudanças climáticas no Semiárido nordestino, que poderiam afetar, sobretudo, a disponibilidade de água, a subsistência regional e a saúde da população. Os agentes mais vulneráveis às mudanças climáticas seriam aqueles com menos recursos e menor capacidade de se adaptar, tais como os trabalhadores de baixa renda, principalmente os agricultores de

subsistência na área do Semiárido. A variabilidade climática obrigaria as populações a migrarem, gerando ondas de refugiados ambientais do clima para as grandes cidades da região ou para outras regiões, aumentando os problemas sociais já presentes nas grandes cidades.

- r. A vulnerabilidade econômica a mudanças climáticas dos Estados brasileiros em ambos os cenários (A2 e B2) do IPCC na Região Centro-Oeste seria a que apresentaria maiores impactos nos custos, chegando a 4,5% do PIB em 2050 no cenário B2. Neste mesmo cenário estimou-se, em 2050, uma perda permanente de 3,1% do PIB regional para a Região Norte, 2,9% para o Nordeste, 2,4% para o Sudeste, em comparação com o que poderia ter sido em um mundo sem mudanças climáticas. No caso da Região Sul, que se beneficiaria em ambos os cenários, o ganho seria significativo no cenário A2 (2,0% do PIB regional, em 2050).
- s. Vulnerabilidade econômica da Região Nordeste com efeito negativo sobre o PIB e o emprego. Os estados mais afetados em termos de PIB e emprego no final do período de projeção de acordo com os cenários de mudanças climáticas seriam Pernambuco, Paraíba e Ceará, em relação à situação sem essas mudanças.

### Lacunas identificadas

Poucos estudos tratam em conjunto o tema adaptação às mudanças climáticas em diversos setores da economia. Alguns setores apresentam muitos estudos relacionados aos impactos das mudanças climáticas, como, por exemplo, agricultura e energia, enquanto que para outros setores como transporte e indústria estudos ainda são escassos.

## IMPACTOS, VULNERABILIDADE E ADAPTAÇÃO NA ESFERA REGIONAL

### Região Norte

O desmatamento na Amazônia intensifica a vulnerabilidade do bioma às mudanças de clima, com isso, a função reguladora do clima global, regional e local que a floresta exerce encontra-se ameaçada.

De acordo com 23 modelos do IPCC a intensificação da estação seca e atraso no início de estação chuvosa nas regiões do Sudeste Amazônico tem 80% de probabilidade de ocorrer. É importante salientar que cada grau de alteração na temperatura em um ambiente tropical é “percebido” com maior impacto por espécies tropicais, em comparação com espécies de áreas temperadas.

A região Amazônica atualmente está ameaçada pelo desmatamento, responsável pelo aumento da perda de biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa. Nos últimos 5 anos tem sido identificados avanços com relação ao monitoramento e controle do desmatamento na Amazônia, com expressiva redução de suas taxas anuais de 2005 a 2012, novos instrumentos de gestão ambiental, como os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), surgem como um caminho promissor para a promoção da conservação, visando à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. [GT2 8.1]

A partir das profundas mudanças de uso da terra observadas na Região Norte, principalmente a partir de meados do século XX, sua função reguladora do clima global, regional e local encontra-se ameaçada.

Caso a frequência de eventos El Niño aumente como consequência do aquecimento global, as

florestas emitirão suas grandes reservas de carbono para a atmosfera. O futuro da acumulação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, o momento em que a concentração atinja níveis “perigosos”, dependem da contínua absorção de carbono pela biosfera incluindo uma importante contribuição a partir da Floresta Amazônica.

Os vários modelos globais utilizados no IPCC TAR e AR4 divergem sobre tendências de precipitação na Amazônia. Alguns projetam redução da pluviosidade, outros apontam um aumento, mas a média dos modelos indica maior possibilidade de redução nas precipitações.

Com relação às temperaturas, todos os modelos projetam uma tendência de aquecimento conspícuo para o Brasil. Observa-se que as anomalias de temperatura no Pará irão variar entre 4-5°C em relação às médias de 1961-1990, tendo como parâmetro o cenário A2 do AR4, enquanto nas condições do cenário B2 o aumento foi estimado entre 3-4°C. [GT2 8.1]

A projeção de clima regionalizada para o bioma Amazônia apresenta para o final do século redução nas chuvas de 40% a 45% e aumento de 5° a 6° C na temperatura. [SE GT1]

### **Lacunas identificadas**

Incertezas quanto às tendências de extremos climáticos para a Amazônia, principalmente devido à falta de dados confiáveis de longo prazo e acesso restrito a informações para regiões tão extensas.

## **Região Nordeste**

A Região Nordeste do Brasil é muito vulnerável às mudanças climáticas dadas condições fisiográficas, climáticas e socioeconômicas. O Nordeste deverá sofrer maior migração populacional para meio urbano e o setor agrícola terá uma intensificação dos efeitos migratórios resultantes dos impactos das mudanças climáticas.

A Região Nordeste apresenta condições fisiográficas, climáticas e socioeconômicas que exigem atenção no traçado de políticas de adaptação a impactos decorrentes de possíveis alterações climáticas. Estudos relacionados a impactos de mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, os recursos costeiros, o processo de desertificação e os setores de agricultura (inclusive agricultura familiar), energia e saúde confirmam a fragilidade da região. [GT2 8.2]

Com a menor disponibilidade hídrica do País, a Região Nordeste apresenta uma forte variabilidade temporal (em escalas interanual e decadal) do seu regime de chuvas sendo que os fatores que o determinam já são relativamente bem conhecidos e por isso sua previsão já vem sendo utilizada como estratégia de adaptação às mudanças do clima. Esperam-se aumentos nos níveis de temperatura e taxas de evaporação e acentuação de eventos extremos, o que geraria impactos significativos nos níveis de reservatórios na região, base do planejamento e gestão dos recursos hídricos do Nordeste. [GT2 8.2]

Boa parte do setor agrícola nordestino, especialmente as culturas da mandioca, algodão, soja, arroz, milho e feijão, seria fortemente impactada pelas mudanças climáticas. A mandioca sofrerá uma drástica redução de seu plantio podendo até desaparecer do Semiárido nordestino. Diversos estudos apontam também para uma intensificação dos efeitos migratórios resultantes dos impactos das mudanças climáticas na agricultura. [GT2 8.2]



No setor energético, a participação da Região Nordeste está centrada nas fontes hidráulicas, de biomassa e eólica. Estudos apontam favoravelmente para a geração de energia de biomassa e eólica, enquanto a geração de energia hidroelétrica sofreria impactos negativos devido a sua dependência em relação aos níveis e variações de vazões naturais dos grandes reservatórios, bem como aos níveis elevados de evaporação. [GT2 8.2]

Em ambientes costeiros, estudos preliminares de caráter reflexivo sinalizam impactos que devem ser analisados dentro da complexidade do comportamento marinho a fim de identificar sua relação com diversas atividades antrópicas e com a estabilidade dos ecossistemas costeiros. O principal resultado esperado é um amplo recuo da linha de costa da Região Nordeste e um aumento da vulnerabilidade de ecossistemas sensíveis a pequenas variações de temperatura como os recifes de corais. [GT2 8.2]

A Região Nordeste apresenta amplos focos de espaços geográficos em processo de desertificação com impactos negativos para os indicadores socioeconômicos regionais. No setor de saúde, estudos ratificam a relação existente entre a severidade dos impactos das mudanças climáticas e os níveis de desidratação, distúrbios respiratórios e redistribuição de doenças infecciosas devido a costumeiros eventos de migração. [GT2 8.2]

### **Lacunas identificadas**

- Ausência de assistência técnica para a agricultura familiar da região frente aos cenários de mudanças climáticas;
- Intensificação dos atuais arranjos socioeconômicos e de apoio político-institucionais e técnicos, uma vez que desenvolvem papel importante na adaptação às mudanças climáticas;
- Desenvolvimento e aplicação de novas práticas agrícolas mais sustentáveis e adaptadas no Nordeste;
- Poucos estudos em zonas costeiras, considerando a complexidade do ambiente marinho para identificar sua relação com atividades antrópicas;
- Incipiência de estudos diretamente focados na análise da relação das mudanças climáticas com o processo de desertificação.

### **Região Sul**

Os impactos negativos sobre a saúde na Região Sul do Brasil poderão surgir com o favorecimento a doenças infecciosas endêmicas sensíveis às variações do clima. Desastres como deslizamentos de terra, morte por afogamento e desabamentos poderão ser mais frequentes. A agropecuária na região é vulnerável às mudanças climáticas.

Como o sucesso da agropecuária está diretamente relacionado ao clima, grande parte da Região Sul tem, direta ou indiretamente, sua economia influenciada por variabilidades ou anomalias climáticas.

Não são escassos os registros do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), que acentuam as características condicionante/adversidade do clima sobre as produções agrícolas, determinando recordes de produção ou perdas generalizadas. [GT2 8.3]

Somam-se à condição meteorológica já afetada pelo ENOS registros de aumento da temperatura do ar, nos mais diversos municípios do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, que inevitavelmente

exercem influência não só na agricultura, pecuária e segurança alimentar, mas em questões ambientais como o ciclo hidrológico e de saúde da população. Aumentos de precipitação e vazão de rios, apesar das incertezas, poderão se intensificar, conforme cenários projetados pelo IPCC. As temperaturas seguiram o padrão de aumento nos valores médios, com redução dos episódios de geadas e dias frios. [GT2 8.3]

Sobre a saúde, os fenômenos climáticos podem influenciar a saúde humana de forma direta, pelo favorecimento a doenças infecciosas endêmicas sensíveis às variações do clima, por mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra e desabamentos de prédios, ou por ondas de calor, e indiretamente por perda na produção agrícola e conseqüentemente impacto nutricional, queda nos padrões de higiene pessoal e ambiental e também como determinante de fenômenos demográficos. [GT2 8.3]

A respeito da atividade rural, conforme algumas projeções, em algumas décadas a Região Sul poderá ter uma nova conformação geográfica da agricultura e pecuária, sem destacar uma possível aptidão de culturas até agora restringidas pelo frio em detrimento de outras, tais como frutíferas adaptadas ao clima temperado. A soja e o milho poderão ser substituídos por culturas semiperenes como a cana-de-açúcar. Técnicas alternativas como Plantio Direto (PD) e Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF) podem minorar os riscos climáticos. [GT2 8.3]

### Lacunas identificadas

- Curto intervalo de observações das condições térmicas e hídricas;
- Incertezas nas previsões de precipitação e vazão de rios da região.

### Região Sudeste

Nas metrópoles, como Rio de Janeiro e São Paulo, verifica-se aumento de eventos extremos associados a enchentes e inundações. Os impactos de chuvas fortes nas capitais do Sudeste, seguidas ou não por inundações, ocasionam morbidade e mortalidade da população.

○ avanço da produção agrícola e a urbanização nos seus estados provocaram desmatamentos das áreas de florestas, restinga e mangue, do bioma Mata Atlântica. O processo de ocupação dessa região deu-se, principalmente, com a criação de gado e a cultura do café.

○ desmatamento das matas pluviais para plantio do café aumentou a variabilidade da precipitação, intensificando a ocorrência de escassez e ou sua abundância. A média dos modelos climáticos estudados indica maior probabilidade de redução de chuva nestas regiões como consequência do aquecimento global. [GT2 8.4]

Nas metrópoles, como Rio de Janeiro e São Paulo, verifica-se aumento de eventos extremos de chuva associados a enchentes e inundações, entre outros processos que ocorrem no período chuvoso, o que demanda análise dos cenários de risco e das condições de vulnerabilidade em conjunto com as projeções de intensificação de ocorrência de eventos pluviométricos nesses municípios. [GT2 8.4]

Os impactos de chuvas fortes nas capitais do Sudeste, seguidas ou não por inundações, ocasionam morbidade e mortalidade da população. Mostra-se inevitável que as mudanças climáticas de longo prazo, exercem efeitos na saúde humana em áreas urbanas, lembrando que a região abriga quatro

das grandes capitais brasileiras, além de cidades com mais de 1 milhão de habitantes, que concentram grandes frotas de veículos e fontes estacionárias de emissão de poluentes e os riscos à saúde humana associados a essas questões. [GT2 8.4]

Identificam-se nos estudos existentes sinais de possível impacto de mudanças nos regimes hidrológicos e térmicos na bacia do Paraná-Prata. A projeção para a região para o século XXI é um aumento de 4 a 4,5°C na temperatura média do ar, com eventos extremos mais frequentes. [GT2 8.4] Para o final do século é projetado aumento de temperatura entre 2,5° e 3°C e de chuva de 25% a 30%. [SE GT1]

O meio agrícola deverá se adaptar por meio da substituição de espécies mais adaptadas aos novos padrões de temperatura, e também conjugadas com técnicas alternativas como plantio direto e o consórcio entre florestas, gado e agricultura.

O incentivo a programas de conservação da biodiversidade se faz necessário como estratégia para diminuir a vulnerabilidade da região a uma possível intensificação da insegurança alimentar. [GT2 8.4]

Outro aspecto importante, não só nos centros urbanos, é a adaptação à escassez ou excesso hídrico que pode ser potencializado em alguns municípios da Região Sudeste (os modelos apontam diminuição de chuvas em algumas regiões do Sudeste e aumento em outras) e influenciará não só a produção de alimentos, como o acesso à água, e a saúde da população, potencializando os cenários de incidência de doenças relacionadas às mudanças climáticas, o que resulta, inevitavelmente, na perda da qualidade de vida da região.

### Lacunas identificadas

- Entre as principais metrópoles desta região, a região metropolitana do Rio de Janeiro e Vitória encontram-se na orla e certamente, novos estudos mais aprofundados sobre os possíveis impactos decorrentes do aumento do nível do mar e as vulnerabilidades específicas, deverão fortalecer as bases de informação sobre essa faceta dos impactos causados na Região Sudeste;
- Nas regiões metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte, o aumento da população urbana e a forma de ocupação das suas áreas deverão ser acompanhados por maiores investimentos em programas de contenção de cheias e remoção de populações em áreas vulneráveis e de risco, além da necessidade de incremento dos programas de defesa civil existentes para situações extremas que envolvam os episódios como, por exemplo, enchentes e escorregamentos.

### Região Centro-Oeste

As atividades agrícolas e pecuárias sofrerão redução de produtividade devido às mudanças no ciclo hidrológico, aumentos de temperatura e alterações na sua fenologia.

O desenvolvimento de variedades agrícolas mais adaptadas e formas de manejo mais adequados aos contextos climáticos futuros devem estar dentro de um planejamento amplo de adaptação para a região.

O Centro-Oeste brasileiro confronta-se com diversos prognósticos climáticos negativos que preveem que as atividades agrícolas e de pecuária sofrerão redução de produtividade devido às mudanças no ciclo hidrológico e aumentos de temperatura, e também devido à localização estratégica da região, situada nos três biomas de maior importância no País, a Floresta Amazônica, o Cerrado e o Pantanal. [GT2 8.5]

Os biomas Cerrado, Amazônia e Pantanal permutam material genético entre suas zonas de amortecimento e têm sido altamente impactados pelo uso e ocupação da terra no último século. Além dos problemas de cunho ambiental, a região está envolvida em um quadro de conflitos sociais e fundiários profundos, o que a torna altamente vulnerável caso ocorram mudanças regionais no clima. [GT2 8.5]

Atualmente, o Centro-Oeste se consolida como o celeiro brasileiro da produção de grãos, sendo que o bioma Cerrado é classificado como *hotspot* da preservação ambiental mundial por deter o título de savana com maior biodiversidade do planeta, onde mais de 48% desse bioma já foram convertidos em áreas de uso agrícola.

Os resultados de estudos apontam para a redução da vazão em todas as bacias que possuem importantes afluentes no Centro-Oeste (Tocantins/Araguaia; Paraná; São Francisco; Paraguai; Amazonas) para o período 2071-2100 em relação à média histórica (1961-1990). A única exceção foi a bacia do Paraná, a qual apresentou um aumento de vazão de 11% no cenário A2-BR. A tendência de redução está intimamente associada a variações nos parâmetros considerados, especialmente da evaporação real, cujas projeções apontam para um aumento substancial nas cinco bacias presentes no Centro-Oeste. [GT2 8.5]

Mudanças no ciclo hidrológico e na temperatura seriam de suma importância para a região Centro-Oeste, pois a alteração da fenologia das plantas (soja, arroz, milho, café) poderá acarretar perdas massivas na produção agrícola e na pecuária. Por essa razão a Embrapa tem desenvolvido pesquisas de zoneamento agroclimático para diversas culturas. Esses resultados poderão auxiliar produtores e o governo a criar estratégias de adaptação, caso as áreas se tornem impróprias para a produção de numerosos tipos de grãos no futuro. [GT2 8.5]

Estudos desenvolvidos pelo INPE e Embrapa sugerem que as temperaturas aumentarão entre 1°C e 5,8°C no Centro-Oeste com um período de estiagem mais seco e quente até 2070. Este deverá predominar na região com uma duração de 7 meses. Logo, as plantas deverão suportar temperaturas excessivamente acima de 32°C nos períodos mais quentes do dia cessando processos de fotossíntese e alterando suas fases normais de crescimento. No estado de Goiás espera-se uma perda de 95% da área apta para produção do café do tipo arábica. [GT2 8.5]

### **Lacunas identificadas**

Devido à história recente de colonização que se aprofunda a partir das décadas de 40 e 50, a região ainda carece de uma rede mais densa de monitoramento de dados meteorológicos. Com isso, a modelagem de padrões de anomalias em precipitações e temperatura baseia-se em dados de apenas algumas estações meteorológicas existentes, sendo o restante dos dados produzidos a partir de cálculos matemáticos gerados em simulações.



2

1.8

1.6

1.4



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

