

E agora, José?
O clima mudou,
a luz apagou,
a água sumiu,
o dia esquentou,
e agora, José?
e agora, você?

SUMÁRIO

E agora, José?

O Brasil em tempos de mudanças climáticas

04	Intro
06	Agropecuária
12	Impactos no PIB
16	Saúde
18	Infraestrutura
22	Fluxos migratórios
26	Energia
30	Floresta
32	Serviços ambientais
33	Desastres naturais
36	Conclusão
38	Bibliografia

Coordenação do projeto

Márcio Astrini
Pedro Telles

Pesquisa

Brenda Brito

Redação

Marina Yamaoka

Edição

Thaís Herrero

Revisão

Kátia Shimabukuro

Diagramação

Estúdio Barca

CONTAS DE LUZ MAIS ALTAS

Contas de luz mais altas, falta de água de qualidade para a população, proliferação de algumas espécies de mosquitos transmissores de doenças, queda de produtividade de culturas como milho e feijão, impactos negativos na economia, fatores que podem diminuir a renda média e a qualidade de vida dos brasileiros. Essas são algumas das consequências das mudanças climáticas previstas para o Brasil por dezenas de pesquisas e projeções analisadas que consideram, em sua maioria, cenários de aumento da temperatura média global entre 1,4 °C e 5,4 °C até 2100.

O aquecimento global não significa apenas temperaturas mais quentes, mas principalmente a alteração de padrões de comportamento do clima, com impactos sobre a frequência de chuvas e ventos, por exemplo. Países como o Brasil são mais suscetíveis a essas alterações climáticas, pois temos uma parcela fundamental de nossa economia baseada no uso de recursos naturais e na regularidade do clima, destacadamente em setores como a agricultura e a geração de eletricidade.

E se engana quem pensa que esse futuro está muito distante: até 2012 já foi observado um aumento médio de 0,85 °C e impactos já podem ser sentidos. As consequências das mudanças climáticas fazem com que as

iniciativas para combatê-las sejam consideradas cada vez mais urgentes e ganhem maior importância no planejamento estratégico e na construção de políticas públicas dos países.

Parar de emitir os gases que provocam o aquecimento do planeta é o passo inicial. Para isso, é necessário acabar com o desmatamento e promover o uso de energias renováveis. Mas não é o bastante. É preciso se preparar para os impactos que já estão batendo às nossas portas e que afetarão principalmente a população mais desprotegida.

Do encarecimento dos alimentos da cesta básica aos impactos em transporte e infraestrutura urbana, não há dúvida de que a população mais pobre é a primeira a sentir as alterações. Serão os brasileiros em pior situação econômica e social justamente os que mais sofrerão. É fundamental entender de que forma o aumento médio da temperatura global impactará nas diversas atividades e regiões do país. E é justamente o que esta publicação busca fazer.

O relatório, *E agora, José? – O Brasil em tempos de mudanças climáticas*, compila os resultados dos principais estudos publicados entre 2008 e janeiro de 2016 sobre impactos das mudanças climáticas no Brasil. E, quando disponível, sobre as medidas de adaptação e de enfrentamento a essas consequências. No total, foram analisados 46 estudos sobre agropecuária, desastres naturais, energia e recursos hídricos, Floresta Amazônica, fluxos migratórios, geração de empregos, infraestrutura, PIB, saúde e serviços ambientais.

ENFRENTANDO O AQUECIMENTO GLOBAL

Durante quase duas décadas, chefes de Estado e de governo, ministros e diplomatas, cientistas e a sociedade civil se reuniram anualmente para tentar elaborar um plano de como reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climáticas. Em dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência de Clima das Nações Unidas (a COP21), eles finalmente chegaram a um texto comum. Após rapidez histórica no processo de ratificação, quando países transformam o acordo em lei nacional, o Acordo de Paris entrou em vigor já em 2016.

O documento define que o aumento da temperatura global deverá ser limitado a patamares abaixo de 2 °C, preferencialmente 1,5 °C. Ou seja, precisamos caminhar rapidamente

para construir um futuro de baixo carbono, com o fim dos combustíveis fósseis e do desmatamento. Sabe-se, porém, que ainda há muita lição de casa a ser feita, visto que, mesmo que todas as metas apresentadas atualmente por cada país sejam colocadas em prática, o mundo ainda caminha para um aquecimento bem superior à meta estabelecida.

Este relatório analisa as consequências das mudanças climáticas, caso o Brasil e os outros países não consigam cumprir o objetivo e haja um aumento da temperatura maior do que o limite estabelecido pelo Acordo de Paris. E traz consigo, portanto, um urgente chamado à ação em um Brasil que planeja colocar cerca de 70% dos investimentos em energia em combustíveis fósseis na próxima década. E que, ainda, estabeleceu a vergonhosa meta de tolerar o desmatamento ilegal da Amazônia por mais 14 anos. Precisamos fazer muito mais do que isso.

METODOLOGIA

O objetivo desta publicação é consolidar informações já disponíveis na literatura sobre impactos das mudanças climáticas no Brasil e possibilitar o entendimento dos desafios a serem enfrentados nos diferentes setores. Por meio dele, fazemos também uma mensuração da lacuna de informação hoje existente, que precisará ser solucionada com mais pesquisas e mais informações. Isso é fundamental para o planejamento de ações de mitigação e adaptação.

Para a construção deste relatório, foram consultados artigos e publicações de projetos e iniciativas recentes, principalmente entre 2008 e 2016, e que possuíam informações, dados e cenários para diferentes áreas como economia, agricultura, saúde e emprego. Alguns exemplos de fontes bibliográficas são os documentos do Painel Brasileiro de Mudança do Clima (PBMC) atualizados em 2015 e os relatórios produzidos pelo projeto Brasil 2040 da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE), do governo federal, divulgados no final de 2015.

Em muitos casos, esses materiais faziam referência a estudos anteriores, que também foram incluídos na revisão quando, por exemplo, traziam dados diferentes ou adicionais. Essa estratégia foi usada para todos os temas analisados.

Alguns dos temas, como saúde e geração de emprego, não possuíam vasta bibliografia e nesses casos a busca por informações foi comple-

mentada com pesquisa em ferramentas como *Web of Science*¹ e com a procura de artigos científicos no Google. A seção de notícias do site do Observatório do Clima², coalizão de organizações da sociedade civil brasileira que discute mudanças climáticas, também foi uma referência para busca de estudos publicados recentemente.

No total, foram avaliadas 46 fontes bibliográficas, como relatórios, artigos científicos, artigos em congresso e teses (ver figura 1).

O tema com maior número de fontes encontradas foi agropecuária, seguido por infraestrutura, e energia e recursos hídricos (ver figura 2), e a maioria dos estudos foi publicada nos últimos cinco anos (ver figura 3).

Figura 01 Quantidade de fontes revisadas por tipo de publicação

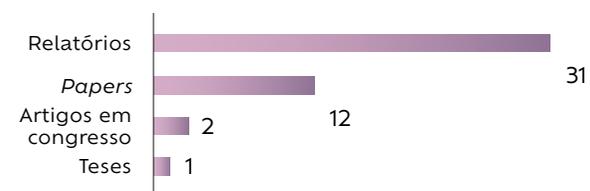


Figura 02 Quantidade de fontes revisadas em cada tema³

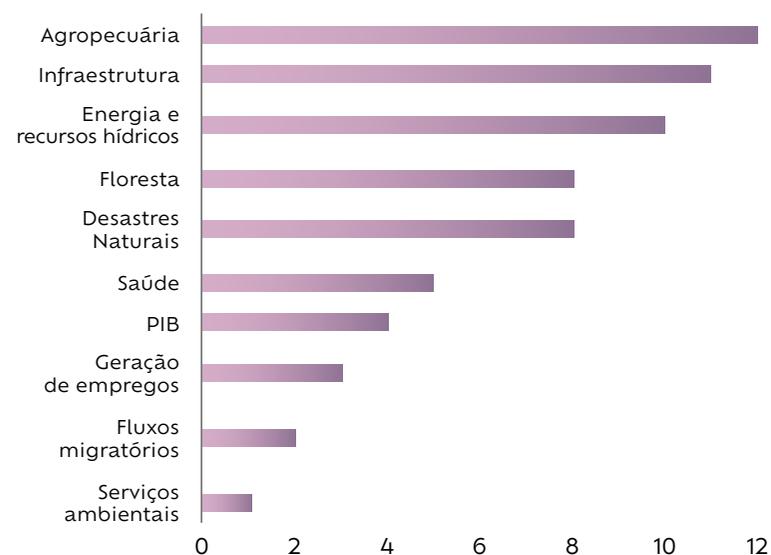
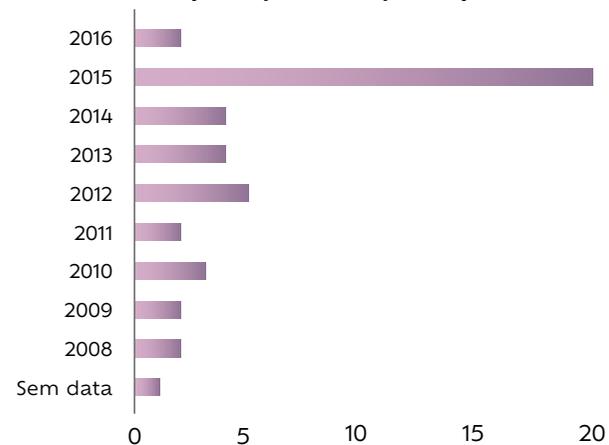


Figura 03 Quantidade de fontes por ano de publicação.



¹ www.webofknowledge.com

² <http://www.observatorio-do-clima.eco.br/noticias/>

³ Algumas fontes foram usadas para diferentes temas, então a soma no gráfico é maior que o número total consultado.

Impactos gerais

Impactos regionais

Impactos em outras culturas e atividades agropecuárias

Impactos socioeconômicos

01

Agropecuária

A agropecuária é o tema com a maior quantidade de estudos analisados. As avaliações dos riscos das mudanças climáticas nesse setor abrangem todas as regiões do país e as principais culturas agrícolas que contribuem com o Produto Interno Bruto (PIB) do setor. Além disso, a análise dos impactos em outros setores e capítulos deste relatório – como geração de emprego, impacto no PIB e fluxos migratórios – também traz descobertas relacionadas à agricultura.

No entanto, especificamente para a pesquisa em adaptação há apenas uma referência de 2010, que enfoca em melhoria genética de algumas culturas. Por isso, há necessidade de mais pesquisa para avaliar as medidas de enfrentamento que devem ser tomadas nos próximos anos.

IMPACTOS GERAIS

Toda espécie necessita de limites de temperatura ao longo do ciclo, quantidade mínima de água e período seco na maturação e colheita. No Brasil, apenas 5% das áreas agrícolas são irrigadas e a maior parte da produção está sujeita à variação natural da chuva, sendo este um dos principais riscos climáticos.

Outra grande ameaça está relacionada a temperaturas extremas, muito altas ou muito baixas, que provocam estresse fisiológico ou danos diretos a plantas e animais. Os exemplos mais comuns são vento intenso e granizo em ocorrências mais localizadas.

Alguns modelos climáticos assumem aumento médio da temperatura global entre 1,4 °C a 3,7 °C, indicando tendência de aumento médio de temperatura em todo o território e a redução de precipitação. Nos cenários mais severos, esse aumento de temperatura estaria associado ao

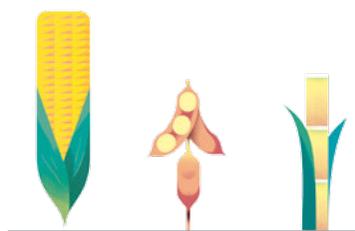
agravamento de restrições hídricas para agricultura e, conseqüentemente, à diminuição entre 2,7% a 39,3% da área de baixo risco para agricultura nas culturas avaliadas. Isso corresponde à tendência de aumento de áreas de alto risco para produção agrícola entre os anos de 2011 e 2040.

Já nos cenários menos severos, o milho safrinha e a cana foram as únicas culturas que apresentaram possibilidade de aumento de áreas consideradas de baixo risco para agricultura. Para todas as outras haveria redução, que poderia chegar até 13,9%.

Apesar dos impactos negativos, de modo geral, existiria área disponível para cultivo superior à demanda projetada para 2040. No entanto, haveria mudanças regionais que poderiam provocar realocação de algumas culturas, mas não há estudos calculando custos de adaptação e infraestrutura devido a tais deslocamentos. A produção de mandioca, por exemplo, deve sair do Nordeste, muito seco, e migrar para áreas de Cerrado e da Amazônia. O feijão-caupi, ou feijão-de-corda, já está migrando do Nordeste para o Centro-Oeste.

Outra tendência geral observada seria o efeito das mudanças do clima na dinâmica entre lavoura, pasto e florestas. Enquanto a área de lavoura poderia aumentar ou diminuir até 2100, a área de pastagem aumentaria e a área de floresta diminuiria.

Os resultados mais alarmantes estimam que as alterações climáticas influenciariam a decisão de produtores em diminuir em até 58% a área de floresta em seus imóveis entre os anos de 2070 e 2099. No entanto, recomenda-se cautela com esses dados, pois o estudo parece ignorar fatores ligados à implementação de leis ambientais e de comportamento de mercados, ao assumir que se poderia chegar a um cenário de tal redução da área de floresta, e também não considera fenômenos como a savanização ou outros efeitos do clima na floresta em si.



IMPACTOS REGIONAIS

NORTE

Num cenário de aumento de temperatura média do planeta entre 2 °C e 5,4 °C, a Região Norte sofreria redução entre 242 mil e 15 milhões de hectares aptos e disponíveis para agricultura em 2030. Já os impactos nas áreas de pastagem dependeriam de diminuição ou aumento da precipitação e poderia haver tanto redução de 4,1 milhões quanto um aumento de 5,7 milhões de hectares⁴.

Outros estudos recentes que consideram aumento de temperatura média do planeta entre 1,4 °C e 3,7 °C avaliam que a Região Norte não sofreria impactos relevantes na quantidade de área de baixo risco para a agricultura até 2040⁵. Essa última avaliação considera a área agricultável de baixo risco para oito culturas⁶.

Vale ressaltar que essas análises não consideram o risco de aumento de desmatamento na região e o crescente aumento de temperatura que tem sido associado à perda de floresta. Um estudo do Ipam, por exemplo, indica aumentos de até 8 °C na temperatura de algumas microrregiões na Amazônia Legal associadas ao desmatamento. Assim, esse fator pode afetar a disponibilidade de áreas de baixo risco na região.

NORDESTE

Algumas projeções⁷ indicam que a Região Nordeste, com exceção do Maranhão, teria em média poucos meses de chuva ao ano e baixa pluviosidade nos meses com mais chuva até 2040. Isso significaria períodos mais secos com valores elevados de temperatura, valores baixos de umidade do ar e alta demanda hídrica, afetando praticamente todas as culturas.

A região conhecida como Matopiba, que agrega Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia e que tem sido alvo de planos de expansão agrícola, também deve sofrer perdas. Até 2030, seriam entre 1,3 milhão e 2,4 milhões a menos em áreas agricultáveis e redução de 2,7 milhões a 5,2 milhões de hectares em pastagem⁸.

Já a Bahia, que em 2010 era o segundo maior estado produtor de algodão do país, pode sofrer a maior redução de área agricultável de baixo risco de algodão em um estado, chegando a 75% em relação a 2010. Algumas estimativas para o Piauí são ainda mais graves, com expectativa de perda da área agricultável entre 58,7% e 70,1% até 2050⁹.

Efeitos das mudanças climáticas em áreas agricultáveis do Nordeste até 2040¹⁰

TIPO DE CULTURA	TENDÊNCIA NA ÁREA AGRICULTÁVEL DE BAIXO RISCO
Algodão	Diminuição de 619 mil a 9 milhões de hectares/ Diminuição entre 1,4% a 20,8%. Possível deslocamento da produção para estados em outras regiões que não sofrerão redução de área de baixo risco, como Tocantins.
Arroz	Diminuição entre 3,8 e 7,1 milhões de hectares/ Diminuição entre 12,2% a 22,5%
Cana	Diminuição entre 153 mil e 11 milhões de hectares/ Diminuição entre 0,3% a 23,2%
Feijão	Diminuição de 2,5 a aumento de 2,7 milhões de hectares/ Diminuição de 8,9% a aumento de 9,6%
Feijão-caupi	Diminuição entre 1 e 8 milhões de hectares/ Diminuição entre 2,5% e 20%
Milho	Diminuição entre 1,8 e 8,1 milhões de hectares/ Diminuição entre 4,8% e 21,1%
Milho safrinha	Diminuição entre 1,8 e 3,5 milhões de hectares/ Diminuição entre 6,6% e 12,3%
Soja	Diminuição entre 3,1 e 3,9 milhões de hectares/ Diminuição entre 12,3% e 15,6%
Sorgo	Diminuição entre 43 mil e 9,2 milhões de hectares/ Diminuição entre 0,1% e 19,5%
Trigo	Diminuição entre 2,4 e 3,6 milhões de hectares/ Diminuição entre 8,7% e 13%

CENTRO-OESTE

Apesar de as estimativas indicarem que a área agricultável de algumas culturas pode aumentar ou não sofrer impactos, haveria redução de área para soja, que possui forte peso comercial na região¹¹. O Mato Grosso do Sul seria o estado com maior

impacto no PIB diante da perda de até 60% das áreas agricultáveis para soja até 2020. A diminuição do PIB estadual em 2070 chegaria a 4,13%, comparada a um cenário referencial sem mudanças do clima¹².

Efeitos das mudanças climáticas em áreas agricultáveis do Centro-Oeste até 2040¹³

TIPO DE CULTURA	TENDÊNCIA NA ÁREA AGRICULTÁVEL DE BAIXO RISCO
Algodão	Nenhum impacto previsto
Arroz	Diminuição entre 2,7 milhões e 8,7 milhões de hectares/ Diminuição de 4,1% a 12,9%
Cana	Nenhum impacto previsto
Feijão	Diminuição de 11 milhões a aumento de 466 mil hectares/ Diminuição de 17,2% a aumento de 0,7%
Feijão-caupi	Nenhuma variação a diminuição de 4,6 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 6,9%
Milho	Nenhuma variação a diminuição de 5,5 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 8,2%
Milho safrinha	Diminuição de 15 milhões a aumento de 7,9 milhões hectares/ Diminuição de 26,2% a aumento de 13,5%
Soja	Diminuição de 3,9 milhões e 13,5 milhões de hectares/ Diminuição de 5,9% a 20,4%
Sorgo	Nenhuma variação prevista
Trigo	Diminuição entre 1 milhão e 10 milhões de hectares/ Diminuição de 1,6% a 16,3%

⁴ Assad et al (2013a).

⁵ Nakai et al, (2014b).

⁶ Algodão, arroz, cana, feijão, milho, soja, trigo, sorgo.

⁷ Nakai et al (2014b).

⁸ Assad et al (2013a).

⁹ Cedeplar (2010).

¹⁰ Nakai et al (2014b).

¹¹ Nakai et al (2014b).

¹² Ferreira Filho e Horridge (2010).

¹³ Nakai et al (2014b).

SUDESTE

Em um cenário de aumento médio de temperatura global de 2 °C a 5,4 °C, a Região Sudeste poderia sofrer leve redução de 349 mil hectares em sua área agricultável em 2030 ou ter aumento de 4,9 milhões de hectares. Além disso, a área alocada para pastagem reduziria entre 3,1 milhões e 3,8 milhões de hectares até 2030¹⁴.

Já um segundo estudo analisa o cenário de aumento médio de temperatura de 1,4 °C a 3,7° C até 2040¹⁵ e indica que metade das culturas avaliadas sofrerão redução na área, mas com baixo risco para produção agrícola. Nesse cenário, apenas três das culturas avaliadas poderiam ter aumento na área de baixo risco.

Efeitos das mudanças climáticas em áreas agricultáveis do Sudeste até 2040¹⁶

TIPO DE CULTURA	TENDÊNCIA NA ÁREA AGRICULTÁVEL DE BAIXO RISCO
Algodão	Nenhuma variação diminuição de 15 milhões de hectares/ Nenhuma variação diminuição de 27,6%
Arroz	Diminuição entre 7,8 milhões e 27,8 milhões de hectares/ Diminuição entre 14,4 e 51%
Cana	Diminuição de 9,6 milhões a aumento de 4,4 milhões de hectares/ Diminuição de 60,9% a aumento de 2,1%
Feijão	Diminuição de 31 milhões a aumento de 1 milhão de hectares/ Diminuição de 60,9% a aumento de 2,1%
Feijão-caupi	Diminuição entre 84 mil e 21 milhões de hectares/ Diminuição entre 0,1% e 36,9%
Milho	Diminuição entre 343 mil e 22 milhões de hectares/ Diminuição entre 0,6% e 40,2%
Milho safrinha	Diminuição de 26 milhões a aumento de 2,8 milhões de hectares/ Diminuição de 88% a aumento de 9,4%
Soja	Diminuição de 4,8 milhões a 7 milhões de hectares/ Diminuição entre 9,6% e 74%
Sorgo	Nenhuma variação a diminuição de 12,6 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 22%
Trigo	Diminuição entre 4,2 milhões e 31,6 milhões de hectares/ DIMINUIÇÃO ENTRE 8,1% E 60,8%

SUL

A Região Sul pode sofrer redução entre 4,9 milhões e 2,6 milhões de hectares aptos e disponíveis para agricultura em 2030, num cenário de aumento médio de temperatura global de 2 °C a 5,4 °C . Além disso, a área alocada para pastagem seria reduzida entre 2,4 milhões e 5,3 milhões de hectares¹⁷.

Também há estimativa de que há variação entre queda e aumento de área agricultável para várias culturas, sendo a soja a cultura mais afetada, com previsões de quase 99% da redução da área de baixo risco para sua produção¹⁸.

Efeitos das mudanças climáticas em áreas agricultáveis do Sul até 2040¹⁹

TIPO DE CULTURA	TENDÊNCIA NA ÁREA AGRICULTÁVEL DE BAIXO RISCO
Algodão	Nenhuma variação a diminuição de 7 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 20,6%
Arroz	Diminuição entre 3,5 milhões e 9,7 milhões de hectares/ Diminuição entre 10,3% e 28,6%
Cana	Aumento de 3,9 milhões a 13,1 milhões de hectares/ Aumento entre 55% e 182%
Feijão	Nenhuma variação a diminuição de 7,6 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 22,4%
Feijão-caupi	Nenhuma variação a diminuição de 2,8 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 8,4%
Milho	Nenhuma variação a diminuição de 3,4 milhões de hectares/ Nenhuma variação a diminuição de 10,2%
Milho safrinha	Diminuição de 5,9 milhões a aumento de 956 mil hectares/ Diminuição de 18% a aumento de 2,9%
Soja	Diminuição entre 6,3 milhões e 19,4 milhões de hectares/ Diminuição entre 32,4% e 98,8%
Sorgo	Nenhum impacto previsto
Trigo	Diminuição de 4,9 milhões a aumento de 761 mil hectares/ Diminuição de 15,9% a aumento de 2,4%

IMPACTOS EM OUTRAS CULTURAS E ATIVIDADES AGROPECUÁRIAS

Considerando o aumento da temperatura global entre 1,4 °C e 5,4 °C, a produção de café tende a diminuir com os efeitos das mudanças climáticas. Até 2050, a redução pode ser entre 17% e 18%. Já até 2070, pode ficar de 28% a 37% menor²⁰. No mesmo cenário, a redução da produção de girassol pode sofrer redução entre 16% e 17% e chegar a 18% até 2070; e a produção da mandioca pode ficar entre 7% e 13% menor até 2050 e entre 17% e 21% até 2070²¹.

No cenário que estima aumento de temperatura global entre 2 °C e 5,4 °C, calcula-se que até 2020 a produtividade das pastagens pode diminuir de 34% a 37% em relação à 2010, podendo chegar a 38% até 2030, reduzindo entre 9 milhões e 26 milhões de hectares²².

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

PRODUTO INTERNO BRUTO

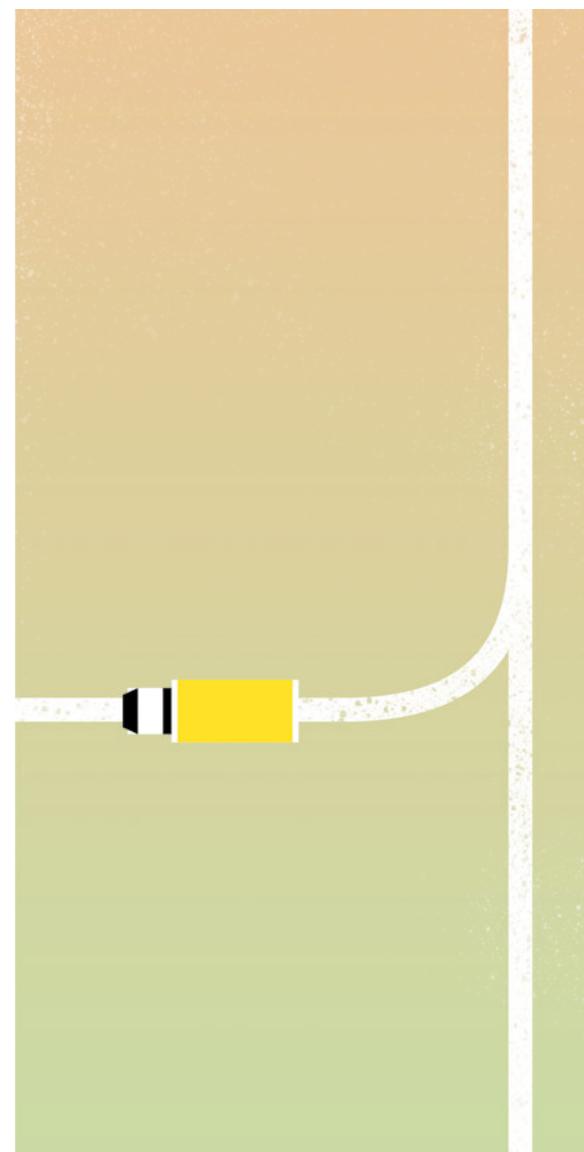
O aumento de áreas mais vulneráveis e menos adaptadas às mudanças climáticas irá afetar a produção agrícola e, conseqüentemente, o PIB do setor. Até 2020, a redução de área de baixo risco agricultável no país pode impactar no PIB nacional, com uma retração de 0,28% em relação ao valor em 2005.

Esse cenário seria acompanhado da queda de 0,53% na renda dos brasileiros em relação à renda de 2005, além de queda no consumo doméstico de 0,7%. Já em 2070, o PIB seria 1,12% menor que em 2005, com queda na renda de 1,81% e redução no consumo doméstico em 2,09%²³.

RENDA DE IMÓVEIS RURAIS

Com o aumento da temperatura e variação da precipitação, haverá impacto no valor da renda líquida dos imóveis rurais brasileiros²⁴. O único cenário positivo encontrado já estaria descartado, pois prevê que não haveria aumento na temperatura média do país até 2100, o que não é possível. Nesse caso, os ganhos seriam em média 5% na renda líquida dos imóveis rurais.

Qualquer cenário de aumento de temperatura no Brasil a partir de 1 °C até 2100 – o que é muito provável de acontecer – já provocaria perdas no valor da renda líquida dos imóveis rurais. O menor impacto seria no cenário de diminuição no volume de precipitação em 8% e aumento de 1 °C, que levaria a uma queda média de 1,3% na renda líquida dos imóveis rurais. Já num cenário mais extremo de aumento de temperatura médio de 3,5 °C e aumento de precipitação em 14%, levaria a perdas médias de 38,5% na renda líquida dos imóveis rurais²⁵.



Danos à renda líquida média dos imóveis rurais

VARIACÃO NA PRECIPITAÇÃO	AUMENTO DE TEMPERATURA			
	0 °C	1 °C	2 °C	3,5 °C
-8%	+5%	-1,3%	-9,2%	-22,7%
0%	0%	-6,4%	-14,2%	-28,7%
+8%	-5,4%	-11,7%	-19,6%	-34,1%
+14%	-9,8%	-16,1%	-24%	-38,5%

¹⁴ Assad et al, (2013a).

¹⁵ Nakai et al (2014b).

¹⁶ Nakai et al (2014b).

¹⁷ Assad et al (2013a).

¹⁸ Nakai et al (2014b).

¹⁹ Nakai et al (2014b).

²⁰ Margulis e Dubeux (2010).

²¹ Margulis e Dubeux (2010).

²² Assad et al (2013a).

²³ Ferreira Filho e Moraes (2015).

²⁴ Sanghi e Medelsohn (2008).

²⁵ Sanghi e Medelsohn (2008).

AGRICULTURA FAMILIAR E EMPRESARIAL

O estudo que avalia a dimensão social dos impactos das mudanças climáticas em estabelecimentos rurais de agricultura familiar e empresarial²⁶ indica que, em alguns casos, os prejuízos podem ser maiores para a agricultura familiar, como no caso do algodão e arroz²⁷.

Impactos socioeconômicos de mudanças climáticas na agricultura familiar e empresarial por tipo de cultura²⁸

CULTURA	AGRICULTURA EMPRESARIAL		AGRICULTURA FAMILIAR	
	IMPACTO NO VALOR ANUAL DA PRODUÇÃO	NÚMERO DE ESTABELECEMENTOS AFETADOS	IMPACTO FINANCEIRO ANUAL	NÚMERO DE ESTABELECEMENTOS AFETADOS
Algodão	Queda de R\$ 2 milhões	Mil deixam de plantar	Queda de R\$ 3,9 milhões	4,4 mil deixam de plantar
Arroz	Queda entre R\$ 22 e R\$ 134 bilhões	Entre 2,9 mil e 3,7 mil deixam de plantar	Queda entre R\$ 44 bilhões e R\$ 117 bilhões	Entre 25,5 mil e 69,2 mil deixam de plantar
Cana	Aumento entre R\$ 38,7 e R\$ 66 milhões	Entre 454 e 10 mil passam a plantar	Aumento entre R\$ 26,5 e R\$ 95 milhões	Entre 21 e 52 mil passam a plantar
Feijão	Aumento de R\$ 66 bilhões ou queda de R\$ 283 bilhões	Aumento de 53 mil plantando ou diminuição de 21 mil	Aumento de R\$ 573 bilhões ou queda de R\$ 124 bilhões	Aumento de 470 mil plantando ou diminuição de 131 mil
Milho	Aumento de R\$ 466 bilhões ou queda de R\$ 2,7 trilhões	Aumento de 53 mil plantando ou diminuição de 21 mil	Aumento de R\$ 223 bilhões ou queda de R\$ 1,1 trilhão	Aumento de 470 mil plantando ou diminuição de até 131 mil
Soja	Aumento de R\$ 2,4 trilhões ou queda de R\$ 8 trilhões	Aumento de 16 mil plantando ou diminuição de 31 mil	Aumento de R\$ 1 trilhão ou queda de R\$ 1,6 trilhão	Aumento de 82 mil plantando ou diminuição de até 87 mil
Sorgo	Queda entre R\$ 3 e R\$ 155 mil	Diminuição de 144 a 2 mil	Queda de R\$ 376 mil a R\$ 4,6 milhões	Queda de mil a 8 mil
Trigo	Aumento de R\$ 44 milhões ou queda de R\$ 224 milhões	Aumento de 557 plantando ou diminuição de 2,9 mil	Aumento de R\$ 5,6 bilhões ou queda de até R\$ 54 milhões	Aumento de 514 plantando ou queda de até 5,2 mil

²⁶ Nakai et al (2015).

²⁷ Nakai et al (2015).

²⁸ Nakai et al (2015).

²⁹ Assad et al (2013).

³⁰ Assad et al (2013a).

³¹ Margulis e Dubeux (2010).

³² Margulis e Dubeux (2010).

CONSUMIDORES

As estimativas de redução de área agricultável e de pastagens também podem impactar o valor final dos produtos aos consumidores, e há estudo que prevê que isso ocorrerá para a carne de bovina, de frango e suína, além de milho, soja, algodão, arroz, feijão, trigo, açúcar e etanol. Vários desses produtos são parte da cesta básica brasileira²⁹.

É possível que ocorra um aumento no consumo de carne de frango e suína em detrimento da bovina. Afinal, ainda que todas sofram aumento do preço final, o aumento da carne bovina deve ser ainda maior, ficando acima de 25%, desestimulando sua compra³⁰.

Variação do valor de produtos agropecuários (por tonelada) em 2030 em decorrência de mudanças climáticas

PRODUTO	AUMENTO EM PORCENTAGEM
Açúcar	6-9
Algodão	2-5
Arroz	10-21
Carne bovina	25-32
Carne de frango	7-11
Carne suína	6-9
Etanol	5-7,5
Feijão	8-11
Milho	4-8
Soja	3-10
Trigo	Sem diferença

MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO

Melhoramentos genéticos podem ser alternativas altamente viáveis para minimizar impactos da mudança do clima³¹. São necessários, no entanto, uma média de 10 anos de pesquisa para produzir espécies mais resistentes. Além disso, o investimento em estudos precisa ser de R\$ 1 bilhão por ano. Isso é um quarto de tudo o que se investe hoje em pesquisa agrícola.

É válido ressaltar que modificação genética significa melhorar a qualidade genética e não desenvolver organismos geneticamente modificados, também conhecidos como transgênicos.

Medidas de adaptação para as principais culturas agrícolas brasileiras³²

PRODUTO	RECOMENDAÇÃO E CUSTO ESTIMADO (POR ANO)
Arroz	Modificação genética: R\$ 65 milhões Irrigação: R\$ 197 milhões
Algodão	Modificação genética: R\$ 38 milhões
Café	Modificação genética: R\$ 104 milhões
Feijão	Modificação genética: R\$ 51 milhões Irrigação: R\$ 494 milhões
Soja	Modificação genética: R\$ 378 milhões
Milho	Modificação genética: R\$ 354 milhões Irrigação: R\$ 309 milhões



AGROECOLOGIA COMO SOLUÇÃO CLIMÁTICA

A adaptação da agricultura às mudanças no clima depende, no longo prazo, da diversidade genética dos sistemas produtivos. Modelos agroecológicos de produção contam, hoje, com baixíssimo investimento público, apesar de já terem se mostrado a solução mais efetiva para a adaptação a climas extremos. Exemplos disso são frequentemente encontrados no Semiárido nordestino, uma das regiões brasileiras que sofrerá mais com o aquecimento global.

02

Impactos no Produto Interno Bruto (PIB)

Há poucos estudos disponíveis – apenas quatro – que analisam o impacto das mudanças climáticas no Produto Interno Bruto brasileiro. A maior parte da literatura foca nos efeitos no setor agrícola, evidenciando a necessidade de mais pesquisa e de informações para todos os setores da economia.

De forma geral, há tendência de queda no PIB, e o impacto previsto está entre centenas de bilhões e trilhões de reais. As variações regionais merecem atenção e são preocupantes porque indicam perdas em regiões de maior vulnerabilidade socioeconômica, como o Nordeste.

É válido ressaltar que os estudos sobre o tema não incluem os valores de prejuízos materiais como impactos decorrentes das mudanças climáticas na infraestrutura costeira e rodoviária e que podem ter significativo peso no orçamento no país.

As principais conclusões são de dois estudos diferentes. Um deles aborda os impactos já observados na década de 2002 a 2012³³, enquanto o outro analisa a projeção de impactos futuros no PIB até 2050³⁴. No primeiro caso, a estimativa foi de que os eventos climáticos extremos no Brasil causaram perda econômica média de 0,68% no período, o equivalente a R\$ 278 bilhões³⁵.

Já a projeção de futura redução do PIB considera um cenário de aquecimento global entre 1,4 °C e 5,4 °C³⁶ e indica que haverá uma redução entre 0,5% e 2,3% a cada ano do PIB estimado para 2050. Na prática, essa perda equivale a R\$ 719 bilhões e R\$ 3,6 trilhões antecipados para valor presente com uma taxa de desconto de 1% ao ano, o que equivaleria a se desfazer de pelo menos um ano inteiro de crescimento nos próximos 40 anos.

33 Young, Carlos Eduardo Frickmann et al. *Valorando Tempestades: Custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002 – 2012*. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. 21 pg.

34 Sergio Margulis e Carolina Burle Schmidt Dubeux (eds). *Economia da mudança do clima no Brasil: Custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

35 A variação percentual para o período foi de perda do PIB entre 0,44% e 0,91%, equivalente a entre R\$ 180 bilhões e R\$ 355 bilhões.

36 Referem-se a dois cenários projetados pelo 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima de 2007: A2 e B2.

37 Fonte das figuras 4 a 8: Margulis, Sergio; Dubeux, Carolina Burle Schmidt (eds). *Economia da mudança do clima no Brasil: Custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

38 As figuras 4 a 8 apresentam os resultados de Margulis e Dubeux (2010) por estado, indicando o melhor e o pior cenário de impacto do PIB projetado em cenários para 2035 e 2050: (i) temperatura média global poderá aumentar entre 2 °C a 5,4 °C e (ii) aumento ficaria entre 1,8 °C e 3,4 °C.

Figura 04 Projeções de impacto do PIB por estado da Região Sul em 2035 e 2050

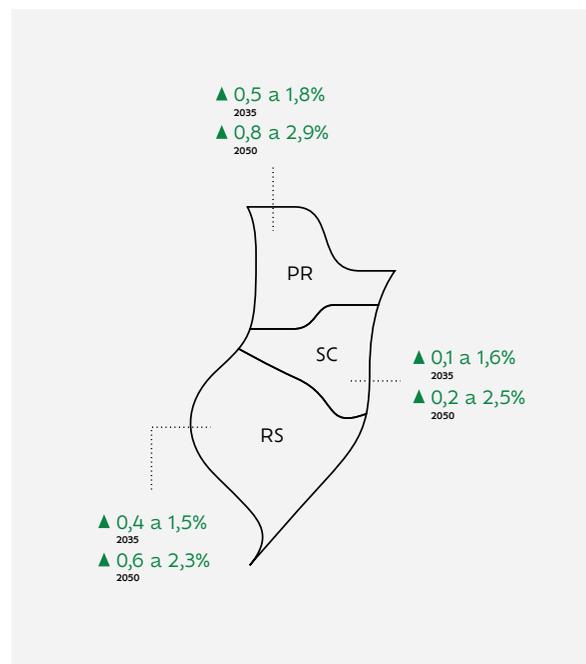


Figura 05 Projeções de impacto do PIB por estado da Região Sudeste em 2035 e 2050

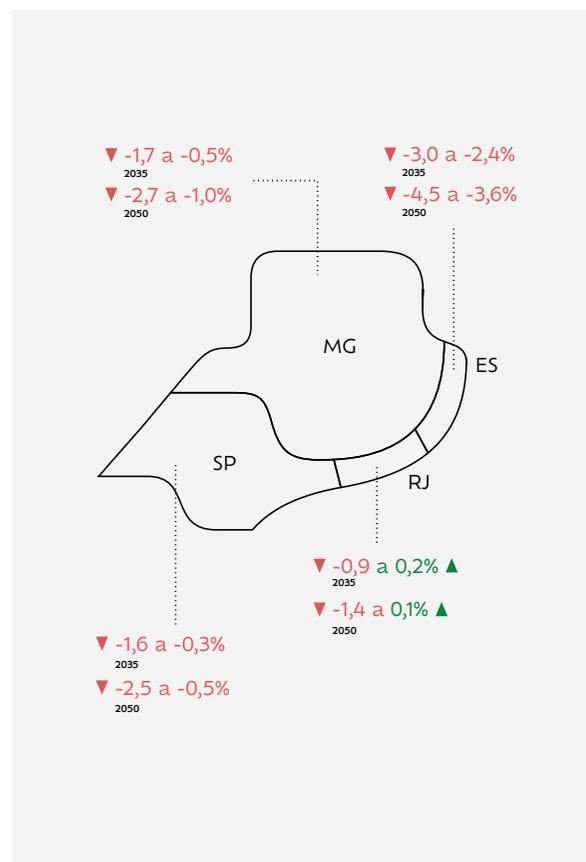


Figura 06 Projeções de impacto do PIB por estado da Região Nordeste em 2035 e 2050

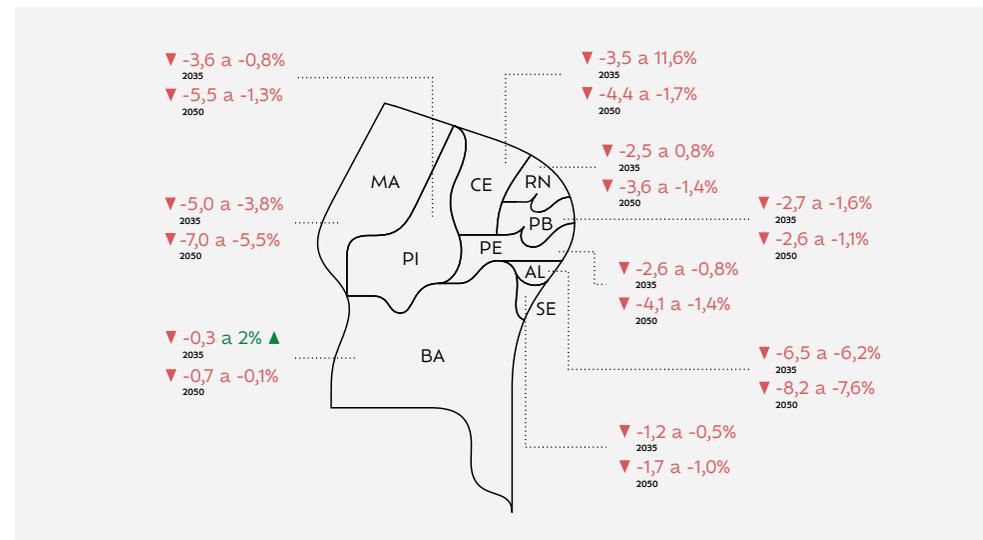


Figura 07 Projeções de impacto do PIB por estado da Região Centro-Oeste em 2035 e 2050

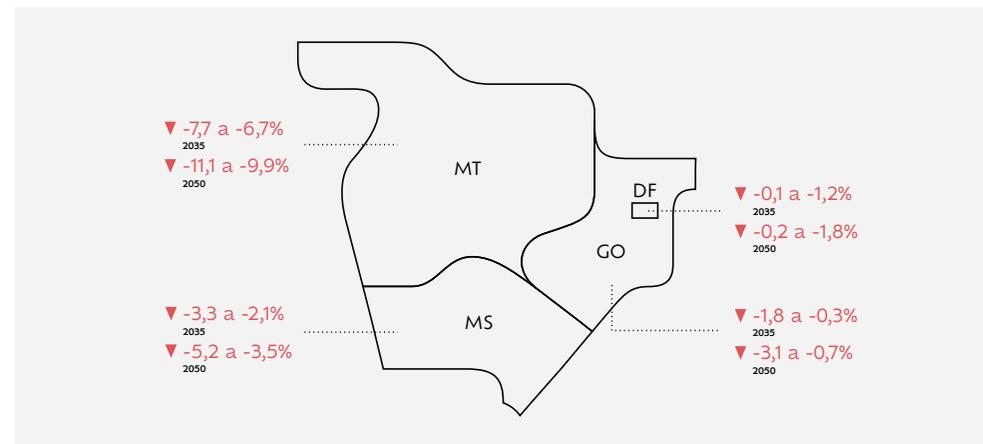


Figura 08 Projeções de impacto do PIB por estado da Região Norte em 2035 e 2050

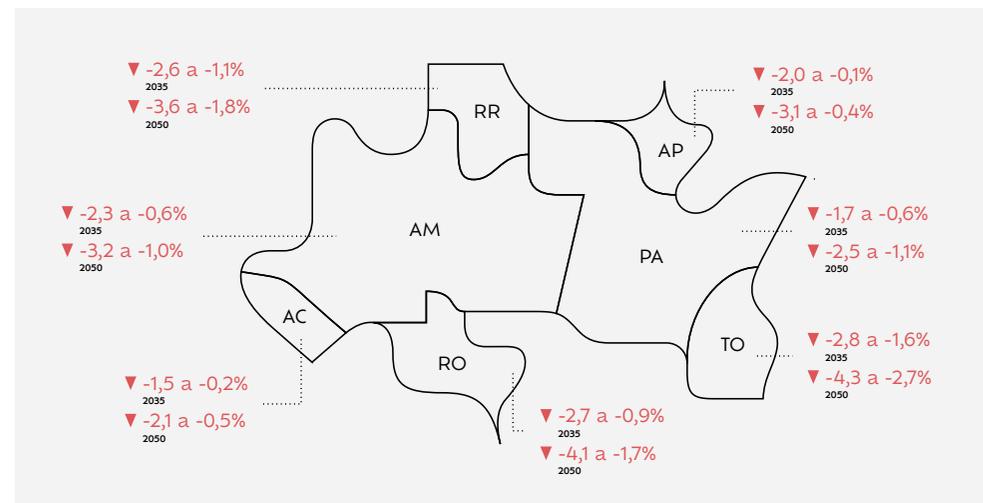
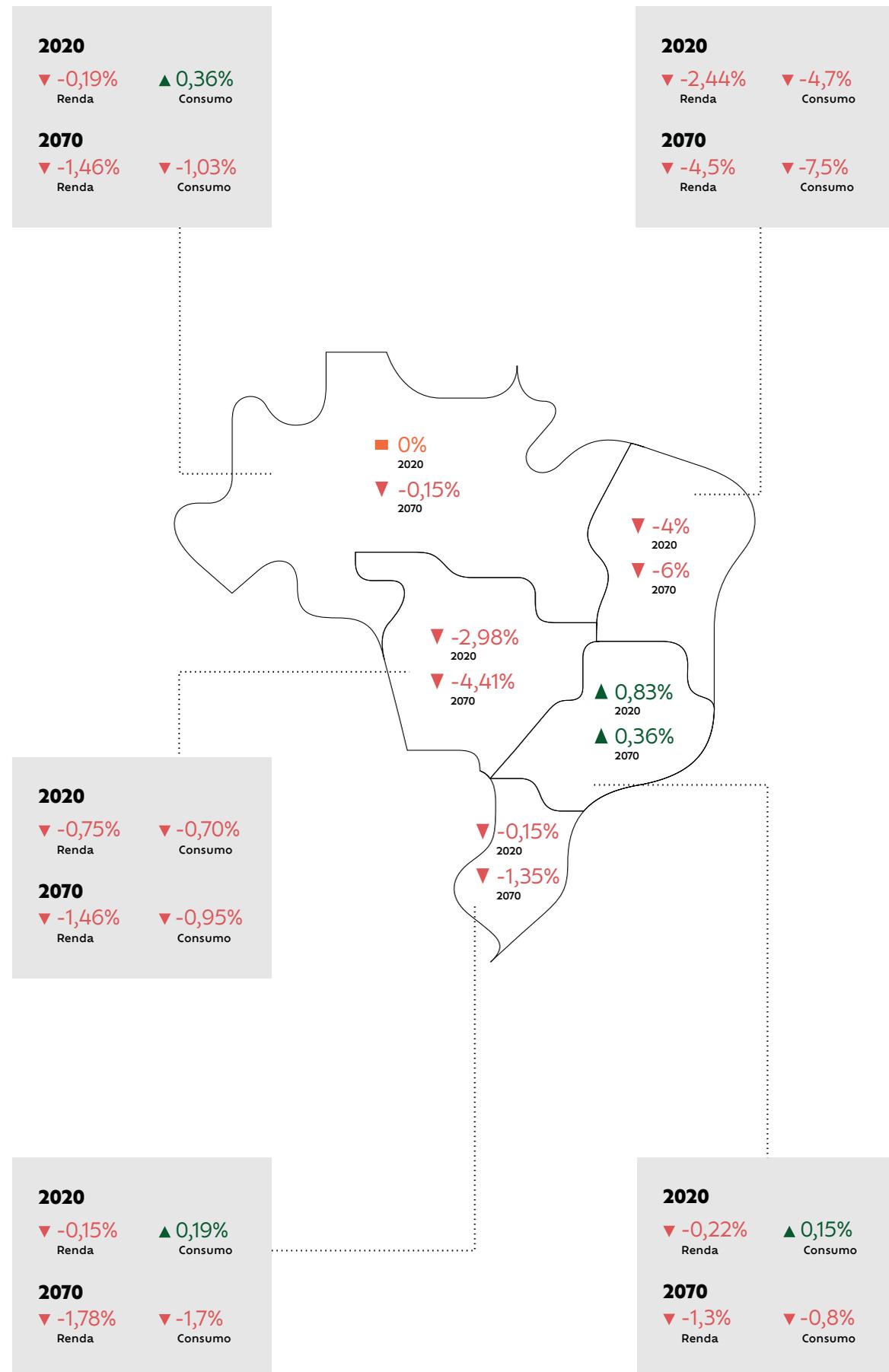


Figura 09 Impacto das mudanças climáticas no PIB, renda e consumo doméstico nas regiões do Brasil em 2020 e 2070⁴⁸



NORDESTE, IMPACTO NO PIB REGIONAL E VULNERABILIDADES REGIONAIS

Os estudos avaliados indicam que as perdas estimadas no PIB não serão uniformes entre os estados e alguns tendem a sofrer maiores impactos. Isso é especialmente preocupante para as regiões que possuem as maiores vulnerabilidades sociais, como o Nordeste. Uma avaliação mais específica sobre o impacto das mudanças climáticas nessa região para 2050 traz dados alarmantes.

Em um cenário de aumento da temperatura global entre 1,4 °C e 5,4 °C, alguns pesquisadores³⁹ projetam perda de 2,9% para 2050 do PIB do Nordeste. E há literatura que indica que essas perdas poderiam ser da ordem de 6% a 11%⁴⁰ quando comparadas a um cenário sem mudanças climáticas. Também há um estudo cuja estimativa aponta para a redução de 4% no PIB do Nordeste já em 2020, e de 6% em 2070 quando comparados ao PIB de 2005⁴¹.

Apesar de terem diferentes linhas de base – cenário sem mudanças climáticas e PIB de 2005 – que não permitem comparação entre os estudos, todas essas análises ressaltam que o quadro de redução do PIB poderia levar ao aumento da pobreza em uma região com elevada fragilidade social e contribuir para uma nova onda migratória para estados e locais com mais oportunidades. As pesquisas indicam que a parte da população mais impactada pela redução do PIB é a de mais baixo nível educacional e de menor renda, que pode ter mais dificuldade para migrar e lidar com os impactos das mudanças climáticas como a seca e a redução da produção agrícola, entre outros.

É importante que medidas de adaptação sejam pensadas e implementadas nos locais mais impactados ou haverá forte tendência de que estes se tornem origem de um fluxo migratório que, por sua vez, irá demandar ações específicas dos locais escolhidos como destino dessa população, principalmente as grandes regiões metropolitanas do Nordeste⁴².

Ainda observando os efeitos do aumento da temperatura global entre 1,4 °C e 5,4 °C, estima-se que deverá haver queda de 5,2% no consumo em todos os municípios no Nordeste.

Se os ciclos de agricultura e da produção baseada em recursos naturais forem alterados, as consequências atingirão o emprego e a renda, numa espécie de efeito dominó⁴³.

Uma análise mais recente e focada nos impactos na agricultura⁴⁴ também aponta para grandes perdas no PIB do Nordeste em virtude da redução de área agricultável de baixo risco, o que é preocupante, visto o importante peso que a agricultura tem atualmente no PIB da região, impulsionado principalmente pela produção de soja e algodão na Bahia e de cana-de-açúcar em Pernambuco⁴⁵.

³⁹ Margulis, Sergio; Dubeux, Carolina Burle Schmidt (eds). *Economia da mudança do clima no Brasil: Custos e oportunidades*. São Paulo: Ibp Gráfica, 2010.

⁴⁰ Cedeplar/UFMG e Fiocruz. *Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050*. Cedeplar/UFMG e Fiocruz, 2008.

⁴¹ Ferreira Filho, Joaquim Bento de Souza; Moraes, Gustavo Inácio. *Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil*. *Environment and Development Economics*, 20, 2015. pp 37-61.

⁴² Cedeplar/UFMG e Fiocruz. *Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050*. Cedeplar/UFMG e Fiocruz, 2008.

⁴³ Cedeplar/Fiocruz (2008).

⁴⁴ Ferreira Filho, Joaquim Bento de Souza; Moraes, Gustavo Inácio. *Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil*. *Environment and Development Economics*, 20, 2015. pp 37-61.

⁴⁵ Cedeplar e Fiocruz (2008).

⁴⁶ Referem-se a dois cenários projetados pelo 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima de 2007: A2 e B2.

⁴⁷ Ferreira Filho e Moraes (2015).

⁴⁸ Ferreira Filho e Moraes (2015).



IMPACTOS ESPECÍFICOS NO PIB AGRÍCOLA

A agricultura será impactada em todo o país, não apenas no Nordeste. Considerando o aumento da temperatura global entre 1,4 °C e 5,4 °C, em geral, a perda na escala nacional seria de 0,28% em relação ao PIB de 2005⁴⁷. Nesse cenário, os autores preveem queda de 0,53% na renda dos brasileiros em relação à renda de 2005, além de queda no consumo doméstico de 0,70%. Já em 2070, o PIB seria 1,12% menor que em 2005, com queda na renda de 1,81% e redução no consumo doméstico em 2,09%. Como em outros estudos, essa queda não será uniforme para todas as regiões.

03

Saúde

Até 2099, a maior parte do território brasileiro estará sob estresse muito forte ou extremo em função do calor, caso haja um aumento médio da temperatura global de, no mínimo, 4 °C⁴⁹. Essa é a conclusão do relatório mais abrangente e recente sobre o tema. Ele indica que os impactos da elevação das temperaturas serão diversos para os brasileiros. Vários níveis de estresse por calor podem ocorrer devido a exposição a temperaturas acima de 38 °C, e as consequências podem envolver desde náuseas, dor de cabeça, vertigens, fraqueza, sede e tontura, até casos mais graves, como os de insolação e ataques cardíacos.

A forma como os indivíduos serão impactados depende de características como idade, peso, doenças pré-existentes, entre outros. Estimase, no entanto, que a taxa de mortalidade para idosos aumente 7,5 vezes num contexto de temperatura média igual ou acima de 30 °C por doenças do aparelho circulatório⁵⁰.

De forma geral, os impactos das mudanças climáticas na saúde dos brasileiros ainda foram pouco estudados e apenas cinco estudos sobre o tema foram encontrados. Mesmo com pouca literatura sobre o assunto, já é possível identificar impactos concretos na saúde, devem se agravar com o aumento da temperatura, como é o caso do aumento da incidência de doenças tropicais.

Num cenário de aumento da temperatura média do planeta de, pelo menos, 4 °C, pesquisadores⁵¹ indicam que vários municípios do Norte, Nordeste, Sul e Sudeste – nesta última região, especialmente nos estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro – apresentarão condições térmicas ainda mais favoráveis para a disseminação do *Aedes aegypti* entre 2071 e 2099. O mosquito é o vetor de doenças como dengue, chikungunya e zika. Além disso, um estudo mais específico sobre leishmaniose

constatou que o Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo passariam a ter ambientes favoráveis para a proliferação de um dos mosquitos transmissores da doença⁵².

Também, os estudos existentes sobre os impactos já observados na Região Sudeste indicam a importância de se sistematizar informações sobre o histórico de casos de doenças e internações para melhorar estimativas de custos e ações de adaptação, evitando doenças e mortes decorrentes de eventos climáticos extremos.

3.1 IMPACTOS REGIONAIS

NORTE

A região terá condições climáticas consideradas de alto risco de mortalidade, com temperatura média maior ou igual a 30°C⁵³. Esse impacto será mais intenso na população infantil e idosa, considerada mais vulnerável, que poderá estar exposta a um aumento médio de 7 °C na região. No caso da população infantil, merecem destaque os estados do Pará, Acre e Amazonas que terão mais de 35% da população infantil em alguns municípios expostas à temperatura média igual ou acima de 30 °C, considerada de alto risco de mortalidade.

Caso não haja melhoria nas condições sanitárias precárias do Norte do país, estas também contribuirão para um cenário futuro de proliferação de doenças associadas a eventos climáticos extremos. Para se ter uma ideia, apenas 3,5% dos municípios na região possuem acesso à rede de esgoto⁵⁴. Estatísticas recentes indicam que apenas 7,9% do esgoto é coletado na região e que só 54,9% da população possui acesso a água tratada – sendo o menor índice do país⁵⁵ e com a maior proporção de crianças e adolescentes com o pior percentual de acesso a água do Brasil⁵⁶.

Diante desse contexto e com as projeções de aumento de temperatura média do planeta de, no mínimo, 4 °C, estima-se que 34% dos municípios e 64% da população infantil da Região Norte poderão apresentar um aumento de 50% em casos de diarreia até 2099⁵⁷.

NORDESTE

Considerando o aumento de temperatura média global entre 1,4 °C e 5,4 °C, é previsto o agravamento da seca no semiárido até 2050⁵⁸, que aumentara a aridez de forma progressiva e sem precedentes. Isso deve transformar parte de

uma área ocupada por 20 milhões de pessoas em deserto.

Mesmo que a população do semiárido esteja habituada a secas periódicas, haverá fortes impactos para aqueles que não tiverem condições econômicas de deixar suas terras, pois terão de conviver com o provável aumento da desnutrição e com a perda de até 80% da produção de subsistência. Além disso, esse cenário traz previsão de aumento das doenças associadas à falta de água tratada, como a esquistossomose e a leptospirose, além da mortalidade infantil por diarreia.

Em um cenário que prevê o aumento médio da temperatura global de, no mínimo, 4 °C, há previsão do aumento de inundações e secas mais prolongadas até 2099, que pode agravar a indisponibilidade de água tratada, contaminação de alimentos e doenças causadas pela falta de higiene pessoal, como as gastroenterites e hepatites⁵⁹.

Além disso, o Nordeste já possui aproximadamente 80% dos municípios com vulnerabilidade muito alta para condições de saúde, representando cerca de 40% da população infantil e idosa da região. Essa população vulnerável poderá estar exposta a um aumento médio de 5 °C na região entre 2071 e 2099.

Nesse contexto, Piauí e Maranhão merecem atenção, pois terão condições climáticas consideradas de alto risco de mortalidade, com temperatura média maior ou igual a 30°C⁶⁰. Além desses dois estados, Bahia, Paraíba e Ceará são considerados mais críticos na região porque são mais vulneráveis a problemas de saúde agravados pelos efeitos das mudanças climáticas, como endemias e doenças da saúde infantil⁶¹.

CENTRO-OESTE

É a região com a menor quantidade de informações sobre impacto das mudanças climáticas na saúde de sua população. Considerando um aumento da temperatura média do planeta de, no mínimo, 4°C, o Centro-Oeste terá condições climáticas consideradas de alto risco de mortalidade, com temperatura média maior ou igual a 30 °C até 2099⁶².

SUDESTE

Dois estudos trazem evidências concretas sobre o aumento de doenças decorrentes de eventos climáticos extremos nos últimos anos para a cidade de São Paulo. Apesar de não fazerem projeções futuras, é possível assumir, de forma geral, que o aumento desses eventos pode agravar

as tendências já observadas.

Um dos principais resultados é a análise das mortes por ondas de calor. Nos últimos 14 anos, dias com essas ondas de calor tiveram 5,8% mais mortes, principalmente por doenças respiratórias. Os efeitos foram observados entre 25,7 °C e 27,1 °C numa duração de dois a cinco dias de onda de calor⁶³.

É válido ressaltar que os grupos mais vulneráveis a esse efeito são as mulheres, idosos acima de 75 anos e pessoas sem escolaridade. Os efeitos manifestam-se até um dia após o término da onda de calor.

Outro resultado importante é a análise das mortes por temperaturas muito baixas. Para o mesmo período (últimos 14 anos), revelou-se uma mortalidade 8,6% maior em temperaturas muito baixas. E, nesse caso, estavam mais relacionadas a doenças cardiovasculares. Idosos acima de 75 anos são o grupo mais vulnerável, com risco 13,2% maior que jovens.

Além das doenças mencionadas, estima-se o aumento de casos de leptospirose. Segundo dados relativos aos anos entre 1998 e 2005, houve um aumento médio de 100% nas internações por leptospirose entre 14 e 18 dias após precipitações acima de 100 mm/dia, visto que a chuva intensa causa inundações e aumenta o contato com água contaminada⁶⁴.

SUL

O Sul terá maior frequência de eventos extremos com forte precipitação, o que levará ao aumento de mais de 150% nos casos de leptospirose, especialmente em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

⁴⁹ Nobre, Carlos et al. *Riscos de mudanças climáticas no Brasil e os limites de adaptação. Sumário Executivo*. Brasília: Embaixada Britânica Brasília, 2015.

⁵⁰ Nobre et al (2015).

⁵¹ Nobre et al (2015).

⁵² Carvalho BM et al (2015).

⁵³ Nobre et al (2015).

⁵⁴ Segundo dados do Atlas de Saneamento de 2011, feito pelo IBGE e (Rodrigues, 2012).

⁵⁵ Ministério das Cidades (2016).

⁵⁶ Um levantamento de 2015 da Fundação Abrinq e (Cintra e Mathias, sd).

⁵⁷ Nobre et al (2015).

⁵⁸ Até 2050, Cedeplar e Fiocruz (2008).

⁵⁹ Nobre et al (2015).

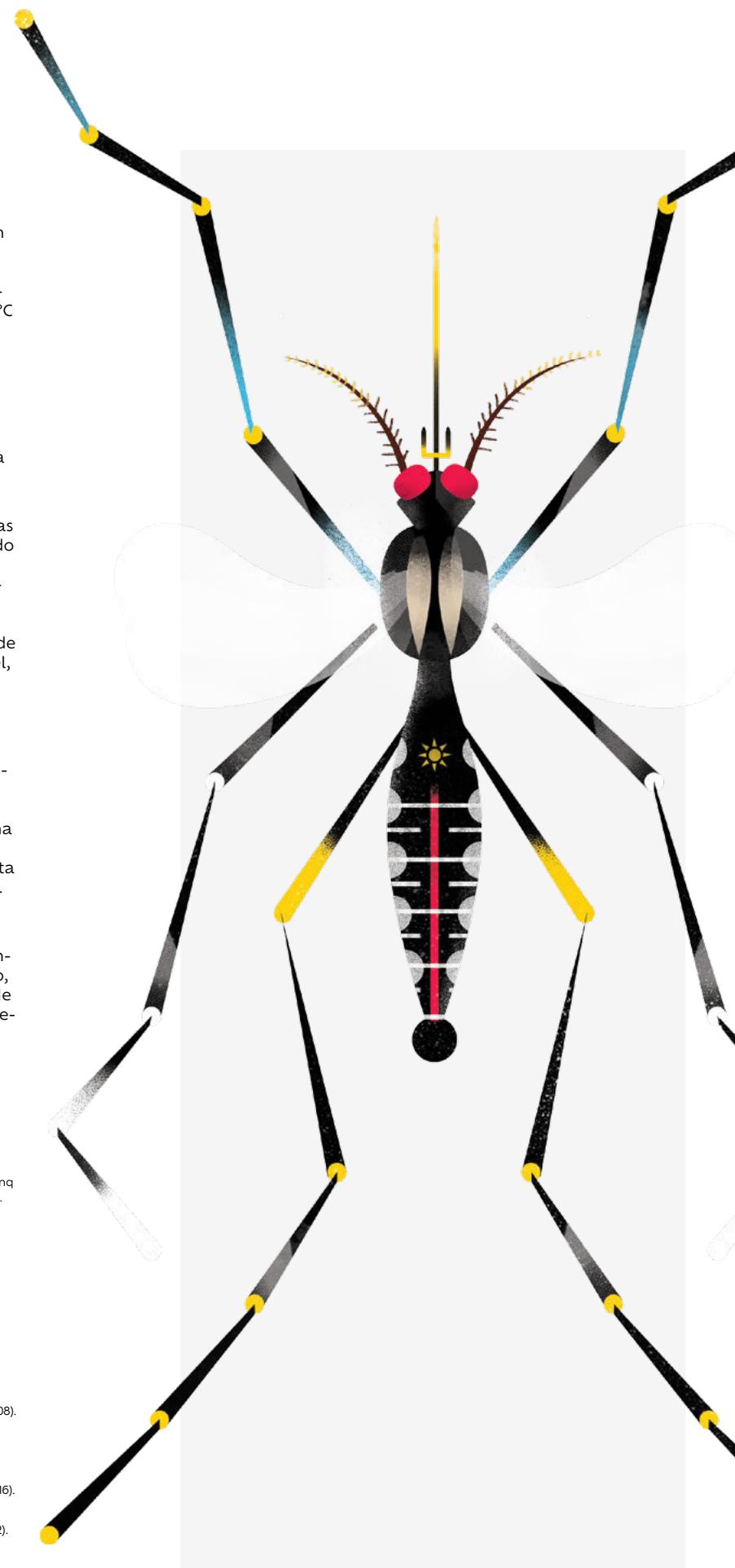
⁶⁰ Nobre et al (2015).

⁶¹ Cedeplar e Fiocruz (2008).

⁶² Nobre et al (2015).

⁶³ Son, Ji-Young et al (2016).

⁶⁴ Coelho & Massad (2012).



Infraestrutura costeira
Infraestrutura e transporte rodoviário
Infraestrutura urbana

04

Infraestrutura

As avaliações sobre impactos das mudanças climáticas no setor de infraestrutura brasileira são muito recentes e demandam maior aprofundamento. O primeiro estudo a fazer uma análise na escala nacional é de 2010 e tratou apenas de danos na costa brasileira. Outros estudos analisados são de 2015. No caso de infraestrutura, em linhas gerais, os resultados tratam da parte costeira, alguns aspectos da infraestrutura urbana e também de rodovias.

As análises dos impactos nas cidades ainda são escassas e, em alguns casos, pouco confiáveis, ressaltando a necessidade de investimento em pesquisa na área. Mesmo assim, já existem indicações de adaptações necessárias na infraestrutura das principais cidades com portos e indicações de que os possíveis impactos previstos chegam à casa das centenas de bilhões de reais.

INFRAESTRUTURA COSTEIRA

A elevação do nível do mar provocada pelo aumento da temperatura global acarretará em grandes impactos na infraestrutura costeira. As consequências são muito abrangentes. Incluem desde prejuízos à estrutura de portos, redução de superfície terrestre de cidades, destruição de casas e de outras construções civis localizadas na costa marítima e maior incidência de alagamentos na ocorrência de chuvas mais intensas. Estima-se que a elevação provocada por um cenário de aumento médio de temperatura global entre 3 °C e 5 °C geraria risco de prejuízos materiais de R\$ 136 bilhões a R\$ 207,5 bilhões ao longo de toda a costa brasileira.

Também serão enfrentadas consequências em relação à elevação das marés. Num cenário de aumento médio de temperatura global entre 1,4 °C e 3,7 °C⁶⁵, várias cidades com portos importantes no país passarão a ter maior tendência de elevação da maré em relação ao seu padrão histórico.

Um dos efeitos decorrentes disso será a redução da chamada borda livre do cais dessas cidades, um desnível que evita que o cais seja atingido pela água. É possível diminuir os danos com obras de adaptação na infraestrutura desses portos, projetados para suportar ondas de determinada altura. Isso pode envolver, por exemplo, reforço de estrutura e macrodrenagem. No entanto, algumas das obras precisariam ser executadas imediatamente ou no médio prazo.

Tendência de elevação da maré e medidas de adaptação recomendadas em portos brasileiros⁶⁶

TENDÊNCIA DE ELEVÇÃO DA MARE	ESTADO/CIDADE	2010	2050	2030	2050	TIPO	CUSTO (MILHÕES)	PRAZO RECOMENDADO
ALTA	PE/Recife	50	70	87	70	Micro e macrodrenagem; reforço de estruturas	R\$ 101	Reforço deve ser imediato. Outras medidas seriam para 2030 e 2050
	PR/Paranaguá	33	50	127	110	Reforço ou adaptação de infraestrutura	R\$ 129 a R\$ 132	Não indica
	RJ/Rio de Janeiro	55	85	84	67	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto	R\$ 17,6	2030 e 2050
	SP/Santos	30	46 a 128	88 a 112	72	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto	R\$ 991	2030 e 2050
MODERADA	PA/Belém	31	47	89	73	Macro e microdrenagem	R\$ 56	2030
	SP/São Sebastião	22	36	99	85	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto	R\$ 10	2030

Estimativas de impacto de mudanças do clima em cidades costeiras⁶⁷

ESTADO	CIDADE/PORTO	IMPACTO	MEDIDAS DE ENFRENTAMENTO		
			TIPO	CUSTO (MILHÕES)	PRAZO RECOMENDADO
AL	Maceió	Redução da borda livre do cais para 80 cm em 2030 e 63 cm em 2050	Micro e macrodrenagem; reforço de estruturas	R\$ 40	Reforço deve ser imediato, e outras medidas para 2030
BA	Ilhéus/Malhado	Projeção de ondas 4% a 5% maiores que 3,5 m (capacidade atual de suporte)	Reforço de estruturas; várias medidas de alteração e aumento de altura de estruturas	R\$ 11	Reforço deve ser imediato e outras medidas para 2030
CE	Fortaleza/Mucuripe	Projeção de ondas 5% a 10% maiores que 4,5 m (capacidade atual de suporte) reforço de estrutura	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto; reforço de estruturas	R\$ 45,9	Imediato
ES	Aracruz/ Barra do Riacho	Projeção de ondas 3% a 10% maiores que 3 m (capacidade atual de suporte)	Reforço de estruturas	R\$ 14	2050
	Vitória/Tubarão	Projeção de ondas 4,4% a 10% maiores que 4 m (capacidade atual de suporte)	Reforço de estruturas	R\$ 11,6	Reforço deve ser imediato. Outras medidas seriam 2030 e 2050
	Vitória/Praia mole	Projeção de ondas 4,2% a 10% maiores que 4 m (capacidade atual de suporte)	Reforço de estruturas	R\$ 28,4	2030 e 2050
RJ	Niterói	Redução da borda livre do cais para 89cm em 2030 e 72 cm em 2050	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno	R\$ 17,6	2030 e 2050
RS	Rio Grande	Projeção de ondas 5% a 10% maiores que 7 m (capacidade atual de suporte)	Macrodrenagem das áreas retroportuárias e do entorno do porto; construção ou reforço de infraestrutura para suportar impacto de ondas	R\$ 66 a R\$ 70	Algumas devem ser imediatas e outras para 2050
SC	Imbituba	Projeção de ondas 5,7% maiores que 5,2 m (capacidade atual de suporte)	Reforço de estruturas	R\$ 12 a R\$ 13	Algumas devem ser imediatas e outras para 2050
	Laguna	Não há dados sobre as projeções de ondas, mas estudo indica necessidade de maior manutenção	Reforço das estruturas	R\$ 12 a R\$ 14	Algumas devem ser imediatas e outras para 2050

⁶⁵ Cabral Jr (2015a).

⁶⁶ Cabral Jr (2015a), Cabral Jr (2015b) e Cabral (2015c).

⁶⁷ Cabral Jr (2015b) e Cabral (2015c).

INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Nos cenários de aumento médio de temperatura global entre 1,4 °C e 3,7 °C, o número de estados com rodovias de alta e muito alta vulnerabilidade praticamente triplicariam – passando de 8 para 22. O problema será causado tanto em regiões que sofrerão ondas de calor quanto naquelas que vivenciarão aumento de precipitação.

No primeiro caso, os danos previstos incluem a deterioração de pavimentos em períodos de ondas de calor e corrosão de estruturas metálicas sujeitas aos efeitos da maresia, nos municípios litorâneos. No caso de aumento de precipitação, os danos serão decorrentes de deslizamentos de terra, aumento da umidade do solo, sobrecarga ou bloqueio de sistemas de drenagem.

A Região Nordeste concentrará a maior parte dos segmentos rodoviários de alta e muito alta vulnerabilidade, seguida da Região Norte. Não há uma estimativa de custo das medidas de adaptação necessárias para reduzir essa vulnerabilidade, mas há indicações de quais medidas de adaptação podem ser adotadas em cada região.

68 La Rovere (2015a).

69 La Rovere (2015c).

70 La Rovere (2015c).

71 Cabral Jr (2015d) e Cabral Jr (2015e).

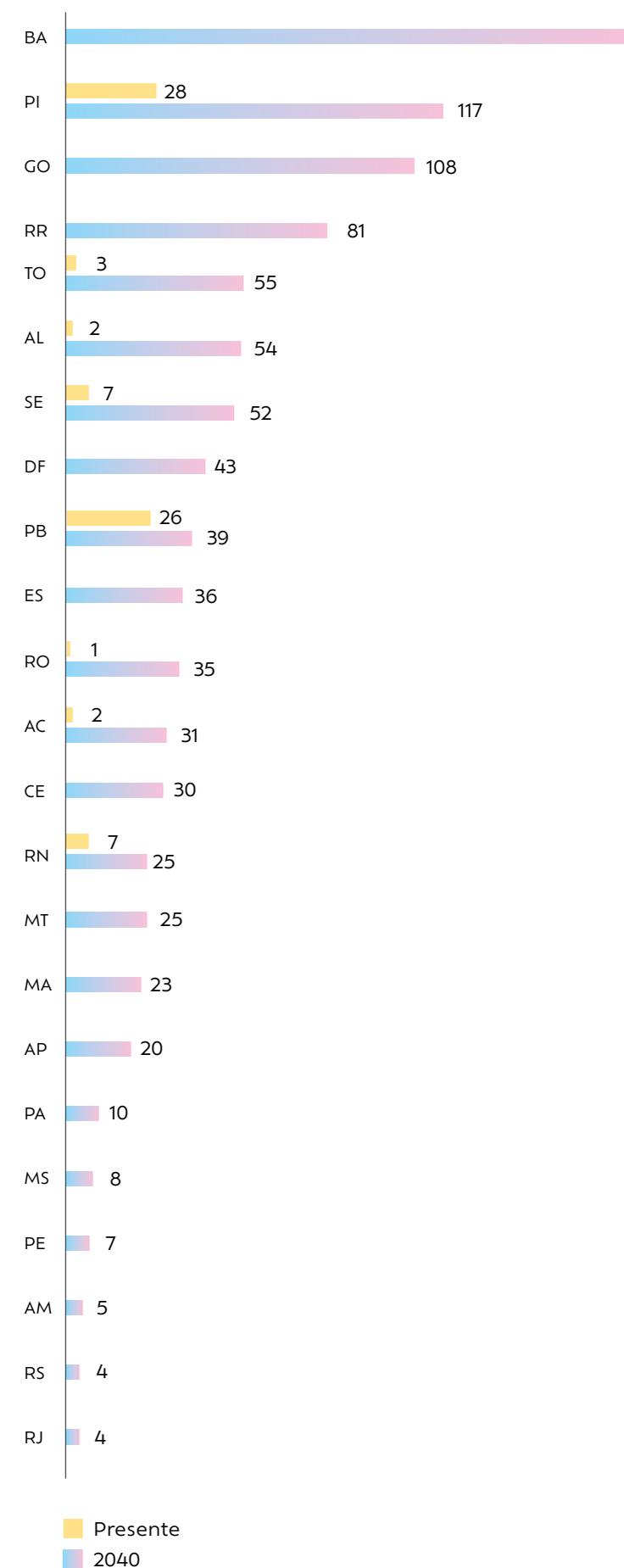
72 Cabral Jr, (2015b).

73 Cabral Jr, (2015b).

74 Cabral Jr (2015b).

75 Cabral Jr (2015b).

Figura 10 Número de segmentos rodoviários com alta vulnerabilidade⁶⁸



INFRAESTRUTURA URBANA

Mais de 80% da população brasileira vive em áreas urbanas, o que torna fundamental a previsão de possíveis impactos das mudanças climáticas em sua infraestrutura. Hoje, essas análises ainda são limitadas a alguns estados do Nordeste e Sudeste. No caso do Nordeste, o foco das análises encontradas foi na capacidade de drenagem, mas os modelos⁷¹ demonstraram grande incerteza, e os resultados não são indicados para inferências de impacto nas cidades. Isso também ocorreu para análise de drenagem no Sudeste.

Outras análises sobre infraestrutura de três cidades no Sudeste, nos cenários de aumento médio de temperatura global entre 1,4 °C e 3,7 °C, revelaram impactos causados pelo aumento do nível do mar até 2040 em duas cidades⁷².

No Rio de Janeiro, por exemplo, a maior parte do município encontra-se em áreas de média a alta vulnerabilidade socioambiental às mudanças climáticas. O aumento do nível do mar afetaria estações de tratamento de água, estruturas importantes em casos de desastres, como hospitais, polícia, Exército, bombeiros, Aeronáutica, Marinha.

Boa parte da malha viária do município também se encontra em áreas de alta vulnerabilidade, possibi-

tando a ocorrência de interrupções parciais ou totais do serviço de trens e metrô em caso de eventos extremos, impactando a mobilidade daqueles que dependem desses serviços. Além disso, áreas de alta vulnerabilidade no município atingem imóveis cujo valor total está estimado entre R\$ 109 a R\$ 124 bilhões⁷³.

Em Santos, estima-se que toda a área estudada tem vulnerabilidade no mínimo média⁷⁴, o que já torna difícil a realocação de infraestrutura. Além disso, há vários empreendimentos industriais e atividades químicas nas áreas de maior vulnerabilidade. Isso pode representar problemas, à medida que se amplia a frequência ou a intensidade de eventos extremos com capacidade de causar danos às estruturas devido ao aumento da temperatura global.

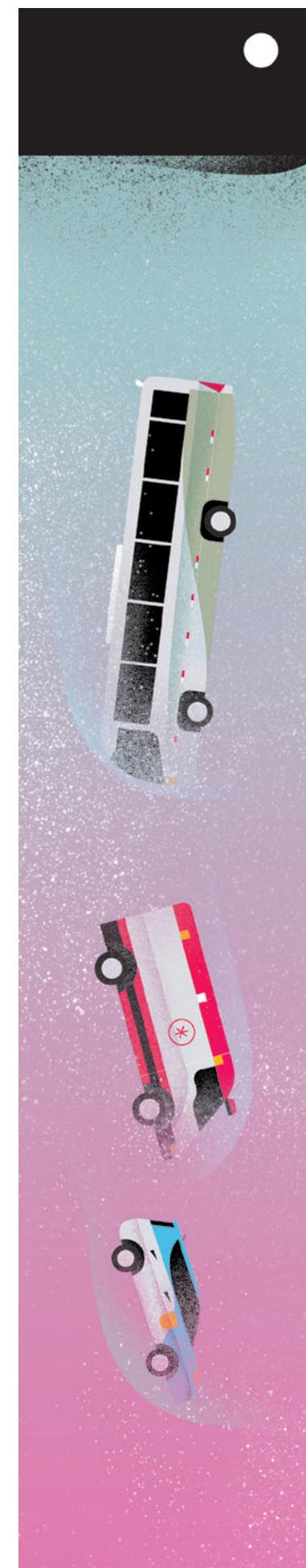
Os terminais de transporte rodoviário coletivo, ambos na parte norte da ilha, próxima ao porto e à via Anchieta, estão em área de alta vulnerabilidade. As consequências podem recair na área de mobilidade em caso de eventos extremos. Finalmente, os valores imobiliários em áreas de vulnerabilidade muito alta atingem R\$ 48 milhões, podendo chegar a mais de R\$ 100 bilhões⁷⁵.

Impactos das mudanças do clima na malha rodoviária por região⁶⁹

REGIÃO	IMPACTOS
Norte e Nordeste	Todos os estados passam a ter segmentos rodoviários de alta e muito alta vulnerabilidade, com predominância de média vulnerabilidade.
Centro-Oeste	Predominância de segmentos rodoviários de média e alta vulnerabilidade.
Sudeste e Sul	Predominância de segmentos rodoviários de média e baixa vulnerabilidade.

Medidas de adaptação por tipo de vulnerabilidade⁷⁰

VULNERABILIDADE	MEDIDAS DE ENFRENTAMENTO
Baixa	Reestruturação de ativos já existentes.
Média	Reestruturação de ativos já existentes, com substituição de estruturas em caráter pontual.
Alta	Reestruturação de ativos já existentes, com substituição de estruturas com resistência superior. Nos casos mais graves pode ser necessário novo projeto geométrico, que determine o melhor traçado da rodovia em função das características de sua utilização e características físicas.



05

Fluxos migratórios

O último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima da Organização das Nações Unidas (IPCC) indica que o aquecimento global pode provocar o deslocamento de populações em decorrência de eventos climáticos extremos. Isso levaria a novos fluxos migratórios, e esse problema seria especialmente relevante em países com baixa renda. No contexto brasileiro, isso significa que populações com maior dificuldade de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas acabariam migrando para grandes centros urbanos e regiões com melhor capacidade de adaptação às novas condições climáticas.

No entanto, há pouca pesquisa sobre o potencial de migração diante dos cenários de aumento da temperatura global e impactos das mudanças climáticas no Brasil. Apenas dois estudos entre os analisados tratam

desse tema. Um deles é específico para a Região Nordeste, que teria a tendência recente de fluxo migratório invertida, passando a ter mais evasão. O outro abrange todo o país, mas na perspectiva das consequências que podem ocorrer a partir de impactos na agricultura, indicando a ausência de dados para os outros setores da economia.

MIGRAÇÃO NO BRASIL

Comparando um mundo sem mudanças climáticas e aquele em que a temperatura sobe entre 1,4 °C e 5,4 °C, há evidências de que os impactos na agricultura, principalmente a redução de área para culturas mais relevantes na economia, provocariam o aumento de migração entre estados até 2070.

Haveria inversão na atual tendência⁷⁶ de fluxo migratório⁷⁷ que tem como destino final o Nordeste, e as regiões Sul, Sudeste e Norte passariam a atrair mais migrantes, com exceção do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, que teriam mais emigração a partir de 2038.

Como o estudo foca em trabalhadores migrando do setor de agricultura, é válido considerar que grande parte seria de mão de obra pouco qualificada, o que aumenta o risco de situações de formação de favelas em grandes centros urbanos. Outro ponto de atenção em relação à intensificação da migração para a Região Norte é de que haveria pressão sobre a Floresta Amazônica.

Estimativa de aumento de fluxo migratórios por grupos de estados⁷⁸ até 2070

REGIÃO	ESTADOS	TENDÊNCIA	PERCENTUAL DE AUMENTO EM RELAÇÃO A CENÁRIO SEM MUDANÇA DO CLIMA*	DIFERENÇA ENTRE ENTRADA E SAÍDA DE TRABALHADORES MIGRANDO*
Norte	AP e RR	Entrada	2,5%	5 mil
	AM, AC, PA, RO, TO	Entrada	3%	22 mil
Nordeste	AL e PE	Saída	1,5%	6 mil
	BA	Saída	4%	25 mil
	MA e PI	Saída	8%	45 mil
	CE, PB, RN, SE	Saída	2%	13 mil
Centro-Oeste	DF, GO, MT	Entrada	1,8%	15 mil
	MS	Saída	5,7%	7 mil
Sudeste	ES e RJ	Saída	3%	11 mil
	MG	Entrada	2,5%	15 mil
	SP	Entrada	3%	35 mil

⁷⁶ Dados de 2001 a 2007.

⁷⁷ Ferreira Filho e Horridge (2010).

⁷⁸ Ferreira Filho e Horridge (2010).

⁷⁹ Cedeplar e Fiocruz (2008).

⁸⁰ Ferreira Filho e Horridge (2010).

⁸¹ Cedeplar e Fiocruz (2008).

Figura 11 Tendências de migração até 2070 a partir dos impactos das mudanças climáticas agricultura.



Entrada
Saída

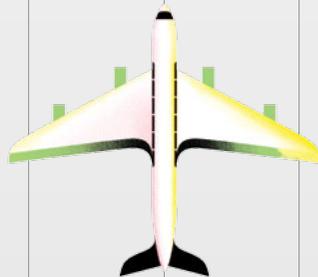
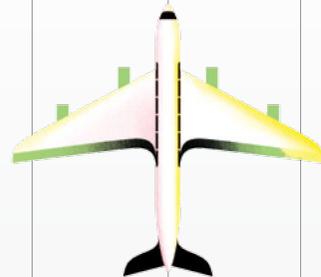
MIGRAÇÃO NO NORDESTE

No cenário de aumento de temperatura média global entre 2 °C e 5,4 °C, estima-se que os impactos das mudanças climáticas causariam um aumento de 24% na migração no Nordeste dentro da própria região, ou seja, de cidades menores e menos adaptadas às mudanças para grandes centros urbanos.⁷⁹

No entanto, a migração do Nordeste para outras regiões do país seria inferior a 0,4% entre 2035 e 2050. Para valor de comparação, o aumento projetado de migração em um cenário sem os efeitos das mudanças climáticas é 0,29% até 2050. Dentre os impactos dessa migração, estaria o risco de redistribuir espacialmente focos ou de intensificar a transmissão de doenças endêmicas como a dengue, a doença de Chagas, a leishmaniose tegumentar e a leishmaniose visceral.

Além disso, os grandes centros urbanos nordestinos apresentam restrições na oferta de água tratada. Associada aos efeitos das mudanças climáticas, a migração e a concentração de pessoas nas periferias poderá ampliar ainda mais a escassez de água, prejudicando significativamente as atividades econômicas, a qualidade de vida, bem como a saúde.

Para se ter uma ideia, o número imigrantes em 2070 (total de imigração menos o total de emigração) seria de cerca de 25 mil saindo da Bahia, e cerca de 45 mil saindo de Maranhão e Piauí. Esse valor pode ser maior, pois o estudo só considera os trabalhadores no setor de agricultura, não incluindo familiares, o que poderia aumentar o número final de migrantes.⁸⁰



Estimativa de saldo migratório e taxa líquida de migração.

(Considerando entrada e saída de habitantes por municípios no Nordeste⁸¹)

	2025-2030		2035-2040		2045-2050	
	SALDO MIGRATÓRIO N° DE HAB.	TAXA LÍQUIDA DE MIGRAÇÃO (%)	SALDO MIGRATÓRIO N° DE HAB.	TAXA LÍQUIDA MIGRATÓRIO (%)	SALDO MIGRATÓRIO N° DE HAB.	TAXA LÍQUIDA MIGRATÓRIO (%)
Regiões metropolitanas (rm) e capitais						
RM de São Luís	-1167	-0.06	-9529	-0.42	-5492	-0.23
São Luís	-794	-0.05	-5950	-0.47	-3076	-0.27
Restante da RM de São Luís	-373	0.01	-3579	-0.36	-2416	-0.19
RM de Fortaleza	547	0.04	-9462	-0.21	-7576	-0.16
Fortaleza	1206	-0.08	-5950	-0.17	-3076	-0.09
Restante da RM de Fortaleza	-658	0.02	-3513	-0.34	-4501	-0.34
RM de Natal	541	-0.01	-5782	-0.22	-7262	-0.24
Natal	-56	0.05	-2594	-0.34	-2397	-0.38
Restante da RM de Natal	597	-0.08	-3188	-0.17	-4864	-0.20
João Pessoa	-1387	-0.02	-13728	-0.68	-16948	-0.75
RM de João Pessoa	-221	-0.16	-8175	-0.70	-9935	-0.80
Restante da RM de João Pessoa	-1166	0.00	-5553	-0.64	-7013	-0.68
Recife	-208	0.01	-15467	-0.95	-15779	-1.03
RM de Recife	123	-0.01	-47518	-0.99	-53005	-1.10
Restante da RM de Recife	332	0.02	-32051	-1.01	-37226	-1.13
RM de Maceió	436	0.03	-2236	-0.11	-2388	-0.11
Maceió	391	0.01	-2077	-0.13	-2238	-0.13
Restante da RM de Maceió	45	0.04	-159	-0.04	-150	-0.04
RM de Aracajú	495	0.03	-406	-0.03	54	0.00
Aracajú	139	0.04	-150	-0.04	-136	-0.05
Restante da RM de Aracajú	356	-0.03	-255	-0.02	189	0.01
RM de Salvador	-1286	0.04	-12321	-0.24	-10561	-0.21
Salvador	1267	-0.18	-4861	-0.15	-2638	-0.09
Restante da RM de Salvador	-2552	-0.04	-7460	-0.42	-7923	-0.39
Teresina	-422		-5824	-0.59	-4731	-0.58
Acima de 250.000 habitantes						
Campina Grande (PB)	-753	-0.16	-4.203	-0.88	-3.684	-0.79
Caruaru (PE)	235	0.0	-2.473	-0.57	-2.806	-0.6
Feira de Santana (BA)	188	0.03	-1.312	-0.20	-866	-0.14
Vitória da Conquista (BA)	229	0.07	-367	-0.11	-91	-0.03
Entre 150.000 e 250.000 habitantes						
Imperatriz (MA)	46	0.03	-551	-0.39	-122	-0.12
Juazeiro (CE)	167	0.05	-365	-0.10	-375	-0.10
Sobral (CE)	101	0.04	-364	-0.14	-401	-0.16
Mossoró (RN)	-276	-0.12	-1.014	-0.53	-854	-0.57
Petrolina (PE)	-258	-0.0	-12.874	-2.0	-16.878	-2.26
Arapiraca (AL)	143	0.06	-617	-0.28	-609	-0.29
Ilhéus (BA)	9	0.01	-376	-0.29	-188	-0.19
Itabuna (BA)	45	0.02	-389	-0.24	-206	-0.15
Juazeiro (BA)	343	0.09	-510	-0.11	-228	-0.05

Impactos gerais

Impactos regionais

Medidas de adaptação

06

Energia elétrica e recursos hídricos

A maior parte dos estudos encontrados sobre impactos das mudanças climáticas no setor de energia trata de hidrelétricas, que hoje representam cerca de 11% da geração de energia e 64% da geração de eletricidade no Brasil. Mesmo nos estudos que estimam a composição da matriz energética futura, a vazão dos rios é usada como o principal fator que impacta os custos e a capacidade de geração de eletricidade.

Com a exceção do capítulo de empregos, que apresenta dados de impactos na energia eólica, não foram encontrados estudos que tratem de efeitos específicos das mudanças climáticas em outras fontes de energia, sendo um aspecto importante para investimento em pesquisa.

IMPACTOS GERAIS

As estimativas feitas com base no aumento de temperatura global média de 1,4 °C a 3,7 °C até 2100 demonstram a tendência de redução nas vazões na maioria dos aproveitamentos hidrelétricos no país. Apenas no extremo sul ocorreria aumento.

Os impactos na geração de energia devido às maiores temperaturas da Terra foram divididos em dois cenários: um no qual medidas de mitigação são adotadas e outro no qual não são adotadas.

Diante do desafio e da necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa no mundo, e de descarbonizar a matriz energética, o Greenpeace Brasil defende que o único cenário possível para o futuro é o primeiro, no qual são implementadas ações de mitigação.

De modo geral, nos dois cenários há previsão de grave redução na capacidade de geração de energia. Os custos de operação do Sistema Interligado Nacional (SIN) são superiores

ao que ocorreria se não houvesse efeitos das mudanças do clima na vazão dos aproveitamentos hidrelétricos. O pior e mais caro cenário, no entanto, é aquele em que nenhuma medida de mitigação e adaptação é tomada.

CENÁRIO I: COM ADOÇÃO DE MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DE MUDANÇAS, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E INVESTIMENTO EM ENERGIA SOLAR

Devido ao investimento em eficiência energética, a demanda por geração de energia seria menor. Para se ter uma ideia do potencial de eficiência, o relatório *[R]evolução Energética*, do Greenpeace Brasil, prevê que o país possa reduzir em 46% o seu consumo de energia até 2050. Mesmo assim, haveria queda na capacidade de geração de energia hidrelétrica entre 4% e 15% até 2040 por conta da redução de vazão dos rios.

Dessa forma, o Sistema Interligado Nacional não conseguiria atender toda a demanda e haveria cortes de carga – além da necessidade de acionar com maior frequência as termelétricas, que são altamente poluentes e caras.

Nessa situação, o custo total de operação do Sistema Interligado Nacional em 2015 e 2030 seria entre R\$ 428 bilhões e R\$ 1,6 trilhão. O custo gerado pelo déficit de geração de energia seria entre R\$ 16 bilhões e R\$ 167 bilhões. No cenário referencial sem efeitos das mudanças climáticas, esses valores seriam de R\$ 5 bilhões e R\$ 124 bilhões respectivamente.

As opções de adaptação com melhor custo-benefício para esse cenário seriam fontes renováveis como eólica, biomassa e, em menor grau, solar, com aumento da importância do gás natural para compensar o aumento de uso das fontes intermitentes. O custo estimado para implementar as ações de adaptação está estimado entre U\$ 3 bilhões e U\$ 158 bilhões até 2040, sendo menor que o estimado para um cenário sem medidas de mitigação e com investimento maior em fontes fósseis.

CENÁRIO II: SEM QUALQUER MEDIDA DE MITIGAÇÃO ENTRE 2015 E 2030

Se nenhuma medida de mitigação ocorrer nesses 15 anos, a estimativa de queda na geração de energia hidrelétrica aumentaria para 8% a 20%. Nesse cenário, o custo total de operação do Sistema Interligado

Nacional seria entre R\$ 1,2 trilhão e R\$ 2,2 trilhões, e o custo gerado pelo déficit de geração de energia seria entre R\$ 58 bilhões e R\$ 236 bilhões de custo de déficit. Para se ter uma ideia, o cenário de referência sem efeitos das mudanças climáticas seria de R\$ 145 milhões e de R\$ 6 bilhões respectivamente para esses mesmos custos.

Nesse caso, como não haveria investimento em eficiência energética, mitigação ou taxaço de carbono, estima-se que a opção escolhida seria aumentar a geração de eletricidade a partir de fontes fósseis, notavelmente de carvão e gás natural. Como consequência, haveria um aumento nas emissões de CO₂, contribuindo ainda mais para agravar o quadro de problemas ocasionados pelas mudanças climáticas.

O custo estimado para essas medidas de adaptação seria entre U\$ 79 bilhões a U\$ 280 bilhões até 2040, ou seja, U\$ 76 bilhões a 122 bilhões maior que o cenário de adaptação previsto num cenário em que há investimento em mitigação e fontes renováveis.

Os resultados acima consideraram aumento médio de temperatura global entre 1,4 °C e 3,7 °C. Já num cenário de clima extremo, com aumento temperatura média global acima de 4 °C, estimam que o déficit no atendimento da demanda elétrica no país se torna praticamente inevitável. A demanda por mais eletricidade para lidar com temperaturas mais elevadas também estressaria o sistema elétrico.

É importante destacar que não existe uma absoluta concordância nos modelos climáticos sobre a disponibilidade de água a partir dos cenários do IPCC. Considerando os cenários do quarto relatório de 2007, usado em alguns dos estudos reportados nesse relatório, há casos em que menos de 66% dos modelos concordaram com as mudanças de precipitação para regiões brasileiras nos períodos de 2090 a 2099.

IMPACTOS REGIONAIS

NORTE

Estimativas indicam que as vazões de bacias hidrográficas no Norte devem diminuir a uma taxa superior a 5% em cada período de 30 anos até 2100. Mesmo assim, há projeções indicando que, ao contrário do

estimado para outras bacias, a do Tocantins teria aumento de vazão em 2040. Por outro lado, outros pesquisadores apresentam estimativa mais negativa para o Tocantins, com redução de vazão em 30%.⁸⁴

Estimativa de impactos das mudanças do clima na vazão de bacias e empreendimentos da Região Norte⁸⁵

BACIAS E EMPREENDIMENTOS	TENDÊNCIA	ANO PARA IMPACTO
Amazonas (Norte)	Redução de 25% e 45%	Até 2040
	Redução de 27% a 45%	2041-2070
	Redução de 33% a 71,6%	2071-2099
Amazonas (Leste)	Redução até 20%	2100
Tocantins	Aumento de 3% e 10%	Até 2040
	Aumento de 1% a 8,6%	2041-2070
	Aumento de 3,7% a 12%	2071-2099
	Redução de 30%, podendo chegar a 60% na estiagem	2080-2090
Tucuruí	Redução de 34% a 44%	2100

NORDESTE

Há indicações de que os modelos usados para análise estimam que as bacias na Região Nordeste podem sofrer redução da vazão com anomalias de 50% abaixo da média histórica entre 2071 e 2099.

Estimativa de impactos das mudanças do clima na vazão de bacias e empreendimentos da Região Nordeste⁸⁶

BACIAS E EMPREENDIMENTOS	TENDÊNCIA	ANO PARA IMPACTO
Atlântico Leste	Redução de até 90%	2070-2100
	Redução entre 25% e 42%	2040
	Redução entre 20% e 47%	2041-2070
	Redução entre 29% e 59%	2071-2099
Paraguaçu	Redução entre 15,8 e 27%	2040
	Redução entre 1,2 e 33%	2041-2070
	Redução entre 17 e 39%	2071-2099
Parnaíba	Redução entre 5 e 11,7%	2040
	Redução entre 2,4 e 13,8%	2041-2070
	Redução entre 7,4 e 18,9%	2071-2099
São Francisco	Aumento de 0,5% ou redução de até 24,6%	2040
	Aumento de 4,3% ou redução de até 31%	2041-2070
	Redução de 2% a 41%	2071-2099
Sobradinho	Redução de 32% e 57%	2100

82

Adoção de medidas de mitigação de mudanças do clima na escala internacional combinadas com esforço do Brasil para aumento de eficiência energética e de uso de energia solar entre 2015 e 2030, bem como uma taxaço de carbono equivalente a US 100/t de CO₂.

83

Não adoção de medida de mitigação entre 2015 e 2030 e o sistema energético brasileiro segue uma trajetória de menor custo, considerando apenas restrições relativas à disponibilidade de recursos pra geração de energia.

84

Ferreira Filho et al (2015).

85

FCPC, 2015b; Schaeffer et al, 2015b e Souza Filho et al (2015).

86

Margulis e Dubeux, 2010; FCPC, 2015b e Schaeffer et al (2015b).

87

FCPC (2015a).

88

Schaeffer et al (2015b).

89

FCPC (2015b); Schaeffer et al (2015b).

CENTRO-OESTE E SUDESTE

A maioria dos estudos analisados considera o subsistema Sudeste/Centro-Oeste de forma integrada. Os modelos⁸⁷ usados estimam que na região Sudeste/Centro-Oeste haveria maior possibilidade de reduções nas vazões ou leve aumento. O risco médio de déficit entre 2016 e 2030 seria de 11% a 71% (no cenário referencial seria de 3%), se o aumento médio da temperatura global ficasse entre 1,4 °C a 1,8 °C.

Nesse caso, o custo de operação seria 3,5 a 14,4 vezes maior que o cenário referencial. Porém, se o aumento médio da temperatura global for maior, entre 2 °C e 3,7 °C, o risco médio de déficit no mesmo período seria de 26% a 90%, com um custo de operação de 8 a 16,7 vezes maior que o cenário referencial.⁸⁸

Estimativa de impactos das mudanças do clima na vazão de empreendimentos ou bacias que alimentam o subsistema Sudeste/Centro-Oeste⁸⁹

BACIAS E EMPREENDIMENTOS	TENDÊNCIA	ANO PARA IMPACTO
Amazonas	Redução de 6% a 9%	Até 2040
	Redução de 7% a 12%	2041-2070
	Redução de 9% a 17%	2071-2099
Alto Paraná	Redução de 16% a 40%	Até 2040
	Redução de 12% a 37%	2041-2070
	Redução de 28% a 52%	2071-2099
Alto Tietê	Redução de 1,7% a 35%	Até 2040
	Redução de 35% a aumento de 1,8%	2041-2070
	Redução de 23% a aumento de 46%	2071-2099
Baixo Paraná	Redução de 35% a aumento de 1,8%	Até 2040
	Redução de 28,5% a aumento de 10%	2041-2070
	Redução de 39% a aumento de 8,3%	2071-2099
Doce	Redução de 11% a 12%	Até 2040
	Redução de 10% a 14%	2041-2070
	Redução de 11% a 19%	2071-2099
Grande	Redução de 9% a 42%	Até 2040
	Redução de 37% a aumento de 4%	2041-2070
	Redução de 0,3% a 54%	2071-2099
Furnas	Redução de 25% a 38%	2100
Jequitinhonha	Redução de 34% a 60%	Até 2040
	Redução de 35% a 60%	2041-2070
	Redução de 41% a 73%	2071-2099
Itabapoana	Redução de 11,7% a 21,5%	Até 2040
	Redução de 10% a 22%	2041-2070
	Redução de 15% a 28%	2071-2099
Itaipu	Redução de 12% a 40%	2100
Mucuri	Redução de 17% a 37%	Até 2040
	Redução de 14% a 39%	2041-2070
	Redução de 21% a 46,5%	2071-2099
Paraguai	Aumento de 2,4% a 9,3%	Até 2040
	Aumento de 0,7% a 8%	2041-2070
	Aumento de 3% a 11%	2071-2099

Paraíba do Sul	Redução de 2% a 16%	Até 2040	90 FCPC (2015a).	
	Redução de 14% a aumento de 6%	2041-2070		91 FCPC (2015b).
	Redução de 23% a aumento de 12%	2071-2099		92 Schaeffer <i>et al</i> (2015b).
Paranapanema	Redução de 53% a aumento de 6,6%	Até 2040	85 FCPC, 2015b; Schaeffer <i>et al</i> , 2015b e Souza Filho <i>et al</i> (2015).	
	Redução de 48% a aumento de 8%	2041-2070	93 Margulis e Dubeux (2010).	
	Redução de 63% a aumento de 38%	2071-2099	94 Nobre <i>et al</i> (2015).	
Parnaíba	Redução de 20% a 35%	Até 2040		
	Redução de 18,7% a 34%	2041-2070		
	Redução de 25% a 45%	2071-2099		
São Francisco	Redução até 90%	2070-2100		
	Redução de 26% a 47%	Até 2040		
	Redução de 22% a 47%	2041-2070		
Tietê	Redução de 30% a 61%	2071-2099		
	Redução de 4,2% a 49%	Até 2040		
	Redução de 45% a aumento de 12,5%	2041-2070		
Tocantins	Redução de 61% a aumento de 2,6%	2071-2099		
	Redução de 26% a 46,6%	Até 2040		
	Redução de 28% a 46%	2041-2070		
	Redução de 34% a 72%	2071-2099		

SUL

As estimativas encontradas para vazões de bacias da região variam de aumento a redução, sendo difícil chegar a uma tendência. Porém, no extremo sul do país haveria uma tendência de aumento nos aproveitamentos hidrelétricos.⁹⁰

Estimativa de impactos das mudanças do clima na vazão de bacias da Região Sul⁹¹

BACIA/EMPREENHIMENTO	TENDÊNCIA	ANO PARA IMPACTO
Iguaçu	Redução de 22% a aumento de 18%	Até 2040
	Redução de 4% a aumento de 27%	2041 - 2070
	Redução de 6,3% a aumento de 67%	2071 - 2099
Itajaí-Açu	Redução de 10% a aumento de 23%	Até 2040
	Aumento de 16% a 34%	2041 - 2070
	Aumento de 25% a 72%	2071 - 2099
Jacuí	Redução de 26% a aumento de 36%	Até 2040
	Aumento de 10% a 41%	2041 - 2070
	Aumento de 22% a 80%	2071 - 2099
Uruguai	Redução de 7% a aumento de 29%	Até 2040
	Aumento de 27% a 40%	2041 - 2070
	Aumento de 33% a 74%	2071 - 2099

Absorção de CO ₂
Savanização
Seca

07

Floresta

A maioria dos estudos encontrados no tema floresta brasileira refere-se à Amazônia. Há pouquíssimas informações sobre os impactos das mudanças climáticas em outros biomas, ressaltando a necessidade de investimento em pesquisa sobre o tema.

Foram analisados oito estudos com informações de interesse sobre o aumento da temperatura global na Floresta Amazônica. O principal impacto diz respeito à precipitação e aos períodos de seca, além do nível de resiliência da floresta diante de extremos nesses dois temas.

É necessário ressaltar a limitação dos modelos existentes para estimar impactos em precipitação na região amazônica. Nenhum dos modelos analisados no estudo – e que são referidos no 5º Relatório do IPCC – conseguiu reproduzir o aumento do período seco observado na Amazônia nos últimos 27 anos⁹⁵. Isso demonstra a dificuldade e a complexidade de prever o que ocorre na região e também impõe limitações nas projeções feitas em diversos estudos sobre o futuro da Amazônia, sendo necessário investir em mais pesquisa para entender a limitação desses modelos⁹⁶.

ABSORÇÃO DE CO₂

A Floresta Amazônica demonstrou alta sensibilidade à variabilidade climática nos últimos 14 anos, especialmente em relação ao aumento da cobertura de nuvens aliada ao aumento de temperatura. Em períodos mais quentes e com mais nuvens, há redução de produtividade da floresta⁹⁷, ou seja, menor taxa de crescimento e absorção de CO₂. Não há projeção ou modelagem para os próximos anos, mas há a recomendação de monitorar as implicações do aumento de temperatura, visto que a floresta já se mostrou sensível a esse fator nos últimos anos.

SAVANIZAÇÃO

Algumas projeções indicam que os períodos de seca em parte da região seriam tão intensos e longos que a floresta daria lugar a uma vegetação de características de savana, com menos biomassa e vegetação não florestal.

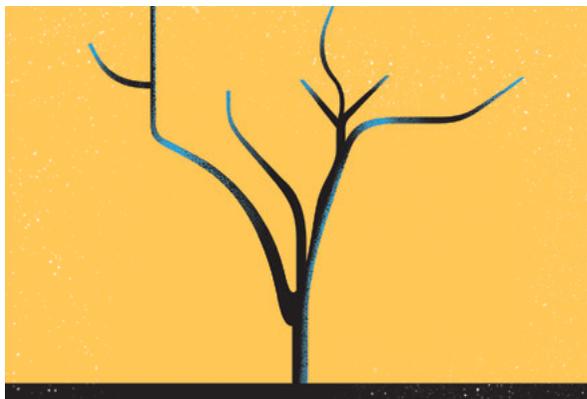
Num cenário de aumento médio de temperatura global entre 2 °C e 5,4 °C, o aquecimento na região pode chegar a 7 °C e 8 °C em 2100, com redução de 40% da cobertura florestal, que passaria a ser savana⁹⁸. O desmatamento de 40% da região é considerado um *tipping point* a partir do qual haveria essa conversão para Savana.

Outro estudo recente⁹⁹ aponta que o aumento da temperatura não provocaria uma mudança brusca da floresta para savana, mas que a transformação para uma vegetação com menos biomassa e rumo à savanização seria gradual e começaria antes mesmo do *tipping point*. Ou seja, a floresta pode ser sensível a impactos menores, e mudanças graduais podem ocorrer com o aumento da temperatura na região, mesmo se o desmatamento não chegar a 40%.

Cientistas¹⁰⁰ chamam atenção para o fato de que atingir esse elevado nível de desmatamento diminuiria a precipitação pluviométrica de forma significativa no leste da Amazônia, o que se somaria aos efeitos das mudanças climáticas, podendo potencializar o processo de savanização.

Estimativa de redução da precipitação pluviométrica na Amazônia a partir do aumento médio da temperatura global¹⁰⁶

AUMENTO DA TEMPERATURA	REDUÇÃO NA PRECIPITAÇÃO
1,8 °C a 2 °C	11%
4,8 °C a 6 °C	32%
6,2 °C a 7,7 °C	41%



- 95**
Fu et al (2013).
- 96**
Fu et al (2013).
- 97**
Seddon et al (2016).
- 98**
Margulis e Dubeux (2010).
- 99**
Levine et al (2015).
- 100**
Marengo et al (2011).
- 101**
Marengo et al (2011) & FBDS, sd.
- 102**
Boisier et al (2015).
- 103**
Malhi et al (2009).
- 104**
Malhi et al (2009).
- 105**
Fu et al (2013).
- 106**
Marengo et al (2011).

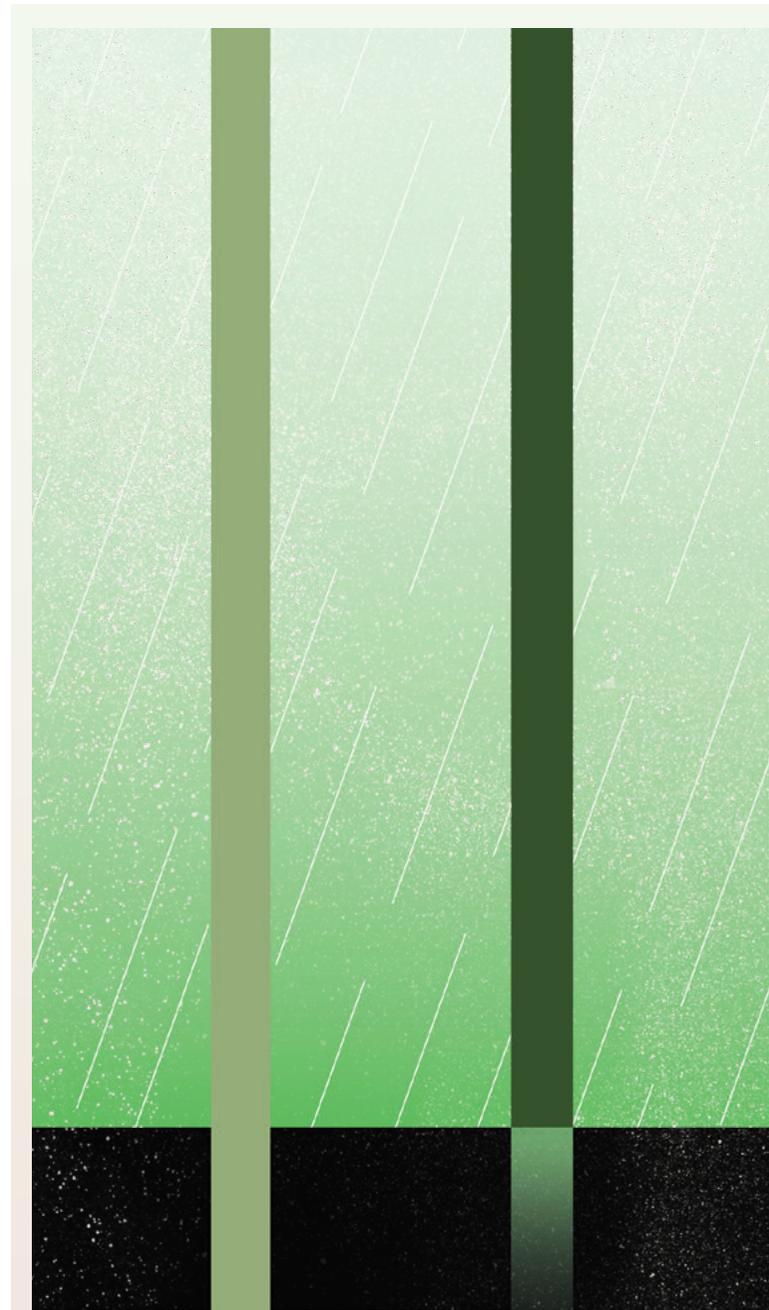
SECA

O impacto na redução de precipitação depende do aumento médio da temperatura global, mas há um estudo indicando que secas intensas na Amazônia podem passar a ocorrer uma vez a cada dois anos até 2025 e nove vezes em dez anos até 2060.¹⁰¹ Além disso, há projeções que apontam para um aumento médio entre 0,5 milhões e 0,75 milhões de quilômetros quadrados da área na Amazônia atingida por períodos secos mais longos que três meses¹⁰², mas esses dados possuem grande incerteza.

Por outro lado, alguns estudos indicam que a Região Amazônica não enfrentaria grande problema de seca ou que isso seria restrito a partes da Amazônia. Por exemplo, um estudo concluiu que existe alta probabilidade de aumento da estação seca na parte leste da Amazônia e média probabilidade (entre 30% e 50% de chance) de que esse fenômeno seja bom para a vegetação florestal. Além disso, na área oeste da Amazônia há alta probabilidade de que se desenvolva um clima favorável à floresta, com apenas 10% de chance de se tornar uma região mais seca.¹⁰³

Deve-se considerar também que os modelos do estudo tendem a subestimar o período de chuva, o que pode indicar que haveria ainda mais chance de clima favorável à vegetação florestal, ou seja, o clima seria favorável à continuidade da floresta e não de uma vegetação de savana.¹⁰⁴

Há também corrente de pesquisa que considera que os modelos de seu estudo subestimam o período de seca¹⁰⁵ e que se for assumido que o período seco vai aumentar apenas metade do que já foi observado nos últimos 27 anos, ele seria em média um mês mais longo em 2090 comparado à década de 2000. Como consequência, secas como a de 2004 e 2005 – seguidas do período de fogo intenso observado na época – passariam a ser o novo padrão.



A FLORESTA FAZ CHOVER

Estudos indicam que os rios voadores são “cursos de água atmosféricos” formados por massas de ar carregadas de vapor-d’água. Eles levam a umidade da Bacia Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Nas condições meteorológicas propícias, essas correntes se transformam em chuva.

A Floresta Amazônica é como uma bomba de água: puxa para o continente a umidade evaporada pelo oceano Atlântico. Terra adentro, a umidade vira chuva sobre a floresta. Pela evapotranspiração das árvores, a floresta devolve a água da chuva para a atmosfera na forma de vapor-d’água. Dessa forma, o ar é sempre recarregado com mais umidade, que com a ação dos ventos é transportada para cair novamente como chuva mais adiante.

O valor desse serviço ambiental é inestimável para a agricultura, economia e abastecimento de água no país.



O chamado **tipping point**, ou “ponto de virada” é o momento em que há a transição de um sistema para outro. No caso, do bioma Amazônia para Savana.

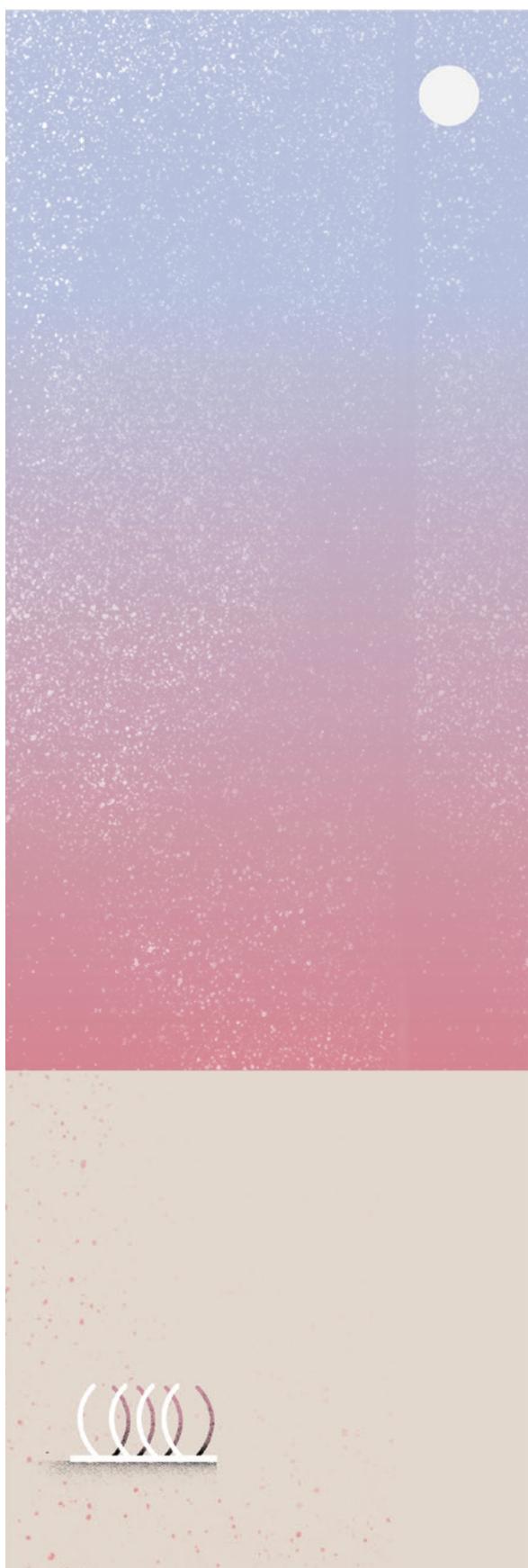
08

Serviços ambientais

Serviços ambientais são os múltiplos benefícios que as pessoas obtêm da natureza direta ou indiretamente, através dos ecossistemas, a fim de sustentar a vida no planeta¹⁰⁷. Alguns exemplos são: a purificação da água e do ar, a decomposição de resíduos que mantêm os solos férteis e ajudam no controle de erosões e a polinização que alguns insetos fazem e permitem a fertilização e frutificação de espécies vegetais. Também há o sequestro de carbono da atmosfera por parte das plantas enquanto estas crescem. É importante ressaltar que os serviços ambientais de provisão e de regulação, como chuva e temperatura, são essenciais para a produção agrícola e, por isso, mudanças em seu padrão impactam diretamente essa atividade.

Se desconsiderarmos os estudos sobre a Floresta Amazônica e recursos hídricos, há poucas análises sobre impactos das mudanças do clima em serviços ambientais, evidenciando a necessidade de maior pesquisa, principalmente sobre biomas brasileiros, além da Amazônia.

Uma compilação de dados de vários estudos¹⁰⁸ que avaliam o impacto das mudanças climáticas nos serviços ambientais até 2099 considerou o aumento médio de temperatura global de, no mínimo, 4 °C. Ele aponta que o Brasil pode vivenciar o aumento de 15,7% no risco de extinção de espécies, perda de biodiversidade significativa nas costas tropicais e a extinção e mudanças no padrão de distribuição de espécies nativas de valor comestível e cultural no cerrado. Além disso, também poderá haver a perda de 200 dias por ano do potencial de crescimento de plantas e a redução nas populações de espécie de abelhas nativas, que serão impactadas a partir de 2030 e se agravaria até a extinção em 2050 e 2080.



107
<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28158-o-que-sao-servicos-ambientais/>

108
 Recentemente, Nobre et al (2016).

109
 Young et al (2015).

Desastres naturais no território brasileiro

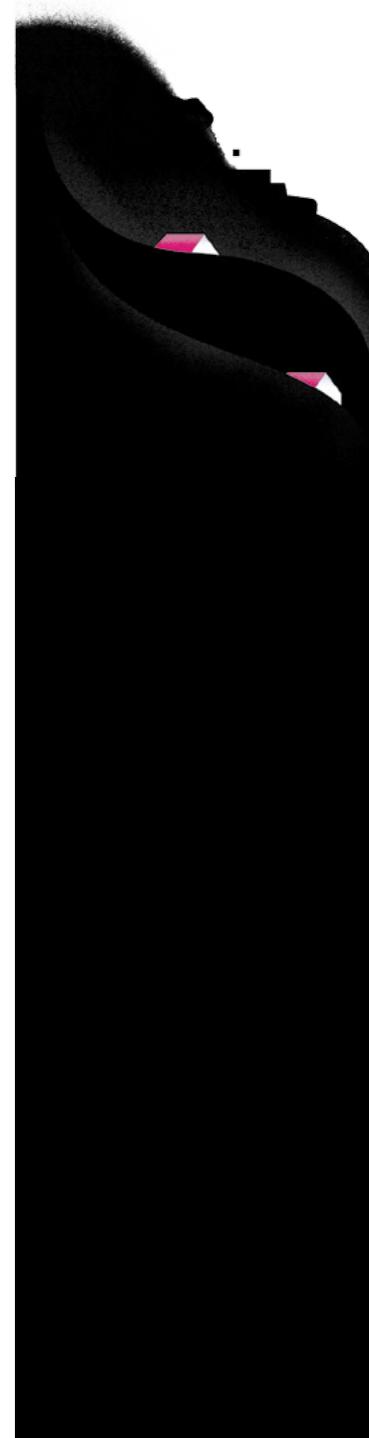
Estudos de caso de desastres naturais específicos

09

Desastres naturais

Uma das consequências das mudanças climáticas mais enfatizadas é o aumento de eventos climáticos extremos e dos desastres naturais. Pesquisadores consideram esses fenômenos como alterações severas em comunidades ou sociedades em decorrência de eventos físicos que são prejudiciais a determinada condição de vulnerabilidade social e que levam a perdas humanas, ambientais, econômicas e materiais. E a resposta exigida é sempre emergencial e, por vezes, há a necessidade de auxílio externo para recuperação. Esses desastres podem ser provenientes de enchentes, deslizamentos, secas entre outros.

Todos os oito estudos analisados neste tema trataram de desastres naturais associados a chuvas intensas em diferentes partes do Brasil, havendo a necessidade de pesquisa sobre outros fatores que podem levar a tal situação, como períodos prolongados de seca. Além disso, a maioria dos estudos avalia consequências de eventos que já ocorreram, mas não chega a estimar riscos futuros. Existe apenas um estudo que trata de todo o território nacional. Dentre os estudos regionais, não foram encontradas avaliações mais específicas sobre riscos ou consequências de desastres naturais influenciadas pelas condições climáticas nas regiões Norte e Centro-Oeste.



DESASTRES NATURAIS NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

Ao analisar e avaliar as consequências de desastres naturais causados por chuvas intensas no território nacional, como inundações, deslizamentos e enxurradas, um estudo recente¹⁰⁹ indica que, entre 1991 e 2012, em média 1,1% da população do Brasil foi afetada anualmente por eventos climáticos extremos que provocaram desastres.

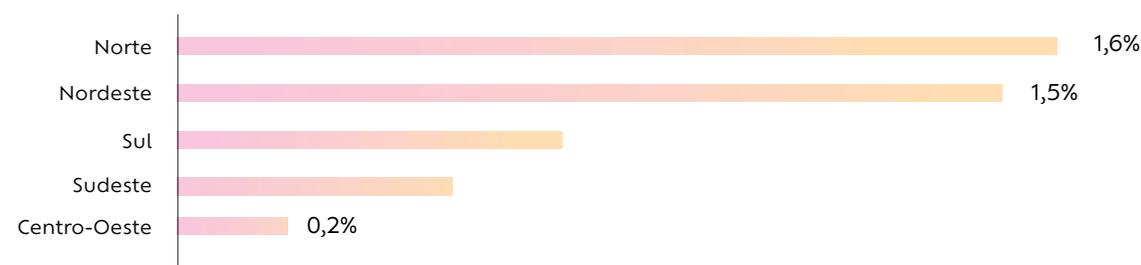
As regiões que concentram o maior número de ocorrências são a Sudeste e a Sul, com 34% e 31% do número de eventos. A Região Nordeste ocupa uma posição intermediária com 22%. Já as regiões Norte e Centro-Oeste são as de menor peso relativo com 8% e 5% respectivamente, consequência das menores densidades demográficas, visto que a caracterização de desastre não se dá pela quantidade de precipitação, mas pelos seus efeitos sobre a população humana.

No entanto, quando se analisa a razão entre as perdas anuais médias e o PIB médio de cada região na década de 2002 a 2012, tem-se que as regiões com maior impacto relativo foram a Norte, com 1,98% do PIB, e a Nordeste, com 1,79% do PIB.

Para o mesmo período entre 2002 e 2012, a população afetada pelos desastres é equivalente a 25% da população brasileira. Em números absolutos, as estatísticas indicam 46 milhões de pessoas afetadas, 1 milhão de desabrigados, 2,9 milhões de desalojados e 3.745 mortos por desastres causados por fenômenos naturais.

Apesar de não haver projeções futuras sobre consequências de aumentos de desastres naturais ligados às mudanças climáticas, é possível argumentar que a previsão de aumento de eventos extremos pode agravar os impactos na sociedade e as perdas econômicas, se não houver investimento em obras de adaptação.

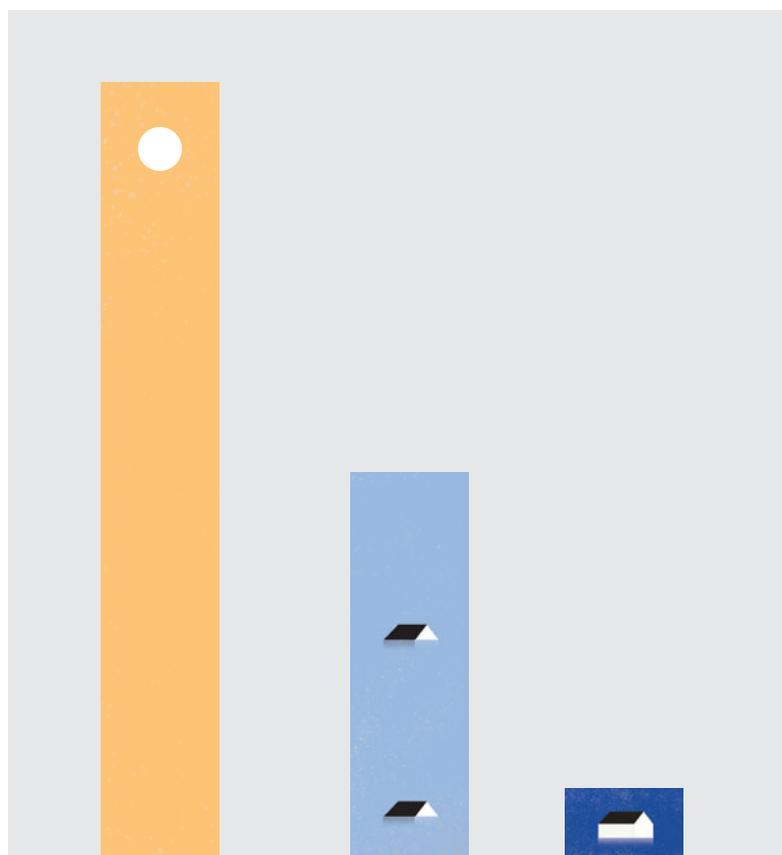
Figura 12 **Perda do PIB regional com desastres naturais entre 2002 e 2012**



ENTRE 1991 E 2010

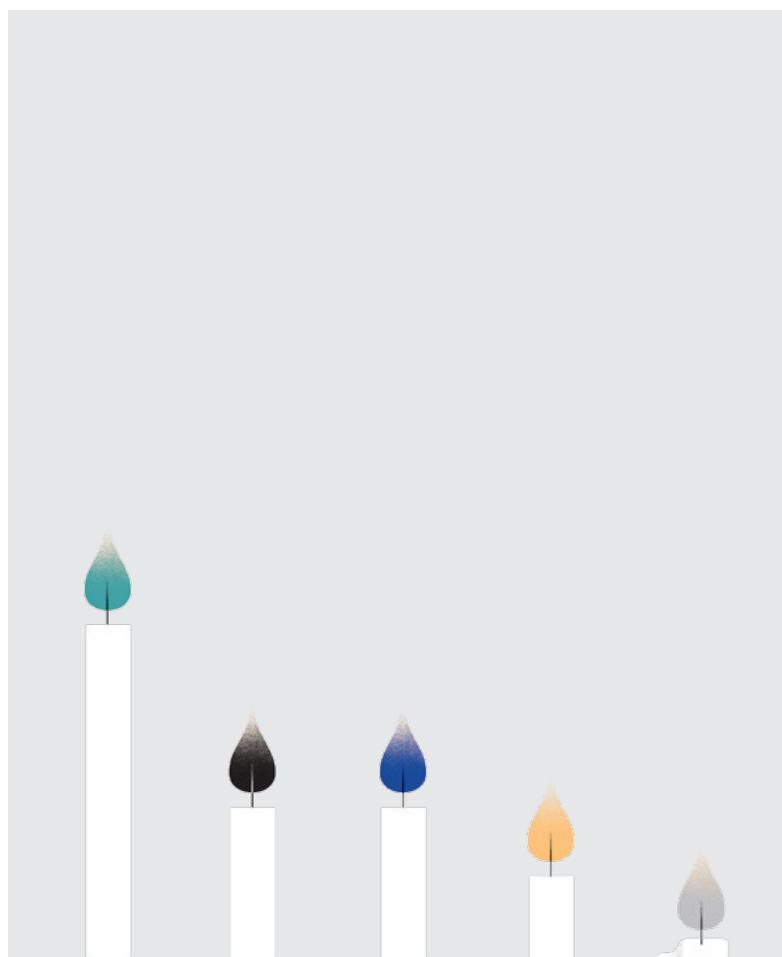
96,2 MILHÕES DE PESSOAS FORAM AFETADAS POR DESASTRES NATURAIS, DOS QUAIS:

- 50% foram afetadas por secas
- 30% por inundações repentinas
- 11% por inundações gradativas



2.475 DE PESSOAS PERDERAM SUAS VIDAS:

- 43% por inundações súbitas
- 20% por deslizamentos
- 19% por inundações gradativas
- 10% pelas secas



ESTUDOS DE CASO DE DESASTRES NATURAIS ESPECÍFICOS

Há uma série de estudos de casos que avalia perdas provocadas por desastres naturais mais graves ocorridos no Brasil em decorrência de chuvas intensas¹¹⁰ e pesquisas que analisam as consequências das inundações em São Paulo¹¹¹. Grande parte do custo de recuperação dos danos é do próprio poder público, pois há danos em infraestrutura, em moradia da população de baixa renda, nos setores de saúde pública e até de educação, por exemplo, com danos a prédios de escolas.

Resumo de estudos de casos sobre consequências de desastres naturais no Brasil

ESTADO	DESASTRE	CONSEQUÊNCIA
AL	Inundações de rios decorrentes.	<ul style="list-style-type: none"> · 19 municípios em situação de emergência ou estado de calamidade pública. · Mais de 1,5 milhão de pessoas afetadas. · 36 mortes e 1.131 feridos. · R\$ 1,89 bilhões entre perdas e danos. · Setores de habitação, transportes e educação foram os mais severamente impactados.
PE	Enxurradas violentas ao longo das margens dos rios Una e Jaboatão em decorrência de chuvas intensas em 2010.	<ul style="list-style-type: none"> · 67 municípios afetados, sendo que 12 decretaram estado de calamidade pública e 30 entraram em situação de emergência. · R\$ 3,4 bilhões em perdas e danos. · Mais de 16 mil casas populares destruídas.
RJ	Pior desastre na história brasileira em decorrência de deslizamentos e inundações na região serrana do estado a partir de chuvas intensas em janeiro de 2011.	<ul style="list-style-type: none"> · R\$ 4,78 bilhões em perdas e danos para o setor público e propriedades privadas. · Setores sociais foram os mais impactados, seguidos de infraestrutura. · 900 mortes e mais de 300 mil pessoas afetadas principalmente por deslizamentos. · Impactos ambientais estimados em R\$ 71,4 milhões.
SC	Inundações provenientes de chuvas torrenciais entre o final do mês de novembro de 2008 e início do mês de janeiro de 2009.	<ul style="list-style-type: none"> · R\$ 4,75 bilhões de perdas e danos, distribuídos nos setores de infraestrutura, social e produtivo. · Mais de 73 mil unidades habitacionais foram afetadas (totalmente destruídas ou danificadas), sendo a maioria de classes de baixa renda. · Mais de 55 mil pessoas demandaram moradia temporária.
SP	Alagamentos decorrentes de chuvas intensas entre 2008 e 2012.	<ul style="list-style-type: none"> · R\$ 226 milhões em média por ano de perdas econômicas associadas ao estado de São Paulo. · Considerando a importância de São Paulo para várias atividades econômicas no restante do país, as perdas são ainda maiores: R\$ 4,5 milhões por ano em média para o restante da região metropolitana de SP; R\$ 16,8 milhões por ano em média para o resto do estado de SP; R\$ 97 milhões por ano em média para o resto do país. · Custo de operação dos veículos triplica durante inundações, ficando de R\$ 0,26 a R\$ 0,78/km para veículos particulares e de R\$ 1,50 a R\$ 3/km para caminhões. · Passageiros e motoristas perdem em média 3 horas, o que resulta em um custo de R\$ 6/h/passageiro de veículo particular e R\$ 2/h/passageiro de ônibus e caminhões.



Deslizamento de terra é o tipo de desastre que mais cresce no país. E, na maior parte dos casos, se dá em regiões de ocupação irregular. Como em todo o mundo, as pessoas em situação de pobreza são as mais afetadas devido à sua maior vulnerabilidade. No Brasil, soma-se a isso o fato de viverem em regiões que têm menor atenção e apoio do governo. Esses fatores agravam as catástrofes e as desigualdades sociais.

¹¹⁰ Banco Mundial.

¹¹¹ Teixeira e Haddad (2010) e Nobre et al (2010).

REVISÃO

Os estudos analisados pelo Greenpeace Brasil apontam para impactos em diversos setores e em todas as regiões do Brasil, evidenciando que todos serão afetados e que as populações mais vulneráveis serão as mais atingidas, tanto por questões econômicas quanto sociais. Problemas de habitação e locomoção em caso de desastres naturais, comprometimento da produção e da renda e aumento de preço de alimentos são fatores que atingirão de forma severa quem já sofre mais com desigualdades.

Além de indicar os impactos das mudanças climáticas para o Brasil, este relatório, *E agora, José? – O Brasil em tempos de mudanças climáticas*, também aponta para a necessidade de mais investimentos e ampliação do escopo de pesquisas sobre o tema nos diversos setores analisados, principalmente em áreas fundamentais como saúde, emprego e infraestrutura.

Diante desse cenário, é urgente que o Brasil implemente ações de adaptação e mitigação muito mais ambiciosas para reduzir suas emissões e enfrentar o desafio das mudanças climáticas. A meta brasileira apresentada para a ONU sob o Acordo de Paris é insuficiente, e é necessário que o país vá muito além. Precisamos nos comprometer com o fim do desmatamento – a começar por nossas florestas – e com a meta de alcançar uma matriz energética com 100% de fontes renováveis até 2050.

Em 2015, foi entregue ao Congresso Nacional um projeto de lei pelo Desmatamento Zero com assinaturas de mais de 1,4 milhão de brasileiros. Já no setor de energia, o relatório *[R]evolução Energética*, do Greenpeace Brasil, indica como o país pode atender a demanda do setor através de uma matriz limpa e renovável, aumentando a ciência no consumo, distribuição e produção de energia e investindo em fontes como solar, eólica e biomassa. Precisamos agora concretizar essas iniciativas.

Os 46 estudos analisados nesta publicação demonstram que já existem dados concretos que podem ser usados para orientar ações de políticas públicas no enfrentamento a um planeta mais quente. Porém, sua maior contribuição é demonstrar que o combate às mudanças climáticas é, antes de tudo, uma questão de justiça social. A inação ou a adoção de medidas insuficientes, sejam elas no campo da adaptação, sejam no da mitigação, só farão aumentar ainda mais a terrível desigualdade que já assola o país.

Atlas Brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010. Acesso em <http://bit.ly/2eDTBY0>

ASSAD, E. et al. *Impactos das mudanças climáticas na produção agrícola brasileira*. Banco Mundial: Washington DC, 2013a.

ASSAD et al. Impacts of climate change on the agricultural zoning of climate risk for cotton cultivation in Brazil. Embrapa: Campinas, 2013b.

BANCO MUNDIAL. *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações Bruscas em Santa Catarina - novembro de 2008*. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado de Santa Catarina. Brasília: Banco Mundial, 2012. Disponível em <http://bit.ly/2dXfM-bP>. Acesso em 17 fev. 2016.

BANCO MUNDIAL. *Inundações Bruscas em Alagoas* - junho de 2010. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado de Alagoas. Brasília: Banco Mundial, 2012.

BANCO MUNDIAL. *Inundações Bruscas em Pernambuco* - junho de 2010. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado de Pernambuco. Brasília: Banco Mundial, 2012.

BANCO MUNDIAL. *Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011*. Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília: Banco Mundial, 2012.

BARBOSA, E. C. P. *Mudanças Climáticas e o Padrão do Uso do Solo no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Economia) – IPE, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

Boisier, Juan P. et al. Projected strengthening of Amazonian dry season by constrained climate model simulations. *Nature Climate Change*. Vol 5. Issue 7. July. 2015. 656-661.

CABRAL JR., Wilson (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas Infraestrutura Costeira. *Relatório 2/Produto 6 - Carteira atual e futura das infraestruturas costeiras: indicadores de performance e vulnerabilidade*. São José dos Campos: ITA, 2015a.

CABRAL JR, Wilson (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas Infraestrutura Costeira. *Relatório 2/Produto 7 - Resultados do índice de vulnerabilidade a mudanças climáticas da zona costeira brasileira e análise da infraestrutura portuária*. São José dos Campos: ITA, 2015b.

CABRAL JR, Wilson (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas Infraestrutura Costeira. *Relatório 4/Produto 8 - Recomendações para adaptação às mudanças climáticas na região costeira e infraestrutura portuária brasileira*. São José dos Campos: ITA, 2015c.

CABRAL JR, Wilson (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas Infraestrutura Urbana. *Produto 3*. São José dos Campos: ITA, 2015d.

CABRAL JR, Wilson (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Medidas de Adaptação Infraestrutura Urbana. *Produtos 4*. São José dos Campos: ITA, 2015e.

Carvalho BM, Rangel EF, Ready PD, Vale MM. *Ecological Niche Modelling Predicts Southward Expansion of Lutzomyia (Nyssomyia) flaviscutellata (Diptera: Psychodidae: Phlebotominae), Vector of Leishmania (Leishmania) amazonensis in South America, under Climate Change*. *PLoS ONE* 10(11): 2015.

Cedeplar/UFMG e Fiocruz. *Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050*. Cedeplar/UFMG e Fiocruz, 2008.

CINTRA, João Pedro & MATHIAS, Renato. *Cenário da Infância e Adolescência no Brasil 2015*. São Paulo: Fundação Abrinq & Save the Children, sd.

COELHO-ZANOTTI, M.S.S. e MASSAD, E. *The impact of climate on Leptospirosis in São Paulo, Brazil*. *International Journal of Biometeorology*, 55, 2002, 1-9.

TEIXEIRA, Eliane & HADDAD, Eduardo A. *Mapeamento das Perdas Econômicas Potenciais dos Pontos de Alagamento do Município de São Paulo, 2008-2012*. São Paulo: USP, 2013.

FCPC. Adaptação às mudanças do Clima: Cenário e Alternativas – Recursos Hídricos. *Produto 2 - Balanço hídrico 2010-2040*. Fortaleza: Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, 2015a.

FCPC. Adaptação às mudanças do Clima: Cenário e Alternativas – Recursos Hídricos. *Produto 3 - Modelagem Integrada*. Fortaleza: Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, 2015b.

FÉRES, J. et al. Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil. In: *Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia*, Foz do Iguaçu, 2009.

FERREIRA FILHO, Joaquim & HORRIDGE, Mark. Climate Change Impacts on Agriculture and Internal Migrations in Brazil. In: *48º Congresso Sober - Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural*. Campo Grande: 2010.

FERREIRA FILHO, Joaquim Bento de Souza; MORAES, Gustavo Inácio. Climate change, agriculture and economic effects on different regions of Brazil. *Environment and Development Economics*, 20, 2015. pp 37-61.

FU, Rong et al. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *PNAS*. November. Vol 110. n 45. 2013. 18110-18115.

Fundação Eliseu Tavares. *Produto 5. Relatório Parcial*. Adaptação às mudanças do clima: impactos sobre a agricultura brasileira. Campinas: Fundação Eliseu Tavares, Embrapa & Agroicone, 2015.

IPCC. Summary for Policymakers. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 3-21, 2012.

IPCC. Climate Change 2014. Synthesis Report. *Summary for Policy Makers*. Geneva: IPCC, 2014.

LA ROVERE, Emilio (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas: Infraestrutura de Transportes. *Produto 4 - Avaliação da Vulnerabilidade da Malha Rodoviária nos Hotspots*. Rio de Janeiro. Centro Clima/LIMA/ COPPE, 2015a.

LA ROVERE, Emilio (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Infraestrutura de Transportes. *Produto 1*. Rio de Janeiro. Centro Clima/LIMA/ COPPE, 2015b.

LA ROVERE, Emilio (coord.) Adaptação às Mudanças do Clima: Cenários e Alternativas: Infraestrutura de Transportes. *Produto 5. Identificação e classificação das estratégias adaptativas*. Rio de Janeiro. Centro Clima/Lima/ Coppe, 2015c.

LEVINE, N. et al. Ecosystem heterogeneity determines the ecological resilience of the Amazon to climate change. *PNAS* 2015; published ahead of print December 28, 2015, doi:10.1073/pnas.1511344112.

MALHI, Y. et al. Exploring the likelihood and mechanism of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *PNAS*. December. Vol 106. n 49. 2009. 20610-20615.

MARENGO, J. A. et al. Climate Change in Central and South America: recent trends, future projections and impacts on regional agriculture. *CCAFS Working Paper no. 73*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark, 2014. Disponível em www.ccafs.cgiar.org

MARENGO, J. A. et al. Riscos das mudanças climáticas no Brasil. *Análise conjunta Brasil - Reino-Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento da Amazônia*. Inpe & MOHC, 2011.

Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014*. Brasília: Ministério das Cidades, 2016.

NAKAI, Alan et al. Relatório referente à preparação do simulador de cenários de cultura para a utilização dos modelos climáticos regionalizados. *Produto 2*. Campinas: Embrapa & Fundação Eliseu Tavares, 2014a.

NAKAI, Alan et al. Relatório de análise comparativa das culturas nos cenários simulados para 2040 em relação à condição atual (*Produto 4*). Campinas: Fundação Eliseu Tavares & Embrapa, 2014b.

NAKAI, Alan et al. Análise de vulnerabilidades econômicas do sistema de produção das principais culturas brasileiras (*Produto 6*). Fundação Eliseu Tavares & Agroicone, 2015.

NOBRE, Carlos et al. Vulnerabilidade das megacidades brasileiras às mudanças climáticas. *Região Metropolitana da São Paulo. Sumário Executivo*. Inpe, Unicamp, USP, IPT, Unesp-Rio Claro. 2010.

NOBRE, Carlos et al. *Riscos de mudanças climáticas no Brasil e os limites de adaptação*. Sumário Executivo. Brasília: Embaixada Britânica Brasília, 2015.

PAZ, Vital et al. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v4, n.3, 2010, p. 465-473.

RODRIGUES, Ivete Oliveira. Abrangência dos Serviços de Saneamento. In: IBGE. *Atlas do Saneamento 2011*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

SANGHI, A. e MENDELSON, R. The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. *Global Environmental Change*, v. 18, n. 4, 2008, p. 655-665.

SCHAEFFER, Roberto et al. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: cenários e alternativas. Energia. Relatório Final. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015a.

SCHAEFFER, Roberto et al. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: cenários e alternativas. *Energia (Produto 2)*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015b.

SEDDON, A. W. R. et al. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*, v. advance on, 17 fev. 2016.

MARGULIS, Sergio e DUBEUX, Carolina Burle Schmidt (eds). *Economia da mudança do clima no Brasil: Custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.

SIMAS, Moanas; PACCA, Sergio. Assessing employment in renewable energy technologies: a case study for wind power in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 31 (2014) 83-90.

SON, Ji-Young et al. *The impact of temperature on mortality in a subtropical city: effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil*. *Int J Biometeorol* (2016) 60:113–121.

SOUZA FILHO, Francisco de Assis et al. Recursos Naturais, manejo e ecossistemas. In: 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 da Avaliação Nacional sobre mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. 41-195.

TORRES, R. et al. *Projeções de extremos climáticos nas regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro para o final do século XXI*. Sd.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann et al. *Valorando Tempestades: Custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002 - 2012*. São Paulo: Observatório do Clima, 2015. 21 pg

Sites consultados:

www.webofknowledge.com

www.observatoriodoclima.eco.br/noticias/

www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28158-o-que-sao-

O Greenpeace é uma organização global e independente que atua para defender o meio ambiente e promover a paz, inspirando as pessoas a mudarem atitudes e comportamentos. Investigando, expondo e confrontando crimes ambientais, desafiamos os tomadores de decisão a reverem suas posições e adotarem novos conceitos. Também defendemos soluções justas, que ofereçam esperança para esta e para as futuras gerações.

GREENPEACE

Greenpeace Brasil,
Rua Fradique Coutinho 352
Pinheiros, São Paulo
CEP 05416-000, Brasil
www.greenpeace.org.br