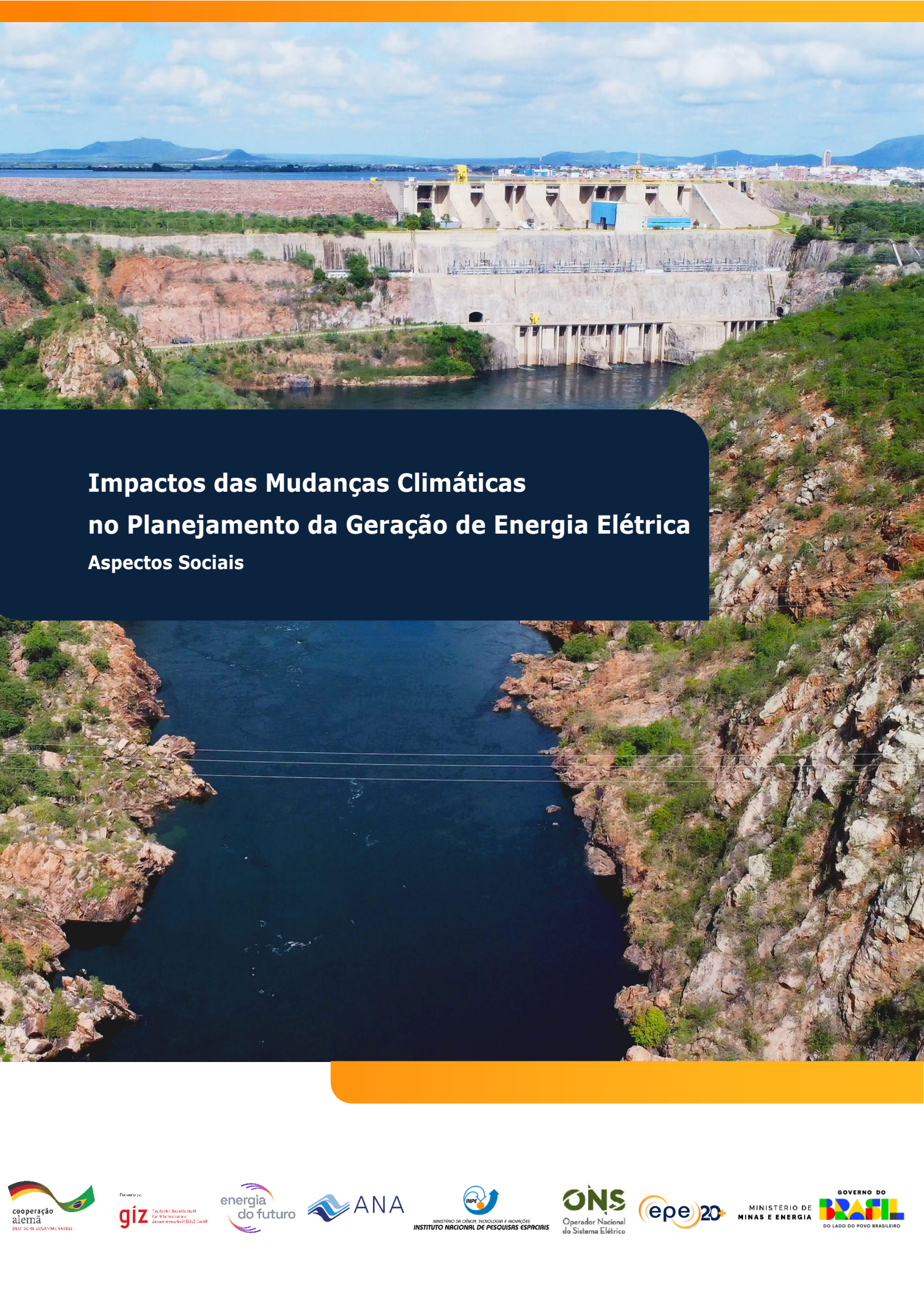




Impactos das Mudanças Climáticas no Planejamento da Geração de Energia Elétrica

Aspectos Sociais

Como empresa federal de utilidade pública, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH apoia o Governo Federal da Alemanha em seus objetivos na área de cooperação internacional.

Publicado por

Projeto Sistemas de Energia do Futuro – Diretor do Projeto – Daniel Almarza

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Sede social Bonn e Eschborn, Alemanha SCN Quadra 1 Bloco C Sala 1501, 15 andar, Ed. Brasília Trade Center. CEP 70711-902, Brasília-DF, Brasil Telefone: (61) 2101-2170 www.giz.de/brasil	Empresa de Pesquisa Energética Escritório-central (corpo técnico e base operacional) Praça Pio X, n. 54 – 5º andar, Centro Rio de Janeiro – RJ – CEP: 20091-040 Tel.: (21) 3512-3100 www.epe.gov.br
--	--

Coordenação

Gustavo Ponte (EPE)
Roberto Luis Castro Thome (GIZ BR)
Letícia Benso (GIZ BR)
Rafael Kelman (PSR)

Autores:

Tarcisio Castro (PSR)
Rafael Kelman (PSR)

(As informações podem ser alteradas de acordo com a necessidade do projeto e consulta prévia ao NCPD)

O Projeto Sistemas de Energia do Futuro é fruto da Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável, executado pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME) e com recursos do Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha. O projeto tem como objetivo principal apoiar a integração das energias renováveis e eficiência energética no sistema brasileiro de energia.

Rio de Janeiro, 12 de julho de 2025.

1. Mudanças Climáticas e os Desafios para o Setor Elétrico Brasileiro

As mudanças climáticas representam um desafio sem precedentes com impactos diretos no setor elétrico brasileiro, fortemente dependente de recursos naturais renováveis. É essencial compreender como essas mudanças afetam os regimes de vento, irradiação solar e das chuvas e suas consequências na disponibilidade de água nos reservatórios hidrelétricos e de recursos para a geração de energia elétrica. Não menos importante, o aumento de temperatura em regiões do Brasil provoca uma mudança no perfil de consumo e na maioria dos casos, uma maior demanda por energia elétrica.

Nesse contexto, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em parceria com a Cooperação Brasil Alemanha para o Desenvolvimento, por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, e sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia e com recursos do Ministério Alemão para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) apresenta o estudo: “Impactos das Mudanças Climáticas no Planejamento da Geração de Energia Elétrica”.

O estudo contou com a participação de relevantes instituições do setor elétrico e de pesquisa, como o Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Operador Nacional do Sistema (ONS), que aportaram, de forma significativa, conhecimento sobre os impactos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica.

O estudo consolida projeções climáticas e modelagens de recursos energéticos para o Brasil, além de simular cenários selecionados de expansão e operação do sistema elétrico brasileiro sob o impacto das mudanças do clima. O objetivo é oferecer um diagnóstico sobre o comportamento da matriz elétrica diante das mudanças do clima, permitindo indicações para um planejamento mais resiliente, justo e adaptado a um futuro incerto.

Além dos aspectos técnicos energéticos, o projeto incorpora dimensões sociais, abordando temas como a pobreza energética e a transição energética justa, com atenção especial às regiões vulneráveis, como o Nordeste.

O estudo utiliza projeções do projeto CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), que embasam os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e, a partir desses insumos, apresenta três possíveis configurações futuras da matriz elétrica e suas respectivas simulações de geração, avaliando os impactos climáticos sobre a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Os resultados mostram que manter o planejamento baseado no clima do passado poderá gerar maiores custos operacionais, riscos de interrupções no fornecimento de energia e agravamento das desigualdades sociais. Por outro lado, a adaptação antecipada se revela técnica e economicamente viável, além de ser essencial para proteger os mais vulneráveis.

Por fim, o estudo busca se consolidar como referência no aspecto do planejamento energético, oferecendo subsídios técnicos e regulatórios para políticas públicas que tornem o setor elétrico brasileiro mais eficiente, resiliente e preparado para os desafios climáticos. Além de apresentar para o conhecimento coletivo possíveis consequências dessas mudanças, por parte de agentes do setor e da sociedade em geral.

Aspectos Sociais

Índice

1. Mudanças Climáticas e os Desafios para o Setor Elétrico Brasileiro	3
2. Introdução	6
3. Impactos Climáticos nas Regiões Brasileiras	10
4. Análise de Riscos em Cascata	14
5. Grupos Sociais Mais Vulneráveis	17
6. Indicadores de Vulnerabilidade Climática	20
7. Recomendações de Políticas Públicas e Ações	28
8. Referências	35

2. Introdução

1.1 Mudança Climática e Aumento de Desigualdades

As mudanças climáticas representam o desafio definidor do século XXI, mas seus efeitos não são distribuídos de maneira uniforme. No Brasil, um país de dimensões continentais marcado por profundas e históricas desigualdades socioeconômicas, a crise climática funciona como uma poderosa lente de aumento, exacerbando vulnerabilidades preexistentes e aprofundando as fissuras sociais. A tese central deste relatório é que os impactos climáticos não são um equalizador; pelo contrário, atuam como um "amplificador de outras crises".¹ Fenômenos como secas, inundações e ondas de calor manifestam-se com maior severidade precisamente onde as deficiências de infraestrutura, a pobreza e a exclusão social já são mais agudas.

Esta interconexão entre clima e desigualdade é cada vez mais reconhecida nos mais altos níveis de governança. A presidência brasileira do G20, ao eleger a desigualdade, a fome e as mudanças climáticas como suas prioridades, sinaliza uma compreensão de que estas são crises interdependentes que ameaçam não apenas o futuro econômico, mas a própria coesão social e a estabilidade política do país.² A confiança dos cidadãos nas instituições e a capacidade do Estado de proteger sua população são postas à prova quando os choques climáticos empurram, repetidamente, os mais vulneráveis para situações de maior privação. Conforme aponta o Banco Mundial, eventos climáticos extremos podem levar de 800 mil a 3 milhões de brasileiros adicionais para a pobreza extrema a partir de 2030, revertendo décadas de progresso social.³ Portanto, analisar a crise climática no Brasil exige, fundamentalmente, uma análise da injustiça social.

1.2 Frequência e Intensidade dos Eventos Extremos

A percepção de que os desastres climáticos são eventos raros e isolados é, no Brasil, uma noção perigosamente obsoleta. As evidências demonstram que o país já ingressou em uma "era dos extremos"⁴, caracterizada por uma escalada dramática na frequência e intensidade de eventos climáticos. Dados compilados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) revelam que o número de desastres climáticos aumentou 250% no período de 2020 a 2023 em comparação com toda a década de 1990.⁵ A média anual de ocorrências saltou de 725 na década de 1990 para impressionantes 4.077 nos últimos quatro anos, um crescimento médio de 100 registros por ano.⁵

O ano de 2024 serviu como um marco trágico desta nova realidade, consolidando-se como o mais quente da história registrada e sendo palco de desastres de magnitude sem precedentes, como a seca severa que assolou a Amazônia e o Pantanal e as inundações catastróficas no Rio Grande do Sul.⁴ Esta intensificação não é um acaso. O Brasil, por sua localização predominantemente tropical e vasta extensão continental, está posicionado para sentir os impactos do aquecimento global de forma mais severa do que a média planetária. Áreas continentais aquecem mais rapidamente que as oceânicas, e dados observacionais já indicam que algumas regiões do país apresentam anomalias de temperatura máxima até 3°C superiores aos padrões históricos.⁷

A crescente frequência destes eventos corre o risco de gerar um perigoso fenômeno de "normalização da crise". A repetição constante de notícias sobre desastres pode levar à dessensibilização da sociedade e dos gestores públicos, tratando cada tragédia como um evento isolado e rotineiro, em vez de um sintoma contínuo de uma falha sistêmica. Essa percepção diminui a pressão por mudanças estruturais profundas e favorece respostas reativas e paliativas, focadas na reconstrução imediata, em detrimento de um planejamento proativo e transformador. É

imperativo, portanto, enquadrar esta sucessão de eventos não como uma série de crises desconexas, mas como a manifestação de um desequilíbrio fundamental que exige uma resposta sistêmica, permanente e baseada na justiça climática.

No Produto 2 foram avaliados os resultados das modelagens e os procedimentos adotados para gerar as séries de disponibilidade de geração (hidrelétrica, a partir das séries de vazões, e fontes renováveis variáveis) a partir dos modelos climáticos globais (GCMs) escolhidos e com cenários de emissão. Foram avaliadas as temperaturas e a precipitação nas bacias brasileiras, mostrando anomalias e as maiores alterações de temperatura em todas as regiões, menores precipitações nas regiões Norte e Nordeste e maiores precipitações na região Sul. Pequeno aumento na radiação solar em todas as regiões, exceto a Sul (redução da radiação).

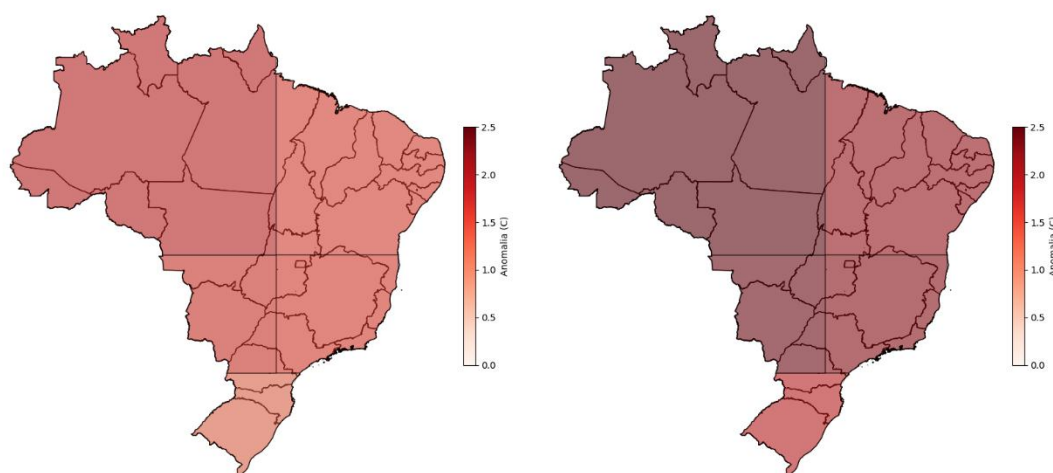


Figura 1: Anomalia de temperatura das regiões do Brasil para trajetórias SSP245 e SSP585

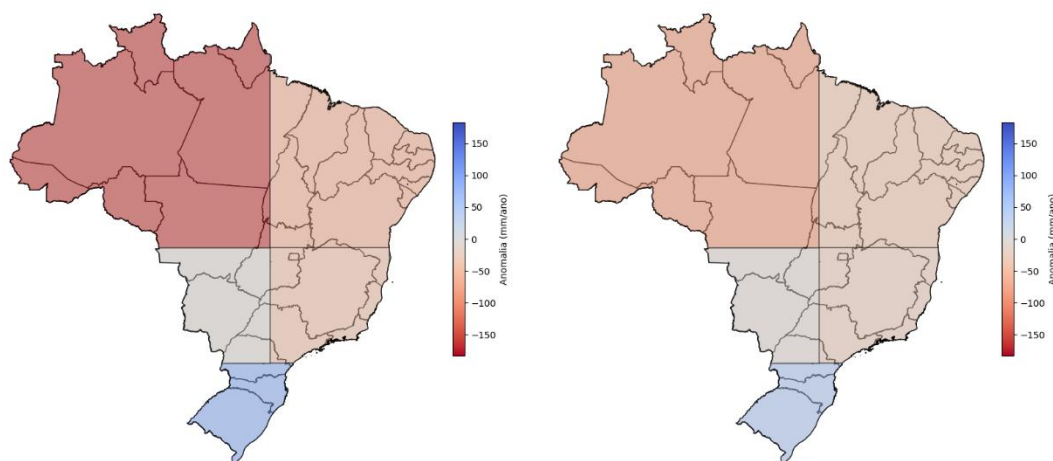


Figura 2: Anomalia de precipitação das regiões do Brasil para trajetórias SSP245 (esq.) e SSP585 (dir.)

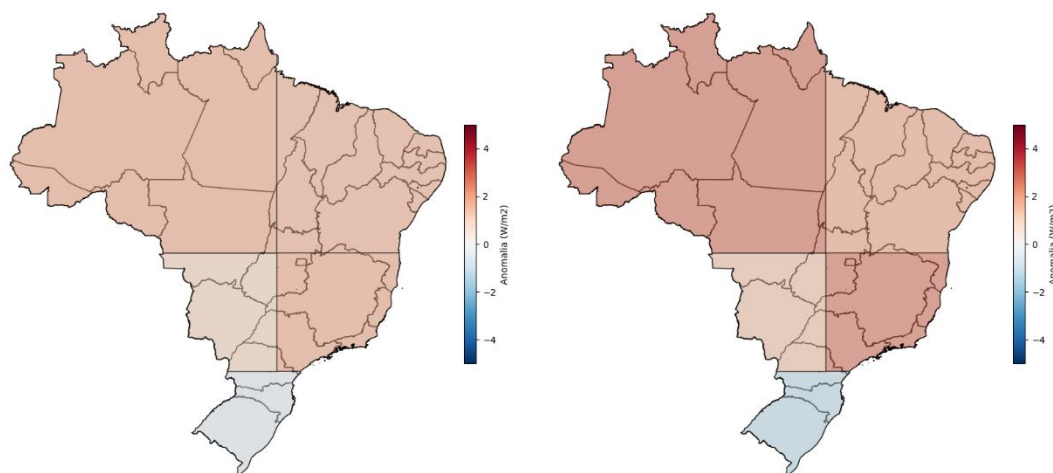


Figura 3: Anomalia da radiação solar das regiões do Brasil para trajetórias SSP245 e SSP585

O aumento de temperatura terá como consequência o incremento da evapotranspiração, o que vai implicar em maior demanda de água na região Nordeste para os outros usos da água, notadamente irrigação. E com menores volumes de precipitação na região central do Brasil e no Nordeste haverá menor capacidade de geração de energia hidráulica.

1.3 A contribuição do Brasil para o Aquecimento Global e suas Implicações

O Brasil ocupa uma posição paradoxal no cenário climático global. Por um lado, figura entre os maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE), com uma matriz de emissões singular, dominada não pelo setor energético, mas por mudanças no uso da terra, como o desmatamento, as queimadas e a atividade agropecuária.⁸ Esta realidade coloca sobre o país uma responsabilidade significativa na mitigação do aquecimento global.

Por outro lado, a nação é extremamente vulnerável aos impactos que ela mesma ajuda a causar. A vasta biodiversidade, a extensa zona costeira e a dependência de ciclos hídricos para a agricultura e a geração de energia tornam o Brasil particularmente suscetível às alterações no clima. Ciente deste duplo papel, o país assumiu compromissos internacionais ambiciosos, como os firmados no âmbito do Acordo de Paris, que incluem a meta de reduzir as emissões de GEE e zerar o desmatamento ilegal até 2030.⁸ O governo ratificou esse compromisso recentemente⁹.

Contudo, a eficácia das ações nacionais está intrinsecamente ligada ao esforço global. Como ressaltam especialistas, de nada adianta o Brasil reduzir suas emissões se outros grandes poluidores não fizerem o mesmo esforço.¹⁰ A crise climática é um problema de ação coletiva, e a busca por manter o aquecimento global abaixo de 1,5°C exige uma cooperação internacional robusta e equitativa. Para o Brasil, o desafio é duplo: cumprir seu papel na mitigação global, atacando as causas de suas emissões, e, simultaneamente, construir uma sociedade resiliente, capaz de se adaptar aos impactos já inevitáveis, protegendo prioritariamente suas populações mais vulneráveis.

Eventos extremos como as secas no Pantanal e Amazônia e as fortes chuvas que atingiram o Rio Grande do Sul em maio e junho de 2024 ficarão cada vez mais intensos e frequentes. Combater o aquecimento global, responsável pelas alterações dos padrões climáticos do planeta, é uma tarefa de todos os países. O esforço brasileiro será expresso em detalhe no Plano Clima. Sua elaboração

é conduzida, desde o segundo semestre de 2023, pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), integrado por representantes de 23 ministérios, pela Rede Clima e pelo Fórum Brasileiro de Mudança do Clima. O Plano Clima terá dois pilares. O primeiro é voltado à mitigação, ou seja, à redução das emissões de gases de efeito estufa, cuja alta concentração na atmosfera provoca o aquecimento global. O segundo trata da adaptação dos sistemas naturais e humanos aos impactos da mudança do clima. Além das Estratégias Nacionais de Mitigação e Adaptação, será composto por planos setoriais: são sete para mitigação e 16 para adaptação. O Plano Clima traz ainda Estratégias Transversais para a Ação Climática, que definirão meios de implementação (como financiamento, governança e capacitação) e medidas para a transição justa, entre outros pontos.

3. Impactos Climáticos nas Regiões Brasileiras

As mudanças climáticas podem afetar significativamente a eficiência e a confiabilidade dos sistemas essenciais de fornecimento de água, eletricidade e transporte. O que afeta de forma significativa os modos de vida da população, a base econômica e a organização do território, podendo causar movimentos de migração.¹

O primeiro relatório do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima mostra que os eventos extremos já estão ocorrendo no Brasil. Os principais impactos, riscos e vulnerabilidades do Brasil apresentados estão baseados em análises contidas na Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima (BRASIL, 2021a), além de publicações científicas recentes focadas no território nacional. A maioria das tendências, observadas e futuras, de mudança do clima possuem uma alta confiança e indicam futuros plausíveis. Mesmo com os esforços em se alcançar a meta do Acordo de Paris, de limitar o aquecimento global em 1,5 °C, todas as regiões do país vão continuar sofrendo alterações nos padrões climáticos.

Em resumo a publicação mostra que: as mudanças mais plausíveis, aquelas com maior probabilidade de ocorrerem no futuro, são:

- aumento de temperatura e de ondas de calor em todas as macrorregiões;
- aumento de chuva anual na região Sul;
- aumento de chuva extrema nas regiões Norte, Sudeste e Sul;
- aumento de secas nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste;
- aumento de vento severo nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul; e
- aumento do nível do mar, temperatura do mar, ondas de calor marinha e acidificação dos oceanos em toda a costa brasileira.

Eventos de sobrecarga térmica podem ocorrer quando as temperaturas ambientais superam os limites para os quais as infraestruturas elétricas foram projetadas. Isso leva ao aumento da demanda por energia, degradação dos equipamentos e redução da eficiência na transmissão e distribuição de eletricidade.

Esse aumento na temperatura também eleva o risco de incêndios, o que pode causar impactos na rede de transmissão. O consumo de energia elétrica é diretamente influenciado pelas condições climáticas: um aumento nas temperaturas tende a incrementar a demanda por ar-condicionado, especialmente em comunidades vulneráveis, onde as instalações elétricas são precárias e onde normalmente existe uma densidade populacional maior.

A redução das precipitações e das vazões nos rios e reservatórios afeta a oferta de energia hidrelétrica, forçando a operação de usinas termoeletricas a gás ou carvão e, consequentemente, aumentando as tarifas de energia e a emissão de CO₂. Além disso, chuvas e ventos intensos podem interromper o fornecimento de energia por quedas de árvores nas redes elétricas e mesmo a derrubada de torres, como ocorreu recentemente na região metropolitana de São Paulo, onde

¹ Primeiro relatório bienal de transparência do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. -- Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024.

falhas de fornecimento duraram vários dias, afetando serviços essenciais como atendimento hospitalar e transporte.

Outros aspectos relacionados a esses eventos climáticos podem comprometer o abastecimento de centros urbanos, como já ocorreu na cidade de São Paulo na estiagem do sistema Cantareira, ou aumento do uso de água para irrigação que eleva o risco de conflitos pelo recurso, resultando também na diminuição do número de safras.

No transporte e na infraestrutura urbana, chuvas intensas podem causar interrupções em rodovias e aumentar o número de acidentes, como aconteceu no sul do Brasil. Mas esses aspectos não serão tratados nesse documento, apenas aqueles relacionados ao setor de energia elétrica, afetando a demanda ou seu fornecimento, sendo assim serão avaliados os seguintes aspectos, alinhados como o que foi pesquisado pelo primeiro relatório bienal de transparência do Brasil, ou seja aumento das anomalias de temperatura e de precipitação que podem afetar o setor de energia elétrica:

- Aumento de incêndios
- Aumento de doenças na população
- Riscos de inundações e cheias (também aqueles associados a elevação do nível do mar em áreas urbanas costeiras)
- Riscos de déficits hídricos

Esses desafios exigem políticas de adaptação que considerem as desigualdades socioeconômicas regionais no Brasil. Nas áreas urbanas mais pobres, como as periferias das grandes cidades, a falta de saneamento básico e o acesso limitado aos serviços de saúde agravam os impactos de eventos extremos, como enchentes e ondas de calor. No semiárido do Nordeste, onde a escassez de água já é uma realidade constante, as mudanças climáticas devem agravar ainda mais a situação, colocando em risco a produção agrícola, a saúde e o bem-estar da população.

Assim, após pesquisa na documentação disponível, inclusive o mencionado no Plano Clima, selecionaram-se os eventos que tem se apresentado mais severos e frequentes em todas as bacias hidrográficas brasileiras: estiagens severas nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, onde estão os maiores reservatórios das hidrelétricas, cheias e inundações nas regiões Sul, Sudeste e Norte. Ondas de calor intenso em todas as regiões, com maior intensidade nas regiões Norte e Nordeste, e incêndios que tem ocorrido na região Norte e no Pantanal, pondo em risco os ecossistemas e as linhas de transmissão. E chuvas intensas que abrangem escorregamento de encostas, inundações, inclusive nesse caso agravadas em algumas áreas urbanas pela elevação do nível do mar, e as enxurradas.

3.1 Secas Prolongadas

A seca é um fenômeno histórico no Brasil, profundamente enraizado no imaginário e na realidade social do Nordeste, com registros de seus efeitos devastadores desde o século XVI.¹¹ Contudo, as mudanças climáticas estão alterando drasticamente a natureza desse desafio, tornando as secas mais frequentes, intensas e geograficamente abrangentes. A combinação da crise climática com fenômenos como o *El Niño* tem potencializado as estiagens no Nordeste e no norte de Minas Gerais, gerando graves impactos sociais e econômicos e acendendo alertas no governo federal

sobre os riscos para a atividade econômica e a agricultura familiar.¹²

Um dos sinais mais alarmantes dessa transformação é o surgimento da primeira área oficialmente classificada como árida no Brasil, uma extensão de quase 6.000 km² no centro-norte da Bahia.¹² Este processo de "aridização" representa uma mudança de estado do bioma Caatinga, que, embora adaptado à escassez de água, está sendo levado além de seu limite de resiliência.

A vulnerabilidade não se restringe ao Nordeste. A Amazônia, bioma associado à abundância de água, vivenciou em 2024 uma seca histórica que levou rios a níveis criticamente baixos, comprometendo a navegação, o abastecimento de comunidades e a sobrevivência de milhares de famílias que dependem dos rios para tudo, desde a locomoção até a obtenção de alimentos.⁴ Este impacto se estende à infraestrutura nacional, com a redução dos níveis dos rios inviabilizando o transporte hidroviário, um modal crucial para o escoamento de cargas na região Norte.¹³ A intensificação das secas em diferentes biomas cria um cenário de competição crescente por um recurso cada vez mais escasso, gerando conflitos latentes. A gestão de recursos hídricos, tradicionalmente uma questão técnica de engenharia, transforma-se em uma arena de alta disputa política e social. As decisões sobre alocar água para a irrigação do agronegócio, para a geração de energia hidrelétrica ou para o abastecimento humano tornam-se um jogo de soma zero, para o qual os atuais modelos de governança da água, desenhados para um clima do passado, não estão preparados.

Essa dificuldade foi evidenciada na estiagem de 2014-2015, quando as vazões operadas pelas usinas de Três Marias e Sobradinho tiveram que limitar sua geração elétrica para preservar o volume dos reservatórios e o atendimento dos outros usos da água. Documento do setor elétrico avaliou o período crítico do SIN e essa nova estiagem bem severa, causada pela elevação das temperaturas dos oceanos Atlântico Sul e do Pacífico ao mesmo tempo.¹⁴

3.2 Inundações, Enxurradas e Deslizamentos

Na outra ponta do espectro hídrico, as chuvas tornaram-se mais volumosas e concentradas em curtos períodos, um padrão diretamente associado ao aquecimento global, que permite à atmosfera reter mais vapor d'água.¹³ Esses eventos de precipitação extrema, combinados com a ocupação desordenada do solo e a impermeabilização das cidades, resultam em inundações, enxurradas e deslizamentos de terra cada vez mais destrutivos.¹⁵

A tragédia que atingiu o Rio Grande do Sul em maio de 2024 serve como um estudo de caso emblemático e devastador. Chuvas torrenciais elevaram os rios a níveis recordes, deixando 94% do estado submerso. O saldo humano e material foi catastrófico: centenas de mortos e desaparecidos, mais de 580 mil desalojados e um total de 2,3 milhões de pessoas diretamente afetadas em 467 dos 497 municípios gaúchos.¹⁶ O evento não foi apenas um desastre natural, mas a manifestação de uma vulnerabilidade construída, onde a expansão urbana sobre planícies de inundação e a falta de manutenção de sistemas de contenção amplificaram os efeitos da chuva.

Esses desastres têm um impacto direto e severo na infraestrutura. Estradas e ferrovias são inundadas ou destruídas por deslizamentos, bloqueando rotas de escoamento da produção e de acesso a ajuda humanitária. Linhas de distribuições podem ser afetadas com a consequente interrupção de serviços essenciais nas áreas urbanas.¹⁷ Pontes, viadutos e sistemas de drenagem, projetados para um regime de chuvas do século XX, colapsam sob a pressão de eventos do século XXI, gerando prejuízos bilionários e paralisando a atividade econômica.¹⁸

3.3 Elevação do Nível do Mar e Erosão Costeira

Com uma linha costeira de 8,5 mil quilômetros, o Brasil enfrenta uma ameaça silenciosa, mas implacável: a elevação do nível do mar. Este fenômeno, impulsionado pelo derretimento de geleiras e pela expansão térmica dos oceanos, já está redesenhando o litoral brasileiro e ameaçando comunidades, ecossistemas e economias locais. O caso de Atafona, no litoral norte do Rio de Janeiro, tornou-se um símbolo nacional da erosão costeira, com o mar avançando sobre quarteirões e engolindo centenas de casas, transformando parte da cidade em uma paisagem de ruínas.¹⁷

O problema, no entanto, está longe de ser isolado. Em Natal (RN), a praia de Ponta Negra, um dos principais cartões-postais do Nordeste e pilar da economia turística local, está desaparecendo. Nas últimas duas décadas, o mar levou cerca de 30 metros da faixa de areia, destruindo o calçadão e tornando a praia utilizável apenas durante a maré baixa. Com 70% dos leitos de hotel da cidade concentrados em Ponta Negra, o impacto econômico é imenso, ameaçando a principal fonte de renda da capital potiguar.¹⁹ Outras localidades, como Camboriú (SC) e Cananeia (SP), enfrentam desafios semelhantes.

As projeções futuras são alarmantes. Um estudo do Ministério do Meio Ambiente indica que 70% do litoral brasileiro já apresenta tendência de erosão, e estima-se que até 42 milhões de brasileiros poderão enfrentar problemas diretamente ligados à subida do mar ao longo deste século.¹⁸ Pesquisas mais recentes sugerem, inclusive, que as projeções do IPCC podem ser conservadoras, com o aumento do nível do mar podendo superar em até 90 centímetros as estimativas da ONU em um cenário de altas emissões.²⁰ Isso coloca em risco direto grandes centros urbanos costeiros como Rio de Janeiro, Santos, Recife e Fortaleza.

3.4 Ondas de Calor e Incêndios Florestais

As ondas de calor deixaram de ser eventos esporádicos para se tornarem uma característica recorrente e perigosa do clima brasileiro. Uma análise do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) revela um aumento exponencial na duração desses eventos: a média de dias por ano sob ondas de calor saltou de apenas sete (no período de 1961-1990) para 52 (entre 2011 e 2020).²⁰ Essa tendência de aquecimento tem sido observada em todo o país, mas de forma mais pronunciada nas regiões Norte e Nordeste.²¹

Os anos recentes têm sido marcados por recordes sucessivos de temperatura. Cidades como Rio de Janeiro e São Paulo registraram as maiores temperaturas em décadas.²² Desde 2023, o Brasil já enfrentou 20 ondas de calor distintas, atingindo a marca preocupante de 44,8 °C.²³ A gravidade da situação é evidenciada pelo fato de que mesmo o fenômeno La Niña, que tipicamente exerce um efeito de resfriamento, tem perdido força e não consegue mais conter a tendência de aquecimento global e o efeito das ilhas de calor urbanas.²⁴

Esse calor extremo, combinado com períodos de estiagem, cria condições ideais para a ocorrência e propagação de incêndios florestais. Biomas como a Amazônia, o Cerrado e o Pantanal tornam-se altamente inflamáveis, resultando em queimadas de grandes proporções que destroem a biodiversidade, emitem enormes quantidades de GEE e afetam a qualidade do ar em cidades a milhares de quilômetros de distância, com graves consequências para a saúde pública.

4. Análise de Riscos em Cascata

4.1 Crise Silenciosa e Crescente na Saúde Pública

As mudanças climáticas representam uma das maiores ameaças à saúde pública do século XXI, atuando como um multiplicador de riscos que sobrecarrega um sistema de saúde já desafiado por desigualdades estruturais. Os impactos se manifestam de forma direta, através do estresse térmico e de lesões causadas por eventos extremos, e indireta, pela alteração na dinâmica de doenças infecciosas e pelo agravamento de condições crônicas.

Um dos efeitos mais evidentes é a expansão de doenças transmitidas por vetores. O aumento das temperaturas e a alteração dos padrões de chuva criam um ambiente ideal para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*. Isso resulta no agravamento e na expansão geográfica de arboviroses como dengue, zika e chikungunya.⁴⁴ Pesquisas da Fiocruz estabeleceram uma correlação direta entre ondas de calor e o aumento exponencial de casos de dengue. O calor acelera o ciclo de vida do mosquito e o período de incubação do vírus dentro dele, aumentando a taxa de transmissão.⁴⁵ Consequentemente, a dengue, antes concentrada em áreas tropicais, avança para regiões historicamente mais frias, como o Sul e o Centro-Oeste do Brasil, encontrando populações sem imunidade prévia e causando surtos explosivos.⁴⁶ Projeções indicam que outras doenças, como malária e leishmaniose, também podem ter sua área de ocorrência expandida.⁴⁴

Além das doenças infecciosas, o estresse térmico causado por ondas de calor cada vez mais frequentes e intensas leva a um aumento significativo nas hospitalizações e na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias.⁴³ O calor extremo sobrecarrega o coração e os pulmões, sendo particularmente perigoso para idosos, crianças e pessoas com comorbidades. A degradação da qualidade do ar, causada por incêndios florestais e pela formação de ozônio em dias quentes, agrava ainda mais os quadros de asma e outras doenças respiratórias. Não menos importante são os impactos na saúde mental, com o aumento de casos de ansiedade, depressão e estresse pós-traumático em populações que vivenciam desastres e a perda de suas casas e meios de subsistência.⁴³

4.2 Segurança Alimentar e Nutricional

A segurança alimentar no Brasil está sob uma dupla ameaça climática, que afeta tanto a capacidade de produzir alimentos quanto a capacidade da população de acessá-los. No campo, eventos climáticos extremos causam perdas diretas e significativas. Secas prolongadas, como as que atingem o Nordeste e, mais recentemente, a Amazônia, inviabilizam a agricultura de sequeiro e esgotam fontes de água para irrigação. Enchentes, como as do Rio Grande do Sul, destroem safras inteiras de alimentos básicos como arroz, soja e milho, além de pastagens e rebanhos.⁴⁸

O aumento da temperatura média também impacta a produtividade. O estresse calórico em bovinos pode reduzir drasticamente a produção de leite e carne. Além disso, um clima mais quente favorece a proliferação de pragas e doenças vegetais mais resistentes, exigindo maior uso de agrotóxicos ou resultando em quebras de safra.⁴⁸ Essa vulnerabilidade afeta desde a agricultura familiar, que tem menos recursos para investir em tecnologias de adaptação, até o agronegócio de larga escala. O próprio IPCC já alertou que, com a intensificação dos fenômenos climáticos, a produção de alimentos no Brasil tende a ser menor.⁴⁸

Essa redução na oferta, combinada com os desafios logísticos causados por danos à infraestrutura de transporte¹², resulta inevitavelmente no aumento dos preços dos alimentos na mesa do consumidor.⁴⁸ Para as famílias de baixa renda, que já comprometem uma parcela maior de seu orçamento com alimentação, a inflação dos alimentos significa uma redução no acesso a uma dieta saudável e nutritiva. A crise climática, portanto, atua como um motor da insegurança alimentar e da fome, agravando um problema social crônico na América Latina e afetando desproporcionalmente as populações mais vulneráveis, como mulheres, crianças e comunidades rurais.⁴⁹

4.3 Segurança Hidroenergética

A matriz elétrica brasileira, embora majoritariamente renovável, possui uma vulnerabilidade intrínseca: sua forte dependência da geração hidrelétrica.⁵¹ Essa dependência torna o setor elétrico e, por consequência, toda a economia nacional, extremamente suscetível a secas e variações no regime de chuvas.⁵²

Durante períodos de estiagem prolongada, o nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas diminui, comprometendo drasticamente a capacidade de geração de energia. Para evitar um colapso no fornecimento e atender à demanda nacional, o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é forçado a acionar usinas termelétricas.⁵³ Essas usinas, que operam a partir da queima de combustíveis fósseis como gás natural, carvão ou óleo, têm um custo de geração mais elevado e são mais poluentes.⁵⁴

Esse custo adicional é repassado diretamente aos consumidores por meio do sistema de bandeiras tarifárias. Quando as termelétricas são acionadas, a bandeira tarifária muda de verde (sem custo extra) para amarela ou vermelha, adicionando um valor extra a cada quilowatt-hora (kWh) consumido.⁵³ Esse mecanismo penaliza todos os consumidores, mas o impacto é desproporcional para as famílias de baixa renda, para as quais a conta de energia representa uma fatia significativa do orçamento. A crise hídrica de 2021 serve como um exemplo claro dessa fragilidade, quando o país esteve à beira do racionamento e os custos da energia dispararam.⁵⁴ O cenário é agravado pelas ondas de calor, que aumentam a demanda por energia para refrigeração (ar-condicionado, ventiladores), pressionando ainda mais um sistema já fragilizado pela seca.⁵⁵

Outro aspecto está relacionado a maior dificuldade de operar o Sistema Interligado Nacional - SIN devido as alterações climáticas, pois o aumento das temperaturas afeta a geração termoeletrônica, causa mais temporais com ventos extremos, e podendo afetar as linhas de distribuição. E nas grandes estiagens da falta de vazões nas hidrelétricas, pode reduzir a capacidade do sistema para suportar a operação com as fontes intermitentes.

4.4 Infraestrutura Urbana, Habitação e Mobilidade

A infraestrutura brasileira, em grande parte projetada para um clima que não existe mais, está sendo levada ao seu limite. Eventos climáticos extremos causam perdas econômicas anuais diretas estimadas em R\$ 13 bilhões.³ Um levantamento mais detalhado, referente ao período de 2020 a 2023, aponta prejuízos de R\$ 45,9 bilhões para o Brasil, sendo R\$ 17,9 bilhões apenas em danos a moradias e R\$ 16 bilhões em danos a instalações públicas essenciais, como hospitais, escolas e outras obras de infraestrutura.⁵⁶

A mobilidade urbana, um pilar para o funcionamento das cidades e para o acesso a empregos e serviços, é severamente afetada. Chuvas intensas causam alagamentos que paralisam o trânsito, bloqueiam vias e interrompem o serviço de transporte público.¹² Ondas de calor podem deformar

pavimentos asfálticos e trilhos de trem, enquanto deslizamentos de terra podem destruir estradas e pontes, isolando comunidades inteiras.¹² Esses impactos são sentidos de forma mais aguda pelos moradores de periferias, que geralmente enfrentam viagens mais longas, dependem exclusivamente do transporte público e vivem em áreas com infraestrutura de drenagem mais precária.¹²

O custo crescente da resposta a desastres e da reconstrução de infraestrutura danificada representa uma pressão fiscal cada vez maior e, em grande parte, não planejada sobre os orçamentos de municípios, estados e da União. Este "imposto climático" oculto drena recursos que poderiam ser investidos em áreas cruciais como saúde, educação ou, ironicamente, em adaptação preventiva. Um município pobre, ao ser forçado a gastar seu orçamento anual de investimentos para reconstruir uma única ponte, adia a construção de creches, a reforma de postos de saúde ou a melhoria do saneamento básico. Essa dinâmica cria um ciclo vicioso de endividamento e vulnerabilidade, onde a falta de investimento em serviços básicos aumenta a fragilidade da população ao próximo desastre, tornando a crise climática um dos principais vetores de desequilíbrio fiscal subnacional no Brasil.

5. Grupos Sociais Mais Vulneráveis

5.1. Povos Indígenas, Quilombolas e Ribeirinhos

As comunidades tradicionais, cuja existência, cultura e modo de vida estão intrinsecamente ligadas aos ciclos da natureza, são as primeiras e mais intensamente impactadas pela crise climática. Para esses grupos, as mudanças no clima não são uma ameaça futura, mas uma realidade presente que desestrutura seus modos de vida.

Povos Indígenas: Em territórios indígenas, especialmente na Amazônia, a alteração nos padrões de chuva e a imprevisibilidade das estações do ano⁶⁸ causam uma cascata de impactos. Lideranças relatam que o conhecimento ancestral sobre o tempo de plantar e colher já não se aplica mais, pois as cheias chegam de surpresa e levam as roças, ou a seca prolongada mata as plantações no chão. A elevação da temperatura da água causa a mortandade de peixes, e a escassez de água na floresta afugenta os animais para caça, comprometendo diretamente a segurança alimentar. Além do impacto material, há uma profunda desestruturação cultural, afetando rituais e a transmissão de saberes ancestrais.²³

Comunidades Quilombolas: Assim como os indígenas, os quilombolas enfrentam a perda de suas fontes de sustento. A seca histórica na Amazônia em 2023, por exemplo, dificultou a locomoção pelos rios, isolando comunidades e afetando a produção agrícola e extrativista, como a coleta de castanha e açaí.¹¹ Na região do Baixo Amazonas, outro fenômeno intensificado pelas mudanças climáticas e pela navegação de grande porte é o das "terras caídas" – a erosão acelerada das margens dos rios, que literalmente engole porções de terra, destruindo casas, roçados e o próprio território quilombola.²⁵ Paradoxalmente, apesar de sua extrema vulnerabilidade, os territórios quilombolas demonstram uma notável capacidade de conservação ambiental, mantendo a vegetação nativa mais preservada do que as áreas em seu entorno.²⁴

Ribeirinhos e Pescadores Artesanais: Para as populações ribeirinhas e pescadoras, a vida é regida pelo pulso dos rios e do mar, e a crise climática tornou esse pulso errático e violento. A alternância imprevisível entre cheias extremas, que inundam casas e destroem plantações, e secas severas, que matam as lavouras e secam os poços, coloca a segurança alimentar e hídrica em risco constante.²⁶ A pesca artesanal, base da economia e da cultura de muitas dessas comunidades, está em crise. A alteração da temperatura da água, a instabilidade das marés e a mudança no ciclo de vida dos peixes levaram a uma drástica redução na quantidade de pescado.²⁷ Pescadores relatam que precisam passar dias no rio para obter o que antes conseguiam em horas, e muitas vezes o lucro não cobre sequer os custos da viagem, empurrando-os para a insegurança alimentar.²⁹ A quantidade de pescado diminuiu tanto que muitos são forçados a abandonar a atividade que sustentou suas famílias por gerações.²⁸

Para essas comunidades, as estratégias de adaptação autônomas, baseadas em conhecimento tradicional, estão sendo superadas pela velocidade e magnitude das mudanças. O conhecimento ancestral, construído sobre a observação de padrões geracionais, perde sua eficácia preditiva quando os padrões se rompem abruptamente. A consequência, em muitos casos, é uma "adaptação" forçada através da migração para os centros urbanos.³⁰ Este êxodo, no entanto, não

representa uma solução, mas uma "armadilha da adaptação". Ao deixar seus territórios, esses grupos perdem não apenas sua base material, mas sua identidade cultural, sua língua e sua conexão espiritual com a terra, trocando a vulnerabilidade climática no campo por uma vulnerabilidade social extrema na cidade, marcada pelo subemprego, pela discriminação e pela perda de laços comunitários. Políticas de adaptação eficazes devem, portanto, focar em fortalecer a resiliência e a permanência digna no território.

5.2 Populações Urbanas de Baixa Renda

Nas cidades brasileiras, a vulnerabilidade climática é um espelho da desigualdade social. Os impactos de enchentes, deslizamentos e ondas de calor são desproporcionalmente sentidos pelas populações de baixa renda que vivem nas periferias, em assentamentos informais, favelas e áreas de risco geológico.³ A ocupação dessas áreas não é uma escolha, mas o resultado de um processo histórico de exclusão e da falha do Estado em prover moradia digna.

A estatística é contundente: o risco de morte para uma pessoa de baixa renda exposta a um desastre climático é sete vezes maior do que para uma pessoa de alta renda.³² Isso ocorre porque suas moradias são mais precárias, construídas com materiais frágeis e localizadas em encostas íngremes ou margens de córregos, e o acesso a serviços básicos como saneamento e sistemas de alerta é deficiente ou inexistente.

O Brasil está testemunhando a ascensão de uma nova categoria de deslocados: os "refugiados climáticos" internos. Um estudo da Confederação Nacional dos Municípios (CNM) revela que, na última década (2013-2022), **mais de 4,2 milhões de brasileiros foram forçados a deixar suas casas devido a desastres naturais**. Nesse período, mais de 2,2 milhões de moradias foram danificadas ou destruídas, principalmente por tempestades e inundações.³³ O país já possui 14 mil áreas de risco mapeadas pela Defesa Civil e pelo Serviço Geológico, onde vivem cerca de 4 milhões de pessoas, muitas das quais serão forçadas a se deslocar sem recursos para se adaptar.³⁴ Esse deslocamento forçado raramente é planejado ou assistido pelo Estado, aprofundando o ciclo de pobreza e vulnerabilidade.

5.3 Dimensão de Gênero da Crise

Os impactos das mudanças climáticas não são neutros em termos de gênero; eles aprofundam as desigualdades preexistentes.³⁵ Mulheres, especialmente as negras, pardas, de baixa renda e baixa escolaridade, são as mais afetadas pelos eventos extremos.³⁷ Um relatório da ONU Mulheres lança um alerta global: **80% das pessoas deslocadas em decorrência de desastres climáticos são mulheres e meninas**.³⁵ As projeções indicam que, até 2050, as mudanças climáticas poderão empurrar mais 158 milhões de mulheres e meninas para a pobreza e levar 236 milhões à fome.³⁵

Essa vulnerabilidade acentuada decorre dos papéis sociais de gênero. Em situações de crise, a sobrecarga do trabalho de cuidado, não remunerado, recai desproporcionalmente sobre as mulheres. São elas que, em geral, percorrem longas distâncias em busca de água durante as secas, que cuidam dos doentes quando doenças se proliferam, que se desdobram para encontrar alimentos para a família quando os preços sobem e que amparam parentes e vizinhos após um desastre.³⁵ Além disso, em contextos de deslocamento e colapso social, as mulheres e meninas ficam mais expostas à violência de gênero, incluindo violência doméstica e sexual. Apesar de estarem na linha de frente dos impactos, as mulheres continuam sub-representadas nos espaços de tomada de decisão sobre políticas climáticas, o que perpetua um ciclo de soluções que não contemplam suas necessidades e perspectivas específicas.³⁵

5.4 Crianças e idosos

A idade é um fator determinante da vulnerabilidade climática. Crianças e idosos, por suas condições fisiológicas e sociais, sofrem os impactos de forma mais aguda.

No Brasil, 40 milhões de meninas e meninos (60% do total) já estão expostos a mais de um risco climático ou ambiental.³⁹ Por estarem em fase de desenvolvimento físico e cognitivo, seus corpos são mais suscetíveis, pois é menor a capacidade de regular a temperatura corporal, tornando-os mais vulneráveis ao estresse térmico e à desidratação durante ondas de calor. Seus sistemas imunológicos ainda em formação os tornam mais propensos a doenças infecciosas, como a dengue, e seus sistemas respiratórios são mais sensíveis à poluição do ar agravada por incêndios e condições climáticas.⁴⁰ A crise climática também representa uma grave ameaça à sua educação. Desastres destroem escolas ou as transformam em abrigos temporários, interrompendo o ano letivo e aumentando o risco de evasão escolar, especialmente entre os mais pobres.⁴⁰ A insegurança alimentar decorrente de quebras de safra compromete seu desenvolvimento nutricional e cognitivo.⁴⁰

A população idosa é outro grupo de altíssimo risco. Uma pesquisa da Fiocruz revelou um dado alarmante: a exposição a calor extremo (acima de 40°C por quatro horas ou mais) pode aumentar em até 50% o risco de morte de idosos por doenças preexistentes, como hipertensão, diabetes e Alzheimer.⁴² O estresse térmico sobrecarrega os sistemas cardiovascular e respiratório, que já podem estar debilitados. Além da vulnerabilidade fisiológica, muitos idosos enfrentam barreiras sociais, como mobilidade reduzida, isolamento social e dificuldades financeiras, que limitam sua capacidade de se proteger durante eventos extremos, como evacuar uma área de risco ou buscar atendimento médico. Juntamente com crianças e gestantes, os idosos são consistentemente identificados como um dos grupos mais vulneráveis aos impactos da emergência climática na saúde.⁴³

6. Indicadores de Vulnerabilidade Climática

6.1. Justificativa e Objetivos

Para enfrentar um desafio tão complexo e multifacetado como a crise climática no Brasil, é fundamental que as políticas públicas sejam informadas por diagnósticos precisos e baseadas em evidências. A alocação de recursos para adaptação e a priorização de ações não podem ser arbitrárias; devem ser direcionadas para onde o risco é maior e a capacidade de resposta é menor. Nesse contexto, a criação de um Indicador de Vulnerabilidade Climática (IVC) em escala municipal emerge como uma ferramenta estratégica indispensável.

Um IVC padronizado para todos os 5.570 municípios brasileiros permitiria ao poder público, em seus diferentes níveis (federal, estadual e municipal), identificar com clareza os "hotspots" de vulnerabilidade. O objetivo principal é ir além da simples medição da exposição a ameaças climáticas e integrar as dimensões de sensibilidade social e capacidade adaptativa, em linha com as melhores práticas internacionais e com a própria estrutura conceitual do IPCC.⁵⁷ Com essa ferramenta, seria possível:

1. Priorizar Investimentos: Direcionar recursos do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e de outras fontes para os municípios que apresentam maior vulnerabilidade.
2. Orientar Políticas Públicas: Subsidiar a formulação de planos de adaptação mais eficazes, ajustados às vulnerabilidades específicas de cada localidade.
3. Promover a Justiça Climática: Garantir que as populações mais vulneráveis, como as de baixa renda, comunidades tradicionais, mulheres, crianças e idosos, sejam o foco das ações de adaptação.⁵⁸
4. Monitorar o Progresso: Avaliar ao longo do tempo se as políticas implementadas estão, de fato, reduzindo a vulnerabilidade do município.

A proposta se inspira em iniciativas existentes como o Índice de Vulnerabilidade Climática dos Municípios (IVCM) do Instituto Votorantim⁵⁸ e a plataforma Adapta Brasil do MCTI⁵⁹, buscando consolidar uma metodologia robusta, pública e de abrangência nacional.

Essas duas propostas têm visões um pouco diferentes, mas abrangem os principais aspectos sociais que podem sofrer impactos pelos eventos extremos selecionados nessa análise. E nesse caso a proposta é focar naqueles relacionados ao setor energético que podem afetar as populações, notadamente aquelas mais vulneráveis.

6.2. Metodologia

A metodologia proposta para o IVC baseia-se no tripé conceitual de vulnerabilidade consagrado pelo IPCC: **Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa**.⁵⁷ Cada uma dessas dimensões seria calculada a partir de um conjunto de indicadores quantificáveis, disponíveis em bases de dados públicas, para cada município brasileiro.⁶⁰

Exposição (E): Mede a natureza, magnitude e frequência das ameaças climáticas a que um município está sujeito. Esta dimensão responde à pergunta: "Quão exposto está o município aos perigos climáticos?". Indicadores sugeridos:

- Ameaças Hídricas: Mapas de suscetibilidade a inundações, enxurradas e alagamentos (Serviço Geológico do Brasil - SGB/CPRM; Agência Nacional de Águas - ANA). Projeções de

anomalias de precipitação e índices de aridez para risco de seca (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE; Cemaden). Nesse caso abrangendo o tema que listamos de segurança alimentar e nutricional, pois na escassez de água como acontece nesses eventos afeta a produção agrícola, pressionando preços e causando dificuldades na população mais vulnerável. E no caso das hidrelétricas com menores vazões haverá riscos a segurança energética.

- Ameaças Geológicas: Mapas de suscetibilidade a deslizamentos de terra (SGB/CPRM), esse indicador procura avaliar o que será afetado em termos de infraestrutura, habitação e mobilidade urbana.
- Ameaças Térmicas e de Fogo: Projeções de aumento no número de dias com ondas de calor (INPE). Histórico e risco de incêndios florestais (INPE), nesse caso avaliando os impactos nas linhas de transmissão.
- Ameaças Costeiras: Exposição à elevação do nível do mar e erosão costeira para municípios litorâneos, esse indicador está vinculado às grandes áreas urbanas do litoral.

Esses indicadores podem variar, mas basicamente envolvem essas ameaças.

Sensibilidade (S): Mede o grau em que um sistema socioeconômico é propenso a ser afetado negativamente pelas ameaças climáticas. Esta dimensão responde à pergunta: "Dada a exposição, quão sensível é a população e a estrutura do município?". Indicadores sugeridos:

- Vulnerabilidade Socioeconômica: Percentual da população vivendo abaixo da linha de pobreza ou em extrema pobreza (IBGE; Cadastro Único). Percentual de domicílios em assentamentos subnormais (favelas, palafitas, etc.)³⁴ (IBGE).
- Vulnerabilidade Demográfica: Percentual da população em faixas etárias mais vulneráveis, como crianças abaixo de 5 anos e idosos acima de 65 anos³⁹ (IBGE).
- Vulnerabilidade na Saúde: Taxas de mortalidade e morbidade por doenças sensíveis ao clima, como doenças cardiorrespiratórias e infecciosas (dengue)⁴⁷ (DataSUS).
- Vulnerabilidade Econômica Estrutural: Dependência da economia local de setores altamente sensíveis ao clima, como a agricultura⁴⁸ (IBGE).

Capacidade Adaptativa (CA): Mede a capacidade de um município e sua população de se ajustar aos impactos, moderar os danos, aproveitar oportunidades ou lidar com as consequências. Esta dimensão responde à pergunta: "Quais são os recursos disponíveis para lidar com o problema?". Indicadores sugeridos:

- Capital Humano e Social: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM); nível médio de escolaridade da população (PNUD; IBGE).
- Infraestrutura e Serviços: Percentual de domicílios com acesso a saneamento básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário) (SNIS). Acesso a serviços de saúde (número de leitos hospitalares e equipes de saúde da família per capita) (DataSUS).
- Capacidade Institucional e Financeira: Existência e qualidade da Defesa Civil local. Existência de um Plano Diretor que contemple gestão de riscos. Orçamento municipal per capita e receita corrente líquida (Tesouro Nacional; IBGE).

6.3. Fórmula de Cálculo e Visualização

Após a coleta e normalização dos dados para cada indicador (convertendo-os para uma escala comum, por exemplo, de 0 a 1), os índices de cada dimensão seriam calculados. A vulnerabilidade final (IVC) seria então estimada por uma função que agrega as três dimensões. Uma abordagem comum é a fórmula:

$$IVC = E + S - CA$$

Nesta fórmula, a vulnerabilidade aumenta com a maior Exposição e Sensibilidade, e diminui com uma maior Capacidade Adaptativa. O resultado, também normalizado, permitiria classificar e comparar todos os municípios, gerando mapas de vulnerabilidade nacionais. Esses mapas, feitos em GIS, seriam ferramentas visuais poderosas para comunicar o risco e para o planejamento estratégico, identificando claramente as regiões que necessitam de atenção prioritária, como as análises preliminares já apontam para o Norte e Nordeste como as mais vulneráveis devido à combinação de alta exposição, sensibilidade e baixa capacidade adaptativa.⁵⁷ A tabela a seguir detalha a estrutura e os possíveis indicadores para a construção do IVC Municipal.

Quadro 6.1 Indicadores de Vulnerabilidade Municipal

Dimensão	Componente	Indicador	Fonte de Dados
Exposição	Ameaças Hídricas	Risco de Inundação/Enxurrada	ANA / SGB-CPRM
		Risco de Seca (Índice de Aridez)	INPE / Cemaden
	Ameaças Térmicas	Projeção de Dias com Ondas de Calor	INPE / IPCC Downscaling
	Ameaças Geológicas	Suscetibilidade a Deslizamentos	SGB-CPRM
Sensibilidade	Demográfica	% População >65 anos e <5 anos	IBGE (Censo)
	Socioeconômica	% População abaixo da linha de pobreza	IBGE / Ipea
		% Domicílios em assentamentos subnormais	IBGE (Censo)
	Saúde	Taxa de mortalidade por doenças cardiorrespiratórias	DataSUS
	Econômica	% do PIB municipal vindo da agropecuária	IBGE
Capacidade Adaptativa	Institucional	Existência de Plano Diretor com diretrizes climáticas	Pesquisa MUNIC/IBGE
		Existência e estrutura da Defesa Civil	Defesa Civil Nacional
	Infraestrutura	% Cobertura de esgotamento sanitário	SNIS
		% Cobertura de abastecimento de água	SNIS
	Capital Humano	Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M)	PNUD
	Financeira	Receita corrente líquida per capita	Tesouro Nacional

6.4 Resultados de metodologias aplicadas no Brasil

IVCM

O IVCM⁷¹ propõe uma série de indicadores de vulnerabilidade associados às mudanças climáticas, envolvendo seis riscos climáticos.

- Risco de Inundações, enchentes, alagamentos e enxurradas (IEAE)
- Risco de Deslizamentos (DE)
- Risco Hídrico (IH)
- Risco de Queimadas (IIMF)
- Risco de redução ou inviabilização de atividades da agropecuária (Agro);
- Risco de aumento de questões relacionadas à saúde devido às mudanças climática (Saúde);

O Índice de Vulnerabilidade Climática Municipal (IVCM), é a média desses riscos por município:

Nesse estudo os conceitos de risco, ameaça, exposição e vulnerabilidade adotados para a estruturação e cálculo do risco climático foram adaptados do Relatório Anual de Avaliação do IPCC de 2014⁷⁴, sendo que:

- Risco corresponde à probabilidade de uma ameaça/perigo ocorrer, combinada à de um impacto potencial se materializar.
- Ameaça é possibilidade de concretização de um evento associado a uma questão climática (direta ou indiretamente).
- Exposição está associada a existência de pessoas, infraestruturas, operações e ecossistemas que podem vir a ser afetados caso uma ameaça se concretize.
- Vulnerabilidade representa a sensibilidade, susceptibilidade a danos e falta de capacidade de adaptação para compensar possíveis danos sofridos.

Assim, o risco climático pode ser entendido como sendo a junção das ameaças de eventos climáticos que são ampliadas de acordo com a exposição e vulnerabilidade da população, e que são amenizadas pelas medidas de adaptação às mudanças climáticas existentes no território.

Risco Climático = Ameaças · Vulnerabilidade - 0,25 · Adaptação

Sendo que as variáveis, Ameaça, Vulnerabilidade, e Adaptação são obtidas de uma série de subíndices, com base em informações públicas municipais.

Pela metodologia cada risco é calculado a partir da expectativa de ocorrência das ameaças, e da vulnerabilidade da população ao risco e as medidas de adaptação já existentes no município. Dados dos municípios possibilitaram o cálculo do IVCM médio dos indicadores IEAE, DE, IH, IIMF, Agro e Saúde. O mapeamento desses riscos climáticos é apresentado na Figura 1. Nota-se grandes riscos climáticos, sobretudo para alguns municípios do Amazonas, como indica a relação a seguir:

- Carreiro da Várzea, AM: 72,34
- Amaturá, AM: 71,91
- Porto Walter, AM: 70,59
- Manicoré AM: 70,46
- Capela, SE: 70,06

- Manaquiri, AM: 69,77
- Novo Cruzeiro, MG: 69,20
- Anamã, AM: 68,54
- Carmésia, MG: 68,32
- Centro do Guilherme, MA: 67,75

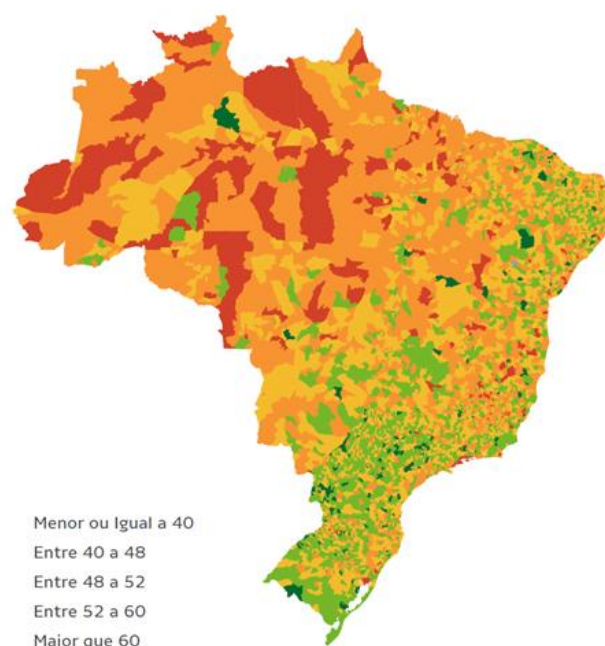


Figura 4: Mapeamento dos riscos climáticos

Os resultados mais severos de riscos climáticos ocorrem em municípios das regiões Norte e Nordeste com: (i) temperaturas naturalmente elevadas, o que se reflete em maiores problemas de saúde e doenças por vetores, e de mais episódios de chuvas intensas e queimadas (ii) menor capacidade de adaptação porque a economia local pode ser insuficiente para assegurar as medidas necessárias. E onde se situam muitas populações vulneráveis e tradicionais.

Programa Adapta Brasil – MCTI⁷².

Nesse programa foi avaliado o risco de impacto das mudanças climáticas em sistemas socioecológicos, resultante da interação entre os eventos climáticos relacionados à energia elétrica, a vulnerabilidade e exposição desses sistemas. O índice de risco para o acesso à energia elétrica leva em conta uma combinação entre o Índice de Vulnerabilidade, o Índice de Ameaça Climática para o Sistema Elétrico e o Índice de Exposição.

O grau em que um sistema socioecológico é potencialmente modificado ou afetado, adversamente ou benéficamente, por estímulos relacionados ao clima, especificamente ao setor elétrico, de forma direta ou indireta. Também pode ser entendido como a razão entre a mudança do sistema socioecológico e a unidade de quantidade de ameaça. A sensibilidade é uma propriedade inerente de um sistema socioecológico, existente antes da ameaça e independentemente da exposição desse sistema. O Índice de Sensibilidade é resultante da composição dos indicadores de pobreza energética, descontinuidade do fornecimento de energia elétrica, consumo elétrico residencial e

intensidade de energia elétrica.

A demanda de resfriamento por ar-condicionado é considerada o maior impacto pelo lado da demanda no setor elétrico.

- a) A metodologia sugere uma avaliação hierárquica ponderada por região do Brasil e para cada município. Os principais riscos selecionados nesse trabalho então foram mapeados alguns riscos, cujo mapeamentos estão apresentados nas Figuras 2,3 e 4 a seguir: **Inundações enxurradas e alagamentos (IEA).**

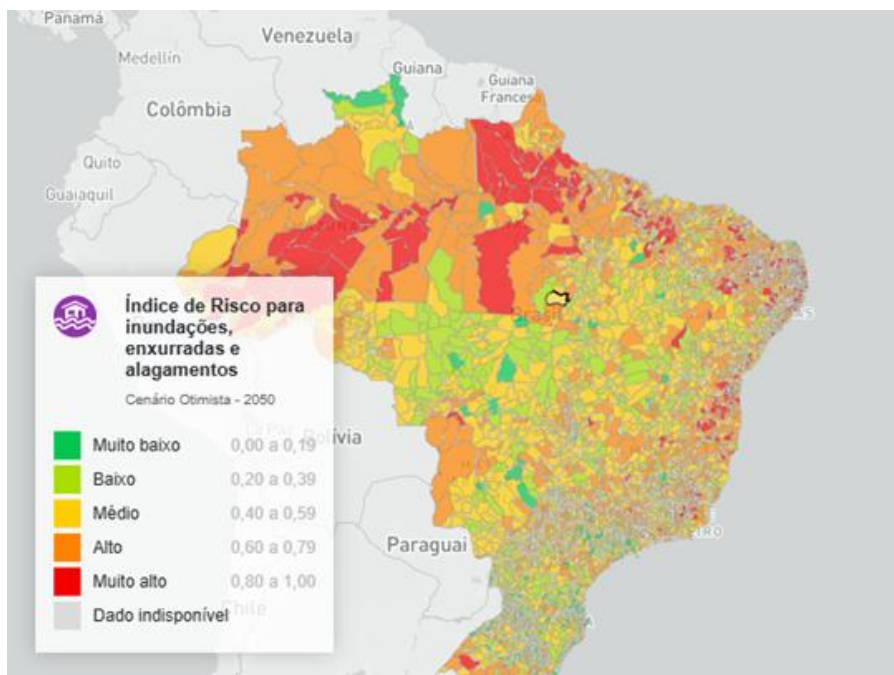


Figura 5: Mapeamento do risco para inundações enxurradas e alagamentos

- b) Seca (IE)

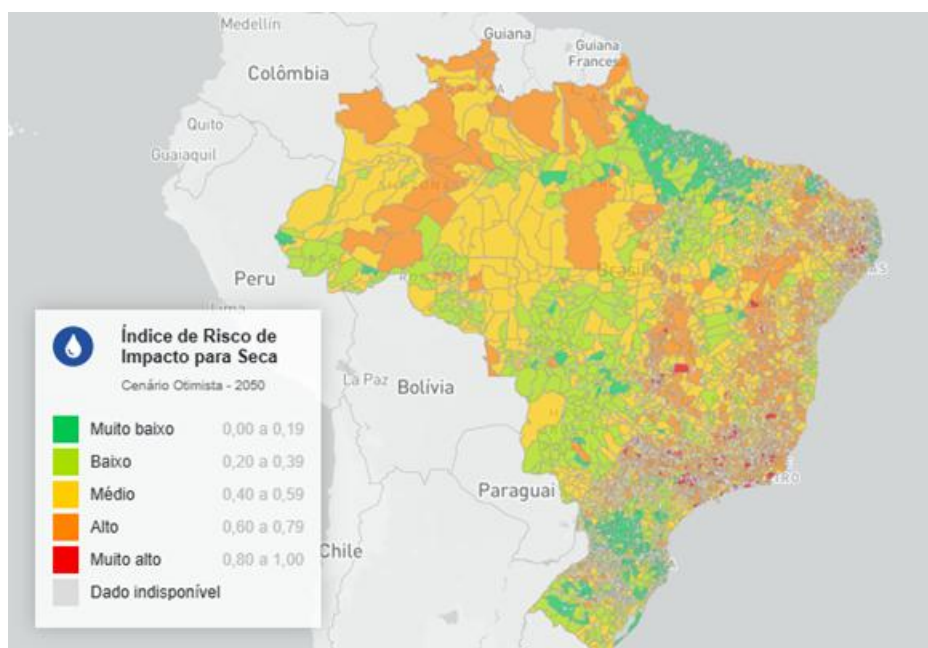


Figura 6: Mapeamento dos riscos de secas

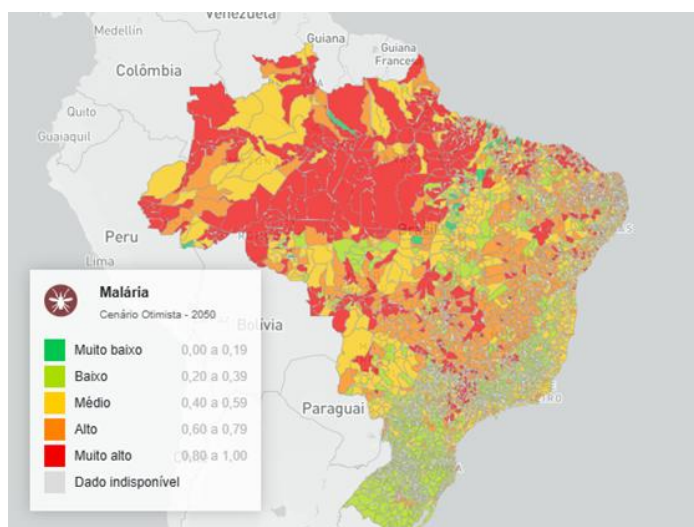
c) Saúde – malária (IS)

Figura 7: Mapeamento dos riscos à saúde humana(malária)

No caso dessa metodologia as áreas mais críticas são:

- Inundações enxurradas e alagamentos: nos municípios das regiões Norte, alguns municípios da região Nordeste e região Centro Oeste.
- Seca: nos municípios da região Norte, Nordeste e alguns municípios da região Sudeste.
- Malária: nos municípios da região Norte e Centro Oeste, mas também algumas regiões do Nordeste e Sudeste por conta do aumento da temperatura média do ar.

Programa Adapta Cidades - MMA.

O Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) publicou, por meio de uma Nota Técnica⁷³, uma proposta de critérios e ranking de municípios prioritários para a iniciativa Adapta Cidades, que apoia estados e municípios a elaborarem planos de adaptação à mudança do clima. Os municípios foram selecionados com base na combinação dos seguintes critérios técnicos, que consideram projeções climáticas até 2030 e dados demográficos:

- Risco de impacto hidrológico (RH)
- Risco de deslizamentos (RD)
- Risco de seca (RS)
- População exposta a riscos geo-hidrológicos (RGH)
- População afetada pela seca (PAS)
- Vulnerabilidade social (VS)

Os critérios foram definidos em um processo participativo, com oficinas que reuniram representantes estaduais, municipais e organizações municipalistas durante 2024. Ao final, foram identificados 2.045 municípios com prioridade alta ou muito alta. Destes, foram selecionados os 260 mais populosos (10 por estado) para compor a primeira etapa da iniciativa. Mais de 87 milhões de pessoas vivem nesses municípios, o que corresponde a cerca de 41% da população brasileira. Além disso, 212 deles já constam na lista de áreas críticas da Casa Civil.

Para garantir um recorte robusto e atualizado do risco climático no país, a equipe técnica do MMA contou com o apoio de instituições parceiras e bases de dados federais. Um dos principais insumos utilizados na construção do ranking foi o Adapta Brasil MCTI já apresentado. Os dados da plataforma possibilitaram a projeção de cenários pessimistas para 2030 e a identificação dos municípios que demandam apoio em suas estratégias de adaptação. A Figura 5 mostra o resultado do mapeamento desses riscos. Novamente, os municípios com maiores riscos associados à mudança climática estão situados nas regiões Norte e Nordeste.

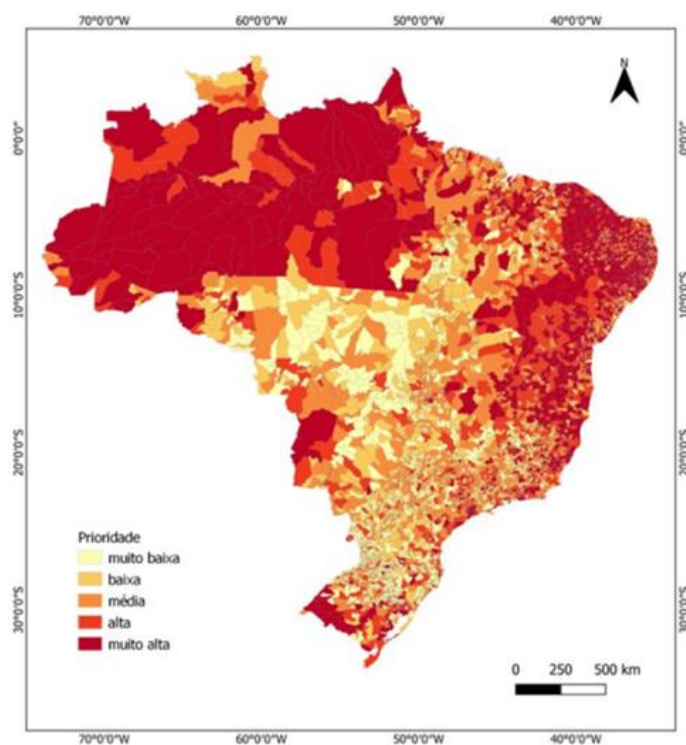


Figura 8: Risco climático nas regiões brasileiras

7. Recomendações de Políticas Públicas e Ações

A análise dos impactos e vulnerabilidades climáticas no Brasil exige uma resposta robusta, coordenada e, acima de tudo, justa. As políticas de adaptação não podem se limitar a soluções de engenharia; devem ser desenhadas com um foco explícito na redução das desigualdades e na proteção dos grupos mais vulneráveis. A seguir, são apresentadas recomendações de políticas públicas estruturadas em eixos estratégicos.

7.1. Marco Legal e Governança

A base para uma ação climática eficaz é uma governança sólida e um marco legal claro. Nesse sentido, é crucial a aprovação e regulamentação célere do Projeto de Lei 4.129/2021, que estabelece as diretrizes gerais para a elaboração de Planos de Adaptação à Mudança do Clima em todos os níveis da federação (nacional, estadual e municipal).⁶¹ Para que não se tornem peças de ficção, esses planos devem ter caráter vinculante, com metas, prazos e fontes de financiamento definidas, como o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima.

A alocação de recursos deve ser priorizada com base em critérios técnicos, utilizando o Indicador de Vulnerabilidade Climática (IVC) proposto na seção anterior para identificar os municípios que necessitam de apoio urgente. A governança desses planos deve ser multissetorial e participativa, envolvendo não apenas os órgãos de governo, mas também o setor empresarial, a academia e, fundamentalmente, a sociedade civil, incluindo representantes das populações mais afetadas, em consonância com os princípios da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).⁶² Como já mencionado o Plano Clima terá dois pilares, sendo um deles a adaptação dos sistemas naturais e humanos aos impactos da mudança do clima e traz ainda Estratégias Transversais para a Ação Climática, que definirão meios de implementação (como financiamento, governança e capacitação) e medidas para a transição justa, entre outros pontos.

7.2 Plano Setorial de Energia

Está em consulta pública o plano do setor de energia para mitigação das mudanças climáticas. Esse plano abrange os seguintes aspectos:

- Consolidação do núcleo estratégico da transição energética brasileira ao mapear as alavancas prioritárias de mitigação até 2035 e projetar tendências estruturais até 2050.
- Detalhamento do conjunto de ações estruturantes e impactantes para a mitigação das emissões no setor de energia e mineração.
- Detalhamento da governança, os meios de implementação e os instrumentos necessários para viabilizar as ações propostas no plano.
- Consolidação dos objetivos e a lógica estratégica do Plano Setorial de Energia, articulando os fundamentos históricos, os desafios atuais e a trajetória futura rumo à neutralidade climática.

7.3 Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização de Usinas Hidrelétricas do País (PRR)

Esse plano contempla ações voltadas à promoção da segurança hídrica e energética no país, a serem desenvolvidas sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia, em atendimento ao dispositivo estabelecido no Art. 30 da Lei nº 14.182, de 2021 que definiu diretrizes para o Poder

Executivo elaborar o referido plano.

“Art. 30. Sem prejuízo das regras desta Lei aplicáveis ao Rio Grande e ao Rio Paranaíba, o Poder Executivo deverá elaborar, em até 12 (doze) meses a contar da data de vigência desta Lei, plano para viabilizar a recuperação dos reservatórios de regularização do País, ao longo de até 10 (dez) anos.

§ 1º Para elaboração do plano de que trata o caput deste artigo deverão ser consideradas as seguintes diretrizes:

I - priorização para a dessedentação humana e animal;

II - garantia da segurança energética do SIN;

III - segurança dos usos múltiplos da água;

IV - curva de armazenamento de cada reservatório de acumulação a ser definida anualmente; e

V - flexibilização da curva de armazenamento dos reservatórios em condições de escassez definida pela ANA, em articulação com o ONS.

§ 2º Para a execução do plano de que trata o caput deste artigo, poderão ser utilizados os recursos previstos nos arts. 6º e 8º desta Lei para as bacias hidrográficas alcançadas pelos respectivos dispositivos” (grifo nosso).

O PRR foi aprovado pela Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 8, de 11 julho de 2022, publicada no Diário Oficial da União em 10 de agosto de 2022.

Quando o país está fazendo a transição energética, com grandes investimentos em fontes renováveis intermitentes é fundamental a manutenção desses reservatórios, sua capacidade de armazenamento e sua segurança. Esses reservatórios implantados, em sua maioria, há mais de 30 anos, e perderam parte de sua capacidade pelo assoreamento, e certamente vivenciam a pressão pelo aumento dos usos consuntivos da água, bem como podem ter pedido parte de sua segurança frente aos eventos de cheias em cenários futuros.

7.4. Adaptação Social e Energética

A adaptação precisa chegar à vida das pessoas, especialmente em suas casas. Duas políticas interligadas são cruciais para enfrentar a pobreza energética (dificuldade ou incapacidade de famílias e indivíduos acessarem serviços energéticos essenciais, como aquecimento, iluminação, eletrodomésticos e cozinhas limpas, a preços acessíveis) e os riscos das ondas de calor:

- A medida provisória da reforma do setor elétrico (MP 1300/25) amplia o alcance da Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) existentes (Leis 12.212/2010 e 14.203/2021)⁶³. Agora, o fornecimento de energia elétrica para famílias inscritas no CadÚnico com renda mensal de até meio salário-mínimo por pessoa (até R\$ 759) e que consomem até 80 kWh por mês é gratuito. A medida também beneficia pessoas com deficiência ou idosos inscritos no Benefício de Prestação Continuada (BPC), famílias indígenas e quilombolas do CadÚnico e famílias atendidas em sistemas isolados da região Norte. Delas, será cobrado apenas o consumo que exceder 80 kWh. Por sua vez, famílias do CadÚnico com renda mensal entre meio e um salário-mínimo por pessoa que consomem até 120 kWh/mês terão isenção do pagamento da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), um encargo cobrado na conta de luz de todos os brasileiros. Estima-se que 115 milhões de consumidores serão beneficiados pela gratuidade ou pela redução da conta de luz. O custo da medida será

custeado por meio da CDE. **Essa medida é importante no contexto do aquecimento global, para proteger populações vulneráveis de eventos de calor extremo, implicando em um aumento no consumo de energia elétrica.** No futuro, a Tarifa Social poderá ser novamente adaptada para transformar-se em uma ferramenta ativa de adaptação climática. Propõe-se a criação de um "gatilho de onda de calor": durante períodos de calor extremo oficialmente declarados pelo INMET ou Cemaden, os beneficiários da Tarifa Social (famílias inscritas no Cadastro Único) receberiam automaticamente um desconto adicional ou teriam uma faixa de consumo isenta de cobrança ampliada. Essa medida é vital para garantir que as famílias mais pobres possam utilizar equipamentos de refrigeração, como ventiladores, para proteger a saúde de crianças e idosos, sem que isso resulte em um endividamento insustentável. Finalmente, seria importante buscar mecanismos de subsídio ou de crédito barato para as populações de baixa renda conseguirem comprar aparelhos de refrigeração, como ventiladores e, principalmente, ar-condicionado. Outras adaptações, tais como, reformas residenciais e urbanas só podem ser elencadas a longo prazo, pois devem ser focadas nas regiões de populações mais vulneráveis, onde a densidade populacional dificulta enormemente essas reformas.

- Subsídios para Eficiência Energética e Conforto Térmico: Recomenda-se a criação de um programa nacional, nos moldes de iniciativas locais como o "Energia Solidária" da Energisa em Mato Grosso.⁶⁵ Este programa ofereceria subsídios elevados (por exemplo, de 70% a 90%) para que famílias de baixa renda possam trocar equipamentos antigos e de alto consumo energético (como geladeiras e aparelhos de ar-condicionado) por modelos novos e de alta eficiência (com selo Procel A). A participação seria condicionada à entrega do aparelho antigo para reciclagem e descarte ambientalmente corretos. Tal política gera um triplo benefício: reduz a conta de luz da família (alívio na renda), melhora o conforto térmico e a saúde (adaptação) e diminui a demanda geral sobre o sistema elétrico (mitigação e segurança energética).

7.5. Ordenamento Territorial e Infraestrutura Resiliente

A resiliência das cidades depende fundamentalmente de como o território é ocupado e de como a infraestrutura é planejada.

- Planos Diretores Climáticos e Ordenamento Territorial: É imperativo que a legislação federal seja alterada para exigir que todos os Planos Diretores municipais incorporem, de forma obrigatória, a análise e o zoneamento de risco climático, utilizando ferramentas como o IVC. Isso significa mapear e designar áreas de alto risco de inundação, deslizamento e outros perigos, e proibir terminantemente a construção de novas edificações nessas zonas. Para as quase 4 milhões de pessoas que já vivem em áreas de risco mapeadas³⁴, devem ser criados programas de reassentamento planejado, com participação comunitária, para locais seguros e com infraestrutura adequada, evitando a simples remoção para outras áreas precárias.
- Fomento a Soluções Baseadas na Natureza (SbN): Em vez de depender exclusivamente de infraestrutura "cinza" (concreto), as cidades devem ser incentivadas, por meio de linhas de financiamento e apoio técnico, a adotar Soluções Baseadas na Natureza.⁶ Isso inclui a criação de parques lineares ao longo das margens de rios para absorver cheias, a restauração de manguezais e dunas para proteger a costa da erosão e da elevação do nível do mar, a implementação de telhados verdes e pavimentos permeáveis para melhorar a

drenagem e a ampliação massiva da arborização urbana para combater as ilhas de calor e melhorar a qualidade do ar.⁶⁷

7.6. Proteção de Populações e Saberes Tradicionais

As políticas de adaptação mais eficazes para as comunidades tradicionais são aquelas que fortalecem seus direitos e reconhecem seus saberes.

- **Garantia Territorial como Política de Adaptação:** A medida mais fundamental para a resiliência de povos indígenas e quilombolas é a garantia de seus direitos territoriais. A aceleração dos processos de demarcação de Terras Indígenas e de titulação de Territórios Quilombolas é crucial. Esses territórios, quando protegidos, não apenas garantem a base física e cultural para a sobrevivência desses povos, mas também funcionam como barreiras contra o desmatamento e prestam serviços ecossistêmicos vitais para a regulação do clima, como demonstrado pela alta taxa de conservação da vegetação nativa nessas áreas.²⁴
- **Valorização do Conhecimento Tradicional e Fomento a Práticas Resilientes:** É preciso criar políticas de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e linhas de crédito específicas que apoiem e valorizem as práticas de manejo e os sistemas produtivos tradicionais, como os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Essas abordagens, que combinam o conhecimento ancestral¹¹ com inovações da ciência agrônoma e ecológica, são capazes de aumentar a resiliência da produção de alimentos, diversificar as fontes de renda e conservar a biodiversidade, garantindo a segurança alimentar e a soberania dessas comunidades em um clima em mudança.

A matriz a seguir resume as principais recomendações de políticas públicas, seus instrumentos, atores e populações-alvo, servindo como um roteiro para a ação.

Quadro 7.1 Políticas públicas

Objetivo da Política	Instrumento Proposto	Atores Principais	População-Alvo Prioritária
Garantir conforto térmico e prevenir mortes por calor	Redesenho da Tarifa Social de Energia com "gatilho de onda de calor"	ANEEL, MME, Ministério do Desenvolvimento Social (MDS)	Famílias no CadÚnico, com foco em domicílios com idosos e crianças.
Reduzir pobreza energética e consumo	Programa Nacional de Subsídios para Equipamentos Eficientes	MME, Banco do Brasil/Caixa, Varejo, Indústria de Eletrodomésticos	Famílias no CadÚnico.
Prevenir desastres em áreas urbanas	Incorporação obrigatória do zoneamento de risco climático nos Planos Diretores	Ministério das Cidades, Municípios, Caixa Econômica Federal	População residente em áreas de risco mapeadas. ³⁴
Aumentar a resiliência da infraestrutura	Fomento a Soluções Baseadas na Natureza em projetos urbanos e costeiros	MMA, Ministério das Cidades, BNDES, Governos Estaduais	Populações urbanas e costeiras em geral.
Proteger modos de vida tradicionais	Aceleração da demarcação/titulação de territórios	FUNAI, INCRA, Ministério dos Povos Indígenas	Povos Indígenas, Quilombolas, Ribeirinhos.
Fortalecer a segurança alimentar local	Linhas de crédito e ATER para Sistemas Agroflorestais (SAFs)	Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), EMBRAPA, Bancos Públicos	Agricultores familiares e comunidades tradicionais.

7.7 Ações e projetos

Vulnerabilidade á inundações

Pode-se perceber, pelos registros históricos recentes, que podem ocorrer inundações, e deslizamentos de encostas em qualquer região do Brasil. Principalmente em áreas urbanas densamente ocupadas, tais como Porto Alegre, Petrópolis, São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Recife, Belo Horizonte, Manaus, e muitas outras cidades.

Esses eventos extremos afetam a demanda por energia, e atingem muitas vezes os sistemas elétricos de distribuição como tem acontecido na cidade de São Paulo. Essas áreas urbanas há muito tempo não tiveram seus sistemas de drenagem revisitados, e mesmo com algumas avaliações feitas a partir dos recentes valores de cheias, em muitos casos, devido a ocupação desordenada, não existem espaços para um novo projeto de canal ou sistema de drenagem, principalmente nas comunidades mais carentes e vulneráveis. Mas algumas soluções podem e devem ser tentadas, alinhadas a Soluções baseadas na Natureza, pois essas soluções sozinhas, de maneira geral, não conseguem mitigar completamente os eventos de precipitações extrema:

- Cadastro e poda de árvores que possam interferir com as redes de distribuição antes do período de chuvas intensas. Em alguns casos considerar o uso de rede subterrânea.
- Construção de drenos de cintura nessas áreas para minimizar o escoamento superficial e aprofundar calhas fluviais onde for possível, e dragagens periódicas dos canais de drenagem.
- Construção de sistemas de controle de cheias nas calhas fluviais com disposição de áreas públicas inundáveis não edificantes (SbNs), eventualmente com deslocamento compulsório de pessoas em algumas áreas e sua adequada relocação em áreas próximas mais protegidas.
- Construção de reservatórios de controle de cheias, aproveitando áreas desocupadas e degradadas. A bacia do rio das Antas no Sul do Brasil, por exemplo, pode replicar o que foi feito na bacia do rio Iguaçu-Botas no Rio de Janeiro pelo governo do Estado na década de 1990⁷⁵.
- Instalação de sistemas de alerta para esses eventos para evitar mortes, e com instalações próximas para receber os desabrigados. É muito importante dispor de mapas de riscos dessas áreas, feitos com apoio da população local e sua participação nas soluções.

Vulnerabilidade a estiagens

Algumas áreas urbanas e agrícolas tem sofrido com longos períodos de estiagem, o que provocou alteração de operação de alguns reservatórios de regularização, como as usinas hidrelétricas do rio São Francisco, que tiveram que reduzir a geração de energia elétrica de forma a não comprometer os outros usos da água, para irrigação e para os ecossistemas aquáticos. O que também aconteceu nas usinas hidrelétricas do rio Paraíba do Sul que abastece as maiores áreas urbanas do Brasil, inclusive a cidade do Rio de Janeiro.

Outro aspecto é a maior demanda por irrigação dos cultivos durante longas estiagens. Recente trabalho de pesquisa⁶⁹ elaborado pela ELERA mostrou que houve um aumento significativo de áreas irrigadas no rio São Francisco, e consequentemente na captação de água, o que impacta a geração hidráulica e no aumento da demanda por energia elétrica nessas áreas. Nesse caso algumas ações e propostas podem ser desenvolvidas:

- Alteração da operação de algumas usinas hidrelétricas para garantir os outros usos da água. Como já vem ocorrendo nas crises hídricas, mas que tem que ser revisitadas no que tange a operação dos reservatórios, com eventual redução da geração de energia hidrelétrica.
- Emprego de sistemas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento e a microaspersão. E busca de cultivos mais resistentes a estiagens e que consumam menos água.
- Construção de reservatórios de regularização para abastecimento de água, principalmente devido ao aumento da temperatura que vai gerar um maior consumo de água e consequentemente de energia elétrica. E nesse caso reduzindo o conflito de água com a geração hidrelétrica com ou uso da energia solar para o bombeamento da água.

Vulnerabilidade a queimadas

Tem sido um grande problema em algumas regiões do Brasil as queimadas naturais devido as longas estiagens e aumento da temperatura. Principalmente nos ecossistemas do Cerrado, no Pantanal, na Mata Atlântica e mesmo na Floresta Amazônica. O que tem gerado um grande desconforto para as autoridades por conta de pressões internacionais pelo aumento de emissão de CO₂. Além de risco de interrupção de linhas de transmissão. Nesse caso também algumas propostas de adaptação podem ser elaboradas e aplicadas:

- Aumentar a faixa de servidão das linhas de transmissão para criação de grandes aceiros para evitar a propagação do fogo. E limpeza periódica da faixa, o que deve ser negociado em cada região com as agências ambientais para minimizar o impacto nas espécies das regiões e seu deslocamento.
- Incrementar a fiscalização com drones, e imagens de satélite, para evitar a propagação dos incêndios principalmente em áreas remotas e aumento e treinamento das brigadas de incêndio com apoio da população local.

Vulnerabilidade a saúde da população

O aumento da temperatura associado na maior parte das vezes, nas estiagens, na redução da umidade do ar tem causado inúmeros problemas de saúde na população. A incidência cada vez maior da dengue em áreas onde antes a doença era incomum está diretamente relacionada com as constantes ondas de calor causadas pelas mudanças climáticas e a ocupação humana crescente de áreas recém-desmatadas.

Essa é a conclusão de um novo estudo por pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)⁷⁰. Outro aspecto relevante é o risco de doenças respiratórias na população resultantes de grandes incêndios nessas regiões. Nesse caso as medidas de adaptação se referem a:

- Aumento de infraestrutura de serviços de saúde e de energia elétrica para novas clínicas e hospitais nos municípios mais vulneráveis.

- Investimento em pesquisas relacionadas ao tipo e aumento de arboviroses, e consequentemente de vacinas e tratamentos adequados.

7.8 Resumo das políticas e ações:

Foram selecionados os riscos e indicadores que afetassem a oferta de energia, tal como as inundações, secas severas (que podem afetar a geração hidráulica, e as queimadas (que podem afetar as linhas de transmissão), mas também aqueles que implicassem em modificação da demanda: deslizamentos/inundações de grandes áreas de populações vulneráveis, e saúde nessas populações com mais uso de refrigeração de ambientes e aumento de arboviroses (com maior necessidade de infraestrutura de saúde). O quadro a seguir ilustra esses indicadores selecionados e suas fontes.

Quadro 7.2 Projetos e ações

Riscos	Indicadores/fontes	Políticas Públicas	Projetos e ações
Inundações	IEAE(IVCM-Votorantim) IEA (MCI)RH(MMA)	Planos de adaptação ao clima	•Cadastro e poda de árvores que possam interferir com as redes de distribuição antes do período de chuvas intensas. Em alguns casos considerar o uso de rede subterrânea; •Construção de drenos de cintura nessas áreas para minimizar o escoamento superficial e aprofundar calhas fluviais onde for possível, e dragagens periódicas dos canais de drenagem; •Construção de sistemas de controle de cheias nas calhas fluviais com disposição de áreas públicas inundáveis não edificantes (SbNs), eventualmente com deslocamento compulsório de pessoas em algumas áreas e sua adequada relocação em áreas próximas mais protegidas; •Instalação de sistemas de alerta para esses eventos para evitar mortes, e com instalações próximas para receber os desabrigados.
Deslizamentos hidrológicos/geotécnicos	DE(IVCM-Votorantim),RGH e RD(MMA)	Planos diretores climáticos e de ordenamento territorial	Execução de obras de contenção de encostas em áreas de risco
Secas	IH(IVCM-Votorantim),IS(MCI),RS e PAS(MMA)	Planos de adaptação ao clima	•Alteração da operação de algumas usinas hidrelétricas para garantir os outros usos da água. Como já vem ocorrendo nas crises hídricas, mas que tem que ser revisitadas no que tange a operação dos reservatórios, com eventual redução da geração de energia hidrelétrica; •Emprego de sistemas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento e a microaspersão. E busca de cultivos mais resistentes a estiagens e que consumam menos água; •Construção de reservatórios de regularização para abastecimento de água, principalmente devido ao aumento da temperatura que vai gerar um maior consumo de água e consequentemente de energia elétrica. E nesse caso reduzindo o conflito de água com a geração hidrelétrica com ou uso da energia solar para o bombeamento da água.
Queimadas	IIMF(IVCM-Votorantim)	Planos de adaptação ao clima	•Aumentar a faixa de servidão das linhas de transmissão para criação de grandes aceiros para evitar a propagação do fogo. E limpeza periódica da faixa, o que deve ser negociado em cada região com as agências ambientais para minimizar o impacto nas espécies das regiões e seu deslocamento; •Incrementar a fiscalização com drones, e imagens de satélite, para evitar a propagação dos incêndios principalmente em áreas remotas e aumento e treinamento das brigadas de incêndio com apoio da população local.
Saúde das populações mais vulneráveis e tradicionais	IS(IVCM-Votorantim), VS(MMA)	Tarifas sociais de energia elétrica	•Facilidade de acesso a equipamentos de climatização e aumento de infraestrutura de serviços de saúde e de energia elétrica para novas clínicas e hospitais nos municípios mais vulneráveis; •Investimento em pesquisas relacionadas ao tipo e aumento de arboviroses, e consequentemente de vacinas e tratamentos adequados.

8. Referências

1. Crise climática é amplificadora de outras crises, <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2025-01/crise-climatica-e-amplificadora-de-outras-cries-alerta-pesquisadora>
2. Desigualdade e clima são crises que ameaçam economia e coesão social - ONU, <https://brasil.un.org/pt-br/254035-artigo-desigualdade-e-clima-s%C3%A3o-cries-que-amea%C3%A7am-economia-e-coes%C3%A3o-social>
3. Brasil: Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o País (CCDR), <https://www.worldbank.org/pt/country/brazil/brief/brasil-ccdr>
4. A era dos extremos já chegou ao Brasil, Portal Gov.br, <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2025/01/201ca-era-dos-extremos-ja-chegou-ao-brasil201d-avalia-pesquisador-do-cemaden>
5. Desastres climáticos aumentaram 250% nos últimos quatro anos no país - Agência Brasil, <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2024-12/desastres-climaticos-aumentaram-250-em-quatro-anos-mostra-estudo>
6. Desastres climáticos no Brasil crescem 2,5 vezes em quatro anos - Exame, <https://exame.com/esg/desastres-climaticos-no-brasil-crescem-25-vezes-em-quatro-anos-aponta-estudo/>
7. Impactos da mudança do clima serão mais severos no Brasil, <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/10/impactos-da-mudanca-do-clima-serao-mais-severos-no-brasil-afirma-coordenador-de-ciencia-do-clima-do-mcti>
8. Impactos do aquecimento global no Brasil - Brasil Escola - UOL, <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-efeitos-aquecimento-global-no-brasil.htm>
9. <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/smc/plano-clima>
10. https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf
11. Secas do Nordeste. Consequências das secas do Nordeste - Brasil Escola, <https://brasilecola.uol.com.br/historiab/secas-nordeste.htm>
12. Efeitos econômicos de grave seca no Nordeste preocupam o governo federal - ClimaInfo, <https://clima.info.br/2024/01/31/efeitos-economicos-de-grave-seca-no-nordeste-preocupam-o-governo-federal/>
13. Grupo de Trabalho de Metodologia da CPAMP – Comissão Permanente para Análise de Metodologias e Programas Computacionais do Setor Elétrico, criada pela Resolução CNPE nº 01/2007 e regulamentada pela Portaria MME nº 47/2008 Relatório Técnico do GT Metodologia da CPAMP – nº05-2019
14. Comunidades tradicionais se antecipam à seca da Amazônia com ações de adaptação à crise climática - Imaflores, <https://imaflora.org/noticias/comunidades-tradicionais-se-antecipam-a-seca-da-amazonia-com-acoes-de-adaptacao-a-crise-climatica>
15. Transportes e mobilidade urbana - AdaptaClima, <http://adaptaclima.mma.gov.br/infraestrutura-de-transportes-e-mobilidade-no-contexto-da-mudanca-do-clima>
16. Enchentes: causas, consequências e prevenção - Aprova Total, <https://aprovatotal.com.br/enchentes/>
17. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2025-04/chuva-forte-caoa-transtornos-e-deixa-104-mil-imoveis-sem-energia>
18. Brasil: enchentes deixam um Estado inteiro embaixo d'água - Climate Tracker, <https://climatetrackerlatam.org/historias/chuvas-e-enchentes-no-sul-do-brasil-deixam-um-estado-inteiro-embaixo-dagua/>
19. Litoral brasileiro sofre devastação crescente com avanço do mar acelerado por mudança climática - SWI, <https://www.swissinfo.ch/por/litoral-brasileiro-sofre-devastacao%C3%A7%C3%A3o-crescente-com-avan%C3%A7o-do-mar-acelerado-por-mudan%C3%A7a-clim%C3%A1tica/87646446>
20. Impactos da subida do mar nos litorais e o cenário brasileiro - Marco Zero Conteúdo,

<https://marcozero.org/impacto-da-subida-do-mar/>

21. Aumento do nível do mar ameaça o litoral do Brasil - EcoDebate,

<https://www.ecodebate.com.br/2025/06/12/aumento-do-nivel-do-mar-ameaca-o-litoral-do-brasil/>

22. Ondas de calor: Brasil já passa mais de 50 dias ao ano sob altas temperaturas,

<https://www.brasildefato.com.br/2023/11/14/ondas-de-calor-brasil-ja-passa-mais-de-50-dias-ao-ano-sob-altas-temperaturas/>

23. Onda de calor atinge sete estados e bate recordes de temperatura no Brasil - YouTube,

<https://www.youtube.com/watch?v=D4AG1YtqfIU>

24. Brasil registra 20 ondas de calor desde 2023, <https://www.enfoquems.com.br/brasil-registra-20-ondas-de-calor-desde-2023-e-temperaturas-batem-recordes/>

25. Nosso território não é mais como antigamente, dizem indígenas, <https://coiab.org.br/nosso-territorio-nao-e-mais-como-antigamente-dizem-indigenas-afetados-pela-crise-climatica/>

26. O protagonismo quilombola e as alternativas à crise climática na Amazônia,

<https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistamargens/article/download/17157/11482>

27. Mudanças climáticas: como esse problema tem afetado as populações quilombolas

<https://www.tapajosdefato.com.br/noticia/1049/mudancas-climaticas-como-esse-problema-tem-afetado-as-populacoes-quilombolas>

28. Crise do clima coloca em risco a segurança alimentar e hídrica das comunidades ribeirinhas,

<https://pulitzercenter.org/pt-br/stories/crise-do-clima-coloca-em-risco-seguranca-alimentar-e-hidrica-das-comunidades-ribeirinhas>

29. Mudanças climáticas dificultam a subsistência das pescadoras artesanais e marisqueiras,

<https://maternatura.org.br/mudancas-climaticas-dificultam-a-subsistencia-das-pescadoras-artesanais-e-marisqueiras-no-litoral/>

30. Marés instáveis, peixes escassos: pescadores lidam há décadas com impactos da crise climática,

<https://www.brasildefato.com.br/2025/04/01/mares-instaveis-peixes-escassos-pescadores-lidam-ha-decadas-com-impactos-da-crise-climatica/>

31. Crise climática impacta ribeirinhos - Instituto Humanitas Unisinos - IHU,

<https://www.ihu.unisinos.br/categorias/629622-crise-climatica-impacta-ribeirinhos>

32. Mudanças climáticas ameaçam comunidades extrativistas da Amazônia - Mongabay,

<https://brasil.mongabay.com/2021/08/mudancas-climaticas-ameacam-comunidades-extrativistas-da-amazonia/>

33. Vulnerabilidade social e mudanças climáticas: o papel das cidades no enfrentamento das questões do clima - UFMG,

https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/78834/1/Vulnerabilidade%20social%20e%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas_o%20papel%20das%20cidades%20no%20enfrentamento%20das%20quest%C3%B5es%20do%20clima.pdf

34. Como as mudanças climáticas contribuem para a desigualdade social - Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente - Prefeitura de São Paulo,

https://prefeitura.sp.gov.br/web/meio_ambiente/w/noticias/293082

35. Refugiados climáticos: desastres levam 4,2 milhões a deixarem suas casas,

<https://projetocolabora.com.br/ods13/refugiados-climaticos-desastres-levam-42-milhoes-de-brasileiros-a-deixarem-suas-casas/>

36. Eventos extremos e deslocamento climático - Radar Saúde Favela, <https://radarsaudefavela.com.br/eventos-extremos-e-deslocamento-climatico/>

35. Os impactos das mudanças climáticas têm gênero: justiça climática e mulheres,

<https://www.nesp.unb.br/index.php/noticias/486-genero-os-impactos-das-mudancas-climaticas-tem-genero-justica-climatica-e-mulheres-e-tema-no-g20>

37. desigualdades de gênero e clima - IBP, <https://www.ibp.org.br/en/publicacoes/desigualdades-genero-e-clima/>

38. Mudanças climáticas aprofundam as desigualdades no Brasil - Balanço Social - VEJA,

<https://veja.abril.com.br/coluna/balanco-social/mudancas-climaticas-aprofundam-as-desigualdades-no-brasil/>

39. *Clima também é questão de gênero* - O Eco, <https://oeco.org.br/colunas/clima-tambem-e-questao-de-genero/>
40. *Crianças e adolescentes são os que mais sofrem com as mudanças climáticas e precisam ser prioridade* - UNICEF, <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/criancas-e-adolescentes-sao-os-que-mais-sofrem-com-mudancas-climaticas-e-precisam-ser-prioridade>
41. *Como as mudanças climáticas afetam crianças e adolescentes?* - FADC, <https://www.fadc.org.br/noticias/mudancas-climaticas>
42. *Mudanças climáticas: quais impactos no desenvolvimento infantil* - Fundação Maria Cecília Souto Vidigal, <https://fundacaomariacecilia.org.br/noticias/mudancas-climaticas-e-desenvolvimento-infantil-por-que-as-criancas-na-primeira-infancia-sao-mais-vulneraveis/>
43. *Temperaturas elevadas aumentam em 50% risco de morte de idosos*, <https://jovempan.com.br/saude/temperaturas-elevadas-aumenta-em-50-risco-de-morte-de-idosos-aponta-estudo-da-fiocruz.html>
44. *Como estresse térmico e outros impactos da emergência climática ameaçam a saúde pública* - Agência Fiocruz de Notícias, <https://agencia.fiocruz.br/pesquisadora-explica-como-estresse-termico-e-outros-impactos-da-emergencia-climatica-ameacam-saude>
45. *Mudanças climáticas podem agravar quadro de doenças como dengue e zika*, <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2023-12/mudancas-climaticas-podem-agravar-quadro-de-doencas-como-dengue-e-zika>
46. *Como as mudanças climáticas estão favorecendo a disseminação do Aedes aegypti*, <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2025/fevereiro/como-as-mudancas-climaticas-estao-favorecendo-a-disseminacao-do-aedes-aegypti>
47. *Pesquisa da Fiocruz confirma: quanto mais calor, mais dengue*, <https://marcozero.org/pesquisa-da-fiocruz-confirma-quanto-mais-calor-mais-dengue/>
48. *Os impactos das mudanças climáticas na saúde brasileira: uma análise econométrica para o período 2007-2017*, https://dataserver-coids.inpe.br/queimadas/queimadas/Publicacoes-Impacto/material3os/2020_Goncalves_SaudeAnalise_TCCUFRJ_DE3os.pdf
49. *Dossiê Mudanças Climáticas: Segurança alimentar em xeque*, <https://www.ufsm.br/midias/arco/seguranca-alimentar-em-xeque>
50. *Eventos climáticos afetam segurança alimentar na América Latina e Caribe* - Centro de Excelência contra a Fome, <https://centrodeexcelencia.org.br/relatorio-revela-que-eventos-climaticos-afetam-seguranca-alimentar-na-america-latina-e-caribe/>
51. *Mudanças Climáticas e Segurança Alimentar no Brasil* - Associação Brasileira de Estudos Regionais, , <https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/31958/Seguranca-alimentar-e-mudancas-climaticas-Identificado.pdf>
52. *Fortalecimento da Resiliência do Setor Elétrico às Mudanças Climáticas* - Empresa de Pesquisa Energética - EPE, https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-813/NT-EPE-DEA-016-2023_RO_Final.pdf
53. *Estudo de vulnerabilidade hídrica das populações que moram na região do lago de usina hidrelétrica* - Gabriel Hiromite Yoshino, https://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/9415/1/Tese_EstudoVulnerabilidadeHidrica.pdf
54. *O impacto das secas no valor da energia no Brasil* - MEDEAGE, <https://www.medeage.com.br/blog/o-impacto-das-secas-no-valor-da-energia-no-brasil>
55. *Estudo: mudança climática fragiliza setor elétrico do Brasil*, <https://energiaambiente.org.br/estudo-mudanca-climatica-fragiliza-setor-eletrico-do-brasil-20230612>
56. *Impactos das mudanças climáticas sobre o bem-estar relacionado à saúde no Brasil* - IPEA, https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4854/1/PPE_v43_n01_Impactos.pdf
57. *Eventos extremos geram prejuízos de R\$ 46 bi entre 2020 e 2023* - Saneamento Ambiental, <https://www.saneamentoambiental.com.br/noticias/eventos-extremos-geram-prejuizos-de-r-46-bi-entre-2020-e-2023>

58. *Índice de vulnerabilidade as mudanças climáticas para os municípios brasileiros* - Davi Winder Catelan, https://brsa.org.br/wp-content/uploads/wpcf7-submissions/16136/Artigo_com_nomes.pdf
59. *Índice de Vulnerabilidade Climática dos Municípios* - Instituto Votorantim, <https://institutovotorantim.org.br/ivcm/>
60. *Índices e Indicadores* - AdaptaBrasil MCTI, <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/sobre/lista-de-indicadores>
61. *Vulnerabilidade às alterações climáticas do município de Guimarães* - Adriana Maria Lima Lemos Universidade do Minho, <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/83216/1/Adriana%20Maria%20Lima%20Lemos.pdf>
62. *Senado aprova diretrizes de adaptação às mudanças climáticas*, <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2024/05/15/ccj-aprova-projeto-sobre-adaptacao-das-cidades-as-mudancas-climaticas>
63. *Política Nacional sobre Mudança do Clima*, <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>
64. *Tarifa Social* — Agência Nacional de Energia Elétrica - Portal Gov.br, <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/tarifa-social>
65. *Tarifa Social de Energia Elétrica* - Ministério de Minas e Energia, <https://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/acoes-e-programas/acoes/tarifa-social-de-energia-eletrica>
66. *Veja como trocar sua geladeira e ar condicionado por itens novos*, <https://primeirapagina.com.br/economia/veja-como-trocar-sua-geladeira-e-ar-condicionado-por-itens-novos-com-70-de-desconto/>
67. *Famílias cadastradas na Tarifa Social podem trocar geladeira e ar-condicionado com 70% de desconto* - Cidadão Consumidor, <https://cidadaoconsumidor.com.br/familias-cadastradas-na-tarifa-social-podem-trocar-geladeira-e-ar-condicionado-com-70-de-desconto/>
68. *Plano Estadual de Adaptação e Resiliência Climática (Pearc)* - Semil, <https://semil.sp.gov.br/mudancas-climaticas-e-sustentabilidade/plano-estadual-de-adaptacao-e-resiliencia-climatica-pearc/>
69. *Como a mudança do clima afeta os povos indígenas no Brasil* - Nexo Jornal, <https://www.nexojornal.com.br/expresso/2023/04/26/como-a-mudanca-do-clima-afeta-os-povos-indigenas-no-brasil>
70. ELERA/ANEEL/PSR - Investigação dos fatores que interferem na performance do MRE – 2022
71. Christovam Barcellos, Vanderlei Matos, Raquel Martins Lana, Rachel Lowe. Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil - 2024 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56044-y>
72. Instituto Votorantim - Índice de Vulnerabilidade Climática dos Municípios (IVCM) - 2023 <https://institutovotorantim.org.br/ivcm/>
73. Documento teórico-metodológico para avaliação de risco climático no Setor Estratégico de Segurança Energética da plataforma Adapta Brasil MCTI Versão 2.0 - <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/noticias/categorias/1->
74. Nota Técnica nº 10/2025-MMA PROCESSO Nº 02000.000023/2025-14. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima Secretaria Nacional de Mudança do Clima Departamento de Políticas para Adaptação e Resiliência à Mudança do Clima.
75. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. IPCC <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
76. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Projetos Especiais, Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas— SERLA, convênio SERLA - COPPE/UFRJ, Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguaçu: ênfase: Controle de Inundações, Documento de Projeto, IG – RE – 010 -R0, outubro de 1994

Projeto: Sistemas de Energia do Futuro III

Estudo: Impactos das Mudanças Climáticas no Planejamento da Geração de Energia Elétrica

Cliente: GIZ

Documento: Produto 7