



Estratégia de Infraestrutura



Plano Nacional de Adaptação
à Mudança do Clima

6.1 Introdução

O termo infraestrutura refere-se, usualmente, a uma ampla gama de setores, cuja integração em termos físicos e operacionais é crucial para o funcionamento da economia e da sociedade moderna. Nesta estratégia foram abordados os setores de Transportes, Mobilidade Urbana e Energia. Estes setores são estratégicos para o desenvolvimento do país e vem sendo objeto de investimento do governo federal e demais entes da federação, bem como da iniciativa privada. Empreenderam um esforço conjunto para elaboração deste documento o Ministério dos Transportes, das Cidades e de Minas e Energia, que também são os pontos focais para esta estratégia.

O setor de Transportes, tratado neste Plano, constitui-se da infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e cargas entre diferentes cidades e regiões do país, contemplando rodovias, ferrovias e hidrovias federais.

Quanto ao setor de Mobilidade Urbana, considerou-se os diferentes modos de deslocamento de pessoas e mercadorias dentro das cidades, que inclui os motorizados e os não motorizados, os coletivos e os individuais,

os públicos e os privados, tanto no que se refere à infraestrutura física (vias, integrações, sistemas), como aos serviços de transporte disponíveis.

O setor Energético, por sua vez, envolve a geração/produção, a distribuição/transporte e o consumo de energia, cuja importância reflete-se em todos os setores econômicos do país. A relevante participação de fontes renováveis na matriz energética nacional confere uma característica única de baixa emissão de carbono, considerando o contexto internacional.

De acordo com as projeções de clima futuro, o território brasileiro está sujeito a diversos impactos, associados a variações nos parâmetros climáticos, ocorrência de eventos extremos e elevação no nível do mar, os quais podem ocasionar diferentes efeitos em todos os setores de infraestrutura.

Além disso, ocorre uma forte interdependência entre os setores abordados neste capítulo, de forma que eventuais interrupções ou reduções de desempenho em algum deles resultam em efeitos recíprocos e sinérgicos nos demais, ao mesmo tempo em que determinados impactos climáticos podem afetar simultaneamente elementos de infraestrutura em mais de um dos setores.

Neste contexto, **o objetivo deste capítulo é apresentar, para os setores de Transporte, Mobilidade Urbana e Energia, os impactos e vulnerabilidades associados à mudança do clima, bem como diretrizes para enfrentá-los.** Tais aspectos interagem entre si e devem ser observados em conjunto no planejamento da adaptação. Assim, foram estabelecidas diretrizes de adaptação, voltadas à redução da vulnerabilidade dentro do escopo de cada setor.

6.2 Transportes

6.2.1 Introdução setorial

A infraestrutura brasileira de transportes é representada pelo Sistema Nacional de Viação (SNV¹⁵), disposto na Lei nº 12.379/2011, se constitui como a infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e mercadorias, sob jurisdição dos diversos entes da Federação. Neste item sobre adaptação à mudança do clima voltada ao setor dos transportes, será dada ênfase ao transporte de carga no Brasil por meio dos modos rodoviário, ferroviário e hidroviário.

O Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), desenvolvido pelo Ministério dos Transportes, é o principal documento para o planejamento do

setor de transportes no Brasil, dotando-o de estrutura permanente de gestão, com base em sistema de informações georreferenciadas. Naquele Plano estão os principais dados de interesse do setor, tanto na oferta quanto na demanda, buscando, dentre outros objetivos, a adequação da matriz de transportes de cargas, de forma a privilegiar a utilização das modalidades de maior eficiência produtiva.

A atual distribuição modal da matriz brasileira de transportes regionais de cargas aponta para uma maior concentração de operações utilizando-se do modo rodoviário, com aproximadamente 52% da carga total transportada no país. Em seguida, encontram-se os modos ferroviários (30%), navegação de cabotagem (8%), hidroviário (5%) e dutoviário (5%)¹⁶.

Em termos quantitativos, a malha rodoviária brasileira apresenta uma extensão total de 1.720.755 km, sendo a maior parte delas não pavimentada (78,6%), seguida das pavimentadas (12,3%) e das planejadas (9,1%). Ressalta-se que, dentre as rodovias pavimentadas, 45,8% são estaduais e 36,4% são federais.

A malha ferroviária nacional é composta por aproximadamente 28.000 km de extensão, enquanto o sistema hidroviário brasileiro de navegação interior possui extensão total aproximada de 63.000 km distribuídos em doze

15 O SNV é composto pelo Sistema Federal de Viação (SFV) e pelos sistemas de viação dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios, compreendendo, dentre outros, os sistemas rodoviário, ferroviário e aquaviário.

16 Plano Nacional de Logística e Transporte (2011)

bacias, da qual cerca de 21.000 km são considerados navegáveis e, destes, identificou-se navegação comercial em 6.500 km, em 2012¹⁷.

Conforme se observa, o Brasil dispõe de relevante matriz de transportes, a qual passa por um processo de retomada da expansão e modernização de sua infraestrutura, denotando a importância de se realizar a abordagem dos aspectos climáticos que apresentam potencial interação com a vulnerabilidade do setor, principalmente o transporte de cargas, tanto em termos operacionais como de conservação dos seus ativos físicos.

Nesse contexto, visando compor o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, foi lançado pelo pelo Ministério dos Transportes, em 2013, o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação a Mudanças do Clima (PSTM), reforçando a base do compromisso do Governo Federal com a política sobre mudança do clima, sem que se percam as condições de competitividade e de desenvolvimento econômico e socioambiental.

6.2.2 Impactos e vulnerabilidades

Assim como outros setores, a infraestrutura de transporte de cargas pode ser afetada por cenários de aumento de temperatura, pluviosidade e intensidade dos ventos, os quais podem ocasionar impactos diretos e indiretos

nos transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário (MACARTHUR, 2013; FGV, 2013). Dentre os impactos diretos, os mais usuais são as enchentes e os deslizamentos, muitos deles causados por eventos extremos (INPE, 2010). Como um dos exemplos de impactos das precipitações intensas para o setor de transportes, tem-se as inundações em estradas e ferrovias.

Estradas não pavimentadas, 78,6% de toda a malha rodoviária brasileira, são mais vulneráveis a uma série de fatores climáticos, especialmente às precipitações mais intensas, que podem levar à interrupção da via (ARNDT; CHINOWSKYT, 2012). Essa situação pode chegar a interromper a conexão dos diversos modos de transporte. Ainda, pode elevar o custo do setor por meio de medidas de segurança adicionais que devem ser adotadas na infraestrutura da própria via ou através da utilização de rotas alternativas que são, na maioria das vezes, mais extensas (UNCTAD, 2009; UNECE & UNCTAD, 2010).

Essas estradas, quando saturadas, apresentam pressões excessivas no subleito, deformando-o e fissurando o asfalto. Com as precipitações intensas, muda-se o cenário projetado, podendo causar impactos nas estradas pavimentadas existentes, assim como aumento de custos para estruturas adicionais (permeação) das construções do sistema rodoviário.

O Quadro 10 relaciona algumas variáveis climáticas e suas alterações, com possíveis impactos na infraestrutura rodoviária, a partir de estudos desenvolvidos em diferentes países.

Quadro 10. Impactos de eventos extremos em sistemas de transporte

País	Variável climática	Alteração esperada	Impactos esperados da alteração da variável climática
Canadá	Temperatura	Elevação das temperaturas máximas e mínimas (principalmente no inverno)	Aumento da frequência dos ciclos de congelamento – descongelamento com deterioração do pavimento
	Precipitação	Aumento de intensidade e frequência	Aumento da presença de detritos na pista, deslizamentos de terra, inundações e alterações no dimensionamento de pontes e bueiros
	Nível do mar	Elevação do nível médio	Inundação e danos em rodovias, calçados e instalações marítimas situadas em áreas baixas
Holanda/ Reino Unido	Precipitação	Aumento no inverno e redução no verão	Risco de inundações e danos associados à capacidade insuficiente de drenagem
	Nível do mar	Elevação do nível médio e a consequente elevação do nível das águas subterrâneas	Inundação, problemas com material leve usado nas camadas de base (EPS – Expanded Polystyrene), contaminação pela lixiviação de cinzas utilizadas na sub-base
Austrália	Temperatura	Elevação geral	Alterações no clima, que ficando mais seco acarreta perda da qualidade dos ligantes asfálticos e redução da vida útil do material betuminoso
	Precipitação	Redução de intensidade e frequência	

Fonte: Adaptação de *Technical Committee D.2 Road Pavements* (2012) apud Projeto 2040 (SAE, 2015)

O aumento da precipitação e de eventos de inundação podem ocasionar processos erosivos, prejudicando as vias e as condições em estruturas metálicas, como as pontes. Se estas estruturas possuírem partes de concreto antigas e com falta de manutenção, há um maior risco de sofrerem com um aumento da umidade e infiltração (SOO HOO & SUMITANI, 2005). Da mesma forma as estradas também poderiam tornar-se estruturalmente instáveis pela erosão subsuperficial, resultando em aumento das despesas de manutenção (CNRA, 2009).

Outro impacto ocasionado diretamente pelo aumento das chuvas ou pelas tempestades extremas, as quais provavelmente ocorrerão com maior frequência, é a geração de enxurradas além do qual o sistema de drenagem é projetado para suportar, sobrecarregando o sistema atual (SOO HOO & SUMITANI, 2005).

De forma geral, os impactos previstos no transporte terrestre, como resultado de fortes precipitações ou inundações são (OSWALD, 2009): (1) aumento da inundação de estradas, pontes baixas e túneis; (2) aumento da frequência e da gravidade do transbordamento do sistema de drenagem; (3) aumento da inundação de rotas de evacuação; (4) atrasos e interrupções de tráfego de veículos; (5) incidência de catástrofes em estradas causados por deslizamentos de terra e erosão; (6) lavagem das sustentações das pontes e umidade nas fendas, com deterioração da estrutura

e deslocamento de tabuleiros; (7) destruição de sinalização de rodovias e pontes. Todos estes impactos resultariam em problemas na circulação ou na interrupção de viagens.

Na navegação interior, o impacto dos eventos extremos de precipitação e o acréscimo de dias da estação chuvosa podem elevar o nível de água, aumentando a frequência de períodos de cheias, o que pode vir a paralisar o tráfego de embarcações, por questões de segurança, gerando impacto econômico substancial (MIDDELKOOP et al., 2001; KREKT et al., 2011).

Em contraposição, os períodos de seca, também cada vez mais frequentes, podem causar quedas do nível de água, aumentando o número médio anual de dias nos quais a navegação interior é dificultada ou estagnada devido à capacidade limite de transporte dos rios (MIDDELKOOP et al., 2001), e mesmo que melhorias sejam realizadas nos canais de navegação, elas tendem apenas a aliviar parcialmente esses problemas. Além disso, baixos níveis de água obrigam as embarcações de navegação interior a usarem apenas parte de sua capacidade máxima, aumentando consideravelmente os custos de transporte para esse modo (KOETSE & RIETVELD, 2007).

Em geral, mudanças na temperatura tendem a impactar a infraestrutura de transportes, tais como pontes e trilhos, e agravar a deterioração das estradas e ferrovias, exigindo manutenções mais frequentes (SOO HOO & SUMITANI, 2005). O aumento de dias com alta temperatura eleva o risco de deterioração prematura da infraestrutura de transporte através da expansão térmica das juntas de pontes, aumento das deformidades do pavimento e alterações nos períodos de atividade de construção (IPCC, 2007; OSWALD, 2009).

É verdade que em estruturas metálicas, os materiais utilizados apresentam algum grau de contração e expansão de forma a resistir a mudanças de temperatura (MEYER, 2008). Todavia, as incertezas sobre a mudança do clima futura e os limites aceitáveis dos projetos de infraestrutura representam um risco aos diferentes tipos de transportes (IPCC, 2007).

Por exemplo, em rodovias, a degradação do pavimento está diretamente relacionada ao estresse térmico que pode levar ao amolecimento do material asfáltico quando as temperaturas excedem os limites do projeto (LAVIN, 2003). Na navegação interior, o aquecimento leva à redução dos níveis de água a partir da diminuição da vazão proporcionada pela evaporação da água (LEMMEN & WARREN, 2010).

Devido ao aumento da temperatura da superfície do mar, fenômenos de tempestades tropicais, como ventos fortes tornam-se mais frequentes (OSWALD, 2009). Estes ventos podem causar: (1) a diminuição da estabilidade de tabuleiros de pontes, (2) aumento de interrupções de viagens no transporte rodoviário e ferroviário devido ao bloqueio de pistas e linhas por detritos ou árvores caídas e pedregulhos, e (3) maior probabilidade de falha na infraestrutura rodoviária.

Como visto anteriormente, as variações sazonais das condições meteorológicas podem trazer, além de impactos diretos, impactos indiretos no setor de transportes e em outros setores da economia. Na agropecuária por exemplo, os problemas decorrentes da logística de escoamento da produção devem ser agravados devido aos impactos da mudança do clima no setor de transporte, principalmente o modo rodoviário (FGV, 2013).

Provavelmente, os custos de transporte aumentarão com os desastres naturais e novas rotas seriam procuradas para o escoamento de produtos, fazendo com que fossem rompidas as cadeias de fornecimento tradicionais (BECKER et al., 2012). O aumento de eventos extremos também pode afetar a passagem através de sistemas de bloqueio e aumentar os custos de manutenção de embarcações, carros e trens, resultando em maior

tempo de atrasos e custos (IPCC, 2007; POTTER et al., 2008; UNCTAD, 2009).

Impactos em série, gerados para a rede de transportes, podem levar à perda de ativos de infraestrutura, afetando negativamente a recuperação e resiliência de todo o setor, já que a infraestrutura de transporte representa substancial investimento nacional.

Nesses aspectos, para o transporte de carga, a adaptação pode ser pensada como a resposta do setor aos impactos climáticos advindos dos eventos de clima esperados para o país. O desenvolvimento social e o crescimento econômico de um país demandam, permanentemente, que sejam investidos recursos em infraestrutura de transportes para a manutenção ou redução dos custos de produção de bens e serviços, bem como para melhorar a circulação territorial de seus habitantes, ainda mais durante eventos climáticos críticos.

Muitas vezes, analisar a capacidade adaptativa e gerir os sistemas de transporte em resposta a mudança do clima representa um processo complexo, uma vez que a infraestrutura de transporte está interconectada e dependente de outros sistemas. Além disso, os impactos potenciais não são isolados por região geográfica, mas interdependentes sobre os impactos que cercam a outros meios de transporte.

Todavia, frente à necessidade de restabelecimento ou manutenção

do transporte de cargas entre regiões em face dos estressores climáticos, um exemplo de capacidade adaptativa envolve a existência de rotas alternativas ou mudanças modais que possam ser utilizadas no caso de interrupção de determinados trechos de uma estrada principal, premissas consideradas no Sistema Nacional de Viação e no Plano Nacional de Logística e Transportes.

O Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT), tem como objetivo principal resgatar o planejamento estratégico no setor de transportes brasileiro. Além disso, objetiva também a formação de uma base de dados sob estrutura georreferenciada, a fim de permitir a modelagem de transportes e avaliação de projetos orientados para que o resultado do planejamento estratégico dos transportes seja atendido a longo prazo.

Os projetos preveem, ora a ampliação de capacidade das vias em eixos estratégicos da rede viária nacional, ora a implantação de “elos” faltantes nessa rede, pela expansão de novos trechos que permitem redirecionar o transporte de cargas e, principalmente, integrar o modo de transporte rodoviário ao ferroviário e/ou fluvial. Ainda, nesse contexto, se inserem os projetos de integração logística em pontos estratégicos para saída de cargas, como os portos e aeroportos.

A principal finalidade é atender à meta de promover um equilíbrio da matriz de transporte de cargas no país. Essa meta

corresponde à estratégia de garantir ao setor a capacidade de responder aos danos potenciais em meio a predisposição dos padrões construtivos dos ativos em áreas ou regiões passíveis de serem adversamente afetadas por estressores climáticos, tornando o sistema menos vulnerável à mudança do clima.

Adicionalmente ao PNLT, o Ministério dos Transportes tem buscado aprimorar ainda mais o transporte de cargas e passageiros por hidrovias com um plano estrutural, eficiente e sólido, através do Plano Hidroviário Estratégico (PHE), que se concentra nas atividades relacionadas ao Transporte Hidroviário Interior de forma a integrar as políticas desse setor com as demais políticas nacionais.

6.2.3 Diretrizes para a adaptação

Algumas das questões estratégicas para o setor de transportes diretamente relacionadas à mudança do clima, se traduzem em atender a meta de promover um equilíbrio da matriz de transporte de cargas no país, possibilitando ao setor responder aos danos potenciais. Nesse sentido, pode-se tornar o sistema menos vulnerável e, ao mesmo tempo, garantir a intermodalidade, como acesso a portos, terminais ferroviários e aéreos, que proporcionem a saída de mercadorias e pessoas durante a ocorrência de eventos climáticos críticos.

A racionalização da matriz de transportes de carga, cujo planejamento vem sendo objeto de atenção do Governo, requer uma série de medidas institucionais e o aporte de significativos investimentos.

Por fim, este Plano levanta diretrizes a serem adotadas pelo Setor Transportes, de acordo com as necessidades de adaptação frente às possíveis mudanças do clima:

1. Promover maior envolvimento do setor de transportes nas questões de adaptação à mudança do clima, através de capacitação e disseminação de informações.
2. Considerar, no que couber, as questões de adaptação à mudança do clima em seus planos, programas e projetos institucionais.
3. Elaborar estudos e pesquisas sobre a relação da mudança do clima com a vulnerabilidade da infraestrutura de transportes, visando subsidiar as políticas públicas, o planejamento e a identificação de soluções para o setor, considerando a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE).
4. Avaliar a possibilidade de existência de co-benefícios e sinergias entre mitigação e adaptação relacionadas às diferentes alternativas aplicadas ao setor de transportes.
5. Aprimorar a produção e disponibilização de informações sobre eventos extremos relacionados ao sistema de transporte.
6. Aumentar a capacidade de resposta do setor de transportes frente aos eventos climáticos extremos por meio de planos, protocolos de ação e medidas preventivas.

Dentro desse contexto, o Ministério dos Transportes assume o compromisso de internalizar as diretrizes de transporte regional estabelecidas neste PNA no âmbito do Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM), cujo prazo deverá ser definido pelo Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM).

6.3 Mobilidade urbana

6.3.1 Introdução

As diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) foram instituídas por meio da Lei nº 12.587, publicada em 3 de janeiro de 2012 (conhecida por Lei da Mobilidade Urbana). Tal norma definiu mobilidade como “a condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano”, o que é fundamental para viabilidade das atividades econômicas e não econômicas nas cidades, onde se

concentram cerca de 84% da população brasileira (IBGE, 2010).

Conforme a citada Lei, o Sistema Nacional de Mobilidade Urbana é o conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do Município, e que inclui: modos motorizados e não motorizados; serviços de transporte urbano de passageiros e cargas; coletivos e individuais; públicos e privados; vias e demais logradouros públicos; inclusive metroferrovias; hidrovias e ciclovias; estacionamento; terminais; estações e demais conexões; pontos para embarque e desembarque de passageiros e cargas; sinalização viária e de trânsito; equipamentos e instalações; e instrumentos de controle; fiscalização; arrecadação de taxas e tarifas e difusão de informações.

Neste contexto, a mobilidade urbana em diversas cidades brasileiras está sujeita a perturbações e outros efeitos decorrentes de eventos e condições climáticas como, alagamentos e inundações, variações de temperatura, entre outros (aqui referidos por impactos climáticos). Tais impactos podem se tornar mais frequentes ou mais severos a depender das variações climáticas futuras e das características de cada localidade, gerando possíveis perdas econômicas e de bem-estar da população.

Neste sentido, a adaptação no setor de mobilidade urbana se faz necessária para salvaguardar a infraestrutura de transportes e seu valor inerente, garantir a confiabilidade da

mobilidade e das atividades econômicas, e assegurar a qualidade de vida e segurança da população urbana.

A atuação dos entes federados nesta temática deverá ser compatível com o disposto na Lei da Mobilidade Urbana, cabendo ao Ministério das Cidades o papel relativo à esfera federal, sendo que diversos instrumentos de efetivação da PNMU, como por exemplo, o Plano de Mobilidade Urbana, devam ser implementados no âmbito dos governos locais.

Em aderência às diretrizes da PNMU, e visando compor o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, foi lançado o Plano Setorial de Transporte e de Mobilidade Urbana para Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM), pelo Ministério das Cidades, em junho de 2013, cujas próximas revisões deverão estar alinhadas com o PNA.

6.3.2 Impactos e vulnerabilidades

A mudança do clima ocorrerá de forma heterogênea no território brasileiro (vide volume I do PNA), tanto no que se refere a alterações graduais em parâmetros climáticos de temperatura e precipitação, como ao comportamento de eventos extremos, os quais possuem maior grau de incerteza.

Quanto ao nível do mar, projeta-se uma elevação ao longo do século, cujos efeitos também podem ser intensificados pela potencial ocorrência de eventos climáticos extremos, como tempestades intensas associadas a baixas pressões e

fortes ventos, gerando sobreelevações e ondas maiores que o normal, representando um risco às cidades brasileiras localizadas ao longo da costa, cujas vulnerabilidades podem ser melhor observadas a partir do capítulo “Estratégia de Zonas Costeiras”, deste Plano.

A vulnerabilidade na mobilidade urbana é resultado da interação entre diversos aspectos, como as condições climáticas em si, a exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa vinculados. Cabe ressaltar que a influência de tais fatores difere de acordo com a localização e as características específicas de cada aglomerado urbano, de forma que os potenciais impactos podem apresentar grande variação, inclusive dentro de uma mesma localidade, sobretudo em se tratando de grandes cidades.

O aspecto da exposição está associado aos sistemas e elementos da infraestrutura dos diferentes modos que potencialmente estão sujeitos a impactos climáticos, podendo se refletir em danos a ativos físicos, reduções de desempenho ou interrupções no deslocamento de pessoas e cargas, bem como interferir direta ou indiretamente nas escolhas de viagens pela população que, naturalmente, também estão expostas sob o ponto de vista socioeconômico.

Assim, de acordo com os cenários de mudança do clima projetados para o território brasileiro, destacam-se os seguintes aspectos climáticos com impactos na mobilidade urbana:

Aumento da temperatura média, ocorrência de ondas de calor e agravamento do efeito de “ilhas de calor”;

Aumento da precipitação e da ocorrência de eventos extremos (tempestades, vendavais), gerando alagamentos, inundações, deslizamentos de terra, queda de árvores, aumento do nível de lençóis freáticos, entre demais consequências;

Aumento médio do nível do mar e sobreelevações temporárias, associados a eventos extremos, ressacas e marés de tempestade, ocasionando inundações em áreas costeiras, aumento do nível de lençóis freáticos e da cunha salina, entre demais consequências;

Redução da precipitação, diminuindo a vazão e o nível de corpos d’água.

Tais aspectos climáticos representam o primeiro nível de um encadeamento, simplificada e apresentado no quadro a seguir, permitindo-se observar

alguns de seus impactos negativos na mobilidade urbana, além daqueles sobre a infraestrutura.

Quadro 11. Potenciais impactos sobre a infraestrutura e a mobilidade urbana

Impacto climático	Potenciais impactos sobre a Infraestrutura	Potenciais impactos sobre a Mobilidade Urbana
Aumento de temperatura, ondas de calor e agravamento de ilhas de calor	<p>Deterioração e deformação de pavimentos e trilhos; Deterioração e deformação de elementos estruturais de pontes, viadutos e trincheiras; Fadiga de materiais de construção; Instabilidade de Taludes; Superaquecimentos e sobrecarga de equipamentos (arrefecimento de motores, climatização, sistemas elétricos de controle, sinalização e comunicação).</p>	
Aumento da precipitação e de eventos extremos	<p>Danos à infraestrutura devido a enchentes sobre vias*, terminais, estações e obras-de-arte especiais; Corrosão e deterioração de estruturas; Instabilidade de taludes, deslizamentos e quedas de árvores; Danos em equipamentos e sistemas elétricos (climatização, sistemas de controle, sinalização e comunicação); Danos a camadas de suporte das vias* (base/sub-base etc); Sobrecarga de sistemas de drenagem; Redução de visibilidade e aderência de veículos; Restrições à navegabilidade (passagens sob pontes etc).</p>	<p>Redução da segurança e/ou de desempenho dos modos de transporte; Redução do conforto de passageiros, pedestres e ciclistas; Aumento de tempos de viagem; Bloqueio de vias*; Restrições na logística de distribuição de produtos e serviços; Aumento de custos operacionais (como manutenção e substituição de ativos); Redução da participação de modos de transporte coletivo e não motorizado.</p>
Elevação e sobre-elevação do nível do mar	<p>Danos à infraestrutura devido a inundações costeiras; Erosão e corrosão de estruturas e materiais de construção; Danos a camadas de suporte das vias* (base/sub-base).</p>	
Redução da Precipitação	<p>Restrições à navegabilidade.</p>	

Fonte: AUTCC – Giz e EU Strategy, com adaptações SEMOB/MCidades

*o termo “vias” contempla rodovias, ferrovias, metrovias, hidrovias, ciclovias e vias de pedestres

Os potenciais impactos sobre a infraestrutura de modos rodoviários e ferroviários apresentam algumas similaridades, como aqueles associados a obras de arte especiais, sistemas de drenagem, camadas de suporte das vias, à estabilidade de taludes, entre demais elementos.

Destaca-se, no entanto, que determinados sistemas apresentam sensibilidades específicas, como a possibilidade de flambagem e fadiga de trilhos, deformação/ruptura de cabos elétricos aéreos, deterioração de pavimentos, superaquecimento de motores, entres outros, associados a variações de temperatura. Este aspecto pode, ainda, gerar maior exigência sobre sistemas de resfriamento, além de desconforto aos usuários dos sistemas.

Quanto a eventos extremos, sabe-se que sistemas/estruturas superficiais se apresentam mais expostos e podem ser diretamente afetados. No entanto, o acesso a estações/terminais, ainda que subterrâneos, pode ser significativamente prejudicado. Ademais, impactos em elementos isolados de sistemas de transporte tendem a se propagar pela rede, sobretudo quanto menor for a sua flexibilidade, integração, abrangência e redundância. Deve-se considerar, neste contexto, não apenas rupturas completas em sistemas e modos de transporte, como também potenciais reduções de desempenho operacional.

No que se refere a elevações do nível do mar, destacam-se impactos associados a inundações costeiras (pela entrada da água do mar como da elevação de cursos d'água interiores), intrusão salina (o que gera oxidação de elementos da infraestrutura), erosão costeira, entre outros.

De forma geral, os impactos climáticos em questão afetam de forma direta ou indireta as condições de deslocamento das pessoas e a distribuição de insumos e de serviços dentro de uma cidade, além de aumentar a probabilidade de ocorrência de acidentes. Ainda, são gerados custos adicionais de manutenção, recuperação e/ou reconstrução de ativos eventualmente danificados/deteriorados, de maneira que determinados efeitos são percebidos imediatamente, enquanto outros se manifestam no médio ou longo prazo.

Cabe ressaltar que a severidade dos potenciais impactos em cada cidade depende não só das condições climáticas, mas também de atributos biofísicos e socioeconômicos do local.

Tomando-se como exemplo situações de chuvas intensas, a ocorrência de inundações, alagamentos e deslizamentos de terra depende de diversos fatores, como: relevo (declividade, depressões, várzeas), presença de corpos d'água, uso do solo (impermeabilização, presença de vegetação), tipos de solo, sistemas de drenagem urbana, entre outros.

Com relação ao aspecto socioeconômico, as condições de mobilidade de uma determinada localidade ou bairro, como a possibilidade de acesso a serviços de transporte público, qualidade das vias e calçadas, entre outras, também interferem na magnitude dos impactos. Em termos práticos, uma chuva forte causa maiores transtornos e impedimentos a populações presentes em áreas com menos oferta de serviços de transporte, que podem ser obrigadas a caminhar por maiores distâncias sob a chuva ou por vias inadequadas, aguardar por mais tempo pelo serviço de transporte, ou ficarem impedidas de acessar os serviços ou destinos pretendidos.

Com isso, a exposição das pessoas a restrições de mobilidade, pode induzir ou mesmo exigir a adoção de alternativas de deslocamento, seja de modos, rotas ou horários e, portanto, influencia o seu comportamento. Cabe ressaltar que as possibilidades de escolha e de reação de uma pessoa mediante condições climáticas adversas, podem ser condicionadas por seu nível de instrução, renda ou faixa etária, e as características da viagem pretendida (distância, custo, motivo etc.), denotando que as consequências aqui tratadas serão percebidas de forma diferente na população. Em adição, pessoas com mobilidade reduzida representam um grupo mais vulnerável nas situações descritas, o que enfatiza a importância da acessibilidade universal neste contexto.

Deve-se considerar, ainda, que interferências em outros setores podem se refletir na mobilidade urbana, como a distribuição de energia elétrica (queda de postes, falhas em sistemas de comunicação e sinalização, ou eventuais interrupções em sistemas de transporte eletrificados - metrô, veículo leve sobre trilhos - VLTs e outros). Políticas setoriais, como de desenvolvimento urbano, saneamento, resíduos sólidos urbanos e telecomunicações também possuem correlação com os impactos climáticos sobre a mobilidade urbana.

Segundo descrito, e tendo em vista as experiências vivenciadas no dia a dia das cidades brasileiras, os impactos aqui tratados estão associados não apenas a mudanças graduais no clima, mas sobretudo a eventos intensos de curta duração, a que estamos nos referindo por eventos extremos. Ressalta-se que não se tratam somente de eventos catastróficos, mas também daqueles de intensidade moderada e forte.

No que tange a estes eventos extremos, entende-se ser inviável eliminar completamente seus impactos, porém, a forma como as pessoas e os sistemas reagem para minimizar as suas consequências negativas, corresponde à ideia de resiliência, ou seja, a capacidade de antecipar, se preparar, responder e se recuperar de situações adversas.

O conceito de capacidade adaptativa no setor de mobilidade, por sua vez, se relaciona com os aspectos

de resiliência, abrangendo todo o conjunto de condições favoráveis para desenvolver e implementar medidas de adaptação, envolvendo dimensões como: institucionais, tecnológicas, de conhecimento e econômicas, que podem ser expressas em termos de estrutura, recursos, informações, análises e tecnologias disponíveis, assim como a existência de programas de mitigação e adaptação à mudança do clima e planos de mobilidade urbana. A predisposição dos agentes de governo, setor privado, academia e sociedade civil em atuarem sobre o tema, também contribui para a capacidade adaptativa.

No setor da mobilidade urbana, destaca-se a qualidade dos sistemas de transporte público como um fator de capacidade adaptativa, contemplando aspectos de abrangência, capacidade, integração, e alternativas de modos e rotas, o que cria condições para uma melhor gestão de eventuais rupturas, falhas ou perdas de desempenho de sistemas específicos, minimizando impactos sobre os deslocamentos.

Não obstante, pode-se citar outros exemplos de capacidade adaptativa: (1) disponibilidade de soluções técnicas (sistemas de drenagem e de bombeamento de água, proteção de equipamentos a intempéries, métodos construtivos, tecnologias de manutenção etc.); (2) articulação entre os entes setoriais, como os responsáveis pelo transporte e trânsito, saneamento, defesa

civil, bem como entre entes federativos, como os municípios em regiões metropolitanas e governos estaduais e federal; (3) existência de sistemas de alerta sobre condições meteorológicas e meios de comunicação à população, sobre a operação dos modos e rotas de transporte e alternativas; entre outros.

Por fim, associa-se a vulnerabilidade do setor de mobilidade urbana à combinação dos impactos climáticos atuais e projetados em uma localidade, às características biofísicas e socioeconômicas presentes, à infraestrutura e aos sistemas de transporte instalados, bem como aos padrões de deslocamento da população, em conjunto com a capacidade adaptativa existente. Destaca-se que quanto maior a capacidade adaptativa, menor a vulnerabilidade aos impactos.

6.3.3 Diretrizes para a Adaptação

No Brasil, mediante a perspectiva de crescimento das cidades, é oportuno que novas infraestruturas e sistemas de mobilidade urbana incorporem aspectos de adaptação. Tal providência requer, por sua vez, o planejamento do uso e ocupação do solo e alocação de infraestrutura de forma integrada com a avaliação de riscos climáticos, evitando-se gerar novas exposições e vulnerabilidades. Complementarmente, a adoção de conceitos urbanísticos sustentáveis de uso misto do solo e adensamento controlado, que minimizem as distâncias e/ou necessidades de viagens, podem

contribuir para a menor vulnerabilidade da mobilidade urbana à mudança do clima, bem como para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Não obstante, a infraestrutura de transportes existente deve ser revisitada a partir da perspectiva da minimização dos impactos climáticos, aproveitando-se não só dos ciclos de manutenção dos ativos como também requalificando e revisando especificações técnicas.

Sabe-se, ainda, que a qualificação do transporte público coletivo e de modos não motorizados, ao mesmo tempo em que provê a melhoria das condições de deslocamento da população, induz à maior participação destes modos na matriz de viagens das cidades. Da mesma forma, representa uma sinergia positiva entre os objetivos de adaptação com os de mitigação da mudança do clima, além dos benefícios inerentes à população e à economia.

Deve-se considerar, ainda, a adoção de soluções técnicas que confirmam maior proteção e resiliência na mobilidade urbana, contemplando medidas preventivas e de resposta que minimizem impactos de eventos extremos, tanto no deslocamento de pessoas como de cargas, e que reduzam custos e o tempo de recuperação de ativos eventualmente afetados. Esta abordagem será mais eficiente, a partir da identificação e priorização de rotas, infraestruturas e sistemas de transporte críticos, que devem ser capazes de

operar durante os eventos em questão, e de oferecer alternativas a modos mais vulneráveis. Portanto, essas soluções devem ser capazes de absorver elevações de demanda, sendo imprescindível o estabelecimento de sistemas de alerta e comunicação operacional e aos usuários.

Soluções como a implantação de áreas verdes, arborização, recuperação e proteção de leitos naturais e do entorno de corpos d'água, ou seja, medidas de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE), devem ser consideradas como uma estratégia fundamental no âmbito de programas de adaptação e resiliência a serem elaborados em nível local, no sentido de minimizar os potenciais impactos aqui tratados. Invariavelmente, para a efetividade das ações de adaptação, se faz necessária a produção de conhecimento tanto em escala nacional como local, a disseminação de informações relevantes à população e o envolvimento das diversas esferas do setor público e do privado. Destaca-se que, muito embora os municípios brasileiros planejem e administrem autonomamente os seus sistemas de transporte, a articulação interfederativa permite uma maior sinergia entre os esforços, como, por exemplo, em regiões metropolitanas. Cabe salientar que potenciais perdas econômicas e demais prejuízos à população devem ser considerados no processo de tomada de decisão para a adaptação, que deve ser incorporada de forma intrínseca nas políticas e instrumentos do setor, e não

apenas como medidas adicionais ou pontuais.

Diante do exposto, tem-se a seguir diretrizes de adaptação para o setor de mobilidade:

1. Articulação institucional no âmbito governamental, visando harmonizar os planos e políticas de adaptação nacionais com os planejamentos e ações locais, envolvendo atores do setor privado, a sociedade civil e acadêmica;
2. Consideração de estudos de vulnerabilidade na mobilidade urbana para a elaboração de programas de adaptação e resiliência em nível local, integrados com setores relevantes;
3. Incorporação do planejamento para adaptação e resiliência no âmbito dos planos de mobilidade urbana, de forma integrada com o planejamento de uso e ocupação do solo nas cidades, considerando princípios de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE);
4. Fortalecimento e qualificação da infraestrutura de transporte público coletivo e individual não motorizado, provendo condições que estimulem a maior participação destes modos na matriz de viagens urbanas, assegurando a integração intermodal e a flexibilidade do sistema;
5. Estímulo a estudos sobre a necessidade de revisão de padrões técnicos, tanto de projeto como de manutenção da infraestrutura de mobilidade urbana, incorporando a adaptação;
6. Promoção da conscientização sobre a mudança do clima e seus impactos na mobilidade, incentivando a população a se preparar e contribuir com a mitigação e a adaptação;
7. Disseminação de informações sobre a rede de transportes nas cidades;
8. Apoio à inovação em projetos que reduzam as emissões de carbono e aumentem a capacidade adaptativa à mudança do clima.

6.4 Energia

6.4.1 Introdução

De modo destacado, as energias renováveis são tratadas com prioridade na matriz energética nacional, que tem como um de seus princípios básicos a diversificação das fontes. Para tanto, vários mecanismos são previstos e considerados na legislação com vista a atingir este compromisso.

Dada a proeminência das energias renováveis e sua ampla distribuição no território nacional, o grau com que os efeitos da mudança do clima podem impactar o setor faz com que a sua avaliação seja relevante, identificando as vulnerabilidades e as possíveis ações com vista à sua redução.

Ao estudarmos as vulnerabilidades do setor de energia aos impactos da mudança do clima, se destacam,

dentre outros setores energéticos, o de energia elétrica, cujos segmentos de geração, transmissão e distribuição serão analisados prioritariamente neste plano. Este complexo setor envolve a disponibilidade de energéticos por diversas fontes, sejam as de origem fóssil, sejam as de origem renovável.

A base da geração na Matriz Elétrica Nacional é a hidroeletricidade, sendo que as demais fontes renováveis e as fontes fósseis complementam o sistema. Essa configuração oferece ao setor uma característica de baixa emissão de gases de efeito estufa, única entre os sistemas elétricos de mesmo porte no mundo. O setor também compreende o sistema de transmissão que interconecta as diversas bacias hidrográficas, além de uma capacidade de geração adicional que é acionada em períodos de eventuais restrições hídricas. Apresenta-se na Figura 7 a Matriz Elétrica Nacional:

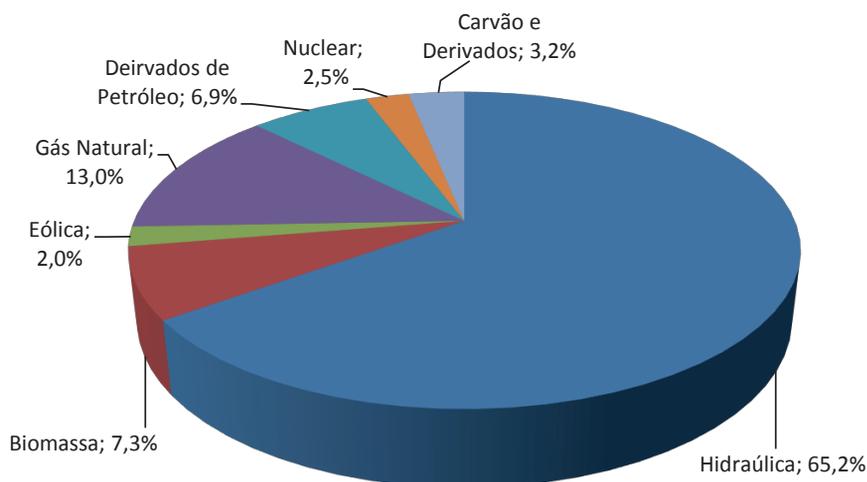


Figura 7. Matriz Elétrica Brasileira

Fonte: Balanço Energético Nacional, ano base 2014

A hidroeletricidade está distribuída por todo o território nacional. As principais usinas em termos de geração e reservatórios encontram-se no centro-sul do país. Adicionalmente, diversas bacias ainda possuem potencial hidrelétrico a ser explorado, sendo que a principal fronteira situa-se na região Norte, nos rios da Bacia Amazônica.

Além da hidroeletricidade, destaca-se também a geração eólica, cujo potencial concentra-se, em grande medida, junto à faixa central e litorânea da região nordeste e regiões do sudeste e sul do país, como observado no mapa de potencial eólico representado na Figura 8:

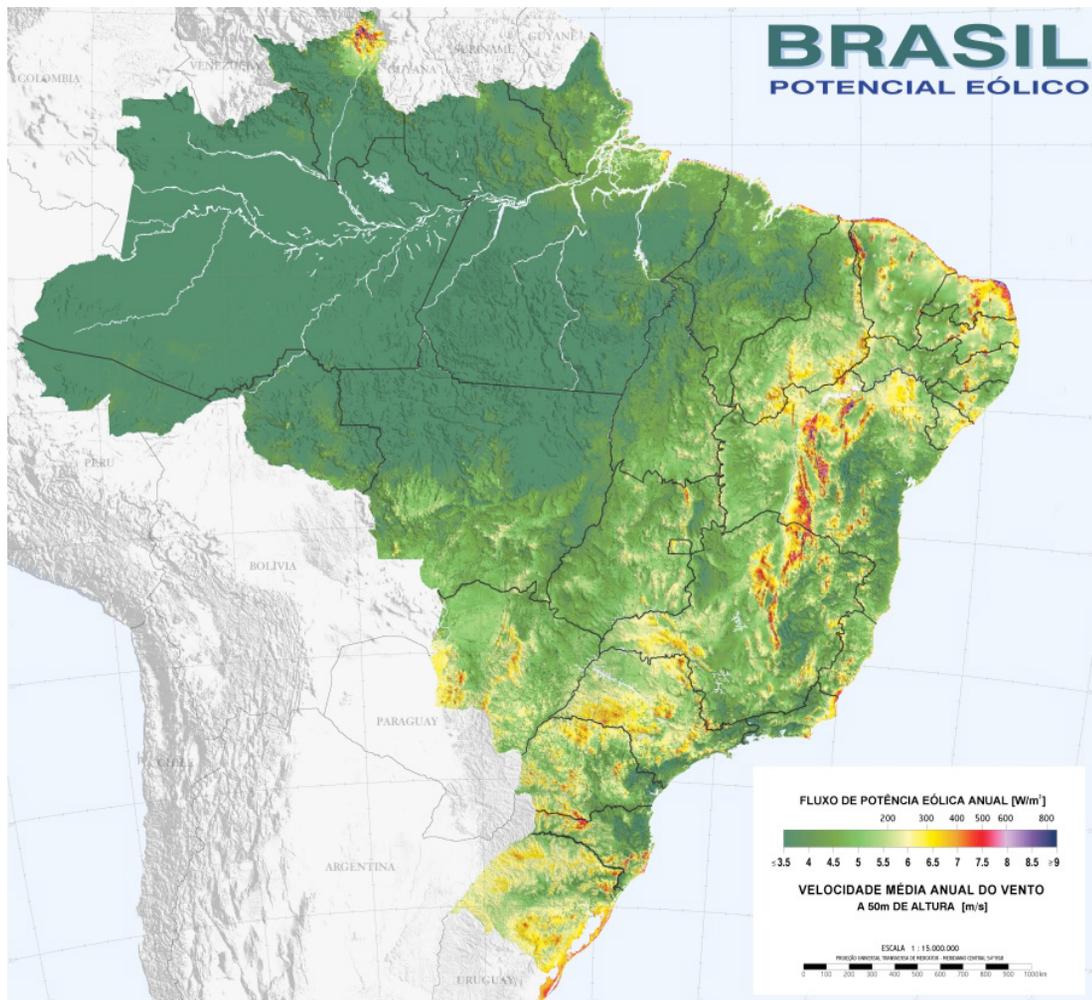


Figura 8. Potencial Eólico Brasileiro

Fonte: Centro de Pesquisa Elétrica- CEPEL

Outra fonte renovável de relevância para a geração de energia elétrica é a biomassa, a qual concentra-se principalmente em térmicas operadas com bagaço de cana-de-açúcar. O grande potencial dessa fonte encontra-se nas regiões do sudeste e nordeste, atrelado à produção de biocombustível.

Menção deve ser feita também ao potencial de geração elétrica por energia

solar de modo concentrada, tanto por sistemas fotovoltaicos no curto prazo quanto por termosolar no longo prazo. Apesar de atualmente a sua participação na matriz elétrica ser pequena, existe uma tendência de crescimento ao longo dos anos.

O Brasil possui um elevado potencial de radiação solar distribuído por todo o território de acordo com a Figura 9.

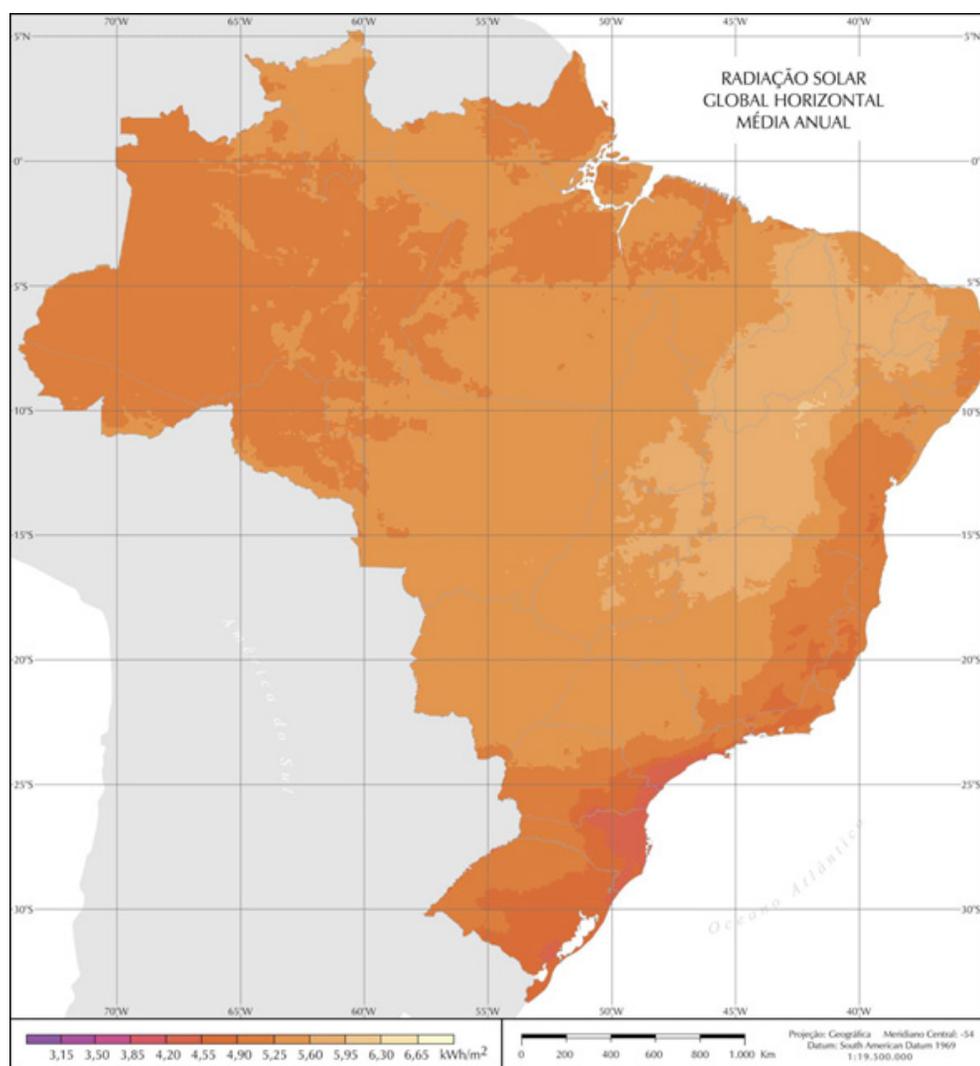


Figura 9. Mapa de radiação solar no Brasil

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar – INPE/2006

O sistema de transmissão de energia interconecta as bacias hidrográficas, o que otimiza a disponibilidade dos recursos hídricos nos diversos reservatórios do país. Essa capacidade é reforçada ao se considerar os reservatórios de acumulação das usinas hidrelétricas que são verdadeiras “caixas d’água” que regularizam a vazão à jusante e reservam água em periodicidade plurianual, favorecendo

a operação do sistema nos períodos de menor afluência hídrica.

Para uma melhor efetividade deste sistema físico, constituiu-se uma estrutura centralizada para a operação (Operador Nacional do Sistema – ONS), que gerencia os despachos¹⁸ de cada usina e a operação das linhas de transmissão, objetivando otimizar a oferta de energia elétrica. Segue abaixo o esquema do Sistema Interligado Nacional:

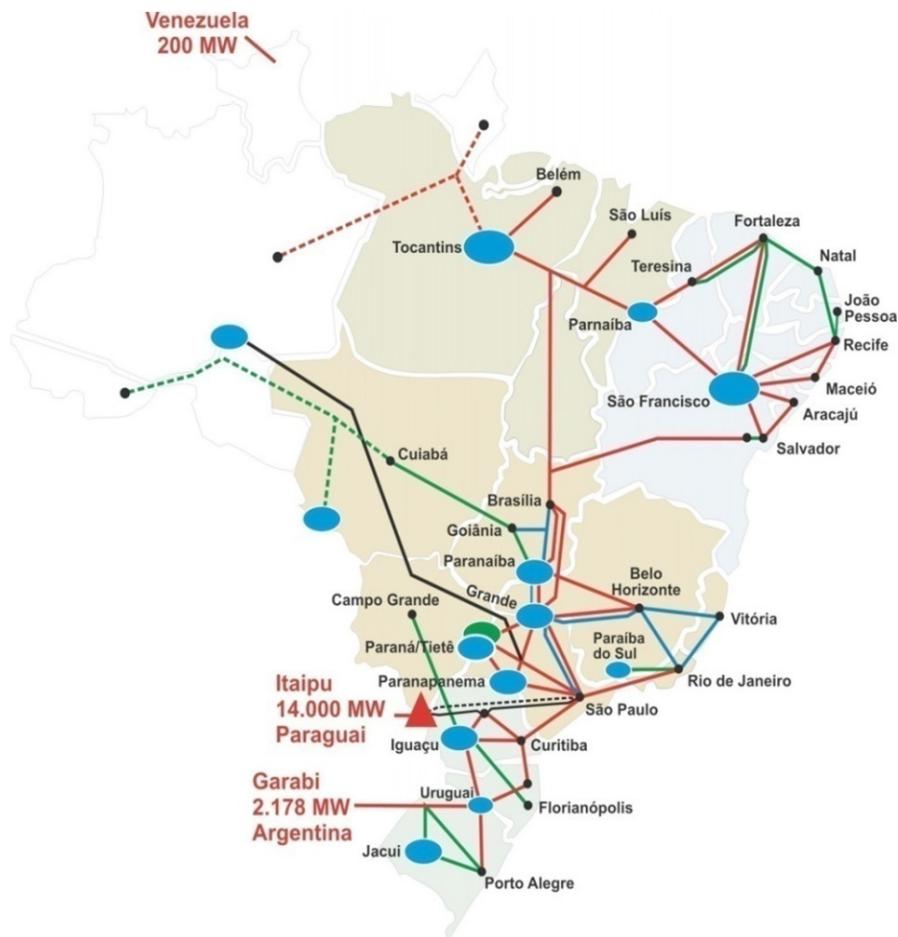


Figura 10 - Sistema Interligado Nacional – SIN

Fonte: Operador Nacional do Sistema – ONS, 2014.

18 Ato, controlado pelo Operador Nacional do Sistema, que consiste em determinar quais Usinas devem operar e quais devem ficar de reserva de forma a manter, permanentemente, o volume de produção igual de consumo, considerando para tanto as Usinas de menor custo. Geralmente, o despacho começa com a geração de energia das hidrelétricas e, na sequência, a geração pelas térmicas de menor custo, desde que a usina tenha condições técnicas, inclusive combustíveis.

Deve-se considerar também no sistema elétrico uma reserva de geração, grande parte fóssil que fica à disposição para operação em períodos de deficiência hídrica conjuntural.

Destaca-se que a segurança energética é um dos principais objetivos de um programa de adaptação do setor. Neste sentido, as fontes fósseis, apesar de emissores de gases de efeito estufa, cumprem um importante papel neste quesito, oferecendo a necessária estabilidade que o sistema requer.

Considerando a manutenção da majoritária componente renovável do setor elétrico nacional, a expansão do parque térmico deve atender a critérios de tecnologias e combustíveis que priorizem a baixa emissão de gases de efeito estufa, buscando uma necessária compatibilização entre mitigação e adaptação.

Deste modo, a vulnerabilidade do setor elétrico não é um evento de análise isolada de bacias hidrográficas, mas deve ser avaliado no seu conjunto, considerando a diversidade das fontes de energia, a operação do sistema e suas estruturas de reserva.

6.4.2 Impactos e vulnerabilidades

É consenso na comunidade científica que a mudança do clima é um evento aceito com um elevado grau de confiabilidade e que o Brasil, como o resto do mundo, deverá sofrer os reflexos deste processo nas próximas décadas de modo mais evidente. Independentemente do grau de aderência dessas previsões, e

qual cenário se consolidará, é provável que essas mudanças possam afetar em algum nível a geração de energia elétrica.

Dentre os parâmetros climáticos que mais têm interferência no setor, elenca-se o aumento da temperatura média da atmosfera com reflexos na evapotranspiração dos lagos e dos cursos de água e as variações na precipitação. A precipitação, em conjunto com a evapotranspiração no cálculo do balanço hídrico, é uma importante condicionante das vazões dos rios.

Outros parâmetros climáticos também têm influência na produção de energia, como a cobertura de nuvens que refletem na irradiação solar e a variação no regime dos ventos que tem um efeito direto na geração elétrica por aerogeradores.

Adicionalmente, outros aspectos devem ser considerados juntamente à mudança do clima no que diz respeito à produção de energia. Tem-se como exemplo a rugosidade do terreno e o modo de sua ocupação, ambos interferem na dinâmica dos ventos em uma região. Do mesmo modo, o efeito do uso consultivo¹⁹ sobre a vazão dos rios, decorrentes do abastecimento das cidades e irrigação, bem como a ocupação do solo, podem impor uma maior ou menor pressão sobre a disponibilidade dos recursos hídricos. Em determinados

¹⁹ Usos consultivos da água referem-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural, diminuindo suas disponibilidades espacial e temporalmente. Por exemplo: dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público, processamento industrial etc.

casos, os efeitos destas variáveis podem até mesmo sobrepujar a questão climática.

Como já exposto, ao se analisar os impactos da mudança do clima sobre o sistema elétrico, deve-se frisar que a vulnerabilidade a ser determinada diz respeito à oferta de energia elétrica no âmbito do Sistema Interligado Nacional, inclusive considerando os seus aspectos de gerenciamento. Só assim é possível ter uma visão mais precisa das vulnerabilidades que incorrem no abastecimento elétrico e melhor determinar as possíveis ações de adaptação.

Devem-se considerar, ao abordarem-se as questões de disponibilidade energética, os aspectos relacionados à demanda de energia que são influenciados tanto pelas alterações climáticas, a exemplo do aumento da temperatura média nas cidades que tende a desencadear o uso mais intenso de aparelhos de refrigeração, quanto por evolução tecnológica, que possibilita uma maior eficiência dos equipamentos. Elenca-se abaixo aspectos do sistema elétrico que devem ser considerados:

Impacto da inserção de novas tecnologias, como por exemplo, veículos elétricos e políticas de eficiência energética;

Impacto dos futuros padrões de consumo em construções residenciais e comerciais (habitações e prédios “inteligentes”);

Penetração de tecnologias, como as redes inteligentes e linhas de transmissão de ultratensão;

Maior penetração da geração distribuída por diferentes fontes, a exemplo da geração fotovoltaica em telhados de edificações;

Autoprodução de energia elétrica por grandes consumidores, utilizando-se de fontes renováveis e fósseis, como no caso da cogeração à gás natural.

Adicionalmente, deve-se avaliar, no tocante aos estudos de adaptação para o setor elétrico, questões relacionadas à legislação ambiental no que se refere à proteção e recuperação dos recursos naturais (fauna, flora e meio ambiente físico). A minimização dos impactos ambientais é um importante vetor de resiliência que se insere no conceito de Adaptação baseado em Ecossistemas (AbE).

A exposição aos impactos climáticos, os quais especificamente esse plano aborda, compreende a geração elétrica por hidrelétricas, centrais eólicas, geração solar concentrada e distribuída, bem como usinas térmicas de biomassa de cana-de-açúcar. Estes sistemas estão sujeitos às mudanças nos parâmetros médios climáticos, bem como aos fenômenos de eventos extremos, sendo estes últimos com sensíveis reflexos sobre os sistemas de transmissão e distribuição de energia.

O impacto das alterações dos parâmetros climáticos passa por uma avaliação de sensibilidade que indica em que grau esses sistemas respondem a essas alterações. Tomando como exemplo centrais hidrelétricas com reservatórios de regularização, as características destes reservatórios podem atenuar os efeitos das variações de vazões dos rios e por consequência a geração elétrica. Estas características influenciam não apenas a operação da usina em si, mas também a regularização da vazão à jusante, propiciando a otimização da operação do sistema

Por outro lado, centrais elétricas com baixa capacidade de armazenamento de energia, seja por características físicas ou limitações tecnológicas estão mais expostas às variabilidades dos parâmetros climáticos com reflexo no potencial de produção de eletricidade. Deste modo, deve-se avaliar a combinação entre a exposição dos sistemas de geração elétrica e o grau de sensibilidade de como esses sistemas reagem para se obter os respectivos impactos.

Os impactos da mudança do clima sobre as estruturas que compõem o sistema de geração elétrica devem ser avaliados de maneira sinérgica, de modo a ter uma real dimensão da vulnerabilidade de todo o sistema elétrico. Nesse sentido, as regiões do território nacional sofrerão influências diferenciadas em relação às precipitações, temperatura, ventos, irradiação com aumentos em determinados lugares e reduções em outras.

Contudo, o Sistema Interligado Nacional possibilita a compensação natural dos efeitos dos impactos climáticos devido à interconexão do sistema de geração elétrica. Essa compensação dota o sistema elétrico de uma capacidade intrínseca de adaptação, (Capacidade Adaptativa) que deve ser considerada em uma análise de vulnerabilidade. No entanto, deve-se considerar que apesar da flexibilidade do sistema elétrico, esta deve estar circunscrita a parâmetros que preservem a segurança energética e a minimização dos custos que são pilares da política energética nacional. Outros exemplos dessa capacidade de adaptação são elencados:

- Sistema de transmissão robusto e ramificado por todas as regiões do país, interligando bacias hidrográficas e centros de cargas, transmitindo grandes blocos de energia por milhares de quilômetros com alta confiabilidade;
- Sistema de gerenciamento de despacho de energia centralizado em um órgão com abrangência nacional;
- Diversidade da matriz elétrica que implica em uma complementariedade natural da oferta de energia entre as diversas fontes. Essa complementariedade ocorre devido a uma sazonalidade que faz com que o período de geração mais intenso por eólicas ou térmicas de biomassa ocorra nos meses do ano em que as vazões são mais baixas. A Figura 11 mostra a variação mensal típica de energia ao longo do ano.

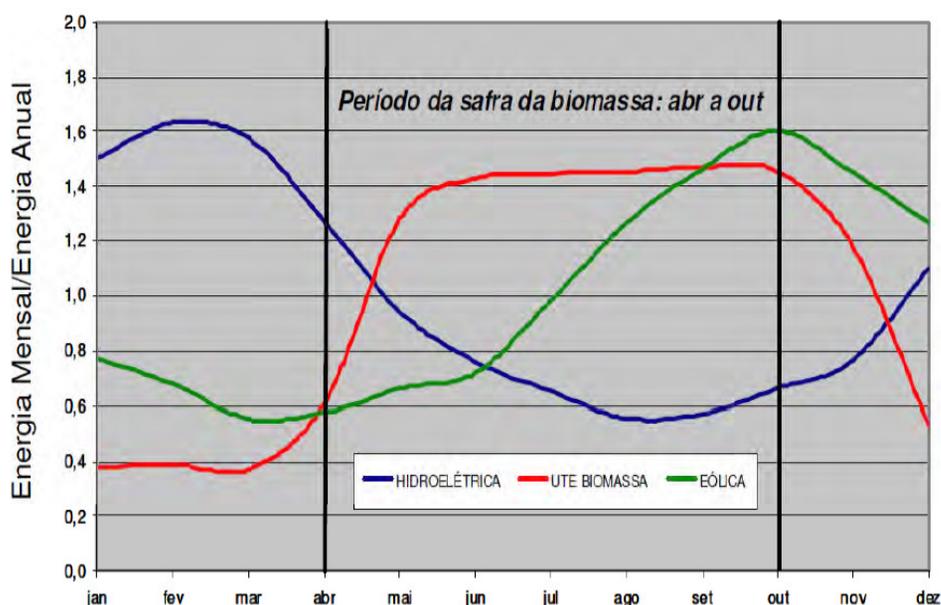


Figura 11 - Variação Mensal típica de energia para as fontes de Hidroeletricidade, Biomassa e Eólica

Fonte: Operador Nacional do Sistema – ONS

- Reserva de geração que, no caso de eventos conjunturais extremos, é acionada para a estabilidade da oferta de energia.

Por outro lado, o próprio efeito da mudança do clima, em algumas condições, também tende a aumentar a capacidade de resiliência do sistema de geração elétrica. São exemplos:

- A mudança do clima acentuará a diferenciação dos regimes hídricos entre as bacias hidrográficas da região centro-sul do país e da região norte. Assim, a depender da capacidade de armazenamento, precipitações mais intensas tendem a compensar, em alguma medida, a diminuição da precipitação em outras regiões;

- Da mesma maneira, ocorrerão compensações entre as fontes de energia, onde as mudanças no clima favorecerão a geração de energia por uma determinada fonte em uma região compensando, em partes, a queda de oferta de outra fonte em uma região mais desfavorável.

Dadas essas características, que são intrínsecas ao sistema elétrico, é possível fazer uma análise acurada das reais condições de vulnerabilidades as quais esse sistema está sujeito, e projetar medidas de adaptação para mitigar estas vulnerabilidades, aumentando, assim, a sua resiliência.

Diante do exposto, pode-se depreender que a análise quantitativa de vulnerabilidade do setor elétrico é uma ação complexa e exige uma variedade de estudos que não se limitam apenas a abordar fontes de geração isoladamente. No entanto, em uma análise inicial qualitativa, pode-se identificar alguns impactos da mudança do clima em sistemas específicos, desconsiderando uma avaliação mais acurada dos efeitos sinérgicos no sistema elétrico como um todo.

As projeções da ampla gama de modelos climáticos apresentam uma variabilidade de resultados nas regiões do território nacional, não havendo, assim, uma convergência quantitativa de modo conclusivo. Isso mostra a necessidade de se avaliar com cautela os impactos advindos da modelagem climática, sem no entanto subestimá-los.

Deste modo, uma abordagem do tema utilizando-se de cenários para análise dos impactos junto aos setores é recomendável. Dentro do leque de possibilidades de cenários futuros, identificam-se possíveis vulnerabilidades relacionadas ao setor de energia. Os apontamentos a seguir foram baseados em estudos da Rede Clima/MCTI e da Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE, 2015), focando o aspecto qualitativo, ou seja, das tendências dos impactos apresentados nestes trabalhos:

- Tomando como base o conceito de Balanço Hídrico (BH)²⁰, que é uma relação entre precipitação e evapotranspiração com reflexos nas vazões, o valor deste indicador aplicado às bacias hidrográficas apresenta um comportamento distinto ao longo do território nacional. Observa-se uma tendência de decréscimo do BH em bacias situadas mais ao norte do país, a exemplo da Bacia Amazônica, Nordeste e Atlântico Leste. Já para as bacias situadas na porção sul/sudeste do país, o BH possui uma tendência de aumento ao longo do século, a exemplo do caso das bacias do Paraná e Uruguai. Bacias localizadas nas regiões de transição entre estes extremos possuem um BH com tendência estável, próxima à zero;
- Constata-se uma tendência de aumento da intensidade da velocidade dos ventos nas regiões específicas do Nordeste e Sul, sendo estas áreas favoráveis à geração de energia elétrica. Regiões com tendência à redução da velocidade dos ventos são identificadas em regiões da Amazônia e em áreas do Centro-Oeste.
- Com relação à radiação solar, os valores de radiação útil na região Norte do Brasil indicam que os mesmos irão permanecer elevados. Em contraste, a região Sul exibe valores inferiores em função da menor irradiação e a ocorrência frequente da cobertura de nuvens. De modo geral, os estudos demonstram que o Brasil possui área e energia expressivas, principalmente nas Regiões Norte, Nordeste e

²⁰ BH Positivo: Tendência de aumento da disponibilidade hídrica. BH Negativo: Tendência de redução na disponibilidade hídrica. BH Zero: Não há influência na disponibilidade hídrica.

Centro-Oeste;

- Com relação à biomassa, em especial a cana-de-açúcar, os estudos apontam que devido à elevação da temperatura ocorrerá uma redução no risco de geadas no Sul, no Sudeste e no Sudoeste do país, acarretando um efeito benéfico às áreas atualmente restritas ao cultivo de plantas tropicais, trazendo assim reflexos positivos para a geração de energia elétrica;
- Os modelos de projeções climáticas indicam um aprofundamento das ocorrências de eventos extremos. Estas ocorrências podem afetar a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.
- As vulnerabilidades identificadas devem ser consideradas como indicativos de ocorrências junto ao setor de energia, não podendo depreender diretamente delas, ações específicas com vistas a minimizações de seus efeitos. Estudos mais aprofundados buscando uma melhor quantificação são ainda necessários para dirimir as incertezas que ainda ocorrem em diversas áreas.

6.4.3 Diretrizes para a Adaptação

Dada a complexidade que se apresenta nos estudos de vulnerabilidades associados ao setor elétrico é importante considerar que as ações de adaptação sejam avaliadas de modo criterioso, buscando um sólido consenso prévio junto às instâncias que compõem a Política Energética Nacional.

A política setorial se dá através de uma organizada estrutura que garante o efetivo atendimento de seus objetivos. Nessa estrutura, o Ministério de Minas e Energia preside o Conselho Nacional de Política Energética (Conselho interministerial que atua como órgão de assessoramento ao Presidente da República para formulação de políticas e diretrizes sobre energia). Em outro patamar, o papel de fiscalizar e regular fica a cargo da agência reguladora nacional - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), além de Agências Estaduais. Agregam-se a essa estrutura agentes implementadores da política, do planejamento e da operação, onde se destacam o Operador Nacional do Sistema (ONS), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE). Órgãos como o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) promove o desenvolvimento técnico e científico, contribuindo para um constante desenvolvimento setorial. Por fim, na prestação de serviço de energia, encontram-se diversas empresas do sistema Eletrobrás²¹⁴⁸ (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), e companhias energéticas de geração e distribuição no âmbito estadual e municipal, além de empresas de transmissão.

Nesse sentido, para promover uma maior discussão e consequente consolidação dos conceitos de adaptação que sejam compatíveis ao setor de energia, diretrizes são necessárias para sua melhor condução, tanto no âmbito público como privado.

Adicionalmente, as diretrizes propostas poderão orientar programas

de transferência de tecnologias ou capacitação no setor elétrico através do intercâmbio direto entre países ou inserido em um programa mais abrangente multilateral no âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas. Deste modo, algumas propostas de diretrizes são elencadas:

1. Promover maior envolvimento das instituições do setor elétrico ao tema de adaptação visando, quando aplicável, a adequação das políticas institucionais a novos parâmetros climáticos;
2. Aprofundar os estudos de impactos no setor elétrico em regiões específicas, considerando as tendências de alterações climáticas;
3. Estudos dos riscos à infraestrutura do setor de energia face à mudança do clima visando a aperfeiçoar o gerenciamento das atividades, com foco no contingenciamento de situações extremas;
4. Avaliar os possíveis co-benefícios e sinergias entre mitigação e adaptação, relacionados às diferentes alternativas aplicadas ao setor de energia;
5. Avaliar, nos casos pertinentes, as interseções quanto às medidas adaptativas entre água, energia, uso da terra e biodiversidade, de forma que se possa compreender e gerir suas interações;
6. Estudos visando definir a necessidade de aperfeiçoamento das ferramentas de planejamento, com vistas a adequar seus parâmetros conforme as alterações dos eventos climáticos verificados com base científica.

As diretrizes propostas neste capítulo setorial buscam oferecer as condições para um planejamento elétrico que melhor observe as projeções futuras do clima e oriente uma política energética

que busque uma maior resiliência do setor, observando os princípios de segurança do abastecimento, sustentabilidade ambiental e modicidade tarifária.