

Ensaio: Mudanças climáticas e recursos hídricos no Brasil

Introdução

Recursos hídricos no Brasil

O Brasil é um país rico em recursos hídricos. De fato, segundo o Ministério das Relações Exteriores, “o Brasil detém cerca de 12% das reservas de água doce do planeta, perfazendo 53% dos recursos hídricos da América do Sul”.¹ E ainda, segundo o Portal Brasil, comportando em seu território três bacias hidrográficas que contém o maior volume de água doce do mundo (Amazonas, Paraná e São Francisco), o país conta com um volume de água potável distribuído por pessoa que ultrapassa o mínimo anual definido pela Organização das Nações Unidas (ONU) - 1.700 m³/s por pessoa por habitante - em 19 vezes. Mesmo que essa distribuição não alcance todos habitantes com a mesma qualidade e regularidade, devido às diferentes características geográficas de cada região e da sazonalidade (que afeta a vazão dos rios), esse volume é o bastante para suprir a demanda nacional 57 vezes.²

Em uma média nacional, a utilização dos recursos hídricos equivale a um terço para o consumo humano, 46% para irrigação e 18% para as atividades industriais.² Além disso, segundo o documento “Brasil 2040”, da Secretaria de Assuntos Estratégicos, a matriz energética brasileira tem forte dependência desses recursos, visto que esta é constituída principalmente por energia proveniente de usinas hidroelétricas.³ Tamanha dependência do Brasil em seus recursos hídricos, ainda que estes atualmente sejam fartos, o torna vulnerável a possíveis alterações na disponibilidade destes recursos, tais como alterações decorrentes das mudanças climáticas.

Mudanças Climáticas

O clima da Terra está constantemente mudando. Essas mudanças podem ocorrer em decorrência, por exemplo, de erupções vulcânicas, alterações na radiação solar ou mesmo pela ação antropogênica persistente. A manutenção da temperatura média mundial se dá pela ação do efeito estufa: a energia solar incidente na Terra é absorvida e então emitida como

calor ao espaço, que é absorvido em parte pelos gases presentes na atmosfera e redistribuído através das circulações atmosférica e oceânica.⁴ Segundo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, do inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*), mudança climática é definida como “uma mudança de clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera global e que se soma à variabilidade climática natural observada através de períodos de tempo comparáveis”. A UNFCCC estabelece, portanto, uma clara distinção entre variações climáticas decorrentes de processos naturais e mudanças climáticas que ocorrem devido à ações humanas.⁵

De fato, atividades humanas, desde a era pré-industrial, vêm aumentando as emissões de gases do efeito estufa - tais quais o dióxido de carbono (CO₂) e o óxido nitroso (N₂O) -, levando a um aquecimento do sistema climático mundial, de modo que a média global das anomalias das temperaturas combinadas das superfícies terrestre e oceânica chegou a apresentar um aumento de 0,85°C no período entre 1850 e 2012. Essas mudanças climáticas têm afetado sistemas naturais e humanos em todo o mundo, causando alterações, por exemplo, nos sistemas hidrológicos como consequência de mudanças na distribuição pluviométrica e no degelo em muitas regiões. Sendo assim, é de extrema importância o conhecimento das tendências futuras do comportamento do sistema climático e seus possíveis impactos.⁴

O Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas

Criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, do inglês *World Meteorological Organization*) em conjunto com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, do inglês *United Nations Environmental Program*), o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas (IPCC, do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*) tem o objetivo de preparar, a partir de informações científicas, avaliações regulares quanto a todos os aspectos das mudanças climáticas, seus impactos e riscos, buscando, com isso, elaborar e providenciar aos decisores políticos mundiais estratégias de resposta que sejam realistas.^{6,7}

O papel do IPCC hoje é definido como “[...] avaliar, com uma base compreensiva, objetiva, aberta e transparente, as informações científicas, técnicas e socioeconômicas relevantes ao entendimento da base científica do risco de mudanças climáticas provocadas

pelo homem, seus potenciais impactos e opções para adaptação e mitigação. Os relatórios do IPCC devem politicamente neutros, embora eles possam precisar lidar objetivamente com fatores científicos, técnicos e socioeconômicos relevantes à aplicação de determinadas políticas”.⁷

Desde sua formação, a participação da comunidade científica nos trabalhos do IPCC tem crescido bastante, em termos de número de autores e contribuintes envolvidos na escrita e revisão dos relatórios, distribuição geográfica dos autores, e tópicos abordados pelos relatórios. O Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (em inglês, *Fifth Assessment Report - AR5*) é o relatório mais recente, publicado entre o setembro de 2013 e novembro de 2014, e oferece uma visão clara e atualizada do estado atual do conhecimento científico em relação às mudanças climáticas.⁷

Impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos

Segundo o IPCC, a água é o agente que transmite muitos dos impactos das mudanças climáticas à sociedade, afetando setores como a energia, a agricultura e o de transporte. Ainda segundo o mesmo estudo, as mudanças climáticas devido à ação humana é um dos estressores dos recursos hídricos, assim como outros fatores não-climáticos como o aumento populacional, a urbanização e o uso da terra, de modo que eles exercem uma pressão sobre a sustentabilidade desses recursos ao diminuir fornecimento de água ou aumentar sua demanda.⁸

Um dos principais fatores climáticos que afetam os recursos hídricos é a precipitação, que está fortemente associada à quantidade de vapor de água na atmosfera, já que a saturação da umidade do ar depende diretamente da temperatura, e o ar mais quente é capaz de suportar uma maior quantidade de vapor de água. Outro destes fatores é a concentração de CO₂ atmosférico, que afeta a transpiração dos organismos fotossintetizantes.⁸ Sendo assim, é possível afirmar que alterações nos padrões de precipitação e temperatura podem ter grandes impactos sobre os recursos hídricos, podendo afetar diretamente a umidade do solo, as reservas subterrâneas, a evaporação, a evapotranspiração e a geração do escoamento superficial. Tais modificações, quando associadas ao aumento da demanda e diminuição do fornecimento de água, tem a capacidade de exercer grande pressão nos hidrossistemas.³

De fato, uma série de estudos dos últimos anos têm mostrado que alterações climáticas afetam os recursos hídricos: escoamento alterado ou reduzido, extremos de precipitação mais intensos, diminuição do reabastecimento das reservas subterrâneas, derretimento e desaparecimento de geleiras, aumento da quantidade de carbono orgânico dissolvido em águas de lagos, entre outros. E, além disso, o Quarto Relatório de Avaliação do IPCC mostrou que, em relação aos recursos hídricos: (i) os impactos das mudanças climáticas, tanto observadas quanto projetadas, sobre os hidrossistemas e seu gerenciamento são provocados principalmente pelo aumento na temperatura e nível do mar e mudanças nas precipitações locais; (ii) áreas semiáridas e áridas são particularmente mais vulneráveis; (iii) água mais quente, precipitações mais intensas e períodos mais longos de fluxo reduzido reduzem a qualidade da água, afetando ecossistemas e a saúde humana; (iv) mudanças climáticas afetam a infraestrutura e a prática do gerenciamento da água; e (v) Os impactos negativos das mudanças climáticas sobre os hidrossistemas superam seus benefícios.⁸

Com base nesses e em outros estudos, o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC traz projeções para os potenciais impactos das mudanças climáticas sobre as características hidrológicas. Há, por exemplo, grande concordância com base em evidências robustas de que as ameaças das mudanças climáticas aos recursos hidrológicos crescem de maneira significativa quando há um aumento nas concentrações atmosféricas dos gases do efeito estufa. Em uma média entre os estudos modelo, estima-se que, para cada grau de aquecimento global, cerca de 7% da população global deve ficar exposta a uma diminuição de pelo menos 20% dos recursos hídricos renováveis.⁸

Projeta-se, também, que os recursos hídricos renováveis, tanto na superfície como nos lençóis freáticos, serão reduzidos significativamente na maior parte das regiões subtropicais secas, intensificando a competição por água entre a agricultura, os ecossistemas, as indústrias, os assentamentos e a produção de energia. Essas alterações climáticas irão, provavelmente, aumentar a frequência de secas meteorológicas (por diminuição do regime de chuvas) e de secas agrícolas (pela diminuição na umidade dos solos), de modo que a frequência de secas hidrológicas curtas nessas regiões, já que haverá uma diminuição dos reservatórios superficiais e subterrâneos.⁸

Ecossistemas de água doce são negativamente afetados por mudanças climáticas, que alteram o fluxo e a qualidade da água. Estima-se que esses impactos, exceto em regiões com irrigação intensiva, serão mais fortes que os impactos históricos causados por alterações

antropológicas nos regimes de fluxo pela extração de água e construção de reservatórios. A redução na qualidade bruta da água representa riscos à água potável, mesmo com os tratamentos convencionais, e os fatores que mais ameaçam essa qualidade são o aumento da temperatura, aumento na concentração de sedimentos, nutrientes e poluentes devido às chuvas fortes, a redução da diluição dos poluentes durante as secas, e o interrompimento das instalações de tratamento durante enchentes.⁸

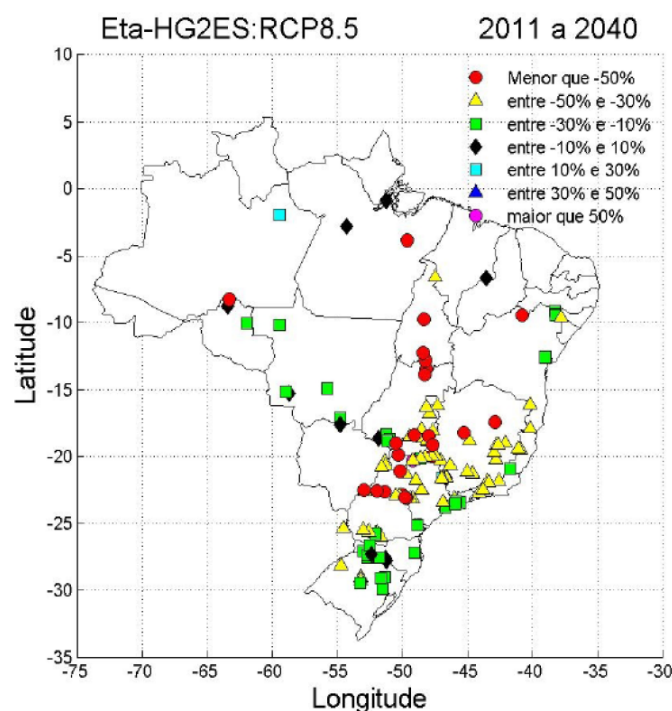
Quanto às regiões mais frias, onde ocorre precipitação de neve, as mudanças climáticas têm alterado a sazonalidade do fluxo dos corpos d'água ao reduzir a quantidade máxima de neve acumulada e adiantar o pico de derretimento durante a primavera (exceto em regiões muito frias). Também foram observados fluxos mais intensos durante o inverno e reduzidos durante as baixas de verão, e as camadas de gelo superficiais dos rios têm se rompido mais rápido. Em relação às geleiras, a perda contínua de gelo devido aos derretimentos acelerados deve aumentar nas próximas décadas (alterando o fluxo de rios alimentados por derretimentos de geleiras), mas depois diminuir significativamente.⁸

No Brasil, os cenários calculados para o decorrer do século XXI indicam uma maior possibilidade reduções nas vazões das bacias dos setores Norte e Sudeste/Centro-Oeste. Enquanto para o setor Sul as incertezas são maiores, com alguns modelos indicando aumento nas vazões, e outros mostrando vazões reduzidas em até 40% abaixo da média histórica. Em suma, os modelos demonstram uma tendência ao aumento nas vazões no extremo Sul do Brasil e reduções na maioria dos aproveitamentos dos setores Norte, Nordeste e Centro-Oeste.³ O modelo de previsão considerado mais pessimista para o período de 2011 a 2040, em relação às anomalias de vazões médias anuais, está representado na Figura 1. De acordo com o documento “Brasil 2040”, “a redução da disponibilidade hídrica nas regiões Norte e Nordeste deve evidenciar o acirramento de conflitos entre usos múltiplos, a desaceleração da economia devido à redução da disponibilidade hídrica para a agricultura e indústria, bem como o desabastecimento de cidades”.³

Como comentado anteriormente, a matriz energética do Brasil é altamente dependente dos recursos hídricos que alimentam as usinas hidroelétricas. Sendo assim, a grande importância da hidroeletricidade para o país faz com que alterações no regime fluvial e seus padrões de variação temporal adquiram maiores magnitudes, já que os impactos dessas alterações sobre a oferta de energia afetam, por consequência, a economia nacional.³ Em vista disso, foram calculados modelos para se inferir como a Energia Natural Afluyente (ENA), ou

seja, a energia que pode ser produzida a partir das vazões naturais afluentes aos reservatórios.⁹ Os modelos prevêem, no decorrer do século, anomalias negativas na ENA anual média dos setores Norte, Nordeste e Sudeste - sugerindo redução em praticamente todas as bacias do Nordeste e Sudeste (com exceção da bacia do Paraguai, que indica um sensível aumento). O sistema Sul, por outro lado, mostra grande aumento e chega a uma anomalia superior a 60% nas simulações para o final deste século.³

Figura1: Anomalia de vazões médias anuais (%) para o período 2011-2040, no modelo ETA/HadGEM2-ES, para os cenários RCPs 8.5. Fonte: Brasil 2040.³



Respostas do Brasil aos Impactos

O IPCC, em seu Quinto Relatório de Avaliação, afirma que “em face das alterações hidrológicas e impactos, vulnerabilidade e riscos relacionados aos recursos hídricos causados por mudanças no clima, a adaptação e o aumento na resiliência se fazem necessários. A administração dos riscos dos impactos da mudança climática é a chave para a adaptação no setor hídrico, e deve fazer parte das tomadas de decisão e de como se lida com a incerteza”.⁸ Segundo ele, o planejamento a longo prazo é necessário para um futuro que é incerto, e um portfólio flexível de soluções que produzam benefícios apesar dos impactos da mudança

climática e que pode ser executado de modo adaptativo e gradual é de grande valor, pois permite que as políticas evoluam de maneira progressiva, somando-se aos investimentos prévios. As medidas adaptativas que podem ser particularmente efetivas, nesse caso, incluem a coleta de água da chuva, a manutenção da cobertura vegetal, o reúso da água, o gerenciamento mais efetivo do solo e da água de irrigação, entre outros.⁸

No caso do Brasil, o governo parece estar de acordo com essas afirmações, chegando a dizer que as medidas a serem tomadas em vista aos riscos das mudanças climáticas não devem ser de curto prazo para administrar as “urgências”, mas sim medidas que sinalizem ações de gestão da oferta e da demanda, fiscalização de usos e participação dos agentes sociais que possuem usos conflitantes; essas medidas não devem ser tomadas de maneira isoladas, pois nesse caso seriam “inefcazes para lidar com os desafios postos por um mundo marcado pelo processo de aceleração das mudanças climáticas as quais revelam riscos que extrapolam as fronteiras físicas e políticas e aportam severamente em diversas realidades locais”.³

Assim sendo, o governo brasileiro propõe a adoção das seguintes diretrizes gerais, como apresentadas no documento “Brasil 2040”: (i) a água como uma política pública, promovendo a justiça e equidade social; (ii) análise e compreensão das vulnerabilidades do sistema, com vistas ao aumento da sua resiliência, (iii) flexibilidade e capacidade de adaptação; (iv) melhoria e incremento dos instrumentos de gestão; (v) gestão de oferta e demanda; (vi) gestão de conflitos; (vii) incorporação de informações climáticas como subsídio para a tomada de decisão e (viii) gestão de risco, pautada nas ideias de incerteza/adaptação/risco de falha, tendo como par dialético a segurança hídrica.³

A partir dessas diretrizes, um conjunto integrado de medidas de adaptação foi definido, das quais a efetivação “pauta-se numa governança dotada de instrumentos eficientes de gestão, legitimada por uma participação social que deve ter canais de interlocução com o poder público”.³ A saber:

- Desenvolvimento e implantação de sistema de alerta precoce;
- Adaptação da drenagem urbana com vista a evitar problemas relativos a inundações;
- Ajuste da matriz energética frente à possibilidade de redução hídrica nas regiões Norte e Nordeste;
- Elaboração e implantação de programas de conservação energética;

- Aumento do aproveitamento e investimento em hidroeletricidade;
- Aumento da capacidade de armazenamento de água por meio do transporte da água no tempo e espaço por meio da transposição de bacias;
- Elaboração de planos de contingência específicos para eventos de cheias, os quais deverão estar associados a um planejamento de longo prazo, devendo ser frequentemente atualizados para que sejam orientadores das ações durante a ocorrência desse o extremo climático;
- Elaboração de planos de gestão de secas, com foco nas bacias hidrográficas, os quais devem passar por processos de atualização, a fim de que sejam instrumentos eficientes e aderentes à realidade;
- Elaboração de planos de gestão de secas para cidades, os quais devem ser atualizados, a fim de que as ações propostas possam ser revisitadas e adequadas para cada situação e/ou estágio de seca;
- Identificação de novos mananciais, para que possam ser utilizados em situação de escassez hídrica;
- Promoção de intercâmbio institucional entre órgãos que lidam com a administração dos recursos hídricos, como mecanismo de atualização do conhecimento sobre mudança e variabilidade climática;
- Realização de avaliações dos processos físicos nos reservatórios do sistema, como forma de promover o aprimoramento do conhecimento da natureza para prever mudanças;
- Aprimoramento dos modelos de previsão climática, com o intuito de aperfeiçoar seu acoplamento aos modelos hidrológicos, possibilitando a avaliação dos impactos na agricultura, economia, recursos hídricos e no setor elétrico;
- Promoção da gestão de riscos, através da construção de cenários futuros para o planejamento de longo prazo;
- Implantação de programa de difusão tecnológica para alcance do uso racional da água;
- Desenvolvimento de estudos de impactos da mudança climática com base em modelos globais, uma vez que os modelos regionais possuem um viés que intensifica o sinal das anomalias.

Ainda segundo o documento, “essas estratégias se concretizam em três dimensões integradas da gestão: gestão da oferta, gestão da demanda e gestão dos conflitos”, de modo que “[...] a articulação dessas três dimensões permite uma gestão que possibilita a redução da vulnerabilidade dos sistemas hídricos frente às variabilidades e mudanças climáticas, contribuindo para o aumento da sua resiliência”.³

Considerações Finais

As mudanças no clima global em decorrência das ações do homem vêm, há muito tempo, afetando ecossistemas naturais e as próprias sociedades humanas de maneira direta ou indireta. E, de acordo com muitos estudos, parte deles evidenciada no Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, os impactos dessas alterações climáticas tendem a se acentuar ao longo deste século. Um dos setores que sofre grandes impactos advindos das mudanças climáticas é o que constitui os recursos hídricos: alterações nas temperaturas globais e no regime de chuvas afetam a qualidade da água, o derretimento de geleiras, a vazão de bacias hidrográficas, etc. Para o Brasil, mesmo possuindo tais recursos de maneira farta (chegando a ter um volume capaz de suprir suas demandas dezenas de vezes), esses impactos apresentam grandes riscos, ainda mais pelo fato de sua matriz energética (logo, sua economia) ser altamente dependente destes recursos.

Em vista dos riscos projetados para o decorrer do século, e com forte influência das propostas apresentadas pelo IPCC em seu Quinto Relatório de Avaliação, o governo brasileiro tem proposto uma série de medidas de prevenção e mitigação dos impactos das mudanças climáticas sobre os seus recursos hídricos. A efetivação dessas medidas irá possibilitar a adaptação do Brasil frente aos riscos impostos pelas mudanças climáticas, permitindo que o país gerencie de maneira efetiva e sustentável os seus recursos hídricos para que as alterações previstas para estes não imponham uma barreira ao avanço e desenvolvimento do país.

Referências

1. Ministério das Relações Exteriores. **Política Externa: Recursos hídricos**. Disponível em <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/176-recursos-hidricos>>. Acesso em 29 de abril de 2017.
2. Portal Brasil. **Meio Ambiente: Recursos Hídricos**. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/recursos-hidricos>>. Última modificação em 2014. Acesso em 29 de abril de 2017.
3. Governo Federal, Presidência da República: Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Recursos Hídricos**. Em: Brasil 2040: Resumo Executivo. Brasília, 2015. p. 16-22.
4. Governo Federal, Presidência da República: Secretaria de Assuntos Estratégicos. **Bases Conceituais**. Em: Brasil 2040: Resumo Executivo. Brasília, 2015. p. 1-6.
5. IPCC. **Annex II: Glossary**. Em: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014. p. 1757-1776.
6. IPCC. **IPCC Factsheet: What is the IPCC?** Disponível em <http://www.ipcc.ch/news_and_events/docs/factsheets/FS_what_ipcc.pdf>. Genebra, Suíça. 2013. Acesso em 29 de abril de 2017.
7. IPCC. **History**. Disponível em <http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml>. Acesso em 29 de abril de 2017.
8. Jiménez Cisneros, B.E., T. Oki, N.W. Arnell, G. Benito, J.G. Cogley, P. Döll, T. Jiang, and S.S. Mwakalila. **Freshwater resources**. Em: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R.

Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 229-269.

9. AES Tietê. **Histórico ENA/MLT**. Disponível em <<http://www.aestiete.com.br/comercializacao/Paginas/painel-de-energia-detalle-ena-mlt.aspx?tid=3>>. Acesso em 30 de abril de 2017.