

1

AS BASES CIENTÍFICAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

PAULO ARTAXO

DÉLCIO RODRIGUES

SUMÁRIO: 1. Introdução às mudanças climáticas em nosso planeta e no Brasil. 2. As emissões de gases de efeito estufa do Brasil. 3. O aumento de temperatura e alterações na chuva esperadas para o Brasil. 4. Impactos na região amazônica. 5. O Acordo de Paris. 6. A NDC brasileira e sua implementação. 7. Conclusão. Referências.

1. Introdução às mudanças climáticas em nosso planeta e no Brasil

É inequívoco que o clima de nosso planeta está mudando. Vemos os sinais dessa mudança através de vários indicadores ambientais: aumento de temperatura, alterações no ciclo hidrológico, derretimento de geleiras continentais, redução de gelo no Ártico, aumento do nível do mar, entre outros efeitos. As emissões de gases de efeito estufa desde a Revolução Industrial (1850) ocorrem através de processos como a queima de combustíveis fósseis, desflorestamento de florestas tropicais, atividades industriais e produção de cimento, desenvolvimento da agricultura e pecuária e processos industriais. O crescimento populacional e o aumento do consumo fizeram com que a exploração de recursos naturais em nosso planeta tomasse uma escala capaz de afetar a composição da atmosfera. Essa “ocupação” do planeta Terra pela nossa civilização caracteriza a chamada era do Antropoceno, em que as atividades humanas atingiram dimensões planetárias. Cerca de 20% da Floresta Amazônica foi desmatada, e 85% da geração de energia global vem da queima de combustíveis fósseis. Alguns gases como o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), ozônio (O_3) e óxido nitroso (N_2O) absorvem a radiação infravermelha emitida pelo nosso planeta e retornam essa radiação (que é calor) para a superfície terrestre, aquecendo-a. Hoje, a humanidade emite cerca de 42 Giga toneladas (Gt) de CO_2 por ano devido à queima de combustíveis fósseis (90%) e desmatamento (10%).

A concentração de CO₂, que é o principal gás de efeito estufa, aumentou de 280 partes por milhão (ppm) no início da Revolução Industrial para 404 ppm em 2018. A ONU estruturou um painel de cientistas, o IPCC (sigla do inglês Intergovernmental Panel on Climate Change) que a cada cinco anos publica uma extensa compilação de publicações científicas sobre o clima de nosso planeta, bem como dos impactos e das ações necessárias para mitigar as mudanças climáticas. O IPCC foi agraciado com o Prêmio Nobel da Paz em 2007, juntamente com Al Gore, por seu trabalho científico alertando a população e nossos governantes sobre os efeitos e estratégias para minimizar os impactos. Os dois últimos relatórios do IPCC são o Quinto Relatório de Avaliação de 2013¹, e o Relatório Especial do IPCC sobre o Aquecimento Global de 1,5°C de 2018².

Um dos importantes aspectos das mudanças climáticas é o aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos (secas, inundações, furacões etc.) que tem fortes impactos socioeconômicos na agricultura e em áreas urbanas. A Figura 1.1 mostra o forte aumento da concentração de CO₂ e de metano na atmosfera³.

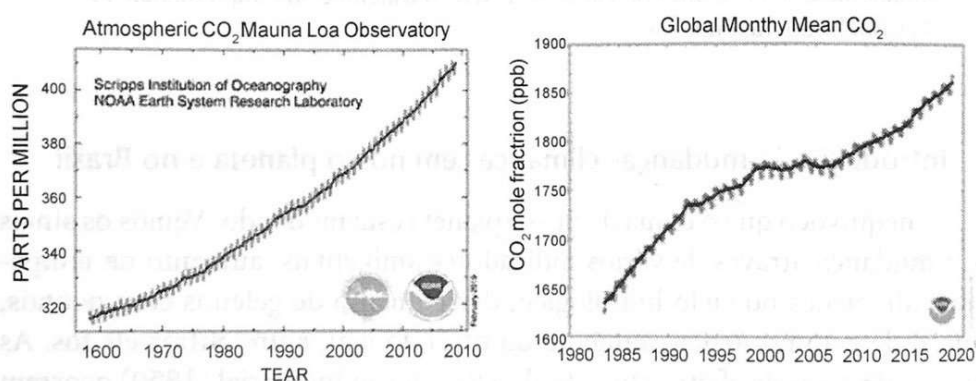


Figura 1.1. Concentração atmosférica de CO₂ de 1960 a 2018, mostrando o forte aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. A figura à direita mostra a concentração de metano de 1984 a 2018, também com forte aumento na concentração.

1. IPCC 2013, The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (STOCKER, T.F. et al. (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2013.
2. IPCC 2018 SR 1, Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (MASSON-DELMOTTE, V. et al (Ed.). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 2018.
3. NOAA ESRL 2019. Disponível em: [<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/data-products.html>]. Acesso em 09.02.2019.

Como decorrência do aumento da concentração de gases de efeito estufa, a temperatura de nosso planeta está aumentando, como pode ser observada na Figura 1.2.

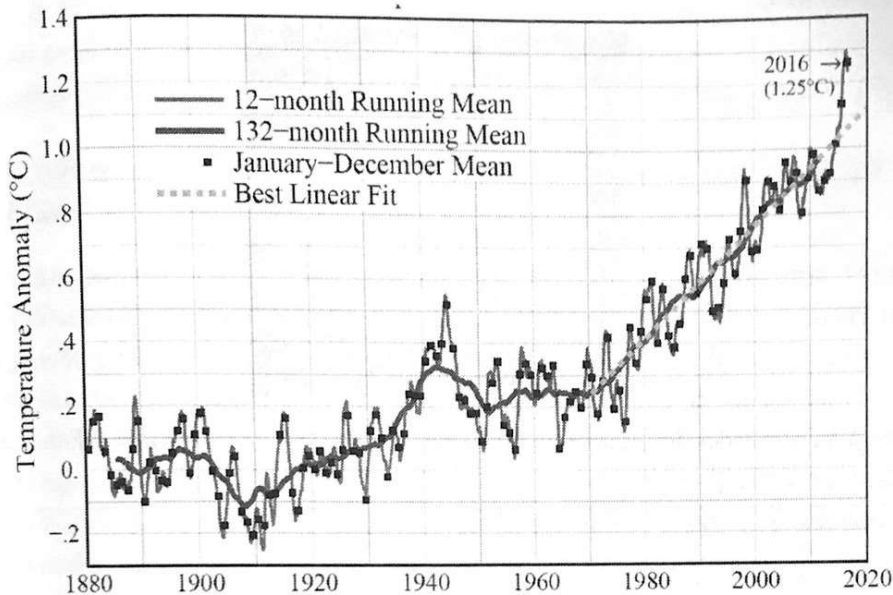


Figura 1.2. Temperatura média de nosso planeta de 1880 a 2016, mostrando o forte aumento, principalmente depois de 1970. O aumento médio global é de 1.25 grau Celsius em relação à média de 1850 a 1900. Algumas regiões brasileiras como o Nordeste já se aqueceram 1.6 grau Celsius. Fonte: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP v. 3).

2. As emissões de gases de efeito estufa do Brasil

O Brasil, com uma das maiores economias do nosso planeta, tem emissões significativas de gases de efeito estufa. As cinco principais atividades responsáveis por emissões de gases de efeito estufa do Brasil são: (1) mudanças de uso do solo; (2) agropecuária; (3) setor energético; (4) indústria; e (5) resíduos⁴. Em 2017, nosso País emitiu 2.071 bilhões de toneladas de brutas de gás carbônico equivalente (CO₂). Em termos dos diferentes gases de efeito estufa, o CO₂ domina as emissões com 66%, seguido pelo CH₄, com 25%, e o N₂O, com 8%. A atividade agropecuária é a principal responsável pelas emissões brasileiras de gases de efeito estufa, se incluirmos as emissões diretas, principalmente de metano do rebanho bovino, e as emissões indiretas associados ao desmatamento da Amazônia e Cerrado. O agronegócio respondeu por 71% das emissões totais do

4. SEEG – System for Estimation of Green House Gases Emissions. Relatório 2018. Disponível em: [http://seeg.eco.br/]. Acesso em: 09.02.2019. As análises do sistema SEEG estão em concordância com outras fontes de dados internacionais, como o Climate Watch. Disponível em: [https://www.climatewatchdata.org/]. Acesso em: 09.02.2019.

País em 2017⁵. A figura 1.3a apresenta as emissões por setor em 2017 de acordo com a compilação feita pelo sistema SEEG. A figura 1.3b mostra a série histórica das emissões de gases de efeito estufa por setor, com dados oficiais do MCTIC e MMA, até 2015.

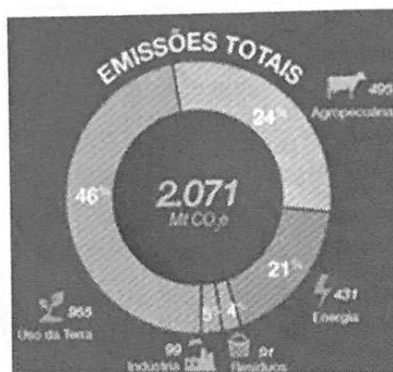


Figura 1.3a. Emissões de gases de efeito estufa por setor no Brasil em 2017 (Fonte: SEEG 2018)

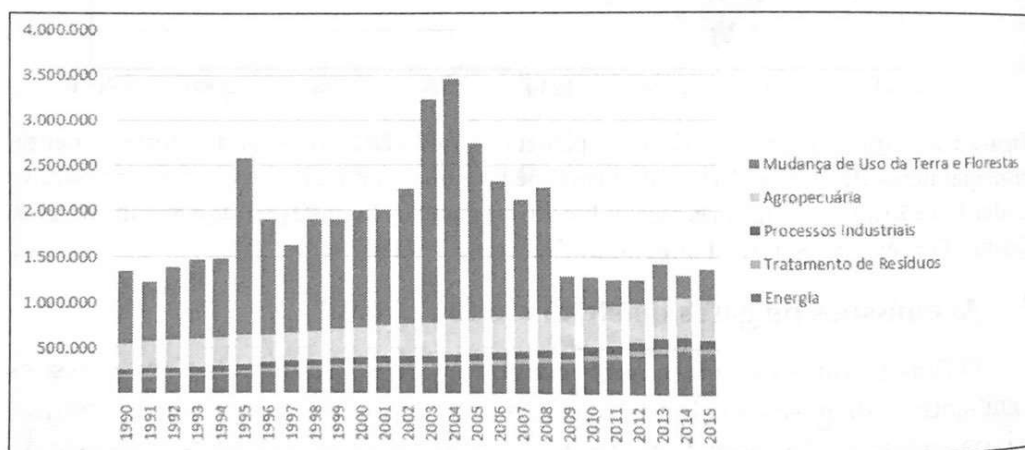


Figura 1.3b. Série histórica das emissões de gases de efeito estufa por setor, dados oficiais do MCTIC e MMA (Fonte: MMA-Educaclima, 2018).

Na figura 1.3b, observa-se que as emissões dos setores de energia e agropecuária têm aumentado sistematicamente nos últimos 20 anos. O setor de energia aumentou suas emissões por fator 2,6, enquanto a agropecuária dobrou suas emissões nos últimos 15 anos. As emissões associadas ao desmatamento estão tendo crescimento desde 2013, após uma forte queda de 2004 a 2012. A queda no desmatamento mostra que é possível reduzir as emissões do setor, desde que políticas públicas baseadas em ciência sejam implementadas de modo sustentável e por longo prazo.

5. SEEG, 2018. Op. cit.

No setor de energia, o transporte é o principal emissor, seguido pelo consumo energético da indústria e pela geração de eletricidade. As emissões provenientes da geração de eletricidade estão tendo significativo aumento, devido à queda da geração de energia em hidrelétricas, com o consequente aumento da geração termoeletrica a combustível fóssil. A geração solar e eólica está tendo um grande crescimento no Brasil, mas sua magnitude ainda não é significativa.

3. O aumento de temperatura e alterações na chuva esperadas para o Brasil

O aquecimento global já está afetando significativamente o clima de nosso País. O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) realizou uma extensa compilação do impacto das mudanças climáticas no Brasil e fez previsões sobre o aumento de temperatura no país de acordo com os vários cenários do IPCC. A figura 1.4 mostra o aumento de temperatura já observado, bem como as mudanças na chuva já ocorridas na América do Sul no período 1981-2010⁶. Observamos que no Nordeste brasileiro, em algumas regiões, a temperatura já se elevou dois graus centígrados e a chuva já foi reduzida em 30%.

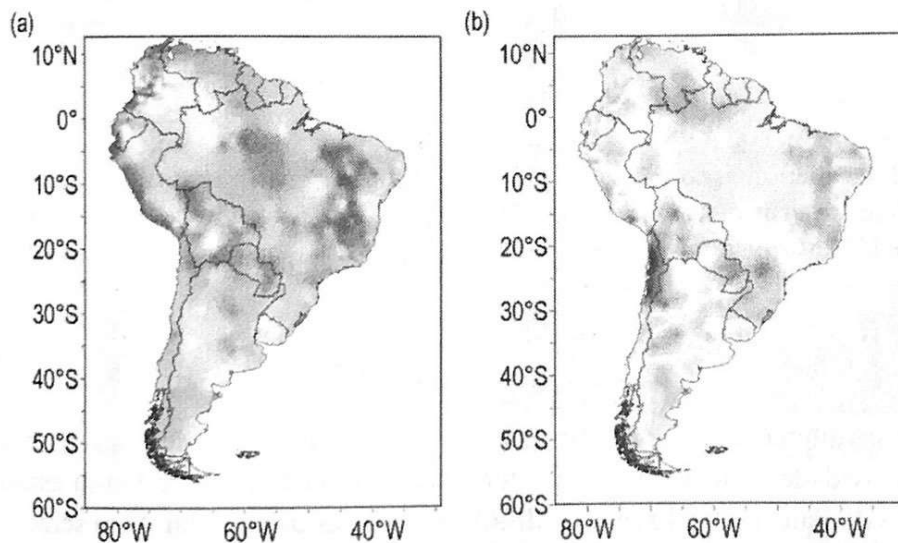


Figura 1.4. Aumento de temperatura já observado e mudanças na chuva já ocorridas na América do Sul no período 1981-2010 (BAMS, State of the climate 2015).

Nota: Quadro climático com adaptações em razão do projeto gráfico da obra.

6. BAMS, State of the climate 2015 – Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society, v. 97, n. 8, 2016.

Existem significativas incertezas nas previsões climáticas ao longo deste século. Essas incertezas ocorrem pela dificuldade de derivarmos cenários de emissões realistas ao longo das próximas décadas. A figura 1.5, à esquerda, mostra o aumento previsto de temperatura no cenário RCP 8.5 (equivalente a manter as taxas de emissões crescentes como atualmente) para o período de 2071 a 2099, comparado a valores pré-industriais (antes de 1850). Observa-se que parte da região central do Brasil pode aquecer cerca de sete graus, e o Nordeste brasileiro, cinco graus centígrados em média. A Figura 1.5, à direita, mostra uma forte redução da precipitação (áreas marrons) no Nordeste e no leste da Amazônia, enquanto que o Sul do Brasil pode ser tornar mais chuvoso.

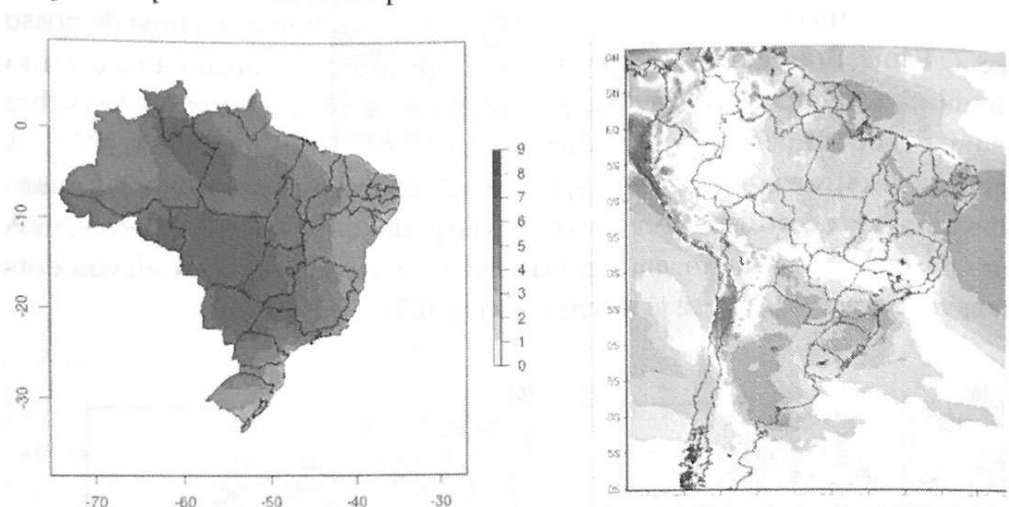


Figura 1.5. Observamos no gráfico à esquerda o aumento previsto de temperatura no cenário RCP 8.5 (equivalente a manter as taxas de emissões crescentes como atualmente) para o período de 2071 a 2099, comparado a valores pré-industriais (antes de 1850). A figura à direita mostra as alterações na taxa de precipitação, com valores decrescentes em marrom e aumentos em azul. Simulações climáticas realizadas pelo INPE.

Fonte: Nobre e Marengo, 2017.

Essas alterações na temperatura e na chuva vão impactar significativamente a produtividade agrícola em todo o território nacional, de acordo com estudos recentes do Banco Mundial e da EMBRAPA. As áreas urbanas também serão afetadas com crises hídricas, como a que a área metropolitana de São Paulo teve de 2013 a 2017. As extensas áreas costeiras do Brasil vão sofrer impactos importantes do aumento do nível do mar, previsto para ser em média de 60 a 120 cm ao longo deste século. Até o momento, o aumento global médio documentado do nível do mar é de cerca de 23 cm, mas esse aumento é altamente heterogêneo, com algumas regiões onde o nível do mar já subiu mais que 30-40 cm. Algumas regiões, como Recife e Santos, já estão sofrendo impactos do aumento do nível do mar.

4. Impactos na região amazônica

Uma região brasileira particularmente sensível às mudanças climáticas é a região amazônica⁷. Isso ocorre porque a floresta tropical chuvosa depende de fluxos altos de precipitação e é um ecossistema particularmente sensível ao aumento de temperatura. A Amazônia armazena grandes quantidades de carbono na biomassa, da ordem de 100 a 200 toneladas C/hectare. Se parte desse carbono for mobilizado para a atmosfera vai agravar as mudanças climáticas globais. A Amazônia tem sofrido pressões para mudanças de uso de solo pelo setor agropecuário. Cerca de 20% da floresta original no Brasil já foi desmatada. A série temporal da taxa de desmatamento anual pode ser vista na Figura 1.6 a seguir. Observamos uma forte redução no desmatamento de 2002 a 2012, e um aumento no desmatamento nos últimos seis anos. A taxa atual de desmatamento de 7.900 km² por ano observada em 2017-2018 é extremamente elevada, e políticas públicas para sua redução são essenciais.

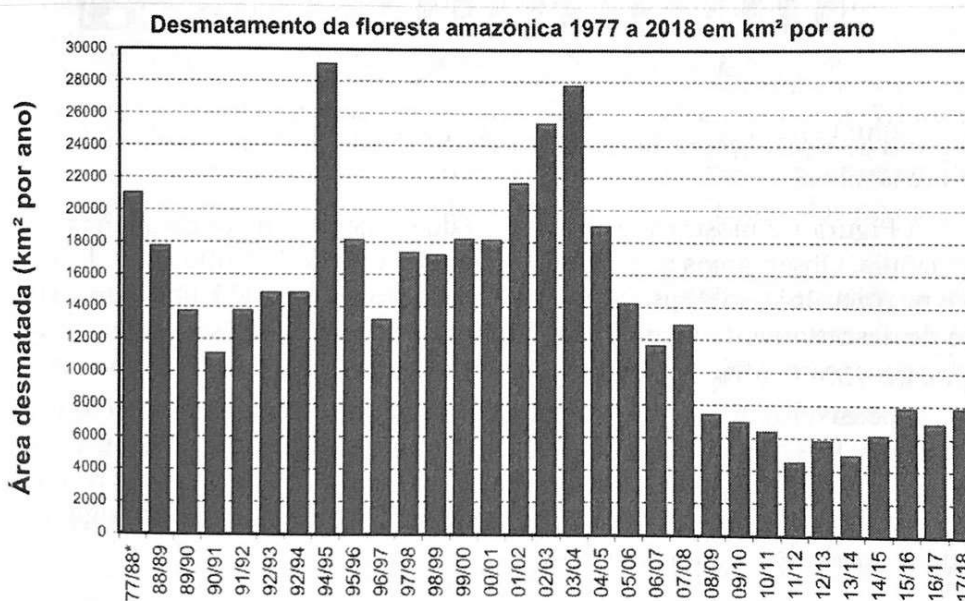


Figura 1.6. Taxas de desmatamento anual da floresta amazônica de 1977 a 2018. Fonte: INPE/PRODES.

7. DAVIDSON, E. et al *The Amazon basin in transition*. Nature, 481, 2012. p. 321-328.

Outra maneira de observarmos o processo de ocupação da Amazônia feito pelo INPE é o número de focos de queimadas⁸.

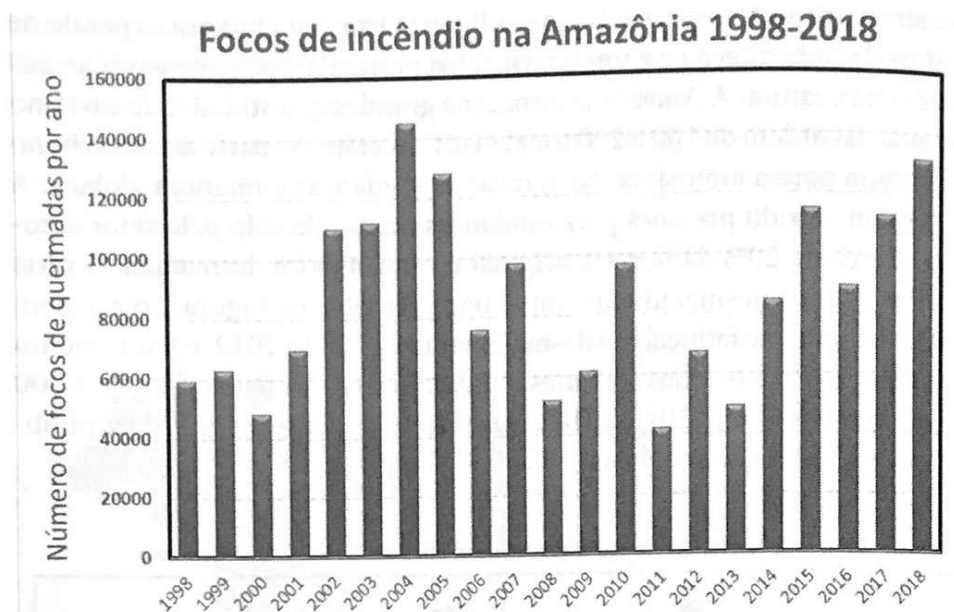


Figura 1.7. Série histórica do número de focos de queimadas na Amazônia, fornecido pelo programa de monitoramento de queimadas do INPE. Disponível em: [<http://www.inpe.br/queimadas/portal>].

A Figura 1.7 mostra a série histórica do número de focos de queimadas na Amazônia. Observamos que em 2018 tivemos cerca de 131.000 focos de incêndios na Amazônia, valor próximo ao recorde de focos em 2005. Portanto, a situação de desmatamento e queimadas na Amazônia em 2018 está crítica e requer ações governamentais de proteção do bioma contra a destruição da floresta.

É possível (e desejável) atingirmos a meta de desmatamento zero para a Amazônia. Dos cerca de 20% da área da floresta que foram desmatados, cerca de metade constitui-se de áreas que foram abandonadas, que podem ser recuperadas com reflorestamento com espécies nativas da região, absorvendo significativa quantidade de CO₂ atmosférico.

5. O Acordo de Paris

O até agora mais importante passo internacional para a contenção do aquecimento global foi dado em dezembro de 2015. Reunidos em Paris, os países signatários da Convenção do Clima (UNFCCC, da sigla em inglês) adotaram o Acordo de Paris visando “fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do

8. O INPE monitora o número de focos de queimadas, e os dados estão disponíveis em: [<http://www.inpe.br/queimadas/portal>]. Acesso em: 09.02.2019.

clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças”⁹.

A tentativa anterior, o Protocolo de Quioto, adotado em 1997 na cidade que lhe emprestou o nome, falhou por ter imposto reduções de emissão mandatórias e diferenciadas entre países ricos (os do Anexo 1 da UNFCCC) e países pobres. Seguindo um caminho completamente diferente, o Acordo de Paris se viabilizou por ser composto de contribuições definidas nacional e soberanamente, conhecidas pela sigla inglesa NDC (Nationally Determined Contributions), o que criou espaço para acomodar os distintos contextos políticos e econômicos de cada nação participante.

O Acordo de Paris teve uma trajetória de recordes: foi o tratado internacional que mais obteve assinaturas no menor tempo e o que entrou em vigor em tempo recorde por conta da ratificação rápida de centenas de países. O Acordo entrou em vigor em 4 de novembro de 2016, um mês depois do marco definido para tal ter sido alcançado. Segundo o texto do Acordo, este entraria em vigor depois de sua ratificação por pelo menos 55 nações responsáveis por pelo menos 55% das emissões globais, o que foi alcançado no dia 5 de outubro de 2016. Até o final de 2018, 184 nações das 197 que tomam parte da UNFCCC o tinham ratificado.

Os objetivos centrais do Acordo são “manter o aumento da temperatura média global em bem menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais”.

Entretanto, o Acordo não prevê penalidades para os países que não cumprirem suas metas. Adicionalmente, fica muito claro que se todos os países cumprirem 100% de suas metas, o aumento de temperatura será de 2.7 graus ao longo deste século, e não de 2.0 graus como na meta do acordo. Importante lembrar que um aquecimento médio de 2.7 graus impacta em aumento de temperatura em áreas continentais de 3 a 3.5 graus, o que é muito acima da meta do Acordo de Paris. Com esse nível de aumento projetado de temperatura, os impactos ambientais serão muito expressivos para o Brasil, em particular no Nordeste do Brasil e na Amazônia.

Para que os objetivos do Acordo sejam alcançados, é fundamental que os países aumentem seu grau de ambição de corte de emissões e façam contribuições adicionais nos momentos previstos para a revisão das NDC, a cada cinco anos a partir do início de sua vigência.

9. O texto do Acordo de Paris, em português, encontra-se disponível em: [<http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/undp-br-ods-ParisAgreement.pdf>]. Acesso em: 09.02.2019.

Mas aumentar a ambição para quanto? O relatório do IPCC feito a pedido dos países signatários do Acordo para avaliar os passos necessários para o alcance do objetivo de 1,5°C tem uma mensagem clara: para manter o aquecimento em 1,5°C, as emissões de CO₂ teriam que diminuir em cerca de 45%, entre 2010 e 2030, e chegarem à emissão líquida zero em 2050. Isso é significativamente mais rápido do que o necessário para limitar o aquecimento em 2°C, cenário que exigiria uma redução de emissões de cerca de 20%, em 2030, e emissão líquida zero até 2075.

6. A NDC brasileira e sua implementação

O Brasil é signatário do Acordo de Paris. Os compromissos voluntários (NDCs) brasileiros são extensos e lidam com uma série de medidas em termos de redução de desmatamento, reflorestamento e mudanças na matriz energética¹⁰. O objetivo geral é reduzir emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, PFCs, HFCs, SF₆) em 37% até 2025 e redução de 43% em 2030, tendo como ano de referência 2005. Importante salientar que é uma das metas de maior redução de emissões entre os países signatários do Acordo de Paris com grandes emissões. Para tanto, o governo brasileiro comprometeu-se a:

- Aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030.
- Fortalecer o cumprimento do Código Florestal, em âmbito federal, estadual e municipal;
- Desmatamento ilegal zero até 2030 na Amazônia brasileira e compensação das emissões provenientes da supressão legal da vegetação até 2030;
- Restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para múltiplos usos;
- Restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas até 2030;
- Participação de 45% de energias renováveis na matriz energética em 2030, incluindo a expansão do uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030.

A NDC brasileira foi bem recebida por ativistas, pela mídia internacional e pelo setor privado, principalmente por ter sido o primeiro compromisso de redução absoluta de emissões feito por um país em desenvolvimento. No entanto, o resultado da implantação total do compromisso proposto implica um pequeno aumento nas emissões atuais do País, resultante da dinâmica das emissões da

10. Disponível em: [<http://www.mma.gov.br/clima/ndc-do-brasil.html>]. Acesso em: 09.02.2019.

mudança do uso da terra e do setor de energia, a primeira em queda no período recente e a segunda em crescimento constante em um período muito mais longo.

Isso porque as metas de redução de emissão de gases de efeito estufa apresentadas pelo governo brasileiro eram baseadas em emissões do ano base de 2005, um dos mais altos em termos de emissões associadas ao desmatamento da Amazônia (Figura 1.6). Isso facilita que a meta brasileira no Acordo de Paris seja cumprida. Entretanto, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030 é uma das componentes que dificilmente será cumprida, bem como atingir desmatamento ilegal zero, pois observamos que em 2018 ocorreu uma forte pressão do agronegócio para diminuir a fiscalização de desmatamento, bem como flexibilizar a implantação do Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Para que o Brasil atinja suas metas, uma visão de longo prazo, com perspectiva de preservação da floresta amazônica é necessária, além de uma política de contenção ao setor do agronegócio. Também são necessárias políticas de melhoramento do setor de transporte em áreas urbanas, com menores emissões, através de eletrificação da frota e investimentos em transporte público de qualidade para a população. Uma forte expansão do parque de geração eólico e fotovoltaico é necessária para atender à demanda de eletricidade ao longo das próximas décadas.

7. Conclusão

Com o avanço da pesquisa científica sobre as causas e efeitos das mudanças climáticas globais, tem-se tornado cada vez mais preocupante a situação do Brasil, tanto em termos de sua vulnerabilidade aos impactos das mudanças no clima, quanto no que diz respeito ao seu papel de grande emissor de gases de efeito estufa.

As previsões de aumento da temperatura média e de períodos secos na região central do País, de aumento dos níveis do mar, de alterações do regime hidrológico etc., indicam efeitos negativos sobre um dos pilares da economia nacional – a agricultura, bem como acendem o sinal amarelo para a segurança energética, uma vez que a maior parte da geração elétrica do país depende da hidroeletricidade.

Mais que isso, referidas previsões indicam um potencial de impactos nas regiões mais populosas e nas cidades que já sofrem problemas de infraestrutura no que diz respeito ao controle de inundações e ao abastecimento de água. Esse quadro se torna mais complexo, ao lembrarmos que é justamente a população mais pobre a que se localiza em áreas de risco e a que já sofre com falta de acesso a serviços básicos.

Os dados científicos apresentados neste capítulo também mostram que é possível conciliar o controle do desmatamento com o desenvolvimento econômico, bem como reforçam o potencial do País de expandir sua matriz energética

renovável. Para tanto, faz-se necessária a efetiva implantação das políticas públicas de controle do desmatamento e de proteção florestal existentes, bem como se torna essencial o planejamento e o investimento focados na renovabilidade da matriz energética.

Referências

- ARTAXO, P. Working together for Amazonia. *Editorial da Science Magazine*, v. 363, Issue 6425. Disponível em: [<http://science.sciencemag.org/content/363/6425/323101126/science.aaw6986>]. Acesso em: 25.01.2019.
- BAMS State of the climate 2015 – Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society, v. 97, v. 8, ago. 2016.
- BANCO MUNDIAL 2013 – Impactos das Mudanças Climáticas na Produção Agrícola Brasileira, Banco Mundial (Eduardo Assad, Hilton S. Pinto, Andre Nassar, Leila Harfuch, Dr. Saulo Freitas, Barbara Farinelli, Mark Lundell, Luciane Chiodi Bachion, Erick C.M Fernandes).
- DAVIDSON, E., A.; ALESSANDRO C. A., ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES-FILHO, B. S.; SOUZA JR., C. M.; WOFSY, S. C. The Amazon basin in transition. *Nature*, 481, p. 321-328, 2012.
- GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP v3). Disponível em: [<https://data.giss.nasa.gov/gistemp>]. Acesso em: 25.01.2019.
- INPE/PRODES – Sistema de monitoramento de desmatamento da Amazônia. Disponível em: [<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>]. Acesso em: 25.01.2019.
- IPCC 2013 – Climate change 2013: The physical science basis. contribution of working group i to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 1535 p.
- IPCC 2018 SR 1.5 – IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty (MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PÖRTNER, H.-O.; ROBERTS, D.; SKEA, J.; SHUKLA, P.R.; PIRANI, A.; MOUFOUMA-OKIA, W.; PÉAN, C.; PIDCOCK, R.; CONNORS, S.; MATTHEWS, J.B.R.; CHEN, Y.; ZHOU, X.; GOMIS, M.I.; LONNOY, E.; MAYCOCK, T.; TIGNOR, M.; WATERFIELD, T. (Ed.). World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland. 32 p.
- MMA-Educaclima 2018. Disponível em: [<http://educaclima.mma.gov.br/2018/04/panorama-das-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-e-acoes-de-mitigacao-no-brasil/>]. Acesso em: 25.01.2019.

- NOAA ESRL 2019. Disponível em: [<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/data-products.html>]. Acesso em: 25.01.2019.
- NOBRE, Carlos A. MARENGO, José A. (orgs). *Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar*. São José dos Campos, SP: INCT, 2017.
- PBMC, 2014: base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas (AMBRIZZI, T., ARAÚJO, M. (Ed.). COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 464 p.
- Relatório SEEG (System for Estimation of Green House Gases Emissions), 2018. Disponível em: [<http://seeg.eco.br/>]. Acesso em: 25.01.2019.