

Reflections on the natural and social impacts expected as a result of climate change in the Brazilian semi-arid

Flávia I. B. P. Gomes*, Maria E. Zanella**

*Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Ceará. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Campus Quixadá. E-mail: flavia.ingrid@ifce.edu.br

**Professora Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC).
E-mail: elisazv@terra.com.br

Received 20 October 2021; accepted 30 December 2021

Abstract

Global climate change is no longer a possibility, they are a fact and their effects are already being felt among us. Some regions of the planet will be disproportionately impacted by climate changes, the Brazilian semiarid is one of them. Many different areas of knowledge are focusing on modeling studies, projecting the intensity and extent of impacts and mitigation. Studies produced on a regional scale, carried out by researchers from within and outside the region, are often unable to dialogue with each other, especially those produced by different areas of knowledge. It was proposed to carry out a bibliographical review of recent studies set in the semiarid region. The analysis perspective is critical. It seeks, at the same time as it exposes the conclusions and results of the studies, to correlate and simplify them in order to enable the understanding of a theme that is so pertinent to the non-specialized reader. Just as climate change is already a fact, mitigating it and adapting to it is no longer an option, but the only path to a better future quality of life, especially in areas such as the semiarid region. For this, the understanding of their expected impacts on the territories is essential.

Keywords: climate change, northeast semiarid, literature review.

Reflexões acerca dos impactos naturais e sociais esperados em decorrência das mudanças climáticas no semiárido brasileiro

Resumo

As mudanças climáticas globais já não são uma possibilidade, são um fato e seus efeitos já vêm sendo sentidos entre nós. Algumas regiões do planeta serão desproporcionalmente impactadas pelas alterações no clima, o semiárido brasileiro é uma delas. Muitas áreas diferentes do conhecimento estão se debruçando em estudos de modelagem, projeção de intensidade e extensão de impactos e mitigação. Os estudos produzidos em escala regional, realizados por pesquisadores de dentro e fora da região, muitas vezes não conseguem dialogar entre si, em especial os produzidos por diferentes áreas do conhecimento. Assim sendo, foi proposto realizar uma revisão bibliográfica de estudos recentes ambientados no semiárido. A perspectiva da análise é crítica. Busca, ao mesmo tempo que expõe as conclusões e resultados dos estudos, correlacioná-los e simplificá-los a fim de possibilitar a compreensão de temática tão pertinente ao leitor não-especializado. Assim como as mudanças climáticas já são um fato, minorá-las e nos adaptar a elas já não é uma opção, mas o único caminho para uma melhor qualidade de vida futura, em especial em áreas como o semiárido. Para isso a compreensão sobre os impactos esperados das mesmas nos territórios é essencial.

Palavras-Chave: mudanças climáticas, semiárido nordestino, revisão bibliográfica.

1. Introdução

O IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), órgão multilateral associado à Organização das Nações Unidas (ONU) e à Organização Meteorológica Mundial (OMM), que

organiza relatórios periódicos tendo como base estudos desenvolvidos em todo o mundo afirma, em relatório de 2018, com alto índice de confiança, que “estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0 °C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8 a 1,2

°C”. Ou seja, não é mais plausível a discussão sobre se estamos ou não influenciando o clima em escala global, isto está provado. As discussões agora devem versar sobre os impactos relacionados a essa influência, suas interações e como podem ser mitigados de forma a permitir as sociedades humanas que continuem habitando a Terra.

Especial atenção nesta discussão deve ser voltada para as populações mais vulneráveis, quer por suas parcas capacidades adaptativas, quer por habitarem regiões onde os impactos prognosticados¹ tendam a ser mais severos; no Brasil a região semiárida destaca-se nessa conjuntura.

Segundo o último relatório de delimitação do semiárido, formulado pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 2017) o semiárido possui quase um milhão de quilômetros quadrados e uma população que beira os 28 milhões de habitantes, o que faz desta região maior que muitos países e a mais populosa do mundo sob esta caracterização climática.

Historicamente, diversos órgãos governamentais e critérios foram estabelecidos para definir o que era e o que não era a região brasileira denominada semiárido, ocorrendo expansões e retrações na área da região em decorrência destes critérios. Embora a maior parte dos critérios tenham sido puramente naturais (Índice de Aridez de Thornthwaite de 1941, Risco de Ocorrência de Seca, Unidades Geossistêmicas, Isoieta de 800 mm, Percentual de Dias com Déficit Hídrico) dois deles espacializados na Figura 1, questões político-econômicas também se fizeram presentes.

Apesar dessas alterações, sabe-se que a região semiárida corresponde à área no interior do Nordeste do Brasil (e Norte de Minas Gerais) que tem suas características naturais fortemente atreladas à baixa pluviosidade (comumente menor ou igual a 800 mm anuais) e à ocorrência de secas. É uma região, portanto,

interiorana (embora alcance o litoral em seu limite setentrional) e de baixas latitudes, fator este último que também a diferencia de outras regiões semiáridas do mundo, que costumam ocorrer em latitudes próximas aos trópicos. O regime chuvoso é concentrado em um período de três a cinco meses, tem elevadas médias anuais de temperatura (27 °C) e evapotranspiração potencial (2.000 mm/ano), apresentando balanço hídrico negativo em grande parte do ano (Lima et al., 2011).

Em outras palavras suas características principais (e que permeiam todas as relações ambientais e sociais nesta área) são climáticas: é uma região quente e seca. Em consequência disto a região semiárida tem apenas 5% do total de água do Brasil, enquanto possui 18% do seu território total (Pereira e Formiga-Johnsson, 2005) e 12% da sua população segundo o IBGE (2014).

Dentre as características climáticas do semiárido brasileiro a mais conhecida é a recorrência de períodos de baixa pluviosidade: a seca. Em primeiro lugar deve-se destacar que dentre as regiões semiáridas do mundo as condições de médias pluviométricas encontradas no interior do Nordeste do Brasil não são tão baixas, embora a proximidade com o Equador induza a altos valores de evaporação potencial. Pode-se inclusive afirmar que, se em todos os anos, em todos os lugares do semiárido brasileiro, a pluviometria fosse próxima da média histórica para o local e igualmente distribuída durante todo o período chuvoso não haveria sérios problemas relacionados à sobrevivência humana, ou nas palavras de Marengo et al. (2001) “a irregularidade temporal e espacial das chuvas constitui fator relevante, se não mais, do que os totais pluviométricos sazonais propriamente ditos, em especial para a agricultura de sequeiro, que depende da manutenção da umidade do solo durante o período de cultivo”.

O que se vivencia no clima semiárido brasileiro, contudo, é uma forte variabilidade espaço-temporal. Ou seja, as chuvas podem variar significativamente tanto no tempo, com anos bastante chuvosos e outros muito secos (Figura 2), como no espaço, com áreas específicas sofrendo estiagem, mesmo quando em áreas próximas tem chovido regularmente.

Tal característica (a natural adaptação à variabilidade) poderia, *a priori*, fazer da região semiárida e de sua população mais resiliente a alterações nas componentes climáticas associados às mudanças do clima, considerando-se já estarem comumente adaptados a períodos em condições que fujam do padrão médio local. Contudo, tendo em vista

¹ Os termos previsão e prognóstico são muito utilizados em Ciências Ambientais, em especial em trabalhos ligados à Meteorologia e Modelagem. Ambos significam situações, eventos ou condições futuras, extrapoladas a partir de uma base de dados presente. O primeiro é usado comumente para o futuro próximo, como as previsões do tempo meteorológico produzidas por instituições como o CPTEC e divulgadas em meios de comunicação. Já o segundo é relacionado com um futuro mais distante (e incerto). Quando é usado o termo prognóstico não se expressa certeza da ocorrência de um evento, situação ou condição futura, mas uma probabilidade (que pode ser mais alta ou mais baixa) de sua ocorrência. É utilizado nos relatórios do IPCC, muitas vezes associado a termos que esclarecem o grau de confiança (muito alto, alto ou médio) de que o que se está afirmando e fato ocorra.

que a região já vive em condições próximas às limítrofes para a sobrevivência em relação à disponibilidade hídrica, mesmo pequenas alterações

podem desencadear impactos que venham a influenciar significativamente o modo de vida das populações humanas e os sistemas ambientais.

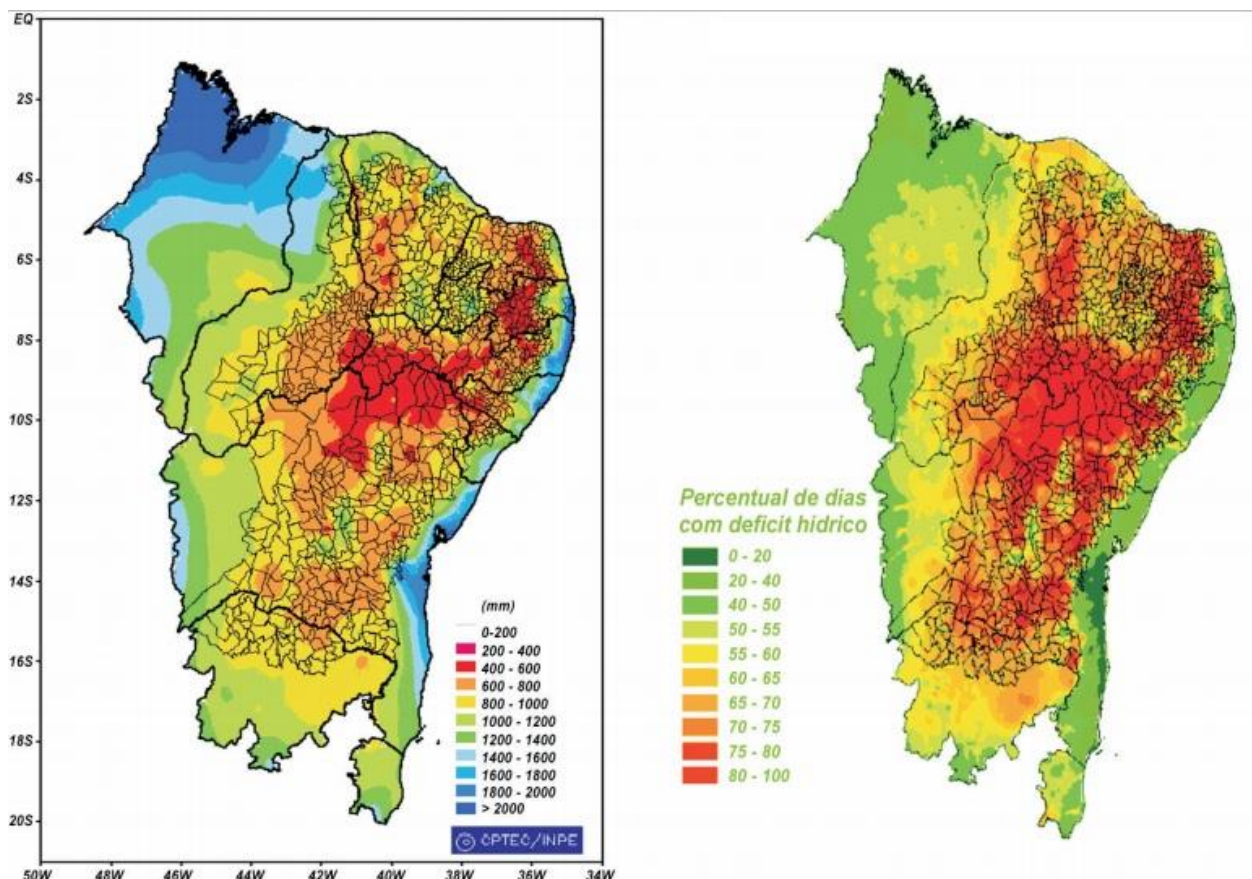


Figura 1 - Média de precipitação no período de 1961 - 1990 em mm e percentual de dias com déficit hídrico no período 1970 - 1990 em %. Representação do Nordeste do Brasil (nem todo semiárido) e da área semiárida no Norte de Minas Gerais. Fonte: Marengo et al. (2011).

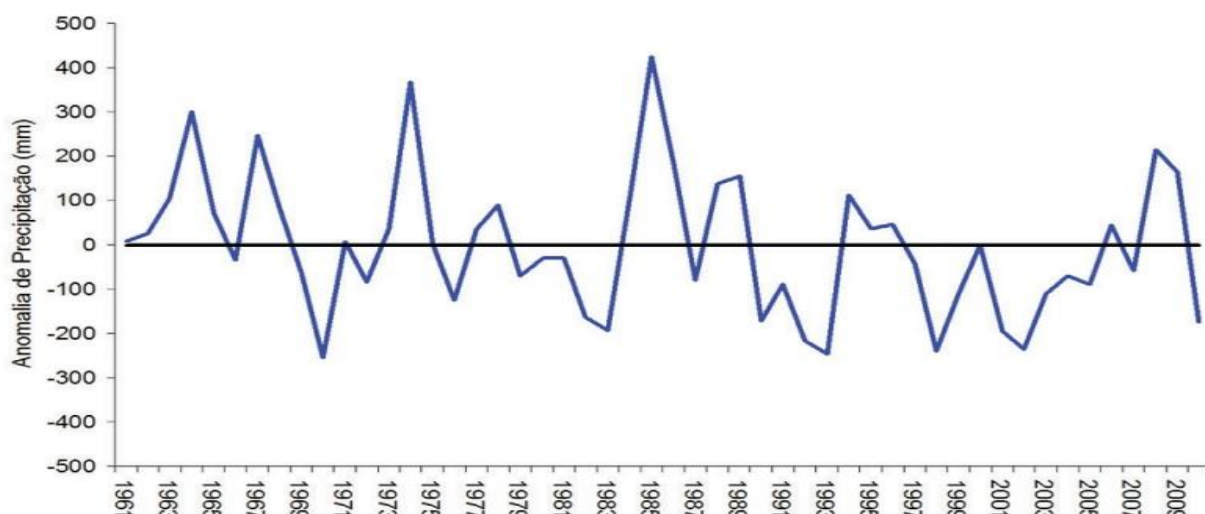


Figura 2 - Série temporal das anomalias de chuva na região do semiárido do Nordeste do Brasil (Latitude: 10-5°S, Longitude: 45-38°W) durante o período chuvoso Fevereiro/Março/Abril/Maio. As anomalias se referem à média histórica de 1961 a 2009, que é de 541 mm. Fonte: Marengo et al. (2011).

2. Panorama dos prognósticos climáticos para o Nordeste brasileiro nas próximas décadas

Um dos fatores complicadores de se compreender os estudos realizados e os prognósticos dos cenários a que chegam diferentes autores acerca da região semiárida é a sua própria condição de variabilidade climática natural. Variações e interações já largamente estudadas como as variações decadais, os fenômenos El Niño e La Niña e o dipolo do Atlântico já induzem forte variabilidade, dificultando que se possa comparar em alguns aspectos, por exemplo, dados obtidos por pesquisas que modelam séries históricas passadas e as tomam como parâmetro para comparar com os resultados e prognósticos a que chegam a partir de determinados cenários.

É importante também compreender que cada estudo que visa investigar os impactos das mudanças climáticas em uma determinada região vai chegar a diferentes resultados de acordo com a metodologia adotada, em especial o cenário escolhido², que normalmente tem relação com o último relatório do IPCC publicado e que pode ser mais de um em um mesmo estudo; a regionalização do estudo e a própria modelagem ambiental utilizada, que vem evoluindo muito no decorrer dos últimos anos, sendo os estudos mais recentes, normalmente, bem mais robustos em relação aos fatores analisados que os mais antigos.

Buscou-se compilar da literatura disponível estudos diversos sobre os impactos esperados das

mudanças climáticas para o semiárido, dando especial enfoque às conclusões convergentes e que, por terem sido obtidas por diferentes métodos e cenários, revelam um nível de confiança mais alto em seus prognósticos.

O primeiro fator que aqui refletiremos é a temperatura do ar em superfície. Todos os modelos e cenários utilizados em estudos de impactos de mudanças climáticas consideram o aumento dos gases de efeito estufa decorrentes das emissões antrópicas. Logo, é natural que mesmo aqueles que consideram apenas as emissões já geradas (ou seja, que não insiram as emissões esperadas para as próximas décadas e que têm diferentes valores dependendo do cenário político-econômico e social envolvido) apresentem aumento de temperatura de superfície. Como referenciado no início desse artigo reflexivo o aquecimento global já é uma realidade hoje. As temperaturas de superfície já são mais altas do que eram em períodos pré-industriais e na região semiárida não é diferente.

A partir dessa conjuntura não é estranho perceber que todos os trabalhos de modelagem e prognóstico acerca das mudanças climáticas relacionados ao semiárido levantados para essa reflexão (Nobre et al., 2005; Marengo e Valverde, 2007; Hamada et al., 2011; Marengo et al., 2011; Marengo et al., 2012; PBMC, 2012; Sales et al., 2015; Silveira et al., 2016; Guimarães et al., 2016; Silveira et al., 2018), tenham concluído que a temperatura de superfície tende a subir nas próximas décadas. Os valores são diferentes de acordo com o estudo (modelo) e o cenário, mas uma coisa é certa: é consenso entre pesquisadores da área que a tendência de aumento de temperatura permanecerá e que os valores tendem a ser progressivos com o passar do tempo.

Um exemplo pode ser visto nas projeções do PBMC (Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas) para o Nordeste do Brasil de 2012 que prognosticam um decréscimo entre 10% e 20% da precipitação e aumento de 0,5 a 1 °C da temperatura do ar durante as próximas três décadas (até 2040), com aumento gradual de temperatura de 1,5 a 2,5 °C e diminuição entre 25% e 35% nos padrões de chuva no período de 2041-2070 e condições significativamente mais quentes (aumento de temperatura entre 3,5 e 4,5 °C).

A projeção do PBMC de 2012, como visto, apresenta além de um aumento da temperatura do ar, uma diminuição da precipitação. Isso, contudo, diferentemente do aumento de temperatura, não é um consenso entre os estudos, tendo diversos deles expressado que as conclusões de suas modelagens foram insuficientes para definir um padrão de aumento ou diminuição (em comparação com a normal climatológica) da precipitação no Nordeste. Segundo

² O termo cenário, em Modelagem ambiental, corresponde às informações e dados inseridos num sistema que comporão as características ambientais daquela situação hipotética. Pode-se fazer uma analogia com a inserção de móveis e objetos num cenário de peça teatral. Vão se inserindo informações necessárias até que aquele cenário fique semelhante ao lugar real que se queira representar. Quanto mais informações (objetos, móveis, etc.), mais próximo da realidade se estará. Assim como quanto mais complexos e robustos (mais informações e dados) os cenários, mais próximos da imensa complexidade dos sistemas naturais eles estarão. Muitos trabalhos científicos, em especial os relatórios do IPCC, trabalham com vários cenários, cada um produzido (tendo informações inseridas) de acordo com uma lógica político/científica específica. Ou seja, com vários “futuros possíveis”, tendo em vista as modificações que podem (ou não) ser feitas nos incrementos de gases de efeito estufa pelas sociedades. Atualmente o IPCC traz em seus relatórios cinco cenários possíveis para os seus prognósticos, desde os mais pessimistas (que consideram que continuaremos a aumentar a emissão de gases como tem sido feito até aqui), até os mais otimistas (que tentem a considerar que num futuro relativamente próximo (décadas) vamos deixar de emitir gases estufa e começar a recapturar o excesso deles da atmosfera. É sabido que os cenários mais extremos não devem ocorrer, mas é importante ter os dados para se compreender o impacto possível de não se fazer nada no presente. Os cenários considerados mais “realistas”, ou seja, mais próximos do que encontraremos na realidade nas próximas décadas são os intermediários.

Giorgi e Francisco (2000) e Oyama (2002), enquanto alguns modelos apontam para anomalias positivas de precipitação sobre a Amazônia e Nordeste brasileiro, outros apontam para anomalias negativas.

Os mesmos autores refletem que isso pode ocorrer porque os modelos dificilmente levam em consideração outros sistemas causadores de chuva além da ZCIT³. Estes sistemas (como Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, Complexos Convectivos de mesoescala, linhas e instabilidade) têm influência importante a se considerar, tanto atuando de forma independente como associados à ZCIT.

Christensen et al. (2013) concluíram que menos chuvas ocorrerão no Leste da Amazônia, Nordeste e Leste do Brasil durante a estação seca (o que tem influência muito mais premente na Amazônia que no Nordeste que já apresenta na estação seca baixíssimos índices pluviométricos), no entanto, na estação chuvosa há confiança média nas mudanças na precipitação ao longo destas regiões, com alta confiança no aumento de extremos de precipitação.

Conclusões semelhantes de aumento de extremos de precipitação, foram feitas por Silveira et al. (2016) que relatam que “Tanto para os cenários mais otimistas como mais pessimistas, para o IPCC AR5 os modelos indicam um aumento de anos extremos de precipitação, principalmente nos últimos anos do século XXI”. Em suas análises inferem ainda uma maior amplitude de oscilações das séries no período de 2071 a 2100, indicando uma maior ocorrência de eventos extremos do que no século XX” (Silveira et al., 2016).

Em resumo, se não há consenso aparente nos estudos em relação ao aumento ou diminuição das médias pluviométricas no semiárido brasileiro, há forte tendência de as mesmas apresentarem uma variabilidade ainda maior que a atual, com a ocorrência de eventos extremos de precipitação que, mesmo que colaborem para que se alcance a média anual de chuvas, muitas vezes não correspondem a eventos ambientais benéficos às populações, gerando perdas nas lavouras e arrombamento de açudes; além de impactos ambientais para os ecossistemas como o aumento da erosão e a consequente perda de solo.

³ Zona de Convergência Intertropical. Principal sistema atmosférico causador de chuvas no Norte do Nordeste Brasileiro e na maior parte da região semiárida nordestina. É formada pela convergência dos ventos Alísios e associada à formação de nuvens convectivas e precipitações intensas. Sofre influência em seu posicionamento e intensidade de outros fenômenos como o dipolo do Atlântico e o El Niño/La Niña.

3. Reflexões acerca dos impactos das Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro

Sendo o clima um componente dos sistemas naturais é certo que alterações nos regimes de suas componentes (temperatura, precipitação, umidade relativa do ar, etc.) induzam a impactos decorrentes em outras variáveis naturais e também na sociedade humana. Como já explanado, diversos trabalhos, considerando diferentes cenários, prognosticam mudanças nos regimes das componentes climáticas nas próximas décadas. Foi compilado e refletido sobre inter-relações em alguns dos impactos decorrentes das mudanças climáticas na região semiárida nos próximos tópicos.

Recursos hídricos

As mudanças climáticas podem produzir grandes impactos sobre os recursos hídricos. É possível que o aumento da temperatura média global, já observado nas últimas décadas, cause alterações no ciclo hidrológico, por meio de modificações dos padrões de precipitação e evapotranspiração capazes de impactar diretamente a umidade do solo, a reserva subterrânea e a geração do escoamento superficial (Bates et al., 2008). Essa conjuntura só tende a se agravar com o passar do tempo, visto que as projeções mostram que o aumento de temperatura continuará ocorrendo.

Esse quadro não é apenas global, estudos foram realizados com o objetivo de verificar o impacto da mudança do clima nos recursos hídricos da América do Sul e Milly et al. (2005) afirmam que há concordância nas projeções para a metade do século XXI, mostrando aumento de vazão sobre a Bacia do Paraná-Prata e redução nas bacias do Leste da Amazônia e do Nordeste do Brasil.

Marengo et al. (2011) já verificavam há uma década que um alto potencial para evaporação no Nordeste, combinado com o aumento de temperatura, causaria diminuição da água nos lagos, açudes e reservatórios e nas vazões dos rios. Levando, inclusive, a uma redução da produção de energia elétrica nas usinas do rio São Francisco.

Conclusão semelhante adveio de estudo de Silveira et al. (2016) para a Bacia do São Francisco que encontrou uma mesma tendência de diminuição de vazão, tanto para cenário de emissão de gases considerada pessimista (que considera para as próximas décadas um grande aumento das emissões de gases de efeito estufa) como otimista (com diminuição das emissões).

Essa previsão de diminuição das vazões nos reservatórios do semiárido, segundo esses estudos, tem uma relação direta com o aumento da temperatura, e consequentemente, da evaporação e evapotranspiração potencial. Esse aumento consegue ser percebido mesmo em modelos onde há relativo aumento nas precipitações, o que fortalece o que já sabíamos do clima semiárido: que, sendo uma área onde o déficit hídrico é uma das principais características naturais, um incremento constante à evaporação, como é o aumento de temperatura de superfície, torna-se fator de peso bem maior do que um possível aumento discreto nos totais pluviométricos anuais (que fique claro, não é consenso, havendo estudos que prognosticam diminuição das chuvas).

Outro fator que merece reflexão em suas interconexões com os recursos hídricos é o prognóstico do aumento de eventos extremos de precipitação (como os encontrados por Silveira et al. (2016) e pelo PBMC, 2012). Em primeiro plano chuvas muito intensas tendem a ter efeito erosivo maior e menos infiltração no solo, o que pode aumentar o assoreamento dos rios e reservatórios (que incrementa mais ainda a evaporação). Em segundo plano, o aumento de outro tipo de evento extremo, os veranicos (dias consecutivos sem chuva e muitas vezes sem cobertura de nuvens no meio da estação chuvosa), tem o potencial de ter um forte incremento na perda hídrica visto que neste período do ano os potenciais evaporativos tendem a se concretizar (visto haver água disponível na superfície, o que nem sempre ocorre no período seco), além de que o período chuvoso majoritário no semiárido corresponde ao verão/outono austral, ou seja, dias sem cobertura de nuvens em pleno verão, com água disponível no solo e nos reservatórios, são dias com forte incremento de perda hídrica da superfície para a atmosfera. Tais perdas podem refletir-se, dependendo da intensidade e da duração, em fortes danos às culturas de subsistência (NAE, 2005).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, em estudo de 2012, já apontava possível agravamento do déficit hídrico no semiárido nas últimas décadas do século XXI. Outros estudos mais recentes e robustos, como vimos, fizeram prognósticos semelhantes. Esse déficit, longe de impactar apenas os recursos hídricos, tem consequências diretas à disponibilidade hídrica no solo e deve fomentar impactos na flora e fauna (inclusive em suas distribuições biogeográficas), e na saúde e reprodução dos modos de vida dos seres humanos.

Aspectos ecológicos e de conforto térmico humano

A partir das reflexões dos impactos das mudanças climáticas nas componentes climáticas e nos recursos hídricos é natural voltarmos nosso olhar para os impactos relacionados com outras componentes naturais associadas: os impactos ecológicos.

O relatório do IPCC (2018) que projeta os impactos do aumento da temperatura média global em 1,5 °C estima que aproximadamente 4% da área terrestre global passe por uma transformação de ecossistemas de um tipo para outro com o aquecimento global de 1 °C, comparado com 13% a 2 °C. Em outras palavras, algumas áreas da Terra deverão ter ecossistemas não apenas impactados com as mudanças climáticas, mas até totalmente transformados.

Tais transformações nos ecossistemas terrestres se dariam em decorrência de mudanças nos padrões globais da vegetação. Nobre et al. (2005) relataram que estudos indicam que, ao contrário da maioria das atividades humanas, ecossistemas naturais não apresentam grande capacidade de adaptação (ou bem-sucedida migração em resposta) à magnitude das mudanças climáticas se estas ocorrerem no curto intervalo de décadas. Estes podem normalmente migrar ou se adaptar às mudanças climáticas que ocorram na escala de muitos séculos a milênios (o que não é a velocidade estimada das mudanças nas componentes climáticas associadas ao aquecimento global). Revelam ainda que quando somamos ao aquecimento global as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, notadamente os desmatamentos das florestas tropicais e dos cerrados, é quase certo que acontecerão rearranjos importantes nos ecossistemas e mesmo a redistribuição de biomas.

Na região semiárida essas alterações ecológicas impactariam o Bioma Caatinga. Tais impactos adviriam do aumento de temperatura que induz a uma maior evapotranspiração, reduzindo a quantidade de água no solo. Nesta conjuntura estudos (Nobre et al., 2004; Hutyra et. al., 2005; Salazar et al., 2007) indicam que a Caatinga pode dar lugar a uma vegetação mais típica de zonas áridas ou de deserto, com predominância de cactáceas, até finais do Século XXI, e mesmo antes disto ocorrerá a substituição de área de caatinga por semideserto no núcleo mais árido do Nordeste do Brasil.

Tais projeções, mesmo aparentemente catastróficas, devem estar ainda subestimadas, visto que consideram em seus modelos apenas as alterações nas componentes climáticas (temperatura, evaporação e precipitação, etc.), mas não conseguem dar conta dos impactos relacionados ao uso e ocupação do solo (como o desmatamento, a perda e degradação do solo por erosão e o crescimento de áreas urbanas). Apesar se

sua característica interiorana, de urbanização tardia e dispersora populacional, o interior do Nordeste Brasileiro tem tido aumento da área usada para uso agropecuário e de urbanização nas últimas décadas. É

possível visualizar na plataforma MapBiomias a área na Caatinga ocupada por tais usos nos últimos 35 anos (Figura 3).

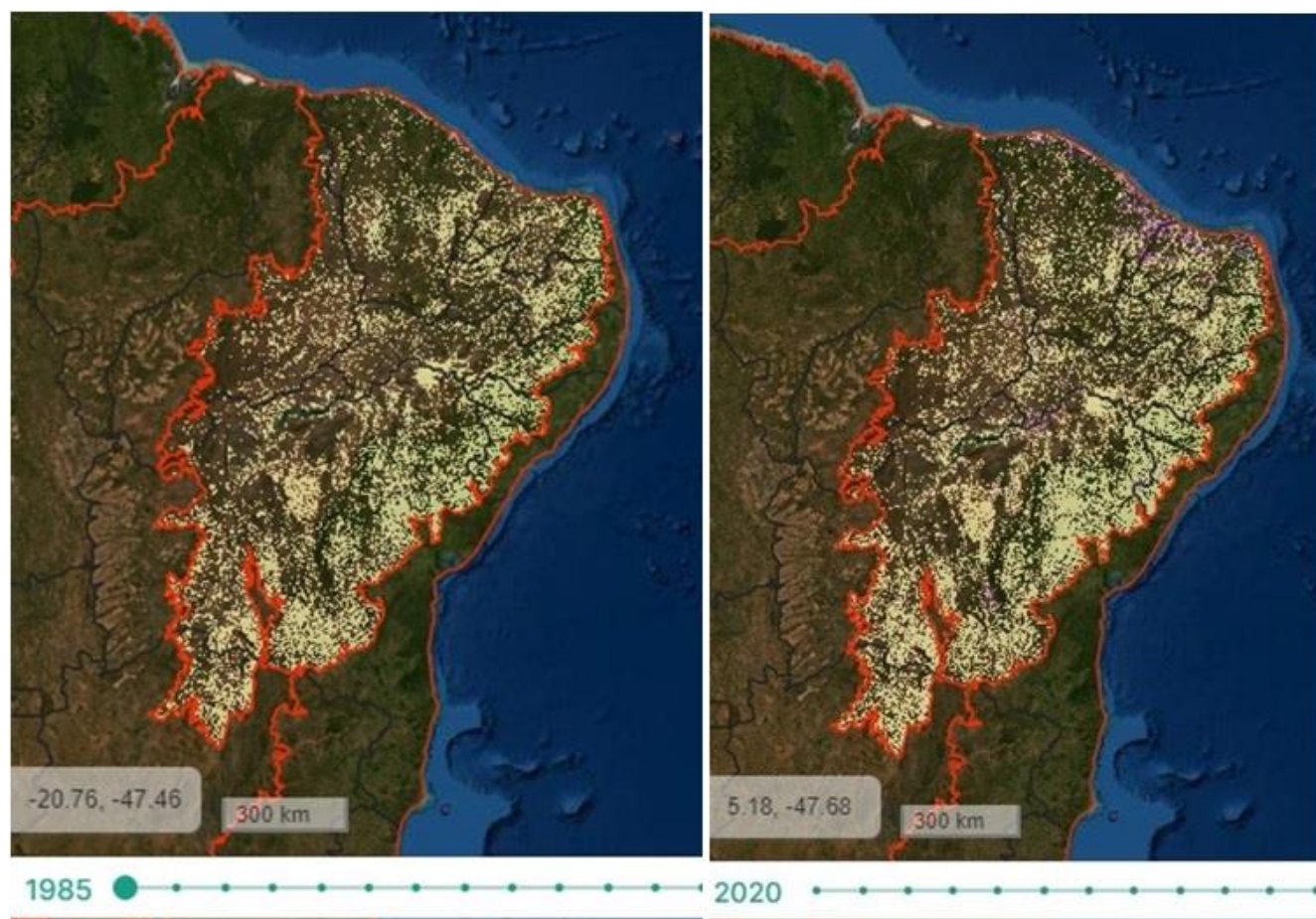


Figura 3 - Evolução das áreas de uso agropecuário do solo (em amarelo claro) e de ocupação urbana (em rosa), no Bioma Caatinga, em 1985 e 2020. Obtido através da Plataforma MapBiomias.

Lima et al. (2011) discutem que antes mesmo de impactos relacionados às mudanças climáticas serem modelados para o semiárido, diversos pesquisadores já estudavam os efeitos da degradação do solo associada à mudanças no uso e ocupação que promoviam o fenômeno da desertificação; segundo os mesmos o semiárido é o espaço geográfico mais vulnerável aos efeitos da desertificação no Brasil. Diversas áreas dentro da região semiárida já passam por esse processo e muitas outras são suscetíveis a ele em maior ou menor grau. As questões relacionadas aos impactos associados às mudanças climáticas vêm agravar essa conjuntura.

Guimarães et al. (2016) em uma modelagem com projeção de incremento de emissões globais (pessimista) nas próximas décadas, apontam para o surgimento de uma área hiperárida entre os Sertões

Central e Inhamuns do Ceará de mais de 10 mil quilômetros quadrados. É importante destacar que esta mesma área já é considerada, hoje, suscetível à desertificação (CEARÁ, 2018).

Para além das questões relacionadas às modificações na flora e fauna, sabemos que o ser humano, em suas necessidades biológicas, também sofrerá efeitos adversos das modificações das componentes climáticas projetadas para o semiárido em decorrência das mudanças climáticas. Projeta-se que qualquer aumento no aquecimento global afete a saúde humana, com consequências principalmente negativas (IPCC, 2018).

Em uma região reconhecidamente quente e seca, onde as condições de conforto térmico humano já se revelam em padrões desconfortáveis em boa parte do ano, alguns dos prognósticos relacionados às alterações

nas variáveis climáticas, como o aumento da temperatura do ar, podem mostrar-se indutores de incremento de situações de desconforto e mesmo de insalubridade.

Guimarães et al. (2016) em estudo modelado para o Nordeste, concluíram que quanto mais ao interior (ou seja, quanto mais afastado do litoral) maiores serão os efeitos das mudanças climáticas em relação ao aumento de temperatura. É fato largamente conhecido que são justamente nessas áreas mais interioranas em que as condições de conforto térmico humano tendem a ser piores, em especial no segundo semestre do ano nas quais se somam às altas temperaturas os baixos níveis de umidade do ar (frequentemente alcançando patamares abaixo dos 30 por cento).

Marengo et al. (2011) expõem em suas projeções dos extremos de temperatura um quadro que refletiria em aumento do desconforto térmico: o aumento nas temperaturas diurnas e noturnas, com a máxima aumentando de dia e a mínima de noite. O número de dias frios tendendo a diminuir e o de dias e noites quentes a aumentar, sendo o aumento maior na frequência de noites quentes. Tal conjuntura, segundo os mesmos autores, caracterizaria uma situação de aumento de ondas de calor o que, juntamente com a secura do ar e a presença de veranicos mais longos, pode afetar seriamente o conteúdo de umidade de solo, com impactos na agricultura de subsistência. Em outras palavras, para além dos impactos na saúde dos indivíduos, estas alterações induziriam também impactos nos modos de vida, ou seja, impactos sociais.

Aspectos sociais

Se percebidos em uma escala global pode-se afirmar que a região semiárida e suas populações tiveram, no decorrer de sua história, pequena parcela de influência no acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera que desencadeiam as mudanças climáticas. Sabe-se, pelos prognósticos e modelagens feitas, contudo, que arcarão com impactos dessas mudanças que exercerão forte dano a seus modos de vida. Isso, essa disparidade em relação à influência na causa do processo e nos danos relacionados a ele, sendo um claro exemplo de injustiça ambiental, no caso específico: injustiça climática (Acserald et al., 2009).

Refletindo sobre os aspectos levantados por Marengo et al. (2011) sobre a perspectiva dos aspectos sociais relacionados às mudanças climáticas, ressalta-se que os impactos prognosticados para as próximas décadas na região semiárida do Brasil devem ser ponto preponderante das reflexões nacionais acerca do tema. A importância de tal protagonismo advém, em parte,

porque se vive no semiárido, assim como em alguns outros lugares no Planeta Terra, em uma região em que os fatores climáticos (temperatura, precipitação, umidade relativa, etc.) já são, em condições normais, próximos aos limites toleráveis pelas necessidades humanas. Em outras palavras, porque já se vive num limiar tal de condições naturais que fazem da população ali residente mais facilmente suscetível a transpor esse limiar e ver suas condições de reprodução da vida cotidiana afetadas de forma perceptível. A essa susceptibilidade a literatura dá o nome de vulnerabilidade às mudanças climáticas.

Sob a esfera das condições sociais no semiárido é importante citar que esta é uma das áreas no Brasil com menores índices socioeconômicos, menor acesso a bens e serviços públicos como saneamento básico e de grande desigualdade social e fundiária; sendo boa parte da mão de obra nas áreas rurais dedicada à pecuária e a agricultura de sequeiro (não-irrigada, dependente, portanto, do ciclo anual das chuvas). Outras fontes de renda importantes para as economias locais advém de repasses estatais, como aposentadorias e programas sociais como o Programa Bolsa Família. Araújo (2011) reflete, inclusive, que algumas políticas sociais das últimas décadas que não visavam de forma direta a retenção da população no semiárido e sua melhor adaptação a ele, podem ter tido maior efeito positivo nesse sentido que antigas políticas de combate à seca.

Levando em conta um semiárido mais árido e o aumento da frequência de ocorrência das secas, a base de sustentação para as atividades humanas diminuirá, sendo provável que aumente o deslocamento da população para as grandes cidades ou para as áreas nas quais seja possível desenvolver a agricultura irrigada (Marengo et al., 2011).

Outros possíveis impactos levantados pelo estudo de Marengo et al. (2011) são a inviabilidade da produção agrícola de subsistência de grandes áreas colocando em risco a própria sobrevivência da população, o aumento do desemprego, especialmente no setor agrícola, problemas de saúde e aumento de migração para áreas urbanas da região ou para outras regiões.

Dentre os processos desencadeados pelas mudanças climáticas, talvez o com maior potencial de impacto no modo de vida das populações no semiárido seja o quadro tendencial de aumento dos processos de desertificação. O relatório Ceará 2050 (2018), ao discorrer sobre esses impactos expõe que “A desertificação tem potencial de trazer consigo grandes desafios ou riscos sistêmicos os quais precisarão constar no planejamento.” Dentre estes desafios lista:

“(i) aumento da temperatura do solo, que por sua vez inviabilizará algumas culturas devido à consequente redução da umidade do solo; (ii) aumento do déficit hídrico; (iii) maior índice de aridez; (iv) salinização do solo; (v) queda na produção e na produtividade agrícolas; (vi) perda de biodiversidade (flora e fauna) gerando impactos sistêmicos tais como pragas e vetores; (vii) agravamento dos problemas sociais; (ix) retorno ao processo de migração da população para os centros urbanos; (x) assoreamento de rios e reservatórios; (xi) aumento das secas edáficas pela diminuição da retenção de água do solo; e (xii) morte de rebanhos; dentre outros” (CEARÁ, 2018).

Dentro do aspecto populacional de migração citado, muitos brasileiros, em diversas regiões do país, descendem de famílias que deixaram o interior semiárido do Nordeste do Brasil no decorrer do século XX. Tal migração populacional ocorreu, à época, como uma resposta social a uma penúria econômica ocorrida por uma variabilidade climática “normal”, ou seja, que ocorre de forma natural no clima semiárido: as secas.

Sabemos que inúmeros fatores não-naturais também tiveram sua parcela de contribuição nesses processos migratórios, como a desassistência estatal, a concentração de terras e violência do sistema fundiário e a falta de políticas de adaptação e convivência com o semiárido. Mas, colocando em segundo plano os fatores não-naturais chegamos à conclusão de que os nossos “retirantes da seca” já eram, nos séculos passados, refugiados ambientais (ou refugiados do clima). Que fique claro: refugiados do clima em sua viabilidade natural e não em sua variabilidade prognosticada em decorrência das mudanças climáticas associadas ao aquecimento global.

Durante o fim do século XX e início do XXI diversas políticas e ações sociais foram paulatinamente sendo postas em prática e mostraram-se capazes de induzir uma permanência das populações no semiárido (Araújo, 2011), mesmo em uma situação de seca, com totais pluviométricos abaixo da média histórica em vários anos em sequência em diversas regiões do semiárido.

Tal fenômeno climático (a seca de 2011-2017⁴), se é possível que tenha ocorrido apenas por uma variabilidade climática natural do clima semiárido, também não é impossível que já tenha sofrido influência (em sua ocorrência, intensidade e tempo de permanência) das alterações climáticas globais promovidas pelo homem.

Em outras palavras a primeira grande seca do século XXI no semiárido nordestino teve pouco efeito migratório de expulsão populacional para outras regiões, se comparado às secas do século XX, embora se deva refletir que o êxodo rural permaneceu presente, mas as áreas atratoras foram as próprias cidades pequenas e médias de dentro da própria região semiárida (Ojima, 2013). Isto mostra que as ações desenvolvidas até o momento foram relativamente eficazes em minorar os efeitos do desastre climático para a população. É necessário refletir, contudo, até que ponto essas políticas serão capazes de continuar contendo os efeitos adversos nas próximas décadas quando os impactos das mudanças climáticas deverão ser mais intensos.

4. Considerações Finais

O clima é um dos componentes dos sistemas naturais globais, e um dos com maiores fatores de interconexão com outros componentes naturais, sendo assim é esperado que alterações climáticas induzam a impactos dos mais variados tipos nos mais variados componentes naturais e sociais. Algumas das mudanças climáticas associadas às alterações antropogênicas na composição dos gases de efeito estufa na atmosfera já são percebidas e muitas outras são esperadas para as próximas décadas. Tais alterações esperadas são frutos de estudos de modelagem climática e ambiental que, através de fatores conhecidos e da compreensão de como os sistemas ambientais funcionam, conseguem dar prognósticos com maior ou menor grau de confiança de como as componentes climáticas serão alteradas no futuro.

Dentro destes prognósticos para região semiárida, alguns foram aqui discutidos como o aumento da temperatura de superfície, o aumento da frequência e intensificação de eventos climáticos extremos, o aumento da evapotranspiração, o risco de aridização e desertificação e as possíveis alterações nos regimes de precipitação. Essas alterações naturais induzem a impactos sociais associados que podem, dependendo da vulnerabilidade da população e das ações de mitigação envolvidas, serem maiores ou menores.

Refletindo sobre essas ações de mitigação impetradas por indivíduos ou governos, Giddens (2009) nos lembra que há uma grande distância entre o conhecimento sobre o fenômeno da mudança climática e a efetiva ação para a alteração de hábitos cotidianos que contribuem para o fenômeno. E ainda que, em face ao caráter abstrato representado pelo aquecimento global, por mais assustadores que sejam os cenários

⁴ que se estendeu até 2018 em algumas regiões segundo Santana e Santos (2020).

futuros desenhados pelo saber científico, a conduta cotidiana segue marcada pela falta de ação afirmativa para a questão.

Nessa conjuntura nos últimos anos a situação tornou-se ainda mais grave, visto que com o negacionismo científico com relação ao aquecimento global e às consequentes mudanças climáticas na era Trump-Bolsonaro, parcela significativa da população agora sequer tem confiança que os prognósticos apresentados pelo IPCC são confiáveis e, infelizmente, dentro dessa parcela encontram-se muitas vezes importante tomadores de decisão, tanto em esferas públicas, quanto privadas.

Numa perspectiva local nas últimas duas décadas as populações do semiárido mostraram-se muito mais resilientes às migrações forçadas em decorrência do clima do que as gerações que as precederam, em grande parte devido às políticas de convivência com o semiárido e aos programas de redistribuição de renda.

No futuro, a resiliência que minorou os efeitos migratórios da última grande seca será capaz de permanecer retendo essas populações no semiárido? A resposta a isso passa pelas alterações naturais prognosticadas para o semiárido nas próximas décadas aqui discutidas, mas também pela continuidade, refinamento e recursos alocados nas políticas públicas e privadas de convivência com o semiárido planejadas e executadas no futuro próximo.

Para isso é necessário compreensão e vontade política dos tomadores de decisão (em esfera pública e privada) na inserção dos estudos relacionados às mudanças climáticas, em especial dos prognósticos feitos para as próximas décadas, no planejamento das ações da sociedade, em suas mais variadas vertentes. Não é mais possível fazer nenhum projeto na sociedade humana que desconsidere as mudanças climáticas se quisermos minorar os danos que viremos a sofrer com elas. Como será a resiliência dos habitantes do semiárido no próximo grande evento de seca? Teremos uma crise de refugiados ambientais no Nordeste no futuro? Nossa capacidade hoje de popularizar, conhecer em profundidade e educar a população e seus representantes estatais para os prognósticos das mudanças climáticas é que responderá a estas perguntas.

Referências

Acserald, H., Mello, C.C.D.A., Bezerra, G.D.N., 2009. O que é justiça ambiental? Garamond, Rio de Janeiro.

- Araújo, T.B., 2011. Economia do semiárido nordestino: a crise como oportunidade. *Revista Coletiva* 6, 54-64.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. (eds.), 2008. *Climate Change and Water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.
- CEARÁ. Governo do Estado do Ceará, 2018. Relatório: CEARÁ 2050, juntos pensando o futuro. Fortaleza.
- Christensen, J.H., Kanikicharla, K.K., Aldrian, E., An, S-I., Cavalcanti, I.F.A., Castro, M.de, Dong, W., Goswami, P., Hall, A., Kanyanga, J.K., Kitoh, A., Kossin, J., Lau, N-C., Renwick, J., Stephenson, D.B., Xie, S-P., Zhou, T., 2013. Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change, in: *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., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, United Kingdom, Cambridge, New York.
- Giddens, A., 2009. *The politics of climate change*. Polity Press, Cambridge.
- Giorgi, F., Francisco, R., 2000. Evaluating uncertainties in the prediction of regional climate. *Geophysical Research Letters* 27, 1295-1298.
- Guimarães, S.O., Costa, A.A., Vasconcelos Júnior, F.dasC., Silva, E.M.da, Sales, D.C, Araújo Júnior, L.M.de, Souza, S.G.de, 2016. Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX. *Revista Brasileira de Meteorologia* 31, 337-365.
- Hamada, E, Maia, A.deH.N, Thomaz, M.C., 2011. Avaliação da precipitação projetada pelos modelos climáticos globais para o Nordeste brasileiro. *Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*.
- Hutyrá, L.R., Munger, J.W., Nobre, C.A., Saleska, S.R., Vieira, S.A., 2005. Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazônia. *Geophysical Research Letters* 32, L24712. doi: 10.1029/2005GL024981.
- IPCC, 2018. Aquecimento Global de 1,5°C. Sumário para formuladores de políticas. Disponível: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SP_M-Portuguese-version.pdf. Acesso: 5 out. 2021.
- Lima, R.C.C., Cavalcante, A.M.B., Perez-Marin, A.M., 2011. Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. INSA-PB, Campina Grande.

- MAP BIOMAS, 2021. Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil. Disponível: <https://mapbiomas.org/>. Acesso: 5 out. 2021.
- Marengo, J.A., Valverde, M.C., 2007. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC AR4. *Revista Multiciência* 8, 5-28.
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Beserra, E.A., Lacerda, F.F., 2011. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, in: Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande.
- Milly, P.C.D., Dunne, K.A., Vecchia, A.V.V., 2005. Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate. *Nature* 438.
- NAE. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. Mudança de Clima, v. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima, vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima. Cadernos NAE, NAE-SECOM Brasília.
- Nobre, C., Oyama, M.D., Oliveira, G.S., Marengo, J.A., Salati, E., 2004. Impacts of climate change scenarios for 2091-2100 on the biomes of South America. First CLIVAR International Conference, Baltimore.
- Nobre, C., Assad, E.D., Oyama, M.D., 2005. Mudança ambiental no Brasil, in: Terra na Estufa. Ed. especial Scientific American Brasil 12, 70-75.
- Ojima, R., 2013. Urbanização, dinâmica migratória e sustentabilidade no semiárido nordestino: o papel das cidades no processo de adaptação ambiental. *Cadernos Metrópole* 15, 35-54.
- Oyama, M., 2002. Conseqüências climáticas da mudança de vegetação do nordeste brasileiro: um estudo de modelagem. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.
- PBMC, 2012. Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Volume Especial para a Rio+20. Rio de Janeiro.
- Pereira, D.S.P., Formiga-Johnsson, R.M., 2005. Descentralização da gestão de recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil. *Revista de Gestão de Águas da América Latina* 2, 53-72.
- Salazar, L.F., Nobre, C.A., Oyama, M.D., 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, *Geophysics Research Letter* 34, L09708.
- Sales, D.C., Costa, A.A., Silva, E.M., Vasconcelos Júnior, F.C., Cavalcante, A.M.B., Medeiros, S.S., Marin, A.M.P., Guimarães, S.O., Araujo Junior, L.M., Pereira, J.M.R., 2015. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no Nordeste Brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. *Revista Brasileira de Meteorologia* 30, 435-456.
- Santana, A.S.de, Santos, G.R.dos, 2020. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. IPEA. (Boletim regional, urbano e ambiental, 22).
- Silveira, C.daS., Souza Filho, F.deA.de, Martins, E.S.P.R., Oliveira, J.L., Costa, A.C., Nóbrega, M.T., Souza, S.A.de, Silva, R.F.V., 2016. Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: uma análise para precipitação e temperatura. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 21, 416-428.
- Silveira, C.S., Filho, F.A.S., Júnior, F.D.C.V, Júnior, L.M.deA., Cabral, S.L., 2018. Mudanças climáticas e o setor hidroelétrico brasileiro: uma análise com base em modelos do IPCC-AR5. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* 47, 46-60.
- SUDENE, 2017. Relatório Final do grupo de trabalho para delimitação do Semiárido. Ministério da Integração Nacional. Disponível: http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Item_1.6_6_Relat%C3%B3rio_final_do_GT_Delimita%C3%A7%C3%A3o_do_Semi%C3%A1rido.pdf Acesso: 5 out. 2021.