



PRODUTO 2. MAPAS DO CLIMA EM 2050

PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO À MUDANÇA DO CLIMA (BRA/11/001)
APOIO PARA ELABORAÇÃO DO COMPONENTE BIODIVERSIDADE

Dra. RENATA DIAS FRANÇOSO
CONSULTORA

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 4 |
| 2. OBJETIVOS | 7 |
| 2.1. Objetivo Geral | 7 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 7 |
| 3. MÉTODOS | 8 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 9 |
| 1. Conclusões e recomendações | 18 |
| 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 19 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. ZONAS E CLASSES CLIMÁTICAS DO BRASIL, ADAPTADO DE NIMER (1979) POR IBGE (2002). DISPONÍVEL EM ATLAS ESCOLAR.IBGE.GOV.BR/IMAGES/ATLAS/MAPAS_BRASIL/BRASIL_CLIMA.PDF | 5 |
| FIGURA 2. CLASSES DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C) (BIO01) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. | 9 |
| FIGURA 3. CLASSES DE SAZONALIDADE DA TEMPERATURA (COEFICIENTE DE VARIAÇÃO) (BIO04) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. | 10 |
| FIGURA 4. CLASSES DE PRECIPITAÇÃO ANUAL (MM) (BIO12) PARA O ANO 2000 E EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. | 11 |
| FIGURA 5. CLASSES DE SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO (COEFICIENTE DE VARIAÇÃO) (BIO12) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. | 12 |
| FIGURA 6. GRUPOS CLIMÁTICOS BASEADOS EM TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (BIO01), SAZONALIDADE DA TEMPERATURA (BIO04), PRECIPITAÇÃO ANUAL (BIO12) E SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO (BIO12) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. ÁREAS COM ALTA TEMPERATURA EM CORES QUENTES, TEMPERATURAS AMENAS EM VERDE E TEMPERATURAS BAIXAS EM AZUL. O GRADIENTE DAS CORES REPRESENTA ÁREAS COM ALTA PRECIPITAÇÃO ANUAL EM CORES FORTES, BAIXA PRECIPITAÇÃO NOS TONS MAIS CLAROS E ÁREAS COM PRECIPITAÇÃO MODERADA EM CORES INTERMEDIÁRIAS. ÁREAS HACHURADAS REPRESENTAM SAZONALIDADE DA TEMPERATURA E ÁREAS PONTILHADAS MOSTRAM SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO. | 13 |
| FIGURA 7. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA KÖPPEN-GEIGER PARA OS PERÍODOS (A) 1900 A 1923 E (B) 2076 A 2100 (BASEADA NAS PROJEÇÕES DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO TYNDALL CENÁRIO DE EMISSÃO A1FI). ADAPTADO DE RUBEL & KOTTEK (2010)..... | 17 |

1. INTRODUÇÃO

O clima é um importante atributo regional, pois define a economia de uma região (Suliano et al. 2009), o modo de vida das populações humanas, a aptidão agrícola (Marengo 2009), além da distribuição da biota (Phillips et al. 2004). Dessa forma, a caracterização climática de uma região é de extrema importância para o desenvolvimento humano, incluindo a conservação da biodiversidade.

A classificação climática de Köppen-Geiger é globalmente utilizada para designar grandes regiões climáticas do mundo (Peel et al. 2006). Essa classificação parte de uma caracterização climática principal, que é detalhada com informações de precipitação e, em alguns casos, a temperatura, alcançando níveis regionais. No Brasil há grande diversidade climática devido à sua grande extensão (latitudinal e territorial), comportamento das massas de ar, correntes marítimas, entre outras. Além da classificação de Köppen-Geiger, é utilizada oficialmente a classificação climática do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que designa cinco zonas climáticas (Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado), conforme ilustrado na Figura 1.

As classes climáticas dessa classificação são adaptadas de Nimer (1979), e são primeiramente baseadas na temperatura média do período mais frio, e posteriormente subdivididas por níveis pluviométricos e distribuição da chuva ao longo do ano (Figura 1). São observadas cinco classes climáticas com temperaturas do período frio maiores que 18°C, três classes com temperaturas médias do período frio entre 15°C e 18°C; três classes com temperaturas entre 10°C e 15°C, e uma classe com temperaturas médias de inverno inferiores a 10°C.

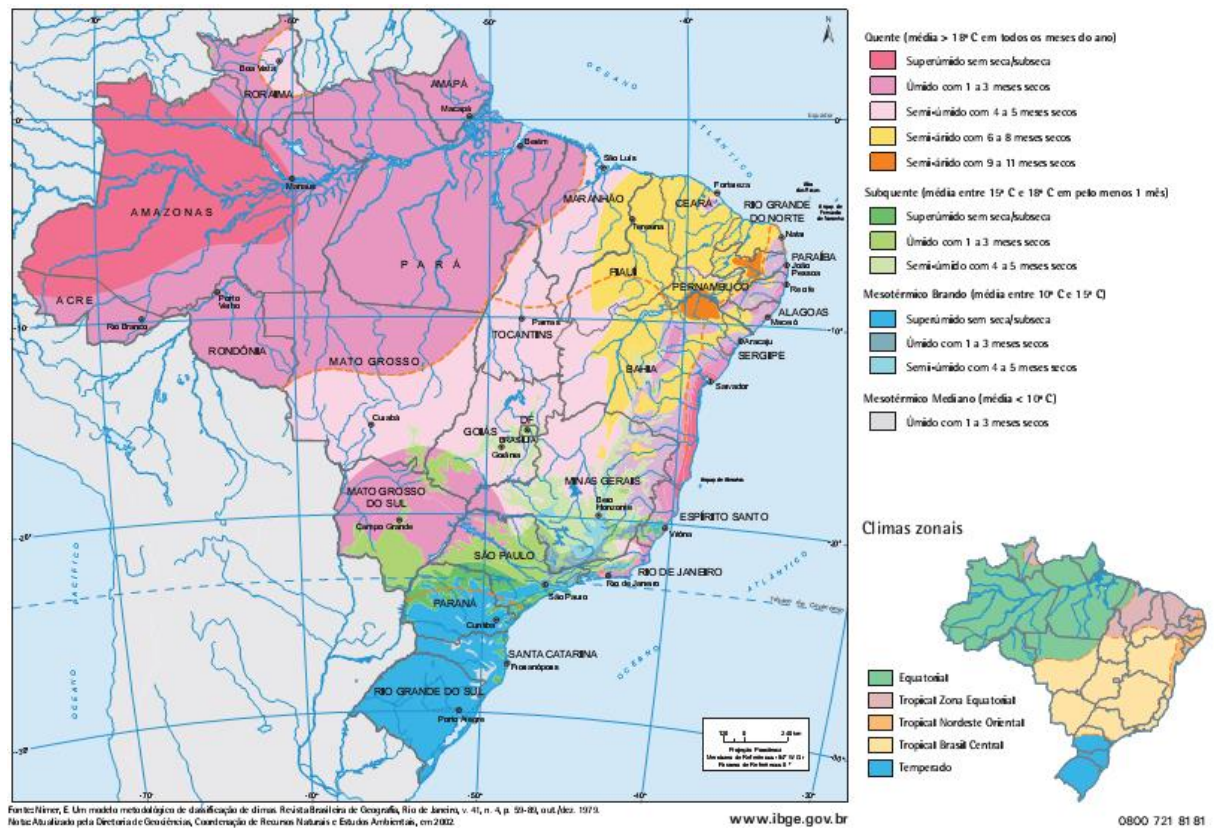


FIGURA 1. ZONAS E CLASSES CLIMÁTICAS DO BRASIL, ADAPTADO DE NIMER (1979) POR IBGE (2002). DISPONÍVEL EM [ATLASESCOLAR.IBGE.GOV.BR/IMAGES/ATLAS/MAPAS_BRASIL/BRASIL_CLIMA.PDF](https://atlas.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf).

Os parâmetros que compõem a classificação brasileira são baseados em temperatura, precipitação, sazonalidade da precipitação e, indiretamente, sazonalidade da temperatura. Esses parâmetros climáticos definem a distribuição dos grandes tipos de biomas do mundo (Clements 1936), o que foi corroborado para os biomas brasileiros (Françoso 2016).

A distribuição dos organismos está intimamente relacionada ao clima. Dentre os parâmetros climáticos, a temperatura e disponibilidade hídrica são os principais determinantes da biodiversidade (Stephenson 1990; Gillman & Wright 2014), diferenciando tanto a composição das comunidades, quanto a riqueza de espécies (Jeffrey & Jeffrey 1994). Além desses, a sazonalidade é um parâmetro importante, pois espécies que ocorrem sob clima sazonal devem estar adaptadas a circunstâncias extremas que se alternam ao longo do ano. Essa refinada adaptação restringe a ocorrência de diversas espécies, definindo uma biota peculiar em climas sazonais.

As alterações climáticas esperadas para as próximas décadas, além das importantes consequências para a biodiversidade (Thomas et al. 2004), certamente causarão impactos em diversas atividades econômicas no Brasil (Walther et al. 2002; Genner et al. 2004; Chen et al. 2011). Assim, a representação dos principais parâmetros climáticos para o território brasileiro, tanto para o presente quanto para as próximas décadas, pode auxiliar no planejamento regional das atividades dependentes do clima. Além disso, identificar as principais mudanças nos padrões climáticos poderá prevenir a perda de diversas espécies da fauna e da flora.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Apresentar a representação espacial de grandes regiões climáticas para os anos de 2000 e de 2050, em dois cenários de trajetórias representativas de concentração de gases de efeito estufa (GEE) (rcp 4,5 e 8,5), para os biomas brasileiros.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Elaborar mapas do clima para o presente (ano 2000).
- II. Elaborar mapas do clima para 2050, baseados no cenário de rcp 4,5 e 8,5 para o ano de 2050.

3. MÉTODOS

Dentre dezenove variáveis bioclimáticas (disponíveis em <http://www.worldclim.org>), quatro foram definidas como de maior importância para prever a distribuição dos biomas brasileiros (Françoso 2016). Essas variáveis são temperatura média anual, sazonalidade da temperatura, precipitação anual e sazonalidade da precipitação, que foram usadas para a representação do clima no período base (ano 2000) e futuro (2050).

Para essas variáveis, foram gerados parâmetros estatísticos básicos usando a ferramenta de tabulação de estatísticas por zonas (ArcGis 10.1). Foram gerados mapas apresentando classes de valores para cada variável para 2000 e para 2050, em dois cenários de trajetórias representativos de concentração de gases de efeito estufa (rcp 4,5 e 8,5). Posteriormente, essas variáveis foram combinadas para gerar o mapa do clima para 2000 e para os dois cenários do ano 2050.

As projeções das variáveis climáticas futuras foram baseadas nos modelos HadGEM2 (Martin et al. 2011), baseados nos cenários rcp de 4,5 (otimista) e 8,5 (tendencial), que são duas das quatro projeções de trajetórias de concentrações de gases de efeito estufa (IPCC 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram estabelecidas três classes de temperatura média anual (Figura 2), que representam regiões de temperaturas baixas (inferiores a 20°C), amenas (entre 20 e 25°C) e altas (acima de 25°C). No clima base (2000), o Pampa e a porção sul da Mata Atlântica apresentam temperaturas baixas. Temperaturas amenas ocorrem no norte da Mata Atlântica e na parte sul do Cerrado e da Caatinga, além de pequenas manchas no centro e sudoeste da Amazônia.

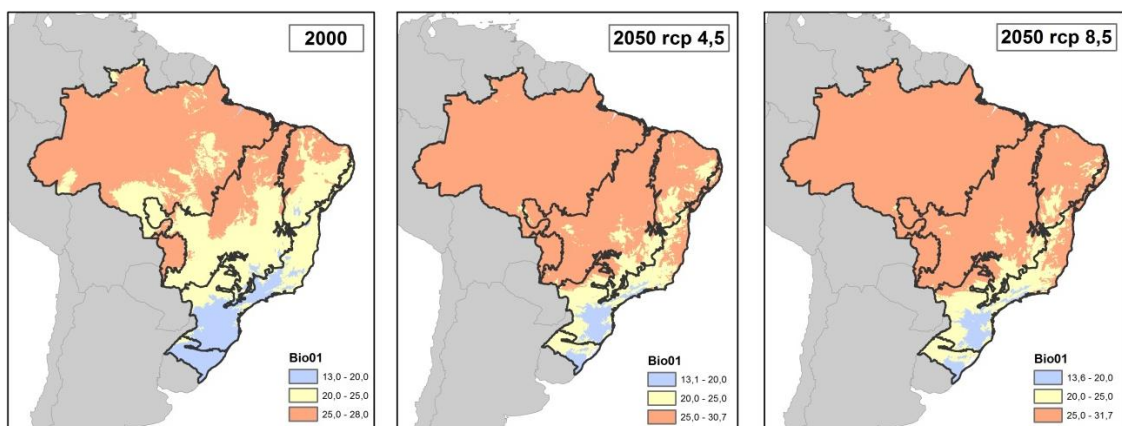


FIGURA 2. CLASSES DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (°C) (BIO01) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES.

De maneira geral, é observado aumento da temperatura para os biomas brasileiros nos dois cenários de trajetórias de GEE, aumentando até 3,7°C nas regiões mais quentes no cenário tendencial. Essa parece ser a tendência global, que é de aumento de 0,3 a 0,7°C (IPCC 2014). As temperaturas baixas ocorrem na mesma região do presente, porém em uma extensão muito mais restrita. Na Mata Atlântica, as temperaturas amenas ocorrem em uma porção menor do território, dando espaço a temperaturas acima de 25°C na região nordeste desse bioma. O Cerrado e a Caatinga também apresentam aumento das temperaturas, ocorrendo predominantemente temperaturas altas em toda a extensão desses biomas. As temperaturas amenas foram restritas à região de transição entre o Cerrado, a Caatinga e a Mata Atlântica. Toda a extensão

da Amazônia apresenta altas temperaturas médias anuais, que podem atingir 30,7°C no cenário otimista e 31,7°C no cenário tendencial.

A Amazônia e parte do Cerrado e da Caatinga apresentam temperaturas homogêneas ao longo do ano (Figura 3) (coeficiente de variação da sazonalidade da temperatura inferior a 100%). As regiões sul do Cerrado e da Caatinga, além da Mata Atlântica, Pampa e Pantanal ocorrem em temperaturas sazonais (coeficiente de variação maior que 100%). Nos dois cenários de trajetórias representativas de concentração de GEE há aumento da área coberta com a sazonalidade da temperatura. No cenário otimista, a ampliação das áreas com sazonalidade da temperatura engloba transversalmente cerca de metade da Amazônia. Nesse cenário, o centro do Cerrado permanece com ausência de sazonalidade na temperatura. No cenário tendencial, a configuração desse parâmetro climático é semelhante ao cenário otimista. No entanto, a mancha de temperatura não sazonal no centro do Cerrado é menos relevante, porque ocupa apenas uma pequena região que tenderá a ter temperaturas altas o ano todo.

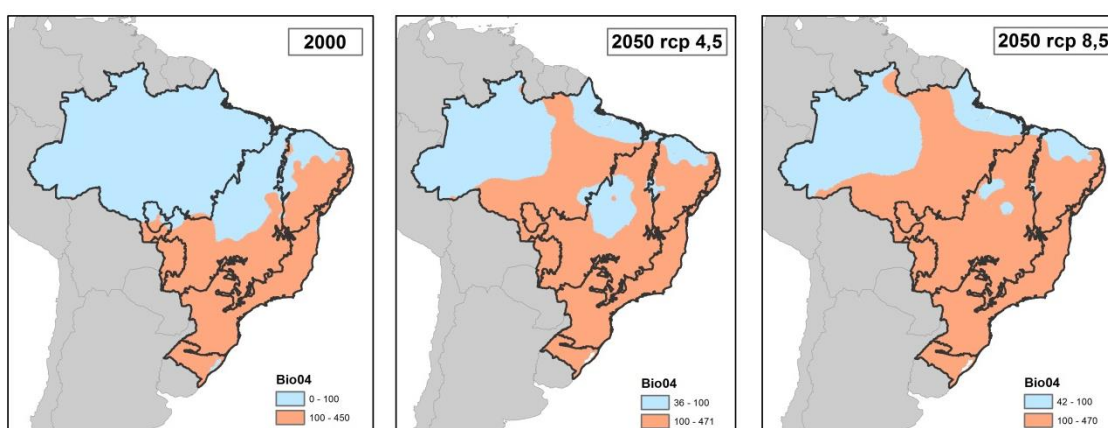


FIGURA 3. CLASSES DE SAZONALIDADE DA TEMPERATURA (COEFICIENTE DE VARIAÇÃO) (BIO04) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES.

As três classes de precipitação anual que foram estabelecidas (Figura 4) mostram, para o clima base, áreas com alta precipitação (acima de 1800 mm) na Amazônia, em manchas no Cerrado e no sul da Mata Atlântica. O

Cerrado, a Mata Atlântica o Pampa e o Pantanal apresentam precipitação anual intermediária (entre 800 e 1800 mm) e na Caatinga a precipitação anual predominante é inferior a 800 mm. As previsões de alterações na precipitação não apresentam tendências uniformes em todos os locais do globo, mas a tendência geral é que ocorra diminuição da disponibilidade hídrica na América do Sul (IPCC 2014). No Brasil, tanto no cenário otimista, quanto no tendencial, é observada a diminuição da precipitação anual na região central da Amazônia e o aumento da precipitação no sul da Mata Atlântica. Os índices pluviométricos mostram acréscimo de cerca de 200 mm nas regiões mais chuvosas.

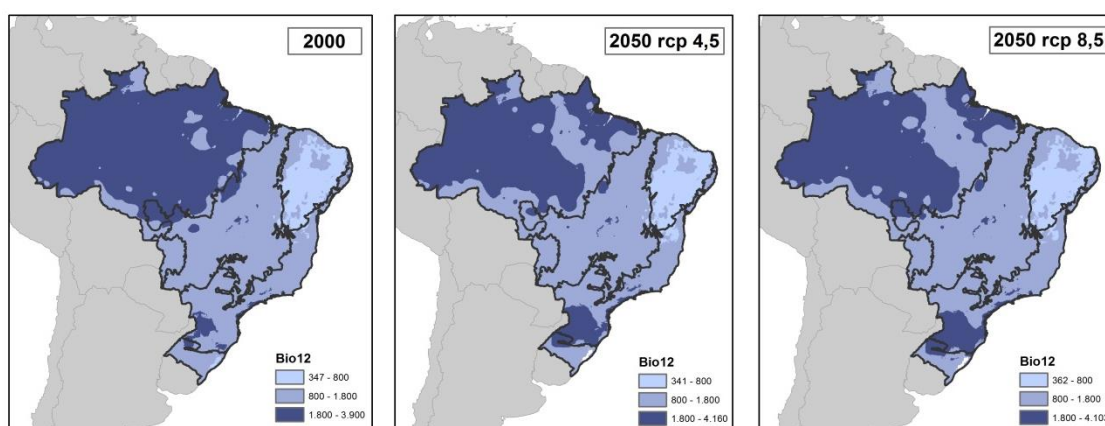


FIGURA 4. CLASSES DE PRECIPITAÇÃO ANUAL (MM) (BIO12) PARA O ANO 2000 E EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES.

As chuvas ocorrem de maneira sazonal (coeficiente de variação da sazonalidade da precipitação maior que 70%) predominantemente no Cerrado e na Caatinga, além de manchas na Mata Atlântica e na Amazônia, na região de transição com o Cerrado e na região de savanas de Roraima (Figura 5). As demais regiões do país apresentam chuvas bem distribuídas ao longo do ano (coeficiente de variação menor que 70%) (Figura 5). No cenário otimista, a região com precipitação sazonal permanece relativamente inalterada, e no cenário tendencial esse clima se expande na Amazônia, no contato com o Cerrado (Figura 5).

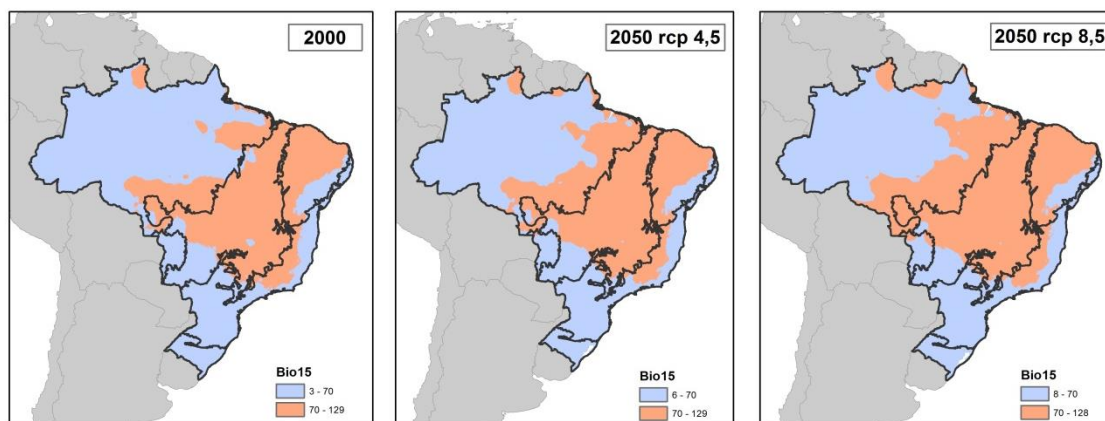


FIGURA 5. CLASSES DE SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO (COEFICIENTE DE VARIAÇÃO) (BIO12) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES.

Considerando a combinação das classes de temperatura e precipitação estabelecidas anteriormente (Figuras 2 e 4), foi possível identificar nove regiões climáticas, ilustradas na Figura 6, podendo ainda apresentar sazonalidade da temperatura e/ou da precipitação. Essas classes serão descritas a seguir.

Alta temperatura média anual (> 25°C)

Alta precipitação (>1.800 mm). Presente na zona Equatorial, a classe de alta temperatura e precipitação cobre a maior parte da Amazônia, com apenas uma mancha no Cerrado, no vale do Rio Araguaia, estado do Tocantins. Nessa classe, as condições climáticas são praticamente constantes ao longo do ano, apresentando precipitação sazonal apenas no contato com o Cerrado e nas savanas de Roraima. Nos dois cenários de trajetórias representativas de concentração de GEE, a Amazônia tem predominantemente altas temperaturas e precipitação, exceto por um corredor transversal que secciona essa classe climática. Para essas projeções, são observadas também zonas sazonais de temperatura e precipitação.

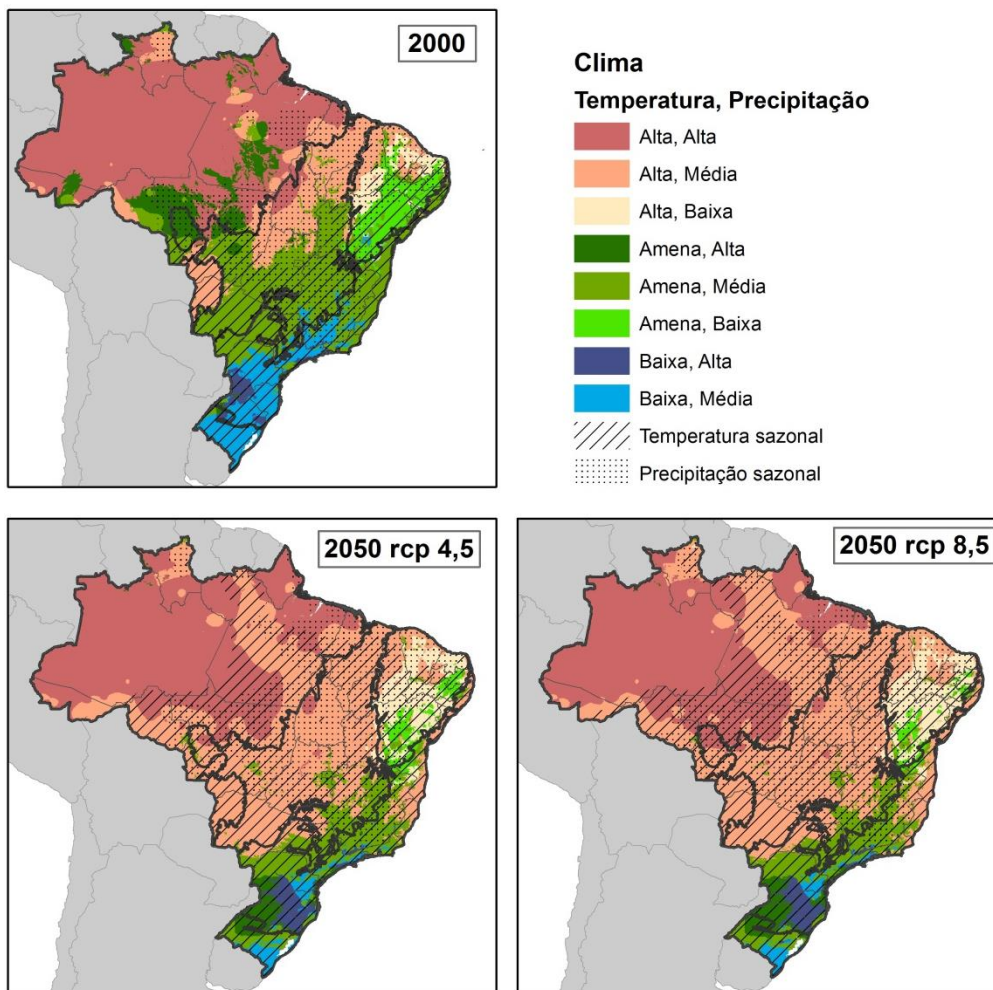


FIGURA 6. GRUPOS CLIMÁTICOS BASEADOS EM TEMPERATURA MÉDIA ANUAL (BIO01), SAZONALIDADE DA TEMPERATURA (BIO04), PRECIPITAÇÃO ANUAL (BIO12) E SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO (BIO12) PARA O ANO 2000 E 2050 EM DUAS TRAJETÓRIAS REPRESENTATIVAS DE CONCENTRAÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA [OTIMISTA (RCP 4,5) E TENDENCIAL (RCP 4,8)] BASEADAS EM MODELOS HADGEM2-ES. ÁREAS COM ALTA TEMPERATURA EM CORES QUENTES, TEMPERATURAS AMENAS EM VERDE E TEMPERATURAS BAIXAS EM AZUL. O GRADIENTE DAS CORES REPRESENTA ÁREAS COM ALTA PRECIPITAÇÃO ANUAL EM CORES FORTES, BAIXA PRECIPITAÇÃO NOS TONS MAIS CLAROS E ÁREAS COM PRECIPITAÇÃO MODERADA EM CORES INTERMEDIÁRIAS. ÁREAS HACHURADAS REPRESENTAM SAZONALIDADE DA TEMPERATURA E ÁREAS PONTILHADAS MOSTRAM SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO.

Precipitação moderada (entre 800 e 1.800 mm). Alta temperatura e precipitação moderada ocorrem especialmente no centro e no norte do Cerrado, incluindo áreas de Cerrado no domínio da Caatinga no estado do Piauí. Nessa região, a temperatura tende a ser constante, mas a precipitação é sazonal. O Pantanal também se encontra nessa classe climática, mas com precipitação e constante e sazonalidade da temperatura. Nos dois cenários analisados, essa classe climática demonstra maior expansão, ocorrendo em

todo o bioma Cerrado (exceto no limite com a Mata Atlântica), em parte da Mata Atlântica e no centro da Amazônia, onde se observa um corredor transversal do centro sul até o nordeste desse bioma. Além da precipitação, a temperatura também é sazonal, exceto no centro do Cerrado, entre os estados do Tocantins e Goiás, onde apenas a precipitação se apresenta sazonal.

Baixa precipitação (< 800 mm). Altas temperaturas e baixa precipitação ocorrem apenas em dois polígonos da Caatinga, onde a precipitação é sazonal. Nos dois cenários, essa classe climática se expande dentro dos limites da Caatinga, onde além da precipitação sazonal, a temperatura também varia ao longo do ano.

Temperatura média anual amena (entre 20 e 25°C)

Alta precipitação (>1.800 mm). Temperaturas amenas e alta precipitação são observadas em uma pequena região no sudoeste da Amazônia, nos estados de Mato Grosso e Rondônia, onde a precipitação é sazonal. Nos cenários futuros essa classe climática é observada na região sul do Brasil, nos limites entre a Mata Atlântica e o Pampa, porém a precipitação é constante e a temperatura oscila de maneira sazonal.

Precipitação moderada (entre 800 e 1.800 mm). Temperaturas amenas e precipitação moderada são observadas em grande extensão do Cerrado, na região centro e sul, além de uma extensa região da Mata Atlântica. Toda essa área apresenta sazonalidade da temperatura, e em parte do Cerrado a precipitação também é sazonal. Nas projeções para 2050 esse clima permanece em grande parte da Mata Atlântica, onde ele já ocorre, e na região de contato entre o Cerrado e a Mata Atlântica.

Baixa precipitação (< 800 mm). Na maior parte da Caatinga as temperaturas são amenas e a precipitação é baixa, com chuvas inferiores a 800 mm anuais. Essa classe climática é restrita a esse bioma. A temperatura é sazonal, e em parte desse polígono a precipitação também é sazonal. Nos

cenários futuros, grande parte desse clima é substituído por climas mais quentes.

Baixa temperatura média anual (< 20°C)

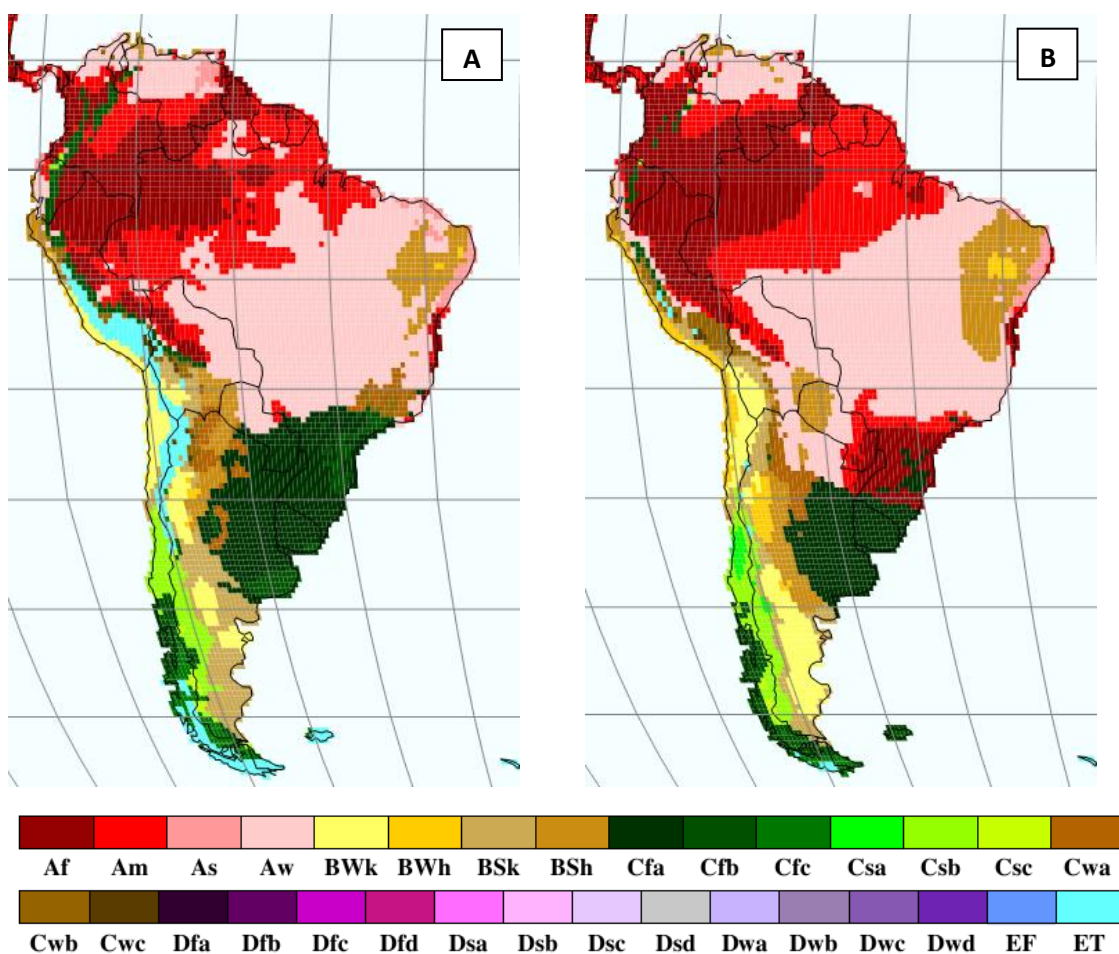
Alta precipitação (>1.800 mm). Uma pequena região do sul da Mata Atlântica apresenta clima frio e úmido, onde as temperaturas médias anuais são registradas abaixo de 20°C, com verões quentes e invernos rigorosos, e a precipitação anual acima de 1.800 mm. Essa região faz parte do clima subtropical (IBGE 2002), e ocorre na fronteira com a Argentina, em parte dos estados Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Nas projeções para 2050 essa classe climática aparece um pouco deslocada para leste.

Precipitação moderada (entre 800 e 1.800 mm). Também dentro do clima subtropical (IBGE 2002), temperaturas baixas e sazonais com precipitação moderada é o clima predominante da região sul do Brasil, ocupando grande parte do sul da Mata Atlântica e o Pampa. Ocorre no extremo sul de Minas Gerais, litoral de São Paulo e em quase toda a extensão do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As projeções para 2050 mostram drástica redução dessa condição climática, que é substituída por temperaturas mais altas (entre 20 e 25°C). As temperaturas baixas ficam restritas ao extremo sul do Rio Grande do Sul e ao litoral do Paraná e de São Paulo.

As mudanças nos parâmetros do clima serão significativas e deverão afetar a distribuição de tipos de vegetação (Ackerly et al. 2015). Comparando a classificação de Köppen-Geiger com a projeção das mesmas classes climáticas usando projeções para o período de 2003 a 2100 (Rubel & Kottek 2010), a classe Af (clima equatorial sempre úmido) em bordô (Figura 7) apresenta expansão para o cenário futuro, inclusive no sul do Brasil, assim como a classe Am (clima equatorial de monções). No presente relatório também foi observado clima mais quente e chuvoso na região sul do Brasil. No entanto o clima com alta temperatura e alta precipitação sofre retração na

região da Amazônia, contrario do observado nas projeções climáticas de Köppen-Geiger (Rubel & Kottek 2010).

De acordo com Rubel & Kottek (2010), o clima Aw (clima equatorial com inverno seco) se expande no sudoeste e reduz ao norte. No entanto, nas projeções aqui apresentadas, o clima de temperatura amena com precipitação moderada experimenta expansão sobre a Amazônia, e não retração. O clima BSh (quente e árido) também se expande, ocupando lugar do clima Aw, o que está de acordo com o observado no presente estudo. Também coerente com nossos resultados, os climas Cfa (clima temperado com verão quente) e Cfb (clima temperado com verão ameno) demonstram redução, praticamente desaparecendo do território brasileiro. Na presente classificação, os climas de temperaturas baixas (chuvoso e com chuvas moderadas) também sofrem redução.



| Main climates | Precipitation | Temperature | |
|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|
| A: equatorial | W: desert | h: hot arid | F: polar frost |
| B: arid | S: steppe | k: cold arid | T: polar tundra |
| C: warm temperate | f: fully humid | a: hot summer | |
| D: snow | s: summer dry | b: warm summer | |
| E: polar | w: winter dry | c: cool summer | |
| | m: monsoonal | d: extremely continental | |

FIGURA 7. CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA KÖPPEN-GEIGER PARA OS PERÍODOS (A) 1900 A 1923 E (B) 2076 A 2100 (BASEADA NAS PROJEÇÕES DE TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO TYNDALL CENÁRIO DE EMISSÃO A1FI). ADAPTADO DE RUBEL & KOTTEK (2010).

As mudanças observadas pelas projeções climáticas para 2050 são importantes, e deverão levar diversas espécies à extinção (Huey et al. 2009), especialmente as plantas, cujo ritmo de migração não é capaz de acompanhar o ritmo das mudanças do clima (IPCC 2014). O risco de extinção de alguns grupos taxonômicos é maior em menores latitudes, pois as temperaturas são homogêneas nessas regiões, e as espécies da fauna e da flora apresentam baixas amplitudes de tolerância térmicas (Deutsch et al. 2008). Para essas espécies, mesmo mudanças pouco significativas podem ter efeito deletério (Deutsch et al. 2008). No Brasil, país com grande extensão do território na região tropical, as temperaturas máximas poderão aumentar até 3,7°C, o que pode ser muito acima dos limites fisiológicos experimentados pela maioria das espécies, que normalmente atuam próximo do seu limite de tolerância (Choat et al. 2012).

Além do aumento da temperatura e das alterações na precipitação, pode haver maior frequência e intensidade de eventos extremos, como previsto pelo Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC 2014). Esse incremento deve aumentar os custos sociais e econômicos das áreas afetadas (Marengo 2009). No campo da agricultura e pecuária, por exemplo, são previstas salinização e desertificação, impondo consequências importantes para algumas culturas e para a pecuária (Marengo 2009).

1. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As mudanças nos parâmetros do clima mais expressivas foram o aumento da temperatura média anual no Cerrado, na Caatinga e na Mata Atlântica, e a sazonalidade da temperatura, especialmente na Amazônia. O aumento na temperatura média anual é esperado tanto na distribuição das áreas de altas temperaturas quanto nos limites máximos observados para esse parâmetro. Alterações na precipitação não deverão apresentar um único padrão, sendo observado aumento da precipitação anual no sul do país e diminuição no norte. A classe climática predominante no país será de temperaturas altas e precipitação moderada com alta sazonalidade da precipitação e/ou temperatura. Atualmente essa classe climática é observada no Pantanal e no norte do Cerrado, nos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e norte de Goiás.

Para verificar a eficácia das projeções aqui apresentadas, é recomendada a elaboração de mapas do clima para 2050, utilizando outros modelos de projeção de trajetórias de concentração de GEE. Além disso, recomenda-se o monitoramento do clima a partir de estações meteorológicas já existentes em locais estratégicos. A região central da Amazônia, onde os níveis pluviométricos devem ficar abaixo de 1.800 mm; o Pampa, onde deve haver aumento da precipitação; e o centro e sul do Cerrado, onde as temperaturas devem aumentar, são exemplos de locais a serem monitorados.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackerly DD, Cornwell WK, Weiss SB, Flint LE, Flint AL. 2015. A geographic mosaic of climate change impacts on terrestrial vegetation: Which areas are most at risk? *PLoS one*. 10:e0130629. doi: 10.1371/journal.pone.0130629.
- Chen IC, Hill JK, Ohlemüller R, Roy DB, Thomas CD. 2011. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*. 333:1024–6. doi: 10.1126/science.1206432.
- Choat B et al. 2012. Global convergence in the vulnerability of forests to drought. *Nature*. 491:752–5. doi: 10.1038/nature11688.
- Clements FE. 1936. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*. 24:252–284.
- Deutsch C a et al. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 105:6668–6672. doi: 10.1073/pnas.0709472105.
- Françoso RD. 2016. *Parâmetros de clima mais relevantes para análise do impacto da mudançado clima sobre a biodiversidade*. Brasília, DF.
- Genner MJ et al. 2004. Regional climatic warming drives long-term community changes of British marine fish. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*. 271:655–61. doi: 10.1098/rspb.2003.2651.
- Gillman LN, Wright SD. 2014. Species richness and evolutionary speed: The influence of temperature, water and area. *Journal of Biogeography*. 41:39–51. doi: 10.1111/jbi.12173.
- Huey RB et al. 2009. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings of The Royal Society*. 276:1939–1948. doi: 10.1098/rspb.2008.1957.
- IBGE. 2002. Mapa do Clima. http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014 Synthesis Report Summary Chapter for Policymakers. *Ipcc*. 31. doi: 10.1017/CBO9781107415324.
- Jeffree EP, Jeffree CE. 1994. Temperature and the biogeographical distributions of species. *Functional Ecology*. 8:640–650. doi: 10.2307/2389927.
- Marengo JA. 2009. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima -

Impactos sociais e econômicos. Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas - GPMC. 13:1–5.

Martin GM et al. 2011. The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations. *Geoscientific Model Development*. 4:723–757. doi: 10.5194/gmd-4-723-2011.

Nimer E. 1979. Um modelo metodológico de classificação de climas. *Revista Brasileira de Geografia*. 41:59–89.

Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. 2006. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*. 15:259–263. doi: 10.1127/0941-2948/2006/0130.

Phillips SJ, Avenue P, Park F. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: *Twenty-First International Conference on Machine Learning*.

Rubel F, Kottek M. 2010. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorologische Zeitschrift*. 19:135–141. doi: 10.1127/0941-2948/2010/0430.

Stephenson NL. 1990. Climatic control of vegetation distribution: the role of the water balance. *American Naturalist*. 135:649–670. <http://www.jstor.org/stable/10.2307/2462028>.

Suliano DC, Magalhães KA, Soares RB. 2009. *A influência do clima no desempenho da economia cearense*. Fortaleza, CE.

Thomas CD et al. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*. 427:145–8. doi: 10.1038/nature02121.

Walther G, Post E, Convey P, Menzel A. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. 416:389–395. doi: 10.1038/416389a.