

Capítulo 2

---

# Cenários climáticos futuros para o Brasil

Emília Hamada

Renata Ribeiro do Valle Gonçalves

Jose Antonio Marengo Orsini

Raquel Ghini

## Mudança climática e gases de efeito estufa

A mudança climática é um processo decorrente do efeito acumulativo contínuo das emissões excessivas de gases de efeito estufa e de aerossóis, provenientes da intensificação de algumas atividades humanas.

A concentração dos gases de efeito estufa vem aumentando consideravelmente nos últimos 150 anos e tem sido a principal causa do aquecimento incomum no planeta nesse período (BARROS, 2005). Dentre os gases de efeito estufa, o dióxido de carbono é o mais importante gás de origem antropogênica e sua concentração aumentou de 280 ppm, no período pré-industrial, a 379 ppm em 2005 (IPCC, 2007). Como resultado desse aumento, durante o século XX, houve um aumento na temperatura média do planeta de  $0,6 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  (IPCC, 2001). Segundo o IPCC (2007), onze dos últimos doze anos (1995–2006) estão classificados entre os anos mais quentes, considerando os dados registrados de temperatura desde 1850. E a previsão para as duas próximas décadas é de aquecimento de cerca de  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ , por década.

No Brasil, a temperatura média aumentou aproximadamente  $0,75 \text{ }^\circ\text{C}$  até o final do século XX, considerando a normal climatológica (1961–1990) de  $24,9 \text{ }^\circ\text{C}$  (MARENGO et al., 2007). Hulme e Scheard (1999) observaram que esse aquecimento ocorreu em todas as estações do ano, mas foi mais pronunciado no período de junho a agosto.

Esse aquecimento global do planeta implica em mudanças, não somente na variabilidade dos valores de temperatura, mas também no ritmo esperado de outras variáveis climáticas como a precipitação, os ventos e a umidade.

As mudanças climáticas tornam os países em desenvolvimento, de um modo geral, os mais vulneráveis pelos seus possíveis impactos (IPCC, 2001; NOBRE, 2005). No caso do Brasil, o País se mostra especialmente vulnerável ao aquecimento global quando são analisados os impactos sobre seus ecossistemas e sua agricultura (NOBRE et al., 2005).

## Cenários climáticos futuros

Os cenários climáticos são representações sobre o clima futuro, descrevendo como se modificará o clima do planeta em decorrência de uma determinada alteração da composição da atmosfera, resultante das atividades humanas (CAMILIONI; BIDEGAIN; 2005). Essas representações do clima

futuro são baseadas em um conjunto de suposições, que incluem tendências futuras de demanda energética, emissões de gases de efeito estufa, mudanças no uso do solo e aproximações nas leis que regem o comportamento do sistema climático sobre grandes períodos de tempo.

Os modelos climáticos são ferramentas para projeções de futuras mudanças do clima, como consequência de futuros cenários de forçantes climáticas, causados por gases de efeito estufa e aerossóis (MARENGO; SOARES, 2003). Diversos grupos de pesquisa, em diferentes países, trabalham com modelos climáticos globais de características similares. Segundo Marengo (2001), esses são modelos de clima de alta qualidade, em que os processos atmosféricos, oceânicos e terrestres são representados da melhor forma possível, dado o conhecimento científico atual e os meios computacionais existentes. Os resultados desses modelos estão disponíveis no Data Distribution Centre (DDC) do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC), sigla em inglês, em sua página da internet (<http://www.ipcc-data.org/>).

O IPCC propõe agrupar os cenários em quatro famílias ou conjuntos narrativos (storylines), definidas no Special Report on Emissions Scenarios (SRES) (IPCC, 2000). Essas famílias de cenários (A1, B1, A2 e B2) consideram diferentes projeções de emissões de gases de efeito estufa, relacionando aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, crescimento populacional, preocupação com o meio ambiente e diferenças regionais. Assim, segundo Hulme e Sheard (1999), as mudanças na emissão de carbono por fontes industriais/produção de energia em 2100 variarão entre um decréscimo de 4 % no cenário B1 até um aumento de cerca de 320 % no cenário A2, em relação às estimativas para o ano 2000; também a concentração em dióxido de carbono na atmosfera aumentará em 2100 para 550 ppmv no cenário B1 e para 830 ppmv no cenário A2, e em 1999 esse valor era de 370 ppmv, aproximadamente.

Na Fig. 1 é apresentado um diagrama esquemático dos cenários definidos no SRES, que ilustra o estabelecimento dos cenários a partir das principais forças condutoras das emissões de gases de efeito estufa. Cada família de cenário é baseada em uma especificação comum de algumas das principais forças condutoras. Cada família de cenário combina dois conjuntos ou dimensões de tendências divergentes: uma que varia entre desenvolvimentos com prioridades em valores econômicos ou ambientais e outra que vai desde um aumento na homogeneização global à manutenção das condições heterogêneas entre regiões. A descrição de cada família de cenários, com ênfase em suas principais características e dinâmicas, está apresentada na Tabela 1.

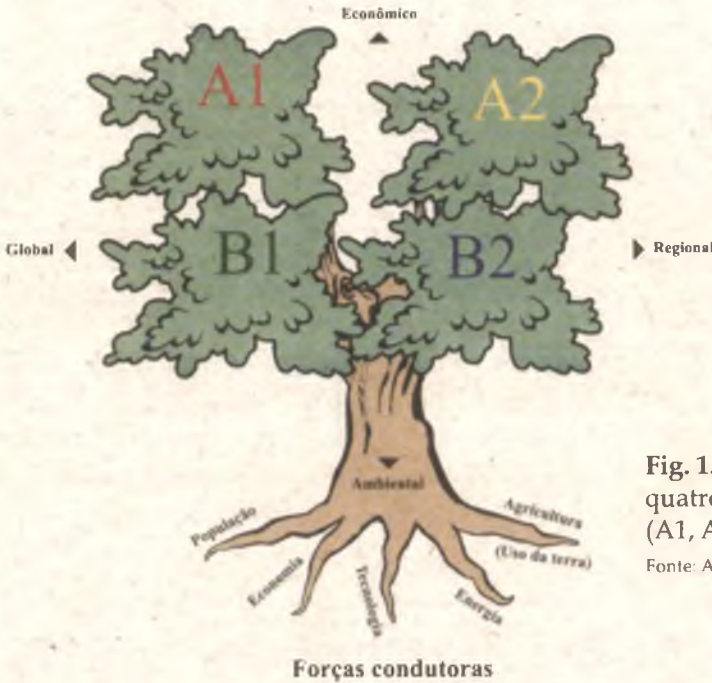


Fig. 1. Ilustração esquemática das quatro famílias de cenários SRES (A1, A2, B1 e B2).

Fonte: Adaptado de IPCC (2005).

**Tabela 1.** Principais características (linhas narrativas) das famílias de cenários de mudanças climáticas SRES (Special Report on Emissions Scenarios).

**A1** – Descreve um mundo com rápido crescimento econômico, baixa taxa de crescimento populacional e rápida introdução de novas e mais eficientes tecnologias. As principais características incluem a convergência entre as regiões, o desenvolvimento das capacidades e o aumento das interações culturais e sociais, com importante redução nas diferenças regionais da renda per capita. Considera direções alternativas de mudança tecnológica no sistema de energia.

**A2** – Descreve um mundo futuro muito heterogêneo, com preservação das identidades locais e da tradição. Os padrões de fertilidade entre regiões convergem muito lentamente, o que resulta em alto crescimento populacional. O desenvolvimento econômico é principalmente orientado regionalmente e o crescimento econômico per capita e a mudança tecnológica são mais fragmentados e mais lentos, comparados às outras famílias de cenário.

**B1** – Descreve um mundo convergente com baixo crescimento populacional, porém com rápidas mudanças nas estruturas econômicas, com redução na utilização de material e a introdução de tecnologias limpas e eficientes na utilização de recursos. A ênfase é nas soluções globais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental, incluindo a melhoria na equidade, porém sem iniciativas climáticas adicionais.

**B2** – Descreve um mundo no qual a ênfase está em soluções locais para a sustentabilidade econômica, social e ambiental. É um mundo com moderado crescimento populacional, níveis intermediários de desenvolvimento econômico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa do que o B1 e o A1. É orientado para a proteção do meio ambiente e a equidade social, mas com foco nos níveis local e regional.

## Clima no Brasil

Neste estudo foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) Idrisi 32, software desenvolvido pela Universidade de Clark, EUA. Os dados das variáveis climáticas foram inseridos no banco de dados do SIG, adotando-se o sistema de coordenadas geográficas latitude e longitude, com resolução espacial de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ . As variáveis são médias mensais de temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), precipitação (mm/dia), temperatura máxima ( $^\circ\text{C}$ ), temperatura mínima ( $^\circ\text{C}$ ), radiação solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) e umidade relativa (%). Pela sua importância, são discutidas com maior detalhamento somente as duas primeiras variáveis.

### Cenário atual

Considera-se como cenário atual os dados de 30 anos (1961–1990), disponíveis em IPCC (2006). Na Fig. 2 são apresentados os mapas de temperatura média agrupados nas estações do ano (outono: março a maio; inverno: junho a agosto; primavera: setembro a novembro; verão: dezembro a fevereiro). As temperaturas médias para todo o País foram de  $24,9^\circ\text{C}$  nos meses de outono,  $23,5^\circ\text{C}$  no inverno,  $25,5^\circ\text{C}$  na primavera e  $25,6^\circ\text{C}$  no verão. A temperatura média mensal nesse período para todo o País teve os mais altos valores em outubro e novembro, com médias de  $25,7^\circ\text{C}$ , e o menor valor em julho, com  $23,2^\circ\text{C}$ .

Comparando-se as regiões do País, as maiores e menores temperaturas médias durante o ano ocorreram, respectivamente, nas regiões Norte (variando de  $25,6^\circ\text{C}$  a  $26,9^\circ\text{C}$ ) e Sul (variando de  $14,5^\circ\text{C}$  a  $23,6^\circ\text{C}$ ), exceto no mês de janeiro, quando a maior temperatura ocorreu na região Nordeste ( $26,1^\circ\text{C}$ ). As menores temperaturas médias para todas as regiões ocorreram no mês de julho, enquanto que as maiores temperaturas ocorreram para a região Norte em outubro e para o Sul em fevereiro.

Na Fig. 3 são apresentados os mapas de precipitação pluvial média diária agrupados nas estações do ano. As precipitações médias para todo o País foram nos meses de outono de  $6,1\text{ mm}/\text{dia}$ , inverno de  $2,3\text{ mm}/\text{dia}$ , primavera de  $3,9\text{ mm}/\text{dia}$  e verão de  $7,2\text{ mm}/\text{dia}$ . A precipitação média diária no período (1961–1990) para todo o País foi maior no verão, no mês de fevereiro, com  $7,7\text{ mm}/\text{dia}$ , e menor no inverno, em agosto, com  $1,9\text{ mm}/\text{dia}$ .

A precipitação não acompanha a variabilidade regional da temperatura média, com valores máximos e mínimos variando durante os meses do ano, apresentando o contraste típico entre as regiões do País. A maior precipitação

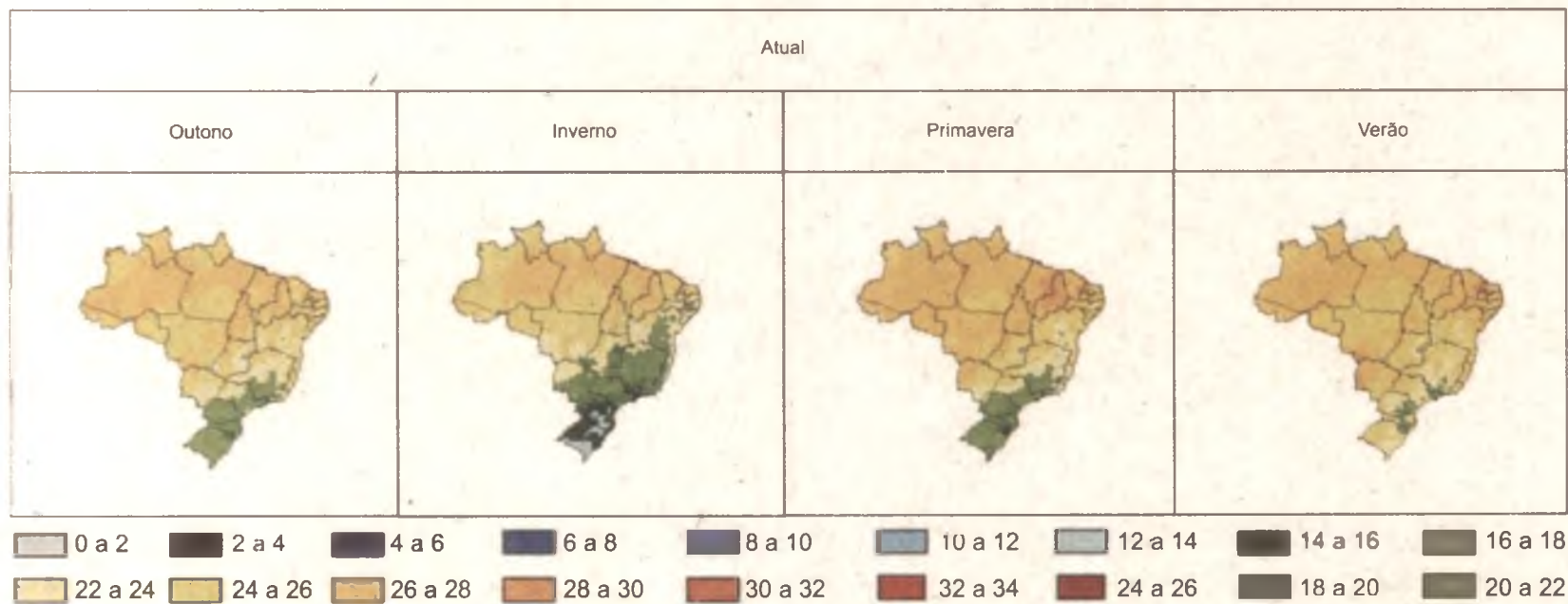


Fig. 2. Temperatura média (°C) do Brasil, período de 1961-1990, nas estações do ano.

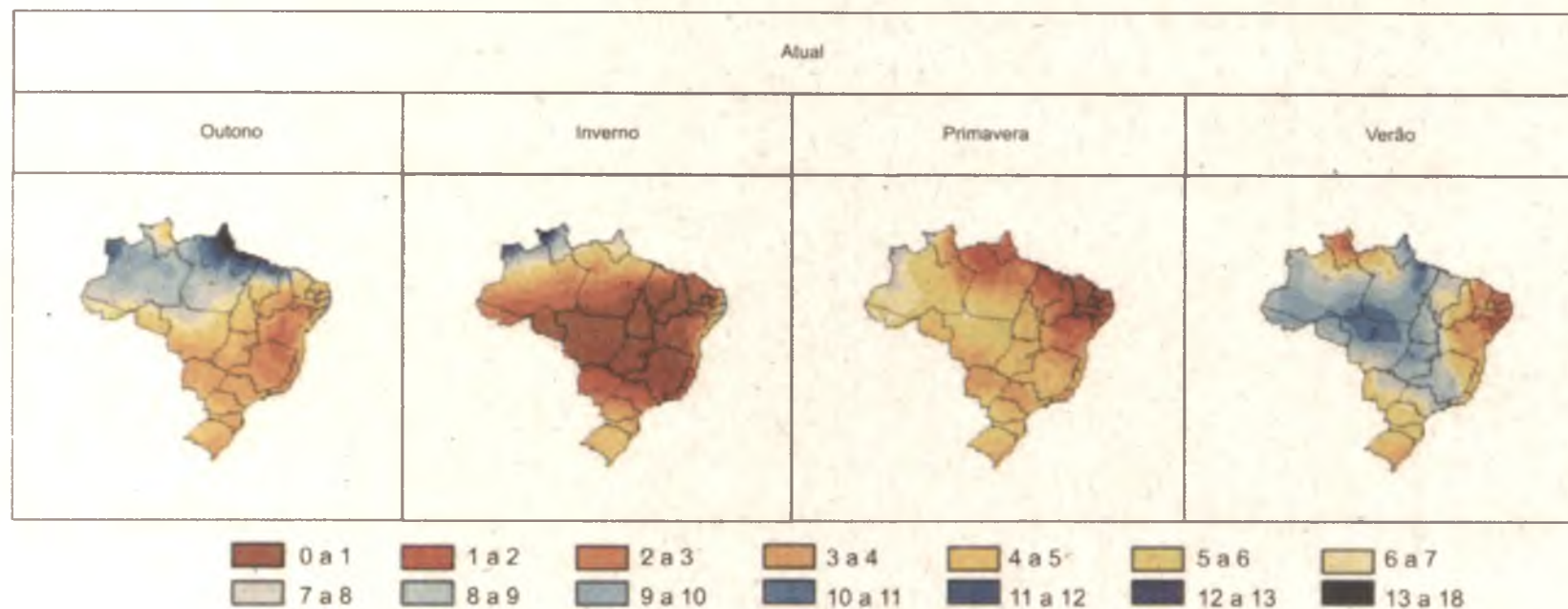


Fig. 3. Precipitação média diária (mm/dia) do Brasil, período de 1961-1990, nas estações do ano.

média diária durante o ano ocorreu na região Norte, com 9,4 mm/dia em março e a menor no Centro-Oeste, com 0,4 mm/dia em julho. Destaca-se o Nordeste que é a parte do País onde ocorrem, com maior frequência, os menores índices de precipitação durante os meses do ano (agosto a janeiro). As menores precipitações do País, em junho e julho, ocorrem no Centro-Oeste; em fevereiro e março na região Sul; e em abril e maio no Sudeste. O Norte destaca-se com a maior frequência de maiores precipitações nos meses do ano (fevereiro a junho). Nos outros meses, as maiores precipitações ocorrem no Sul nos meses de junho a outubro e no Centro-Oeste nos meses de novembro, dezembro e janeiro.

## Cenário futuro

Foram escolhidos dois cenários para o Brasil, A2 (mais pessimista) e B2 (mais otimista), para as décadas centradas em 2020 (2010–2039), 2050 (2040–2069) e 2080 (2070–2099). Os mapas dos cenários futuros são resultantes da média das respostas de seis modelos climáticos globais de previsões futuras: CCSR/NIES, CGCM2, CSIRO-Mk2, ECHAM4, GFDL-R30 e HadCM3, disponibilizados em IPCC (2006). Nas Tabelas 2 e 3 são apresentadas as instituições que desenvolveram os modelos e os respectivos acrônimos.

As informações climáticas estão disponíveis em IPCC (2006) com resolução espacial ou tamanho da grade específica para cada modelo, conforme pode ser observado na Tabela 4. A disponibilidade das variáveis climáticas pelos modelos também pode diferenciar, pois nem todos disponibilizam dados dos mesmos elementos meteorológicos (Tabela 4). Das seis variáveis consideradas no estudo, temperatura média, precipitação e radiação solar são disponibilizadas por todos os modelos.

**Tabela 2.** Instituições e modelos climáticos utilizados.

Instituição responsável	País	Modelo
Center for Climate System Research / National Institute for Environmental Studies	Japão	CCSR/NIES
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis	Canadá	CGCM2
Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization	Austrália	CSIRO-Mk2
Max Planck Institute für Meteorologie	Alemanha	ECHAM4
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	EUA	GFDL-R30
Hadley Centre for Climate Prediction and Research	Inglaterra	HadCM3



**Tabela 3.** Acrônimos dos modelos climáticos globais.

Modelo	Acrônimo
CCSR/NIES	Centre for Climate Research Studies Model
CGCM2	Canadian Global Coupled Model version 2
CSIRO-Mk2	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization GCM mark 2
ECHAM4	European Centre Hamburg Model version 4
GFDL-R30	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, R-30 resolution model
HadCM3	Hadley Centre Coupled Model version 3

Fonte: Adaptado de IPCC (2006).

**Tabela 4.** Características dos modelos: resolução espacial e variáveis climáticas disponíveis.

Modelo	Resolução	TM	TMax	TMin	RS	Precip	UR
CCSR/NIES	5,625 X 5,625	X	X	X	X	X	-
CGCM2	3,75 X 3,75	X	X	X	X	X	-
CSIRO-Mk2	5,625 X 3,214	X	X	X	X	X	-
ECHAM4	2,8125 X 2,8125	X	-	-	X	X	-
GFDL-R30	3,75 X 2,25	X	-	-	X	X	-
HadCM3	3,75 X 2,5	X	X	X	X	X	X

Observações: Resolução espacial (graus X graus de latitude-longitude); TM = Temperatura média mensal (°C); TMax = Temperatura máxima média mensal (°C); TMin = Temperatura mínima média mensal (°C); RS = Radiação solar média mensal (W/m<sup>2</sup>); Precip = Precipitação média mensal (mm/dia); UR = Umidade relativa média mensal (%).

Fonte: Adaptado de IPCC (2006)

Devido ao fato dos dados obtidos em IPCC (2006) estarem, originalmente, em formato de grade de diferentes resoluções espaciais, esses dados foram interpolados pelo método do Inverso do Quadrado da Distância, de forma a todos possuírem a resolução de 0,5° x 0,5° de latitude e longitude (a mesma dos dados do clima presente). Esse procedimento de padronização, embora possa ser uma fonte de erro, é uma etapa indispensável a fim de permitir as operações no SIG e pode ser considerado aceitável, uma vez que os modelos climáticos globais apresentam incertezas das previsões futuras, associadas aos processos físicos representados. Essa técnica de *downscaling* reamostra espacialmente os dados brutos do modelo climático global para a resolução desejada e também foi aplicada por Bouwer et al. (2004).

## Temperatura média

Os dados de temperatura média, baseados nos modelos de mudanças climáticas, são apresentados na Fig. 4. Na Tabela 5 esses resultados estão apresentados por região do País e meses do ano, e na Tabela 6 são apresentadas as anomalias, ou seja, as diferenças entre as temperaturas médias do período de 1961 a 1990 e as temperaturas obtidas em cada modelo. Os resultados indicam para o País, em geral, aumentos na temperatura média mensal nas décadas futuras (2020, 2050 e 2080 - A2 e B2) (Fig. 4), com exceção da região Centro-Oeste, para os meses de fevereiro a junho de 2020, cenários A2 e B2 (Tabela 6). Já no outono (março a maio), a previsão é de uma pequena redução da temperatura média. Esses aumentos ao longo dos meses do ano, no entanto, mantêm o comportamento sazonal da temperatura média similar ao do clima atual. As diferenças entre os cenários A2 e B2 vão aumentando com o tempo, confirmando para o A2 um cenário mais pessimista, ou seja, os incrementos de temperatura média no cenário A2 serão maiores que os observados no cenário B2 (Fig. 5).

As maiores temperaturas médias, considerando todo o País, ocorrerão no mês de outubro e as menores em junho (Fig. 4 e Tabela 5). Em 2080-A2, por exemplo, a maior temperatura média ocorrerá em outubro (31,2 °C) e a menor em junho (26,8 °C), com média anual de 28,8 °C, significando no ano uma anomalia positiva ou um aumento comparado ao clima atual de 4,0 °C. Estima-se ainda que em 2080-A2 as maiores temperaturas médias ocorrerão na região Norte, variando de 29,1 °C a 33,7 °C, para todos os meses do ano; enquanto as menores temperaturas médias ocorrerão de março a novembro na região Sul, variando de 17,4 °C a 26,5 °C, e em dezembro e janeiro na região Sudeste (26,9 °C, em média).

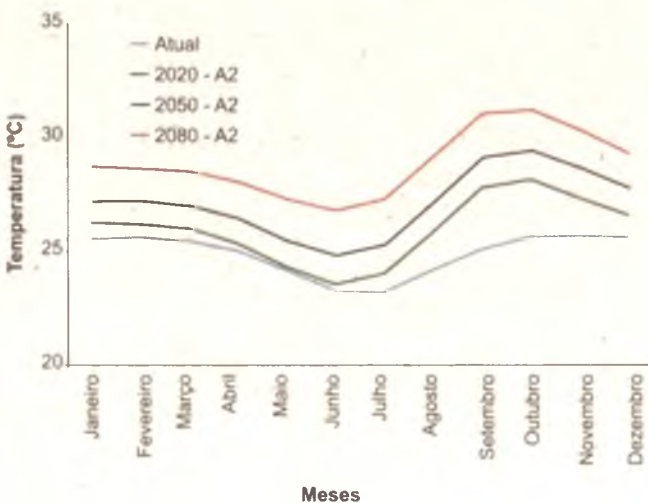


Fig. 4. Temperatura média do Brasil ao longo dos meses do ano para o clima presente (1961-1990) e futuro (2020, 2050 e 2080) do cenário A2.

**Tabela 5.** Temperatura média mensal (°C), para as regiões e para o País, no período de 1961 a 1990 (atual) e nos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Mês	Atual	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	janeiro	26,0	26,6	26,6	27,6	27,4	29,2	28,2
	fevereiro	26,0	26,7	26,7	27,8	27,5	29,2	28,3
	março	26,1	26,7	26,8	27,7	27,5	29,3	28,3
	abril	26,2	26,5	26,5	27,6	27,3	29,2	28,2
	maio	26,0	26,0	26,0	27,2	26,9	29,1	28,0
	junho	25,6	25,8	25,9	27,3	26,8	29,4	28,2
	julho	25,6	26,9	27,0	28,4	28,0	30,6	29,4
	agosto	26,2	28,9	29,0	30,5	30,1	32,7	31,3
	setembro	26,8	30,2	30,2	31,7	31,4	33,7	32,4
	outubro	26,9	29,8	29,7	31,1	30,9	33,0	31,8
	novembro	26,7	28,3	28,3	29,7	29,4	31,4	30,2
	dezembro	26,3	27,0	27,1	28,3	27,9	29,9	28,7
Nordeste	janeiro	26,1	26,6	26,6	27,5	27,2	29,0	28,1
	fevereiro	25,9	26,4	26,5	27,4	27,1	28,9	27,8
	março	25,8	26,5	26,6	27,5	27,2	29,0	28,0
	abril	25,5	26,3	26,5	27,4	27,1	29,0	28,0
	maio	25,0	25,8	25,9	26,9	26,6	28,4	27,5
	junho	24,3	25,0	25,0	26,0	25,8	27,6	26,6
	julho	24,1	24,6	24,6	25,6	25,4	27,2	26,3
	agosto	24,8	25,3	25,2	26,2	26,1	27,9	26,8
	setembro	25,9	26,8	26,8	27,8	27,6	29,5	28,4
	outubro	26,5	28,1	28,1	29,1	29,0	30,8	29,7
	novembro	26,5	28,0	28,1	29,1	29,0	30,8	29,7
	dezembro	26,4	27,2	27,3	28,3	28,0	29,9	28,8
Centro-Oeste	janeiro	25,7	25,9	25,8	26,8	26,4	28,3	27,3
	fevereiro	25,8	25,7	25,8	26,7	26,4	28,2	27,2
	março	25,7	25,6	25,7	26,6	26,3	28,3	27,2
	abril	25,4	24,9	24,9	26,0	25,5	27,8	26,6
	maio	24,1	23,5	23,5	24,6	24,3	26,8	25,4
	junho	22,7	22,4	22,4	23,7	23,3	25,9	24,6
	julho	22,8	22,9	22,9	24,2	24,0	26,4	25,1
	agosto	24,4	25,6	25,6	27,0	26,7	29,2	27,7
	setembro	25,5	28,7	28,7	30,2	29,9	32,4	30,9
	outubro	26,2	29,0	29,0	30,4	30,4	32,3	31,1
	novembro	26,0	27,5	27,6	29,0	28,7	30,7	29,5
	dezembro	25,8	26,4	26,5	27,5	27,0	29,0	27,9
Sudeste	janeiro	24,1	24,7	24,7	25,6	25,2	26,8	25,9
	fevereiro	24,5	24,7	24,7	25,6	25,2	26,8	25,9
	março	24,1	24,1	24,2	25,1	24,7	26,6	25,5
	abril	22,6	22,8	22,9	23,8	23,4	25,4	24,3
	maio	20,8	21,0	21,1	22,0	21,8	23,7	22,6

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Região	Mês	Atual	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sudeste	junho	19,3	19,5	19,5	20,5	20,3	22,3	21,3
	julho	19,0	19,2	19,2	20,3	20,1	22,0	21,0
	agosto	20,4	20,6	20,7	21,7	21,5	23,5	22,4
	setembro	21,7	23,2	23,1	24,4	24,1	26,2	24,9
	outubro	22,8	24,6	24,6	25,8	25,7	27,4	26,4
	novembro	23,3	24,4	24,5	25,7	25,4	27,3	26,1
	dezembro	23,4	24,6	24,7	25,6	25,2	26,9	25,9
Sul	janeiro	23,6	26,6	26,7	27,4	27,2	28,8	27,9
	fevereiro	23,6	25,9	26,0	26,9	26,7	28,4	27,4
	março	22,2	24,2	24,3	25,2	24,9	26,5	25,8
	abril	19,4	21,2	21,2	22,2	22,2	23,4	22,6
	maio	16,5	17,8	17,8	18,7	18,5	20,1	19,2
	junho	14,3	15,5	15,4	16,3	16,3	17,7	16,9
	julho	14,4	15,3	15,2	16,3	16,1	17,4	16,6
	agosto	15,5	17,5	17,4	18,4	18,2	19,7	18,8
	setembro	16,8	20,2	20,3	21,1	21,1	22,6	21,5
	outubro	19,0	21,8	22,0	23,1	22,8	24,3	23,1
	novembro	20,8	23,9	23,9	24,9	24,7	26,3	25,2
	dezembro	22,5	25,7	25,8	26,8	26,5	27,9	27,0
Brasil	janeiro	25,5	26,3	26,2	27,2	26,9	28,7	27,7
	fevereiro	25,6	26,2	26,2	27,2	26,9	28,6	27,6
	março	25,4	26,0	26,0	27,0	26,7	28,5	27,6
	abril	25,0	25,3	25,4	26,4	26,1	28,0	27,0
	maio	24,2	24,3	24,3	25,4	25,1	27,3	26,2
	junho	23,3	23,5	23,6	24,8	24,4	26,8	25,6
	julho	23,2	24,0	24,0	25,3	25,0	27,3	26,1
	agosto	24,2	25,8	25,9	27,1	26,9	29,2	27,9
	setembro	25,1	27,8	27,8	29,1	28,8	31,0	29,8
	outubro	25,6	28,1	28,1	29,4	29,3	31,2	30,0
	novembro	25,7	27,3	27,4	28,6	28,4	30,3	29,2
	dezembro	25,6	26,6	26,7	27,7	27,3	29,3	28,1

Fonte: Adaptado de IPCC (2006) e Marengo (2006).

Tabela 6. Anomalias de temperatura média (°C), comparadas ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País, para os meses dos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	janeiro	0,7	0,6	1,7	1,4	3,3	2,2
	fevereiro	0,7	0,7	1,8	1,5	3,2	2,2
	março	0,7	0,7	1,7	1,4	3,2	2,3

Continua...

Tabela 6. Continuação.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	abril	0,3	0,3	1,4	1,1	3,0	2,0
	maio	0,0	0,0	1,2	0,9	3,1	2,0
	junho	0,3	0,3	1,7	1,2	3,9	2,6
	julho	1,3	1,4	2,8	2,4	5,1	3,8
	agosto	2,7	2,8	4,2	3,9	6,4	5,1
	setembro	3,5	3,5	4,9	4,6	7,0	5,6
	outubro	2,8	2,8	4,1	4,0	6,1	4,9
	novembro	1,6	1,7	3,0	2,7	4,7	3,6
	dezembro	0,7	0,8	2,0	1,6	3,6	2,4
Nordeste	janeiro	0,5	0,5	1,4	1,1	3,0	2,0
	fevereiro	0,5	0,6	1,4	1,2	2,9	1,9
	março	0,7	0,7	1,7	1,4	3,1	2,2
	abril	0,8	0,9	1,9	1,6	3,5	2,4
	maio	0,8	0,9	1,9	1,6	3,4	2,5
	junho	0,6	0,7	1,7	1,4	3,2	2,3
	julho	0,6	0,6	1,5	1,3	3,1	2,2
	agosto	0,5	0,5	1,4	1,3	3,1	2,1
	setembro	0,9	0,8	1,9	1,7	3,5	2,5
	outubro	1,6	1,6	2,6	2,5	4,3	3,3
	novembro	1,5	1,6	2,6	2,5	4,3	3,2
	dezembro	0,9	0,9	2,0	1,6	3,5	2,4
Centro-Oeste	janeiro	0,2	0,1	1,1	0,7	2,6	1,6
	fevereiro	-0,1	-0,1	0,9	0,5	2,4	1,4
	março	-0,1	0,0	0,9	0,6	2,6	1,5
	abril	-0,5	-0,5	0,6	0,2	2,5	1,2
	maio	-0,6	-0,6	0,5	0,3	2,7	1,4
	junho	-0,3	-0,3	1,0	0,6	3,2	1,9
	julho	0,1	0,1	1,4	1,2	3,6	2,3
	agosto	1,2	1,2	2,6	2,3	4,8	3,3
	setembro	3,2	3,2	4,7	4,4	6,9	5,4
	outubro	2,8	2,8	4,2	4,2	6,1	4,9
	novembro	1,5	1,7	3,0	2,7	4,7	3,5
	dezembro	0,6	0,7	1,7	1,2	3,2	2,1
Sul	janeiro	3,0	3,1	3,8	3,6	5,3	4,3
	fevereiro	2,3	2,4	3,3	3,1	4,8	3,8
	março	2,0	2,1	3,0	2,7	4,3	3,5
	abril	1,8	1,8	2,8	2,8	4,0	3,2
	maio	1,3	1,3	2,2	2,0	3,6	2,6
	junho	1,2	1,1	2,0	2,0	3,4	2,6
	julho	0,8	0,7	1,8	1,6	3,0	2,1
	agosto	1,9	1,9	2,8	2,6	4,1	3,3
	setembro	3,3	3,5	4,3	4,3	5,8	4,7

Tabela 6. Continuação.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sul	outubro	2,8	3,0	4,1	3,9	5,3	4,1
	novembro	3,1	3,1	4,1	3,9	5,5	4,4
	dezembro	3,2	3,3	4,3	4,0	5,4	4,5
Brasil	janeiro	0,7	0,7	1,7	1,4	3,2	2,2
	fevereiro	0,6	0,6	1,6	1,3	3,0	2,0
	março	0,6	0,6	1,6	1,3	3,1	2,1
	abril	0,3	0,4	1,4	1,1	3,0	2,0
	maio	0,1	0,2	1,3	1,0	3,1	2,0
	junho	0,3	0,3	1,5	1,2	3,5	2,3
	julho	0,8	0,8	2,1	1,8	4,1	2,9
	agosto	1,7	1,7	3,0	2,7	5,0	3,7
	setembro	2,7	2,7	4,0	3,8	6,0	4,7
	outubro	2,5	2,5	3,8	3,7	5,5	4,4
	novembro	1,6	1,7	2,9	2,7	4,6	3,5
	dezembro	0,9	1,0	2,1	1,7	3,6	2,5

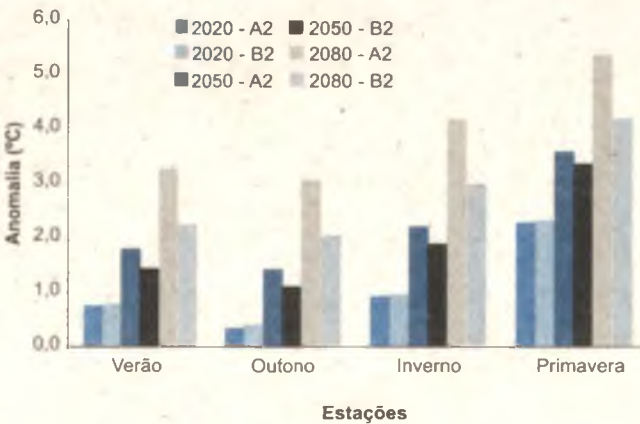


Fig. 5. Anomalias de temperatura média, comparadas ao período de 1961 a 1990, para as estações do ano e décadas de 2020, 2050 e 2080, cenários A2 e B2.

Em geral, as maiores anomalias ocorrerão na primavera (setembro a novembro), enquanto as menores no outono (março a maio); por exemplo, em 2080-A2, a anomalia estimada na primavera é de 5,4 °C (Fig. 5 e 6 e Tabela 7), enquanto no outono será de 3,1 °C. Considerando os dois cenários B2 e A2, respectivamente, a anomalia estimada variará em 2020 de 0,3 °C a 2,3 °C; em 2050 de 1,1 °C a 3,6 °C; e em 2080 de 2,0 °C a 5,4 °C.

Os acréscimos na temperatura média não serão uniformes para todo o País (Fig. 7), com considerável variação regional, conforme Marengo et al. (2007). Em termos gerais, nos meses de verão e outono, a região Sul

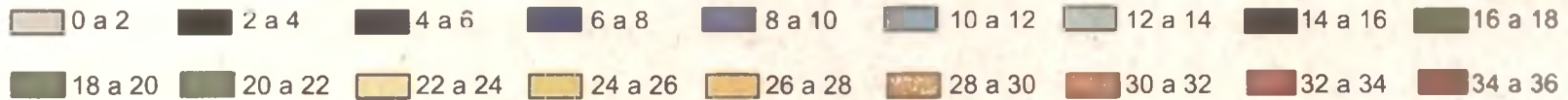
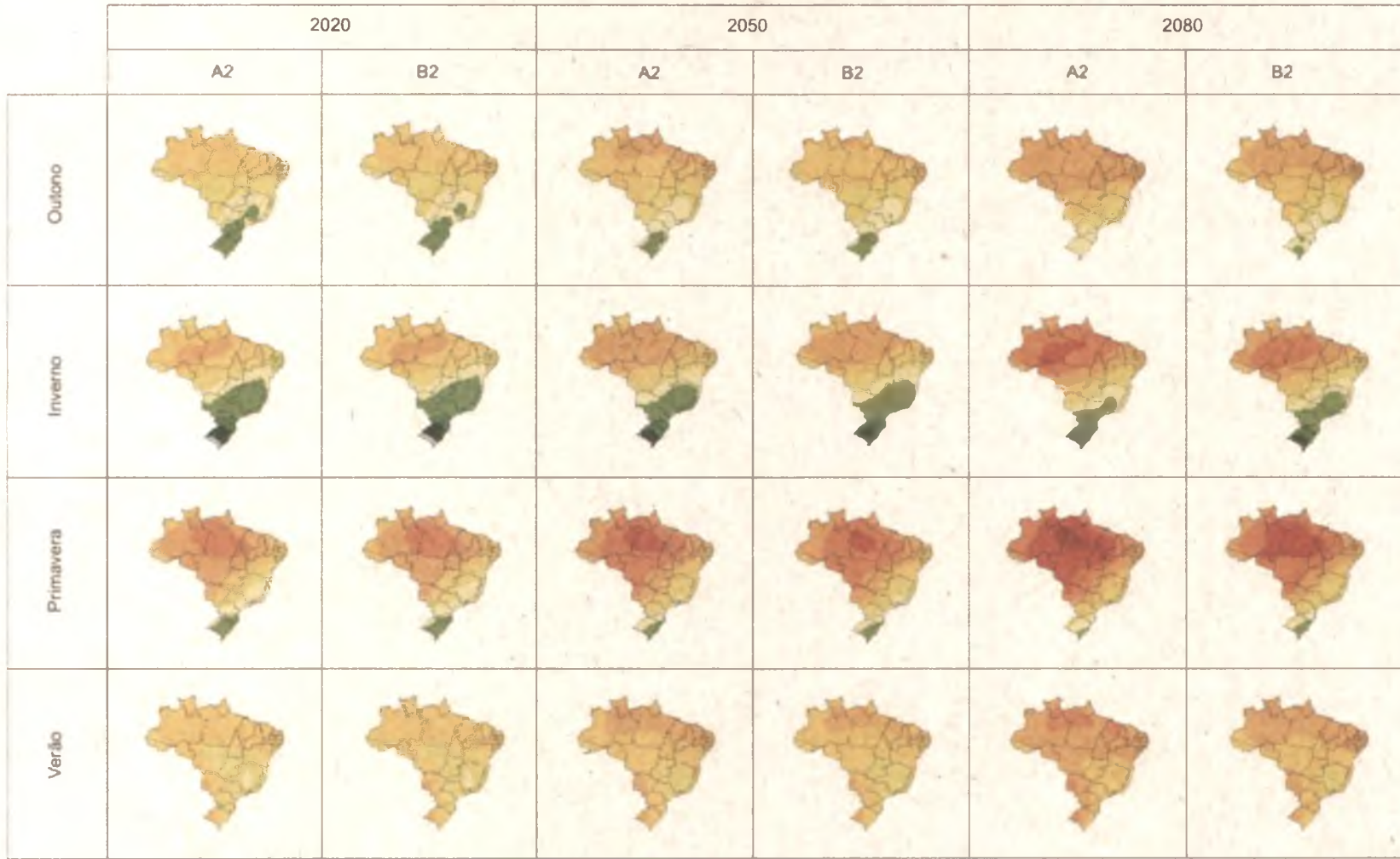


Fig. 6. Temperatura média (°C) de outono, inverno, primavera e verão para os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

**Tabela 7.** Anomalias de temperatura média do ar (°C), comparadas ao período de 1961 a 1990, para as regiões e o País, para as estações dos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Estação	Mês	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	verão	dez. - fev.	0,7	0,7	1,8	1,5	3,3	2,3
	outono	mar. - mai.	0,3	0,4	1,4	1,1	3,1	2,1
	inverno	jun. - ago.	1,4	1,5	2,9	2,5	5,1	3,8
	primavera	set. - nov.	2,6	2,6	4,0	3,8	5,9	4,7
Nordeste	verão	dez. - fev.	0,6	0,6	1,6	1,3	3,1	2,1
	outono	mar. - mai.	0,8	0,8	1,8	1,5	3,3	2,4
	inverno	jun. - ago.	0,6	0,6	1,5	1,3	3,2	2,2
	primavera	set. - nov.	1,3	1,4	2,4	2,2	4,0	3,0
Centro-Oeste	verão	dez. - fev.	0,2	0,2	1,3	0,8	2,8	1,7
	outono	mar. - mai.	-0,4	-0,4	0,7	0,4	2,6	1,4
	inverno	jun. - ago.	0,3	0,3	1,6	1,4	3,9	2,5
	primavera	set. - nov.	2,5	2,6	4,0	3,8	5,9	4,6
Sudeste	verão	dez. - fev.	0,6	0,7	1,6	1,2	2,9	1,9
	outono	mar. - mai.	0,1	0,2	1,1	0,8	2,7	1,6
	inverno	jun. - ago.	0,2	0,2	1,3	1,1	3,1	2,0
	primavera	set. - nov.	1,5	1,5	2,7	2,5	4,3	3,2
Sul	verão	dez. - fev.	2,9	2,9	3,8	3,6	5,1	4,2
	outono	mar. - mai.	1,7	1,7	2,6	2,5	4,0	3,1
	inverno	jun. - ago.	1,3	1,2	2,2	2,1	3,5	2,7
	primavera	set. - nov.	3,1	3,2	4,2	4,0	5,5	4,4
Brasil	verão	dez. - fev.	0,7	0,8	1,8	1,4	3,3	2,2
	outono	mar. - mai.	0,3	0,4	1,4	1,1	3,1	2,0
	inverno	jun. - ago.	0,9	1,0	2,2	1,9	4,2	3,0
	primavera	set. - nov.	2,3	2,3	3,6	3,4	5,4	4,2

apresentará as maiores anomalias na temperatura média, comparativamente às outras regiões; as maiores anomalias no inverno ocorrerão na região Norte e na primavera serão nas regiões Norte e Centro-Oeste. As menores anomalias previstas ocorrerão nos meses de outono e inverno nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Serão observados valores mais elevados de anomalias de temperatura média anual (Fig. 8) na Floresta Amazônica e menores nos estados do Sudeste, junto da costa Atlântica, concordando com os resultados obtidos por Hulme e Sheard (1999).



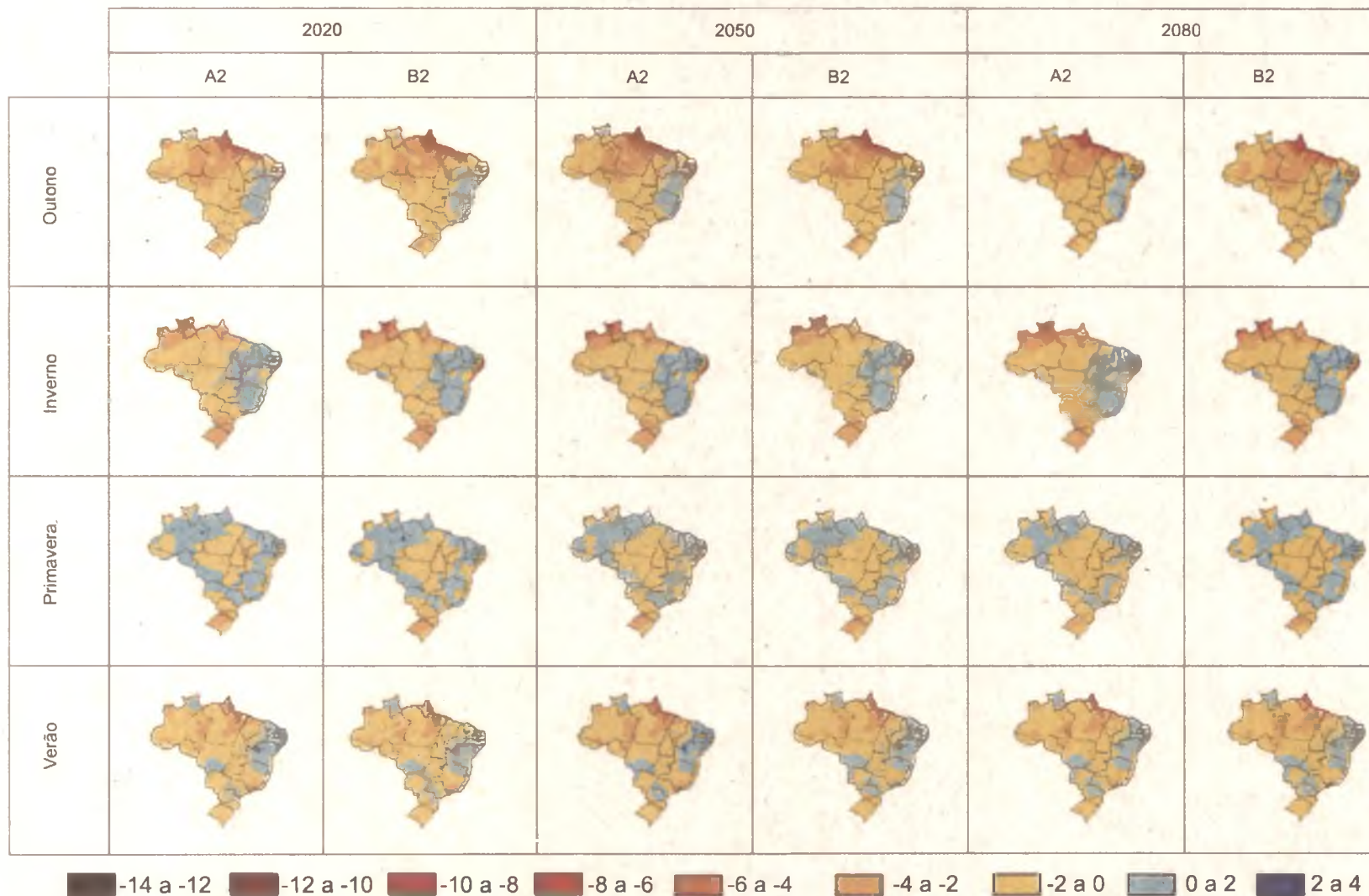
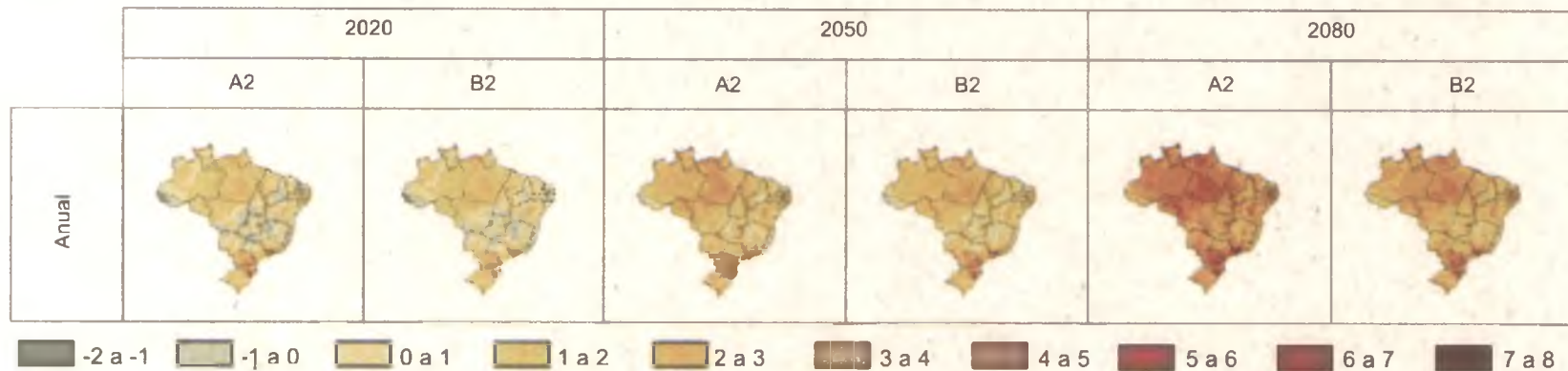


Fig. 7. Anomalias de temperatura média (°C), comparadas ao período de 1961 a 1990, de outono, inverno, primavera e verão para os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



**Fig. 8.** Anomalias de temperatura média anual (°C), comparadas ao período de 1961 a 1990, para os cenários A2 e B2 e décadas de 2020, 2050 e 2080.

## Precipitação

Na Fig. 9 são apresentadas as previsões das precipitações pluviiais médias diárias ao longo dos meses do ano no futuro (2020, 2050 e 2080-A2) e no presente (1961-1990). Na Tabela 8, as precipitações são apresentadas por região do País e para o País, ao longo dos meses do ano; e nas Tabelas 9, 10 e 11 são apresentadas as anomalias, comparadas ao período de 1961 a 1990, agrupadas nas estações do ano por média mensal e acumuladas, respectivamente. De uma forma geral, as estimativas no futuro indicam uma diminuição nos totais mensais de precipitações em relação ao clima atual, exceto entre os meses de outubro a dezembro, quando a diferença entre o clima atual e o futuro é pequena. As previsões de 2020, 2050 e 2080 (A2 e B2) apresentam pequenas diferenças entre elas, ao contrário do observado na temperatura média. Isso pode ser comprovado também na Fig. 10, que apresenta as anomalias estimadas das precipitações, demonstrando também pouca diferença entre os cenários A2 e B2, com pequenos aumentos ao longo do tempo.

Estima-se, segundo a média dos modelos climáticos globais, que as maiores precipitações médias diárias ocorrerão no mês de fevereiro e as menores em agosto, para todos os anos (2020, 2050 e 2080-A2 e B2); por exemplo, em 2080-A2, a precipitação em fevereiro será de 6,4 mm/dia e em agosto de 1,1 mm/dia, com média de 3,9 mm/dia no ano, resultando em aproximadamente -1,0 mm/dia de anomalia para o País. Considerando as estações do ano, as precipitações médias de outono no Brasil serão de 4,5 mm/dia; no inverno de 1,3 mm/dia; na primavera de 3,6 mm/dia; e no verão de 6,3 mm/dia, indicando que as maiores precipitações ocorrerão nos meses de verão (40 % das chuvas) e de outono (29 %) (Fig. 11).

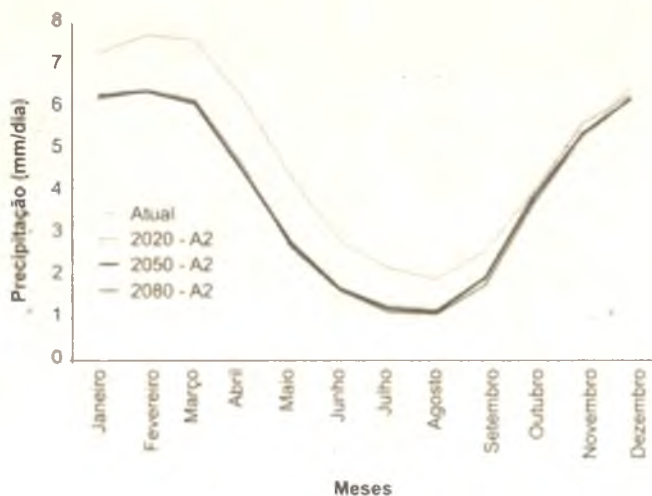


Fig. 9. Precipitação média diária do Brasil ao longo dos meses do ano para o clima presente (1961-1990) e futuro (2020, 2050 e 2080) do cenário A2.

**Tabela 8.** Precipitação média mensal (mm/dia), para as regiões e para o País, no período de 1961 a 1990 (atual) e nos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Brasil	Atual	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	janeiro	8,25	6,28	6,55	6,37	6,50	6,41	6,27
	fevereiro	9,20	7,02	6,87	6,88	6,92	7,00	6,81
	março	9,43	7,31	7,31	7,27	7,38	7,40	7,24
	abril	8,70	6,42	6,46	6,40	6,54	6,43	6,36
	maio	6,74	4,42	4,37	4,29	4,24	4,13	4,05
	junho	4,49	2,62	2,64	2,50	2,56	2,40	2,36
	julho	3,35	1,85	1,82	1,73	1,73	1,57	1,70
	agosto	2,78	1,73	1,73	1,63	1,67	1,56	1,58
	setembro	3,32	2,63	2,75	2,62	2,50	2,38	2,49
	outubro	4,49	4,66	4,72	4,50	4,49	4,36	4,36
	novembro	5,60	6,28	6,29	6,02	6,08	5,96	6,08
	dezembro	6,80	6,52	6,55	6,45	6,52	6,35	6,34
Nordeste	janeiro	4,39	4,74	4,88	4,72	4,83	4,58	4,46
	fevereiro	5,51	5,00	4,96	5,09	5,10	4,91	5,02
	março	6,07	5,05	4,98	4,90	4,84	4,92	4,89
	abril	5,38	3,79	3,58	3,41	3,69	3,52	3,61
	maio	2,81	2,31	2,19	2,38	2,21	2,20	2,24
	junho	1,76	1,56	1,54	1,59	1,56	1,52	1,46
	julho	1,42	1,17	1,15	1,16	1,11	1,11	1,17
	agosto	0,78	0,85	0,83	0,80	0,80	0,74	0,80
	setembro	0,82	0,75	0,74	0,70	0,65	0,64	0,75
	outubro	1,52	1,46	1,40	1,39	1,32	1,24	1,34
	novembro	2,53	2,71	2,52	2,46	2,51	2,33	2,61
	dezembro	3,41	4,01	3,94	3,79	3,95	3,87	3,84
Centro-Oeste	janeiro	8,66	8,04	8,13	8,05	8,46	8,17	8,13
	fevereiro	8,51	7,63	7,71	7,72	7,88	7,63	7,64
	março	7,74	6,14	6,22	6,27	6,42	6,35	6,19
	abril	4,33	3,11	3,22	2,98	3,17	3,36	3,04
	maio	2,00	0,93	0,94	0,87	0,98	0,88	0,85
	junho	0,66	0,37	0,38	0,37	0,42	0,42	0,41
	julho	0,44	0,25	0,24	0,25	0,23	0,26	0,24
	agosto	0,86	0,36	0,30	0,32	0,34	0,32	0,31
	setembro	2,22	1,63	1,57	1,55	1,40	1,41	1,49
	outubro	4,83	4,90	4,75	4,76	4,36	4,53	4,53
	novembro	6,88	7,07	7,07	6,76	7,16	6,54	6,85
	dezembro	8,60	8,37	8,38	8,23	8,58	8,28	8,32
Sudeste	janeiro	7,36	6,02	6,20	6,10	6,35	6,26	6,39
	fevereiro	5,64	5,48	5,60	5,42	5,74	5,51	5,68
	março	4,70	4,66	4,36	4,63	4,72	4,42	4,46
	abril	2,55	2,45	2,54	2,42	2,50	2,52	2,47
	maio	1,49	1,31	1,38	1,28	1,31	1,24	1,31
	junho	0,87	0,97	1,02	1,06	1,00	1,02	1,00

Continua

Tabela 8. Continuação.

Região	Brasil	Atual	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sudeste	julho	0,81	0,90	0,89	0,92	0,94	0,90	0,89
	agosto	0,81	0,92	0,94	0,95	0,94	0,88	0,91
	setembro	1,76	1,75	1,66	1,64	1,52	1,49	1,61
	outubro	4,02	4,20	4,14	4,10	3,84	3,96	4,15
	novembro	6,02	6,33	6,15	6,15	6,50	6,09	6,45
	dezembro	7,55	6,94	6,94	6,78	7,00	7,06	7,17
Sul	janeiro	4,82	4,56	4,47	4,89	4,70	4,73	4,70
	fevereiro	5,38	4,43	4,42	4,46	4,46	4,60	4,57
	março	4,37	3,37	3,42	3,62	3,48	3,93	3,79
	abril	3,87	2,44	2,52	2,67	2,46	2,77	2,78
	maio	3,99	1,70	1,65	1,72	1,85	1,92	1,81
	junho	4,09	1,30	1,30	1,38	1,38	1,70	1,59
	julho	3,78	1,14	1,11	1,28	1,19	1,34	1,34
	agosto	3,82	1,31	1,28	1,37	1,39	1,41	1,36
	setembro	4,72	2,19	2,12	2,34	2,17	2,34	2,35
	outubro	4,86	3,20	3,15	3,31	3,26	3,56	3,44
	novembro	4,37	3,51	3,50	3,75	3,69	4,05	3,83
	dezembro	4,73	4,02	4,04	4,22	4,15	4,34	4,32
Brasil	janeiro	7,29	6,19	6,36	6,26	6,43	6,28	6,20
	fevereiro	7,72	6,41	6,37	6,38	6,46	6,40	6,36
	março	7,60	6,09	6,07	6,09	6,15	6,16	6,05
	abril	6,22	4,57	4,59	4,48	4,62	4,61	4,52
	maio	4,33	2,82	2,78	2,76	2,74	2,67	2,64
	junho	2,83	1,71	1,72	1,68	1,71	1,65	1,62
	julho	2,19	1,26	1,24	1,22	1,20	1,14	1,20
	agosto	1,91	1,19	1,17	1,13	1,15	1,09	1,11
	setembro	2,59	1,97	1,99	1,94	1,82	1,78	1,88
	outubro	4,00	3,97	3,95	3,86	3,73	3,73	3,76
	novembro	5,25	5,59	5,55	5,37	5,52	5,30	5,48
	dezembro	6,47	6,29	6,30	6,19	6,34	6,21	6,21

Tabela 9. Anomalias de precipitação média diária (mm/dia), comparadas às do período de 1961 a 1990, para as regiões e para o País, nos meses dos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	janeiro	-1,98	-1,71	-1,89	-1,76	-1,85	-1,99
	fevereiro	-2,18	-2,32	-2,32	-2,28	-2,19	-2,38
	março	-2,12	-2,12	-2,16	-2,06	-2,03	-2,19

Continua.

Tabela 9. Continuação.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	abril	-2,28	-2,24	-2,30	-2,16	-2,27	-2,34
	maio	-2,32	-2,38	-2,46	-2,51	-2,61	-2,69
	junho	-1,87	-1,85	-1,99	-1,93	-2,09	-2,13
	julho	-1,50	-1,53	-1,62	-1,62	-1,77	-1,65
	agosto	-1,05	-1,06	-1,15	-1,12	-1,22	-1,20
	setembro	-0,70	-0,58	-0,70	-0,82	-0,95	-0,83
	outubro	+0,18	+0,23	+0,02	0,00	-0,13	-0,13
	novembro	+0,69	+0,69	+0,42	+0,48	+0,36	+0,48
	dezembro	-0,28	-0,24	-0,34	-0,28	-0,44	-0,46
	Nordeste	janeiro	+0,35	+0,49	+0,33	+0,45	+0,19
fevereiro		-0,51	-0,55	-0,42	-0,41	-0,60	-0,49
março		-1,02	-1,09	-1,17	-1,23	-1,15	-1,18
abril		-1,59	-1,80	-1,98	-1,69	-1,87	-1,78
maio		-0,49	-0,61	-0,43	-0,60	-0,61	-0,57
junho		-0,21	-0,23	-0,17	-0,21	-0,25	-0,30
julho		-0,24	-0,27	-0,26	-0,30	-0,31	-0,25
agosto		+0,08	+0,05	+0,02	+0,03	-0,04	+0,02
setembro		-0,07	-0,08	-0,11	-0,16	-0,18	-0,07
outubro		-0,06	-0,12	-0,13	-0,20	-0,28	-0,19
novembro		+0,18	-0,01	-0,07	-0,02	-0,20	+0,08
dezembro		+0,60	+0,54	+0,38	+0,55	+0,46	+0,43
Centro-Oeste	janeiro	-0,62	-0,53	-0,60	-0,20	-0,49	-0,53
	fevereiro	-0,88	-0,80	-0,78	-0,63	-0,88	-0,87
	março	-1,60	-1,52	-1,47	-1,32	-1,39	-1,54
	abril	-1,22	-1,12	-1,35	-1,17	-0,97	-1,29
	maio	-1,06	-1,06	-1,12	-1,01	-1,12	-1,15
	junho	-0,29	-0,28	-0,28	-0,24	-0,24	-0,25
	julho	-0,20	-0,20	-0,19	-0,21	-0,19	-0,20
	agosto	-0,50	-0,56	-0,54	-0,53	-0,55	-0,55
	setembro	-0,59	-0,65	-0,67	-0,82	-0,81	-0,73
	outubro	+0,07	-0,08	-0,07	-0,47	-0,30	-0,30
	novembro	+0,19	+0,20	-0,12	+0,28	-0,34	-0,03
	dezembro	-0,23	-0,21	-0,37	-0,02	-0,31	-0,28
Sudeste	janeiro	-1,34	-1,16	-1,26	-1,00	-1,09	-0,97
	fevereiro	-0,16	-0,04	-0,22	+0,10	-0,13	+0,04
	março	-0,04	-0,34	-0,07	+0,02	-0,28	-0,24
	abril	-0,10	-0,01	-0,13	-0,05	-0,02	-0,08
	maio	-0,18	-0,11	-0,21	-0,18	-0,26	-0,18
	junho	+0,10	+0,14	+0,19	+0,13	+0,15	+0,13
	julho	+0,09	+0,08	+0,11	+0,13	+0,09	+0,09
	agosto	+0,12	+0,13	+0,15	+0,14	+0,08	+0,10
	setembro	-0,01	-0,10	-0,13	-0,24	-0,27	-0,16

Continua.

Tabela 9. Continuação.

Região	Mês	2020		2050		2080	
		A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sudeste	outubro	+0,18	+0,12	+0,08	-0,18	-0,06	+0,13
	novembro	+0,31	+0,13	+0,13	+0,48	+0,07	+0,44
	dezembro	-0,61	-0,61	-0,77	-0,55	-0,49	-0,38
Sul	janeiro	-0,26	-0,35	-0,07	-0,12	-0,09	-0,12
	fevereiro	-0,95	-0,96	-0,93	-0,92	-0,78	-0,81
	março	-1,00	-0,95	-0,75	-0,90	-0,44	-0,58
	abril	-1,43	-1,35	-1,19	-1,41	-1,10	-1,08
	maio	-2,29	-2,34	-2,27	-2,14	-2,07	-2,18
	junho	-2,80	-2,80	-2,71	-2,72	-2,40	-2,50
	julho	-2,64	-2,67	-2,50	-2,59	-2,44	-2,44
	agosto	-2,51	-2,54	-2,45	-2,43	-2,41	-2,46
	setembro	-2,53	-2,60	-2,38	-2,55	-2,38	-2,37
	outubro	-1,66	-1,71	-1,55	-1,60	-1,30	-1,42
	novembro	-0,86	-0,87	-0,62	-0,68	-0,32	-0,54
	dezembro	-0,71	-0,69	-0,51	-0,58	-0,39	-0,41
Brasil	janeiro	-1,10	-0,92	-1,03	-0,86	-1,00	-1,09
	fevereiro	-1,31	-1,35	-1,34	-1,26	-1,32	-1,36
	março	-1,51	-1,53	-1,51	-1,45	-1,44	-1,55
	abril	-1,65	-1,63	-1,73	-1,59	-1,61	-1,69
	maio	-1,51	-1,55	-1,57	-1,59	-1,66	-1,70
	junho	-1,11	-1,10	-1,15	-1,12	-1,18	-1,21
	julho	-0,93	-0,95	-0,97	-0,99	-1,05	-0,98
	agosto	-0,72	-0,74	-0,78	-0,76	-0,82	-0,80
	setembro	-0,62	-0,60	-0,65	-0,77	-0,81	-0,71
	outubro	-0,03	-0,05	-0,14	-0,27	-0,27	-0,24
	novembro	+0,34	+0,29	+0,12	+0,26	+0,04	+0,23
	dezembro	-0,18	-0,17	-0,28	-0,13	-0,26	-0,25

Tabela 10. Anomalias de precipitação média diária (mm/dia), comparadas às do período de 1961 a 1990, para as regiões e para o País, nas estações dos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Estação	Mês	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	verão	dez. - fev.	-1,48	-1,42	-1,52	-1,44	-1,49	-1,61
	outono	mar. - maio	-2,24	-2,24	-2,30	-2,24	-2,30	-2,41
	inverno	jun. - ago.	-1,47	-1,48	-1,58	-1,55	-1,70	-1,66
	primavera	set. - nov.	+0,05	+0,12	-0,09	-0,11	-0,24	-0,16
Nordeste	verão	dez. - fev.	+0,15	+0,16	+0,10	+0,19	+0,02	0,00
	outono	mar. - maio	-1,04	-1,17	-1,19	-1,17	-1,21	-1,17
	inverno	jun. - ago.	-0,12	-0,15	-0,14	-0,16	-0,20	-0,18
	primavera	set. - nov.	+0,02	-0,07	-0,11	-0,13	-0,22	-0,06

Continua..

Tabela 10. Continuação.

Região	Estação	Mês	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Centro-Oeste	verão	dez. - fev.	-0,58	-0,52	-0,58	-0,28	-0,56	-0,56
	outono	mar. - maio	-1,29	-1,23	-1,31	-1,17	-1,16	-1,33
	inverno	jun. - ago.	-0,33	-0,35	-0,34	-0,33	-0,32	-0,33
	primavera	set. - nov.	-0,11	-0,18	-0,29	-0,34	-0,48	-0,35
Sudeste	verão	dez. - fev.	-0,70	-0,60	-0,75	-0,49	-0,57	-0,44
	outono	mar. - maio	-0,11	-0,15	-0,14	-0,07	-0,19	-0,17
	inverno	jun. - ago.	+0,10	+0,12	+0,15	+0,13	+0,11	+0,11
	primavera	set. - nov.	+0,16	+0,05	+0,03	+0,02	-0,09	+0,14
Sul	verão	dez. - fev.	-0,64	-0,67	-0,45	-0,54	-0,42	-0,45
	outono	mar. - maio	-1,57	-1,55	-1,40	-1,48	-1,20	-1,28
	inverno	jun. - ago.	-2,65	-2,67	-2,55	-2,58	-2,41	-2,47
	primavera	set. - nov.	-1,68	-1,73	-1,52	-1,61	-1,33	-1,44
Brasil	verão	dez. - fev.	-0,86	-0,82	-0,88	-0,75	-0,86	-0,90
	outono	mar. - maio	-1,55	-1,57	-1,60	-1,54	-1,57	-1,64
	inverno	jun. - ago.	-0,92	-0,93	-0,96	-0,96	-1,02	-1,00
	primavera	set. - nov.	-0,10	-0,12	-0,22	-0,26	-0,35	-0,24

Tabela 11. Anomalias de precipitação média diária (mm/dia) acumulada nas estações do ano, comparadas ao período de 1961 a 1990, para as regiões e para o País, dos anos de 2020, 2050 e 2080 – cenários A2 e B2.

Região	Estação	Mês	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Norte	verão	dez. - fev.	-4,44	-4,27	-4,55	-4,31	-4,48	-4,83
	outono	mar. - maio	-6,72	-6,73	-6,91	-6,73	-6,91	-7,22
	inverno	jun. - ago.	-4,42	-4,43	-4,75	-4,66	-5,09	-4,97
	primavera	set. - nov.	0,16	0,35	-0,26	-0,34	-0,71	-0,48
Nordeste	verão	dez. - fev.	0,45	0,48	0,29	0,58	0,06	0,01
	outono	mar. - maio	-3,11	-3,51	-3,57	-3,52	-3,62	-3,52
	inverno	jun. - ago.	-0,37	-0,44	-0,41	-0,48	-0,59	-0,53
	primavera	set. - nov.	0,05	-0,21	-0,32	-0,39	-0,66	-0,17
Centro-Oeste	verão	dez. - fev.	-1,73	-1,55	-1,75	-0,84	-1,68	-1,68
	outono	mar. - maio	-3,88	-3,69	-3,94	-3,50	-3,48	-3,98
	inverno	jun. - ago.	-0,99	-1,04	-1,01	-0,98	-0,97	-1,00
	primavera	set. - nov.	-0,33	-0,53	-0,86	-1,01	-1,45	-1,05
Sudeste	verão	dez. - fev.	-2,11	-1,81	-2,24	-1,46	-1,72	-1,31
	outono	mar. - maio	-0,32	-0,46	-0,41	-0,21	-0,56	-0,50

Continua.



Tabela 11. Continuação.

Região	Estação	Mês	2020		2050		2080	
			A2	B2	A2	B2	A2	B2
Sudeste	inverno	jun. - ago.	0,30	0,36	0,45	0,40	0,32	0,32
	primavera	set. - nov.	0,48	0,15	0,08	0,06	-0,27	0,41
Sul	verão	dez. - fev.	-1,92	-2,00	-1,36	-1,62	-1,27	-1,34
	outono	mar. - maio	-4,72	-4,64	-4,21	-4,44	-3,61	-3,84
	inverno	jun. - ago.	-7,95	-8,01	-7,66	-7,73	-7,24	-7,40
	primavera	set. - nov.	-5,05	-5,18	-4,55	-4,82	-4,00	-4,33
Brasil	verão	dez. - fev.	-2,59	-2,45	-2,65	-2,25	-2,58	-2,70
	outono	mar. - maio	-4,66	-4,71	-4,81	-4,63	-4,70	-4,93
	inverno	jun. - ago.	-2,77	-2,80	-2,89	-2,87	-3,05	-3,00
	primavera	set. - nov.	-0,31	-0,36	-0,67	-0,77	-1,04	-0,73

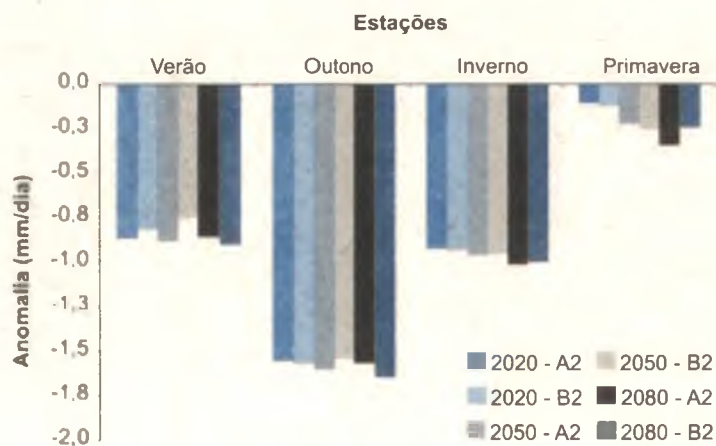


Fig. 10. Anomalias de precipitação média diária, comparadas ao período de 1961 a 1990, para as estações do ano e décadas de 2020, 2050 e 2080, cenários A2 e B2.

Regionalmente, as maiores e menores precipitações ocorrerão no futuro no Centro-Oeste, respectivamente nos meses de dezembro e julho. Em 2080-A2, por exemplo, no Centro-Oeste, em julho, a precipitação estimada será de 0,3 mm/dia e em dezembro de 8,3 mm/dia.

As anomalias (diferenças entre a precipitação no futuro em relação ao clima presente) não serão uniformes para todo o País e também variarão conforme as estações do ano (Fig. 12). Em média, será esperado um predomínio de áreas com anomalias negativas da precipitação (Fig. 13). As maiores anomalias negativas da precipitação, considerando o País, ocorrerão no outono e as menores, na primavera. Os resultados indicam, para a região

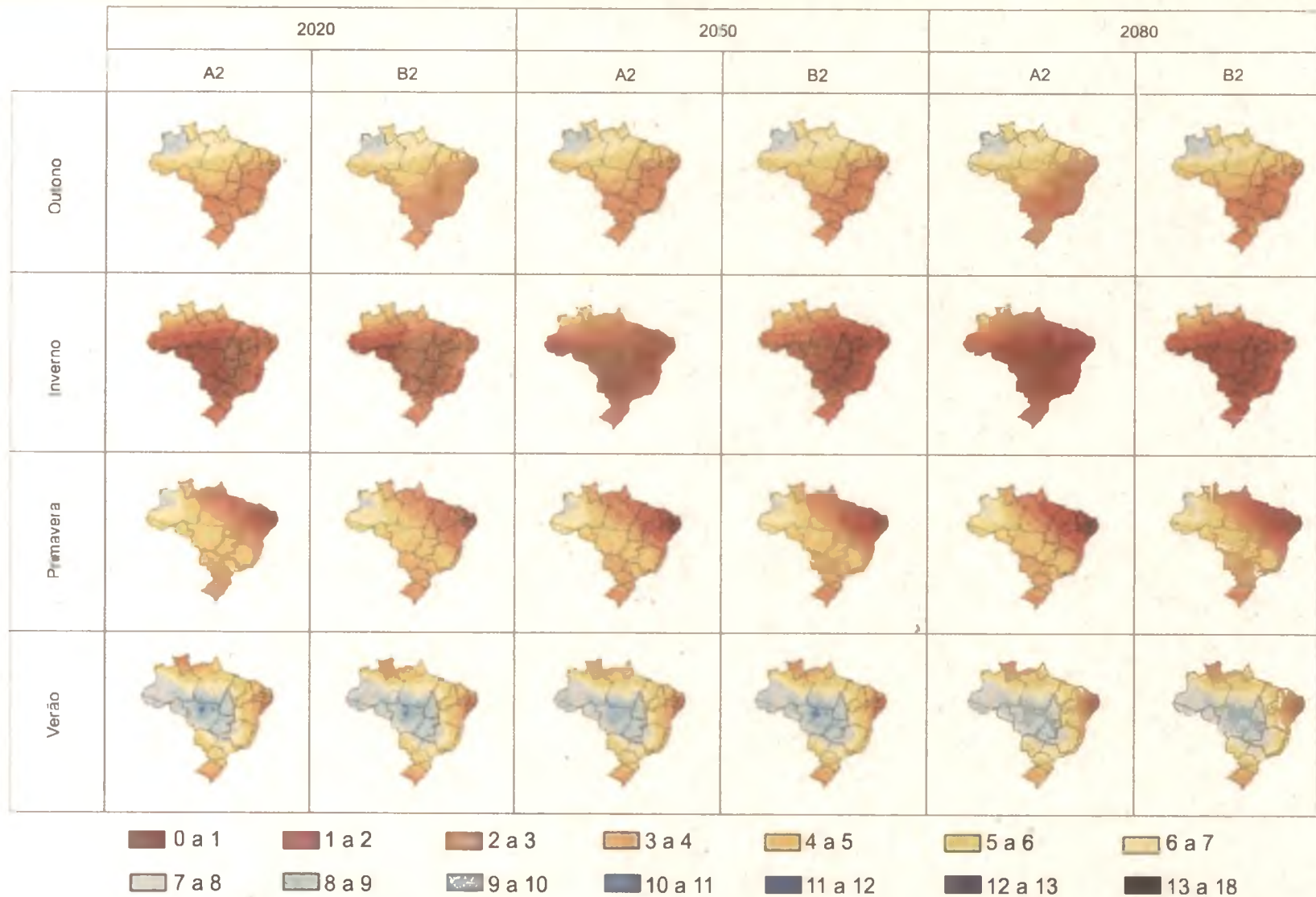


Fig. 11. Precipitação média diária (mm/dia) de outono, inverno, primavera e verão para os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

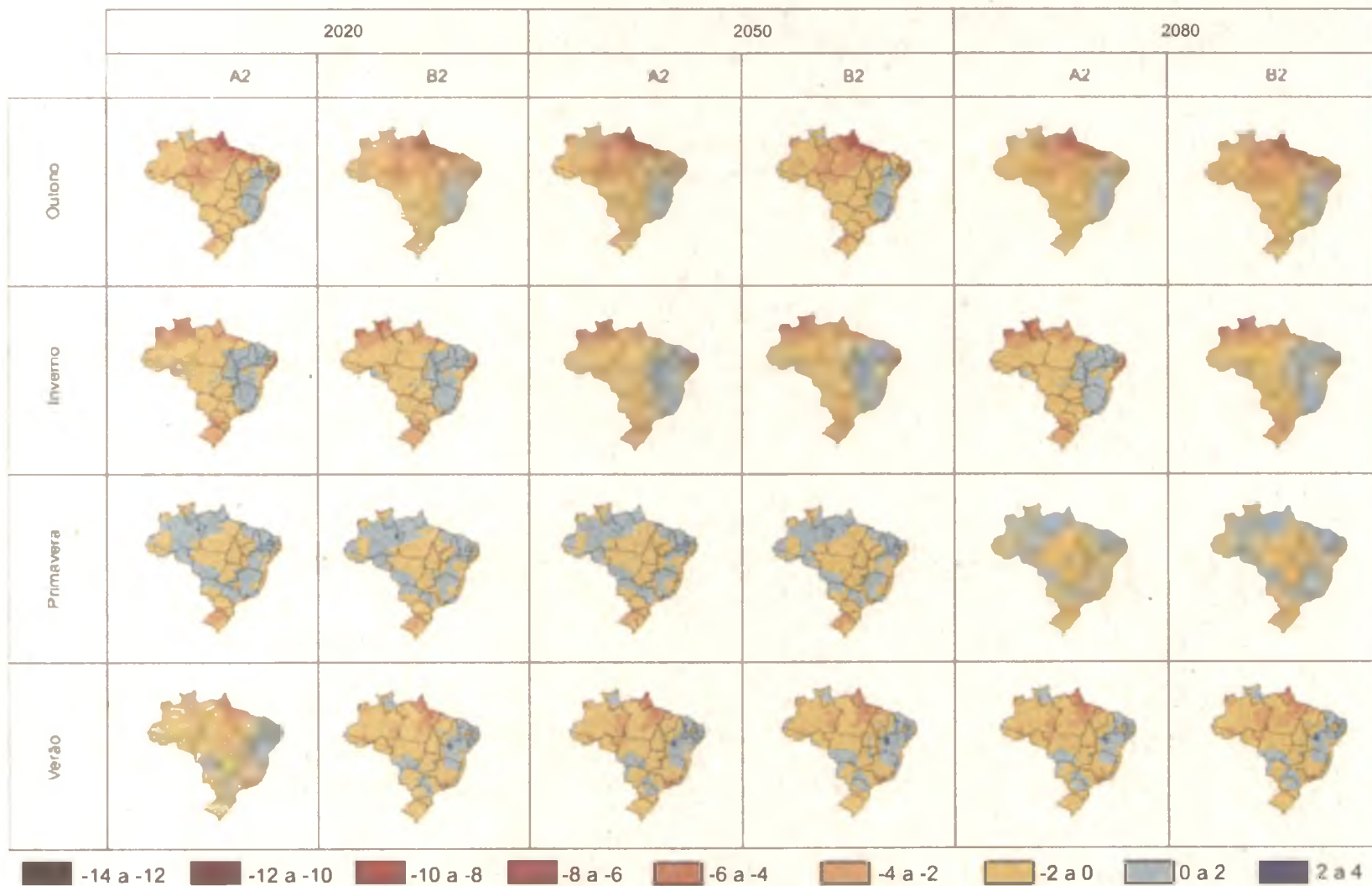


Fig. 12. Anomalias de precipitação média diária (mm/dia), comparadas ao período de 1961 a 1990, de outono, inverno, primavera e verão para os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

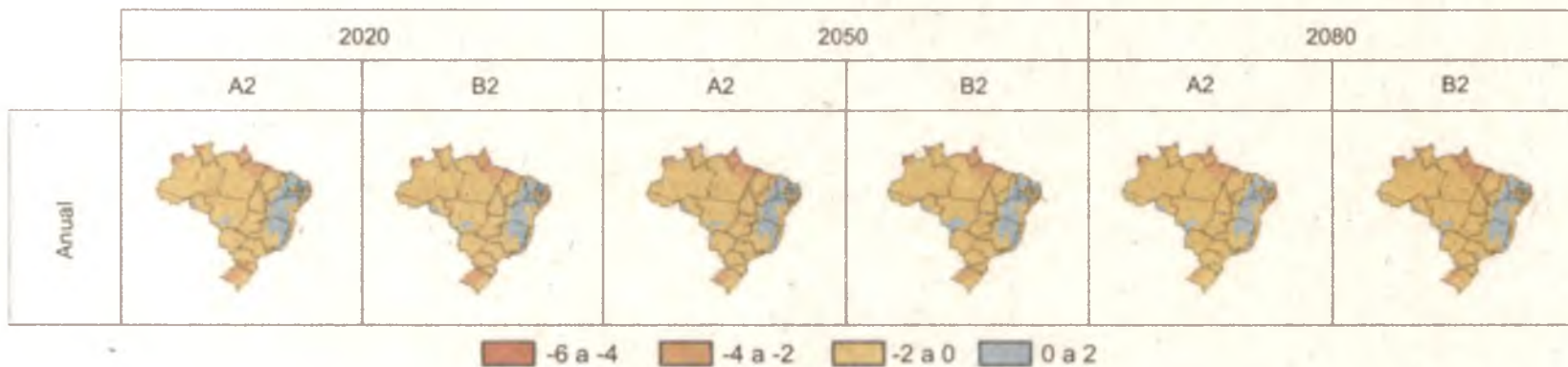


Fig. 13. Anomalias de precipitação média diária (mm/dia) para todo o ano, comparadas ao período de 1961 a 1990, para os cenários A2 e B2 e décadas de 2020, 2050 e 2080.

Norte, anomalias positivas de cerca de 0,1 mm/dia na primavera, enquanto nas outras estações as anomalias na região são negativas. No Nordeste, as anomalias positivas na ordem de 0,2 mm/dia ocorrerão no futuro (2020, 2050, 2080-A2 e B2), com maior ocorrência no verão. No Sudeste, as anomalias positivas da ordem de 0,2 mm/dia ocorrerão no inverno e na primavera. Já nas regiões Sul e Centro-Oeste, não são previstas anomalias positivas; exceto nos estados do Paraná e Mato Grosso, com aumento da precipitação no verão. Esse resultado não é concordante com o obtido por Hulme e Sheard (1999), que estimam que os estados do Sul se tornarão mais úmidos. Já Marengo et al. (2007) observaram na Amazônia e Nordeste uma maior probabilidade de redução de chuva, e no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, mudanças não perceptíveis ou um certo aumento até finais do século XXI.

Nobre (2005) destaca, no entanto, que ao contrário dos padrões de temperatura, em que todas as projeções indicam aquecimento, diferentes modelos climáticos mostram diferenças significativas de padrões pluviométricos, às vezes com projeções quase que diametralmente opostas. Assim, como os mapas neste estudo foram obtidos de médias de 6 modelos climáticos e as projeções dos modelos climáticos para precipitação não apresentam o mesmo padrão de tendência, isso pode explicar as pequenas diferenças observadas nos cenários futuros.

Nas Fig. 14 a 31 estão apresentadas as variáveis médias mensais de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), radiação solar ( $W/m^2$ ) e umidade relativa (%).

## Considerações finais

Quando se analisa a distribuição geográfica de temperatura média e precipitação no Brasil no cenário climático futuro, pode-se observar mudança na sua distribuição, com comportamento diferenciado nas diversas regiões do País e ao longo dos meses do ano.

A estimativa dos modelos climáticos globais é que, em geral, a temperatura média aumentará no País. Os acréscimos na temperatura média, porém, não serão uniformes para todo o País.

Ao contrário, a estimativa dos modelos prevê que a precipitação diminuirá no País, variando entre as regiões e entre os meses do ano. De modo geral, as projeções das precipitações são mais incertas do que as da temperatura, porque a variabilidade decadal complexa é inerente aos padrões de precipitações (CAVAGNARO et al., 2006).

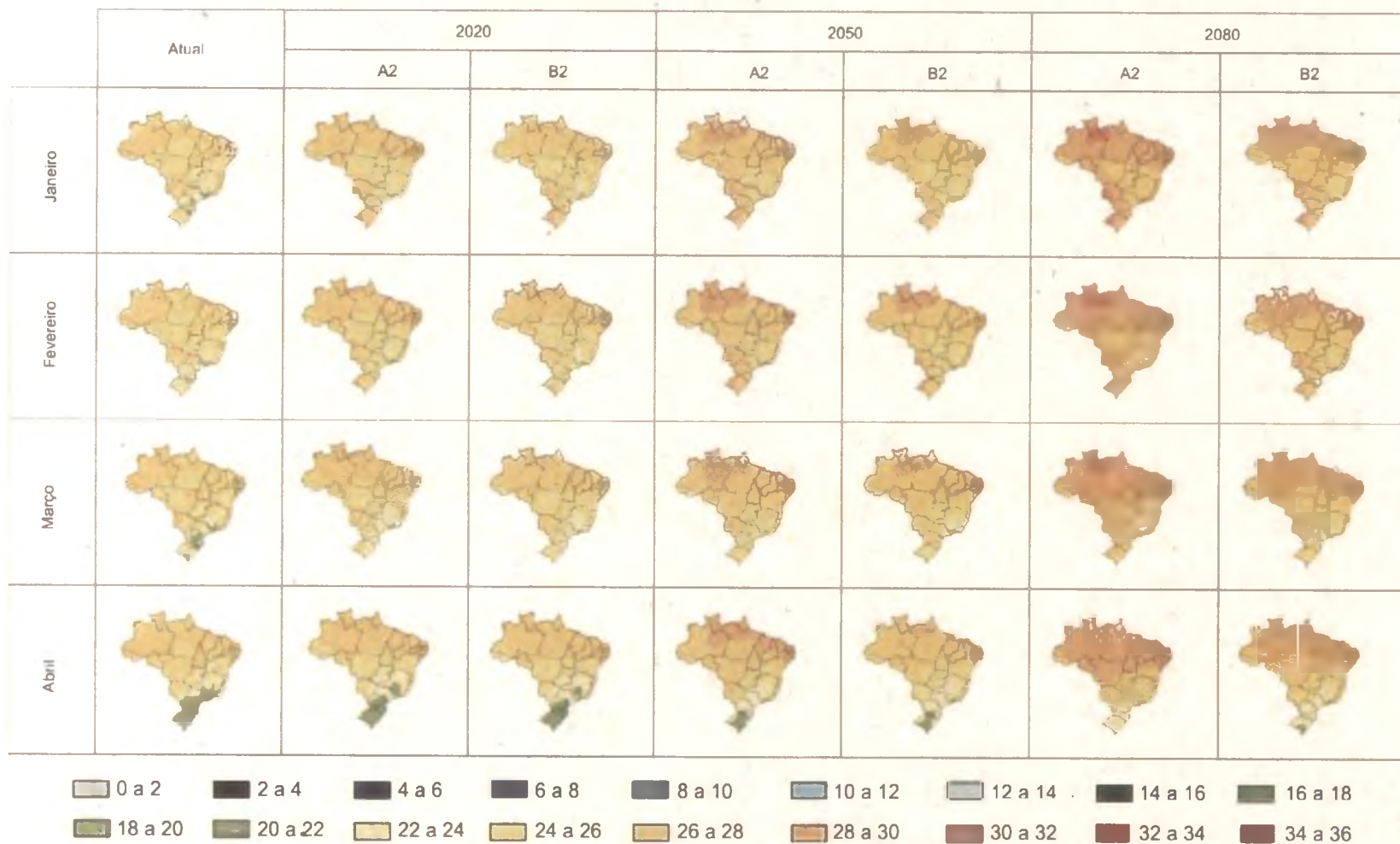


Fig. 14. Temperatura média (°C) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

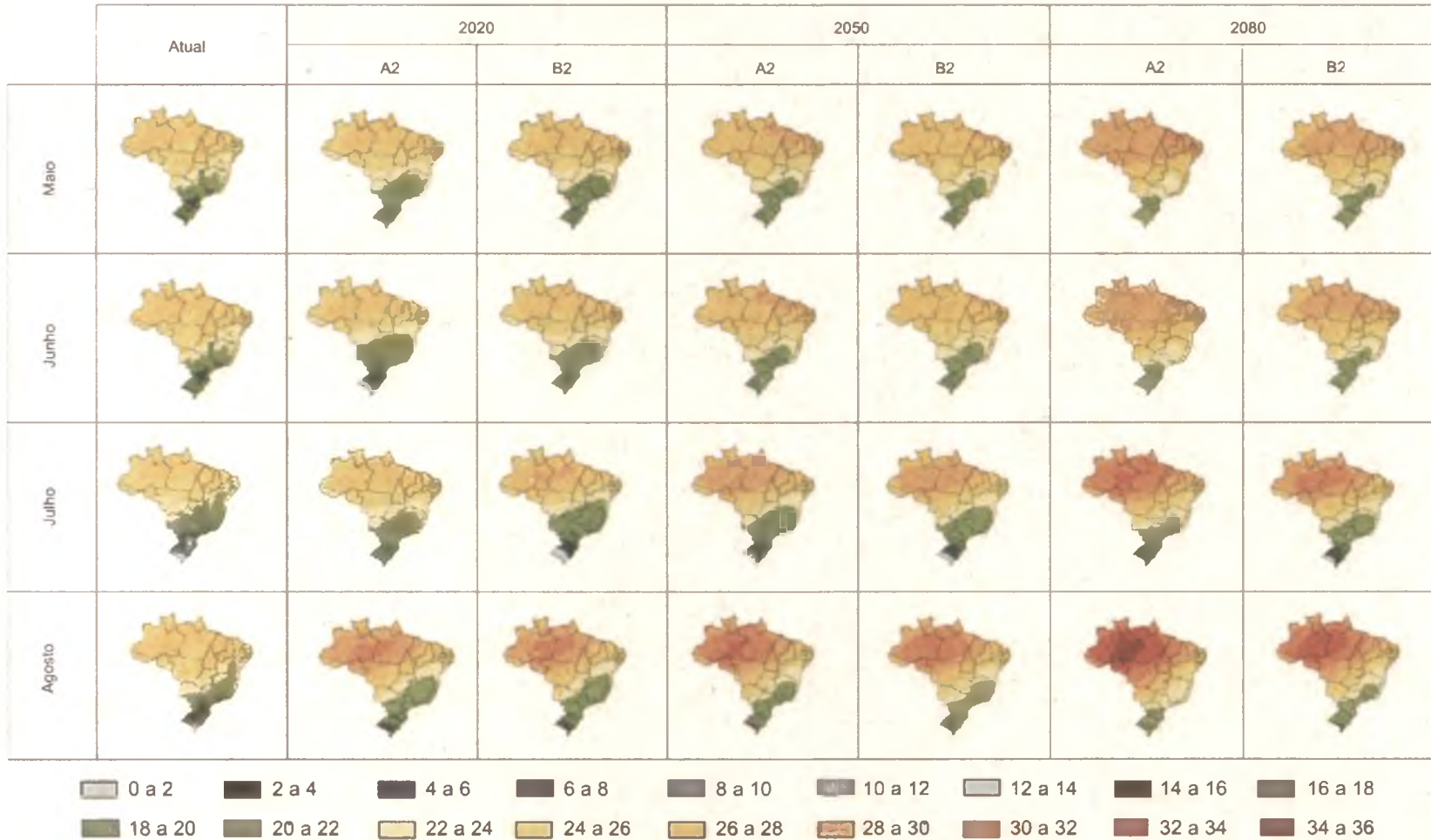
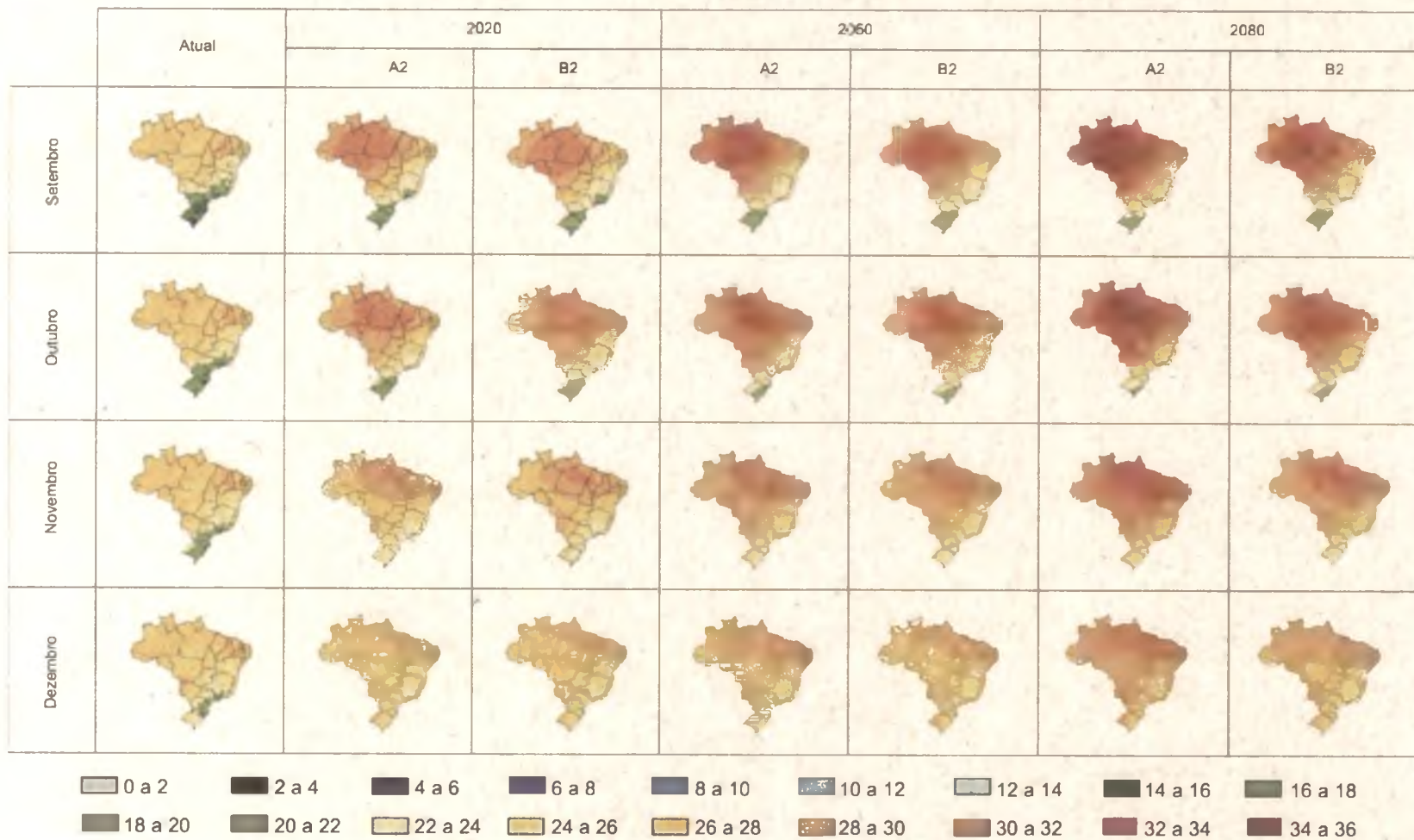


Fig. 15. Temperatura média (°C) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



**Fig. 16.** Temperatura média (°C) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



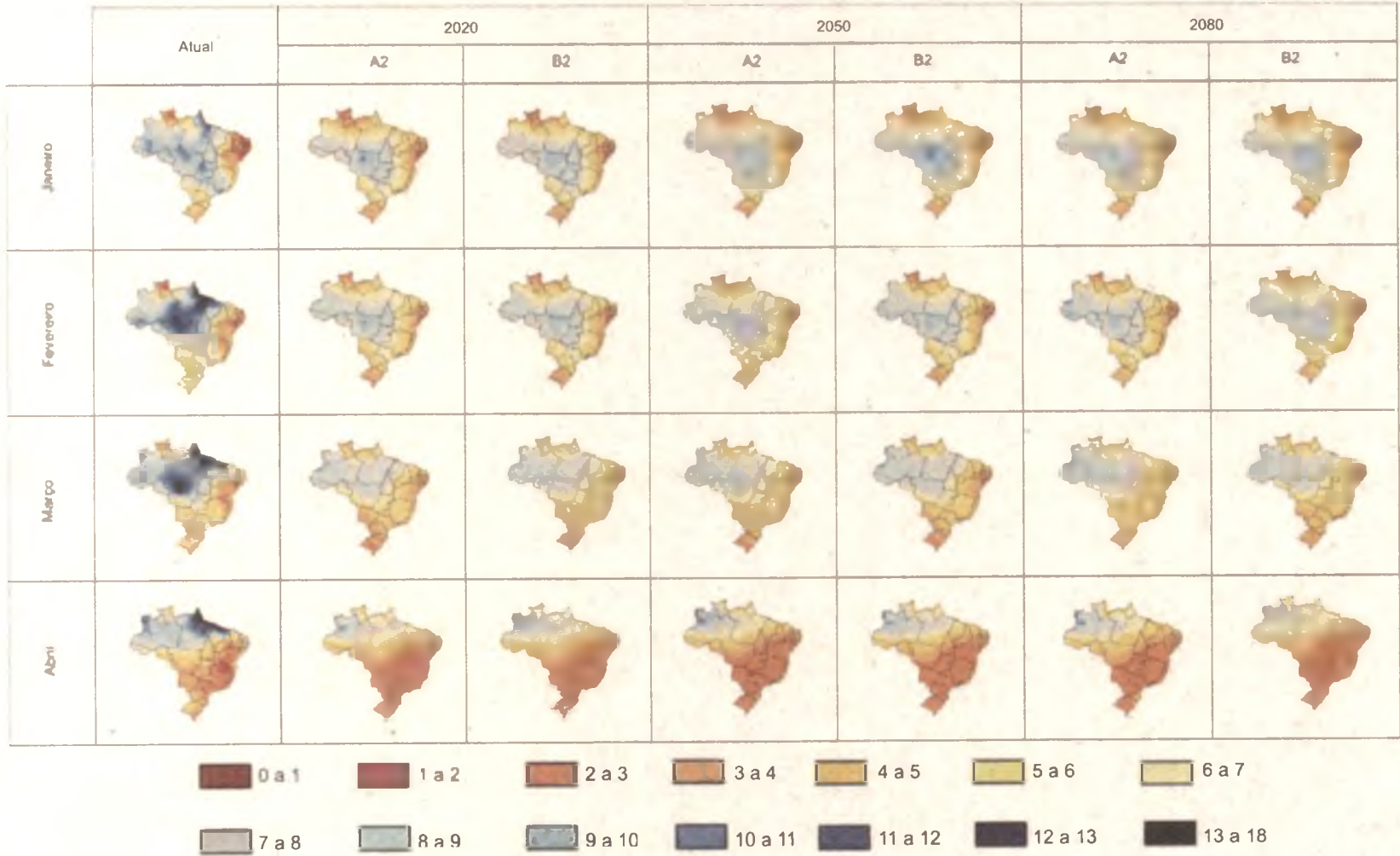


Fig. 17. Precipitação média diária (mm/dia) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

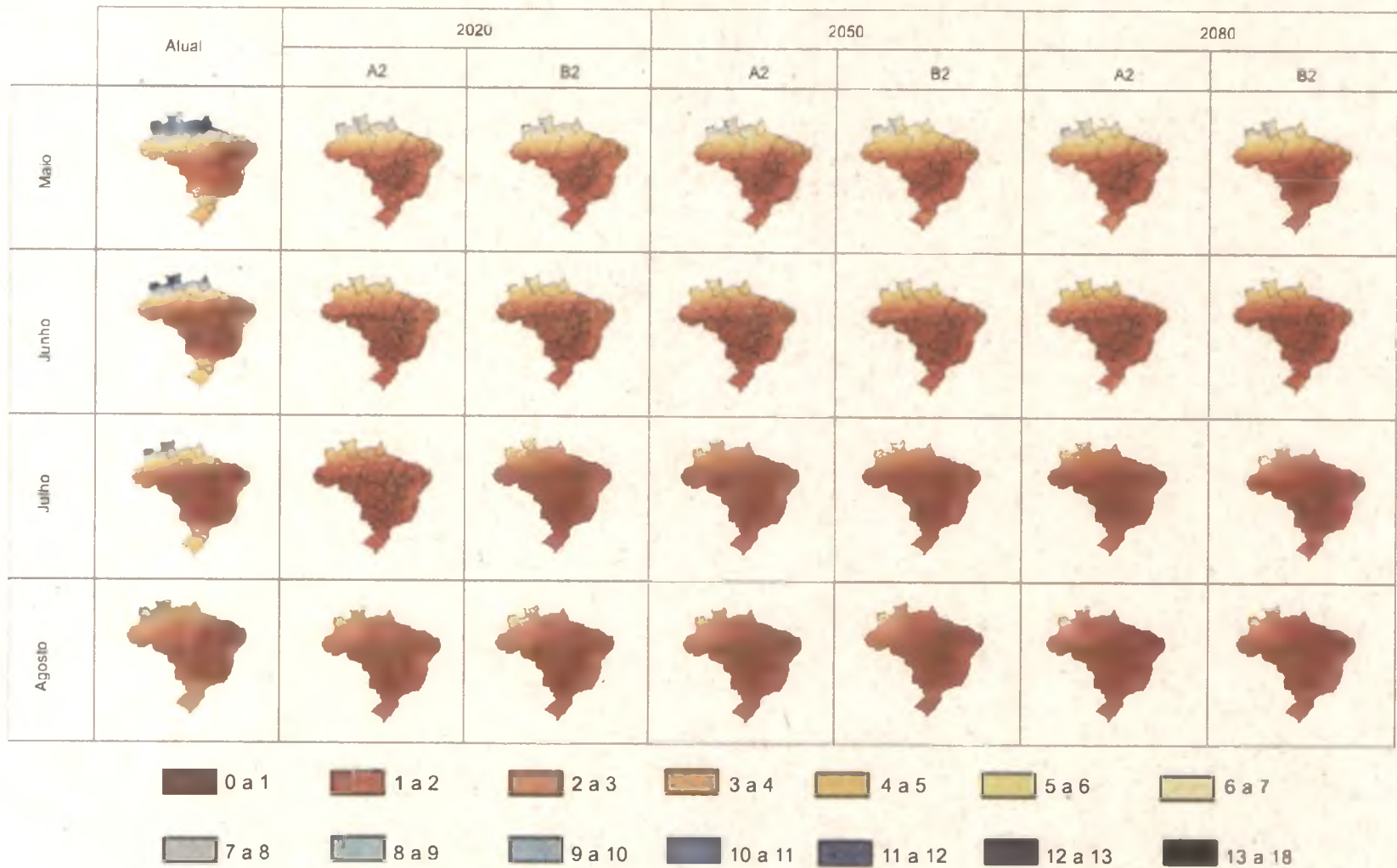


Fig. 18. Precipitação média diária (mm/dia) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

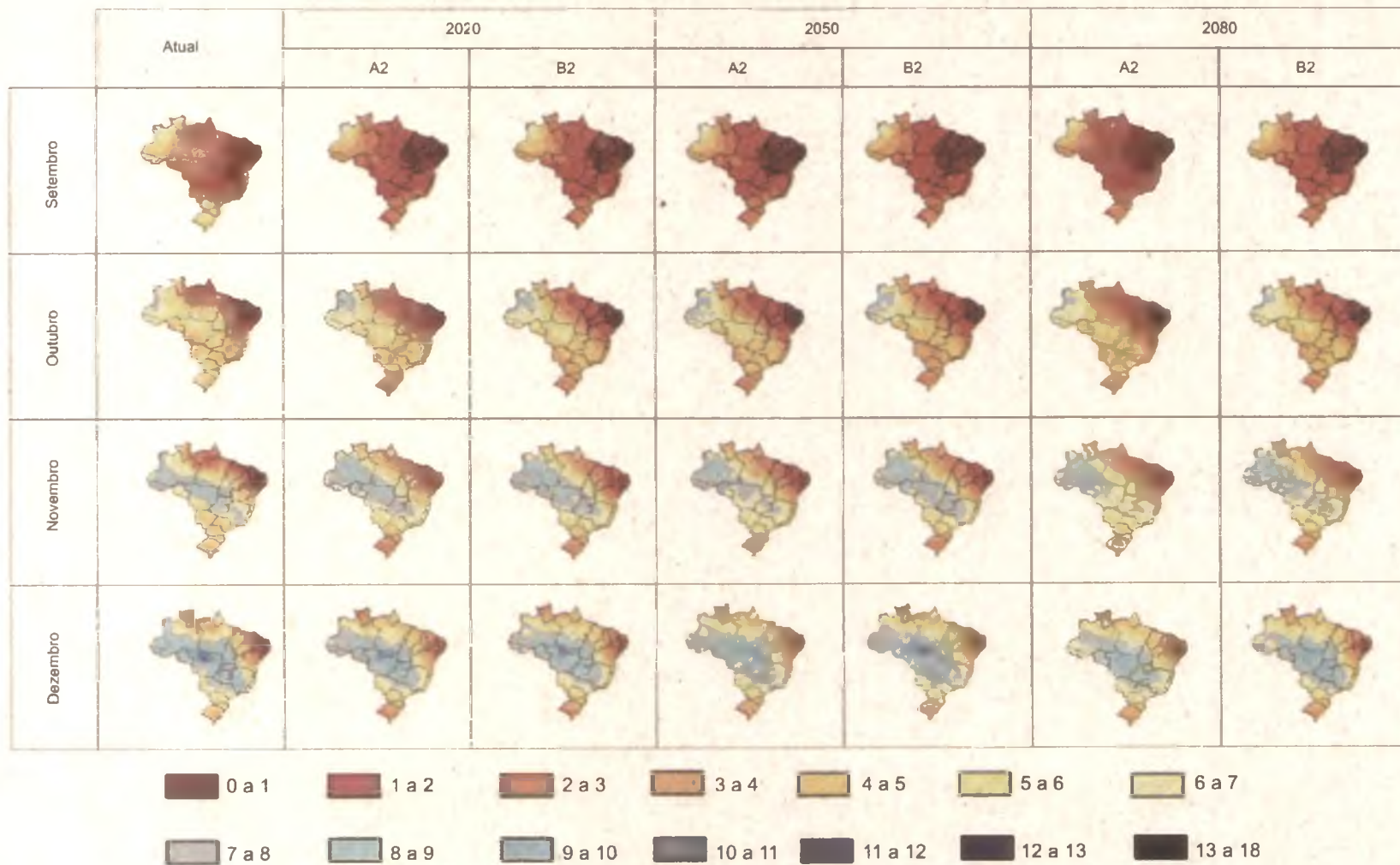


Fig. 19. Precipitação média diária (mm/dia) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

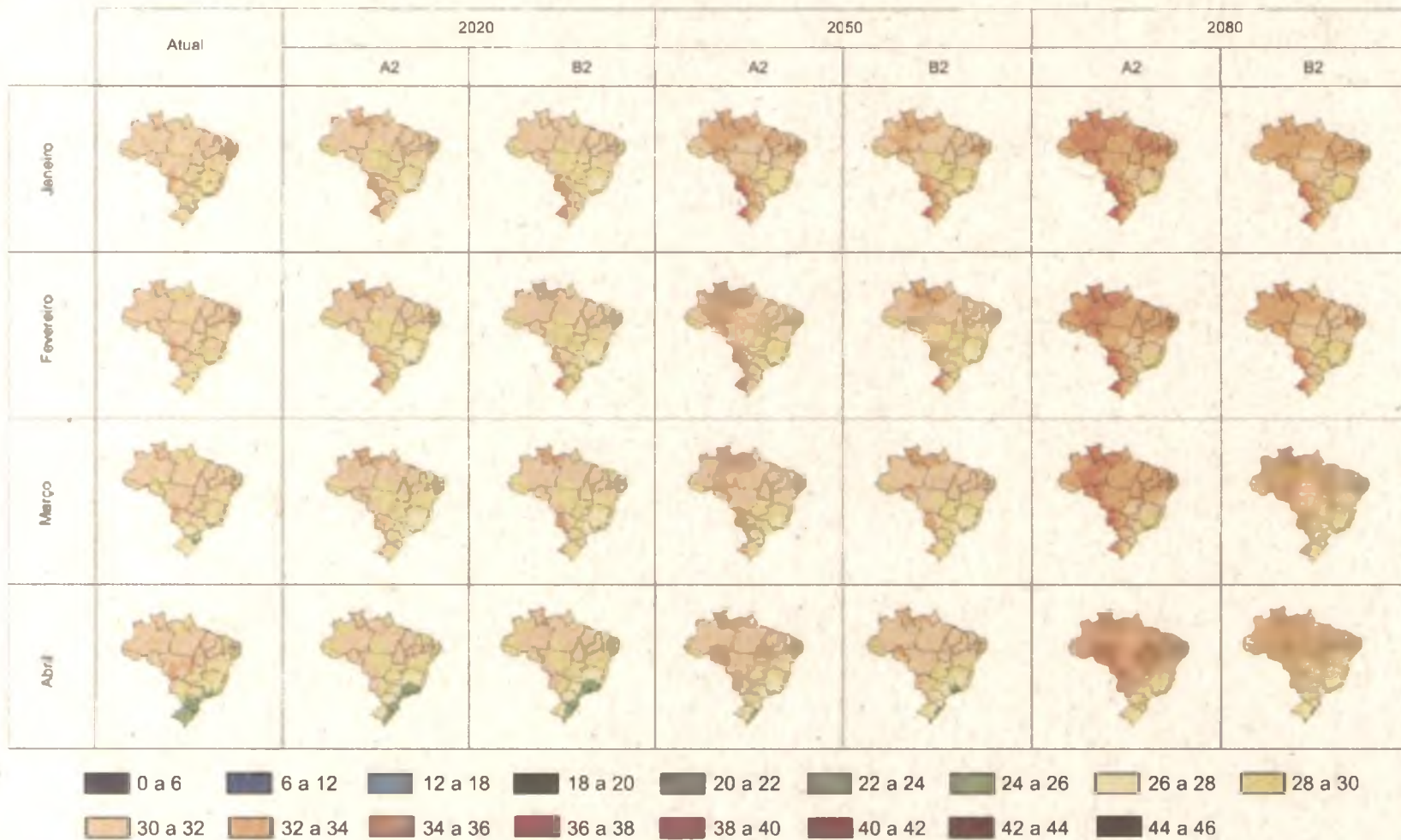


Fig. 20. Temperatura máxima (°C) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

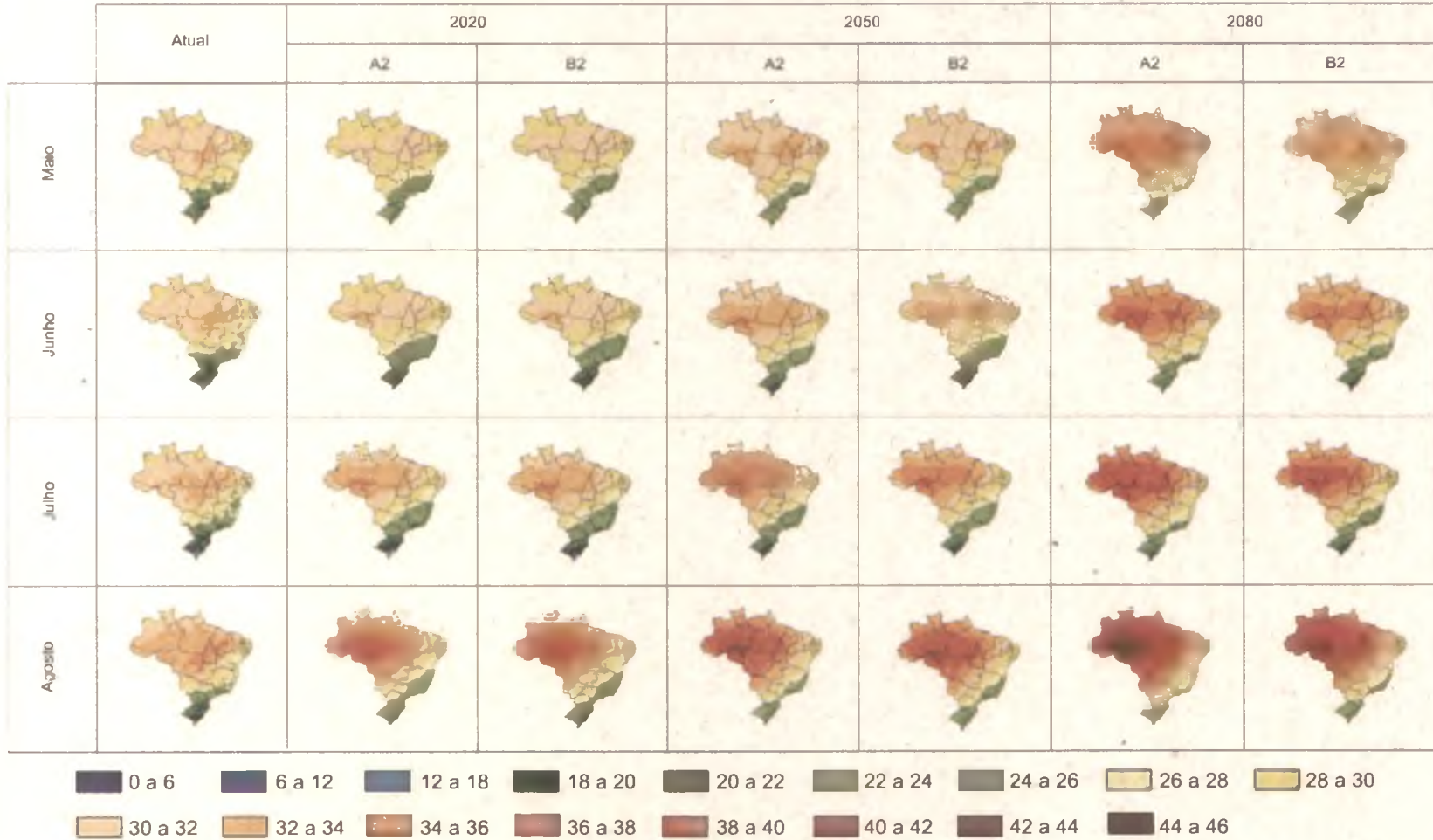


Fig. 21. Temperatura máxima (°C) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

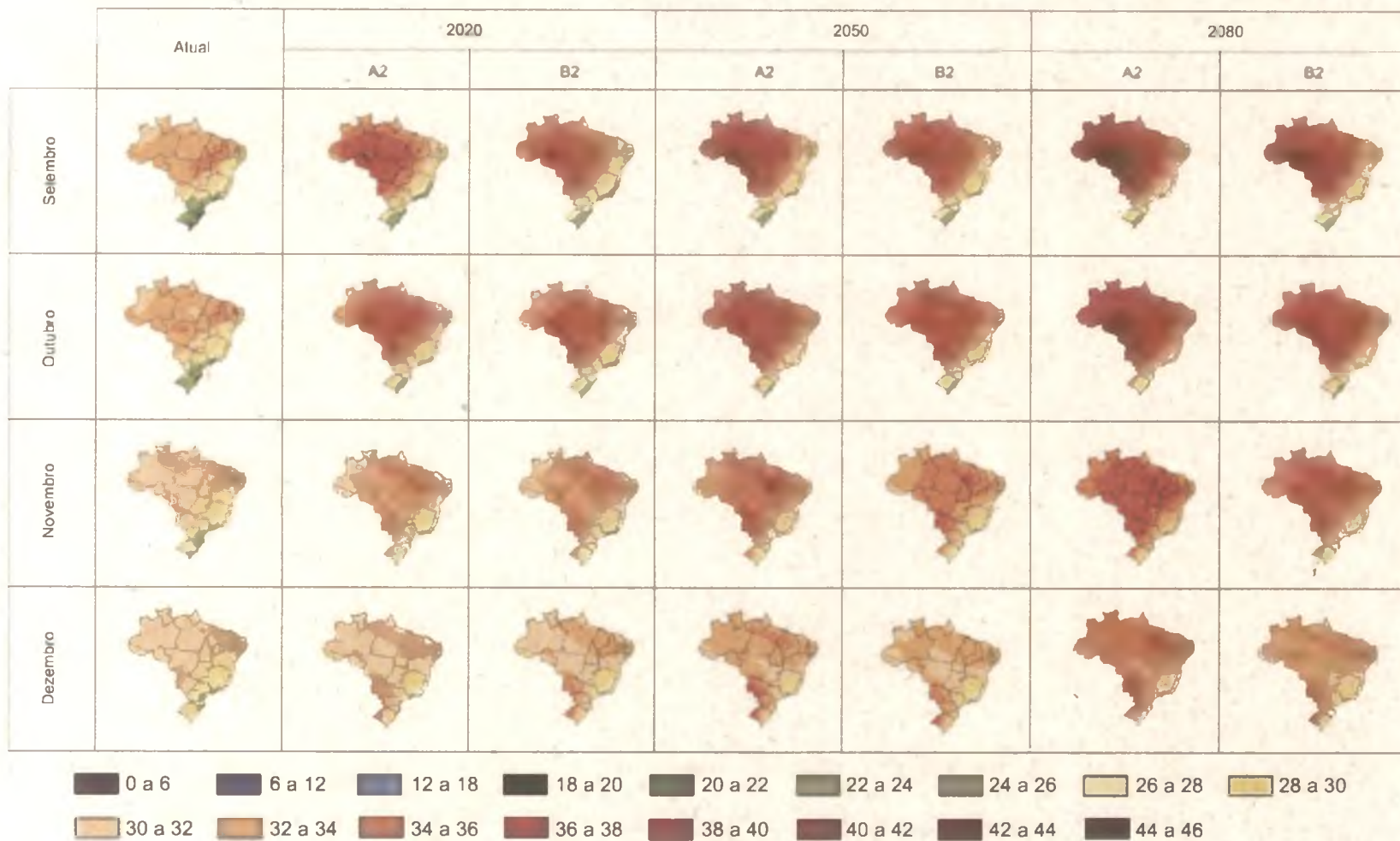


Fig. 22. Temperatura máxima (°C) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

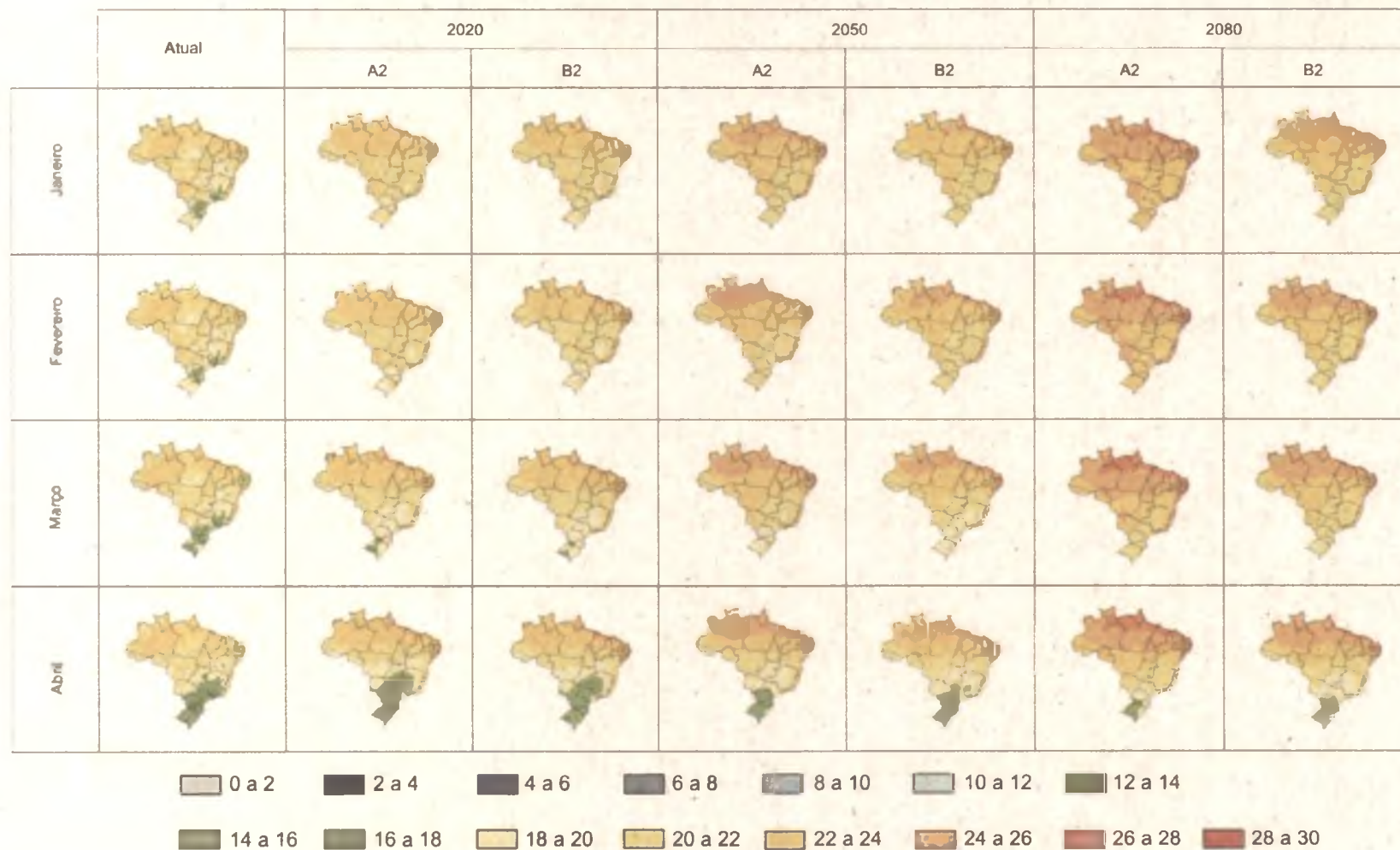


Fig. 23. Temperatura mínima (°C) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

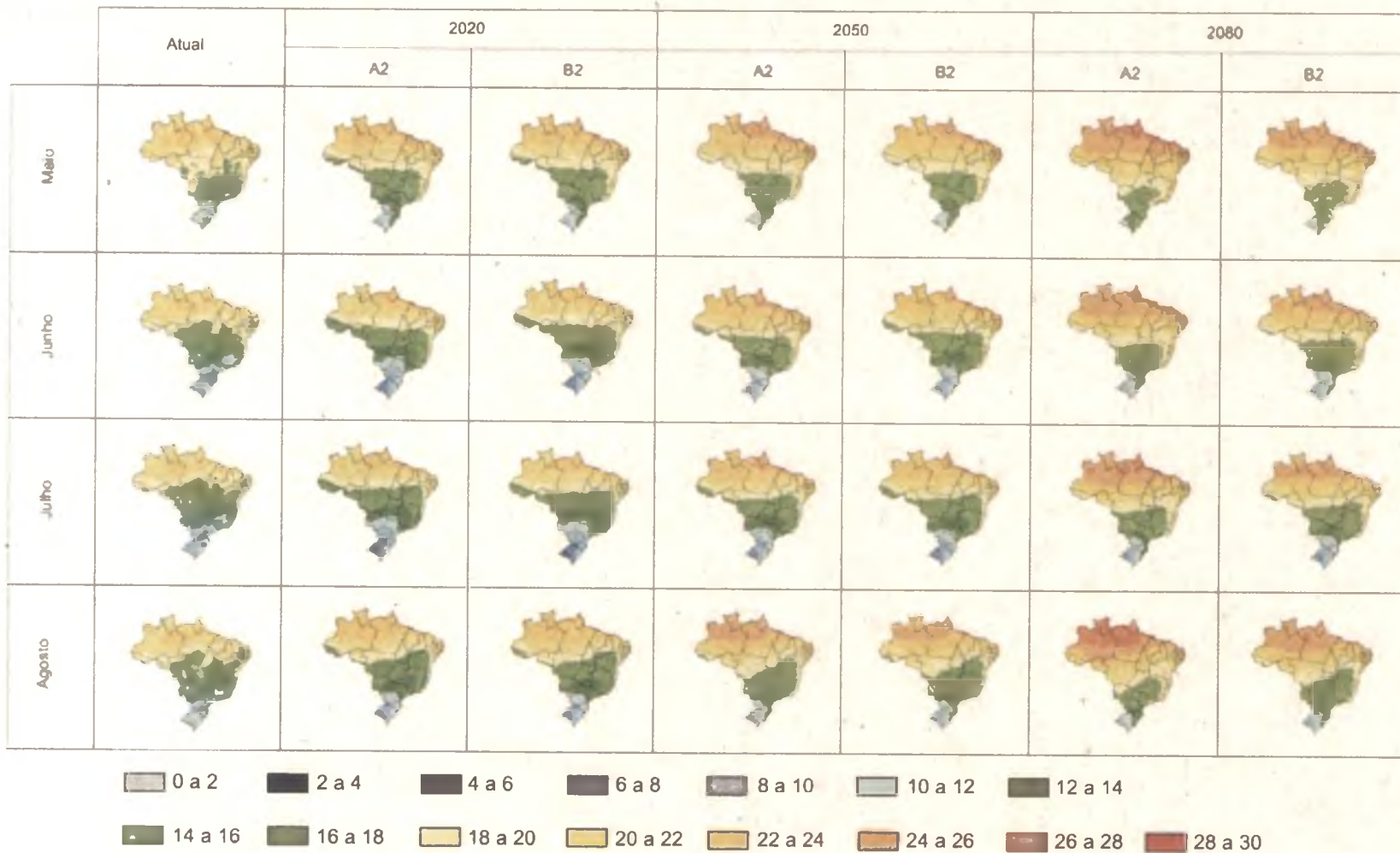


Fig. 24. Temperatura mínima (°C) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



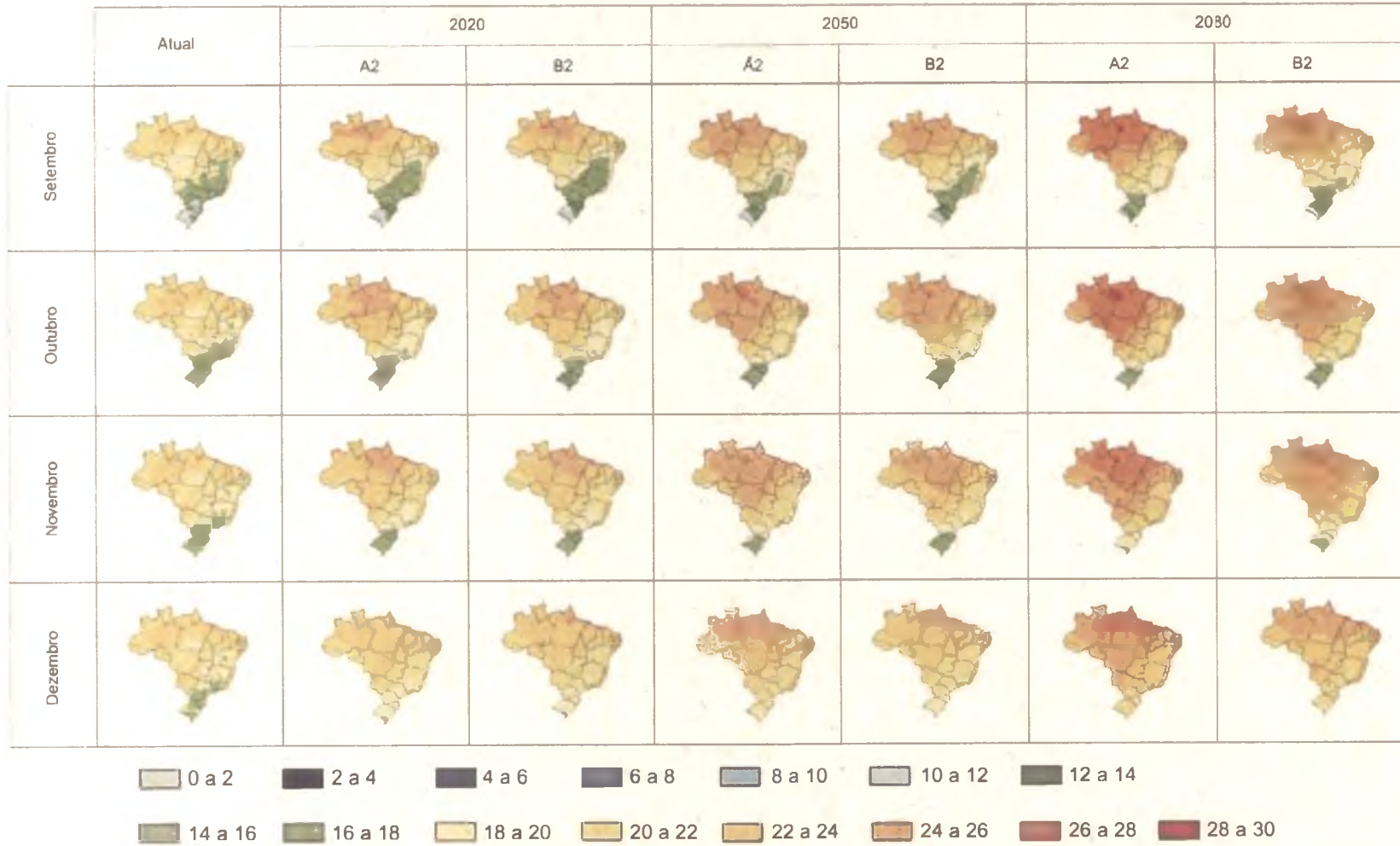
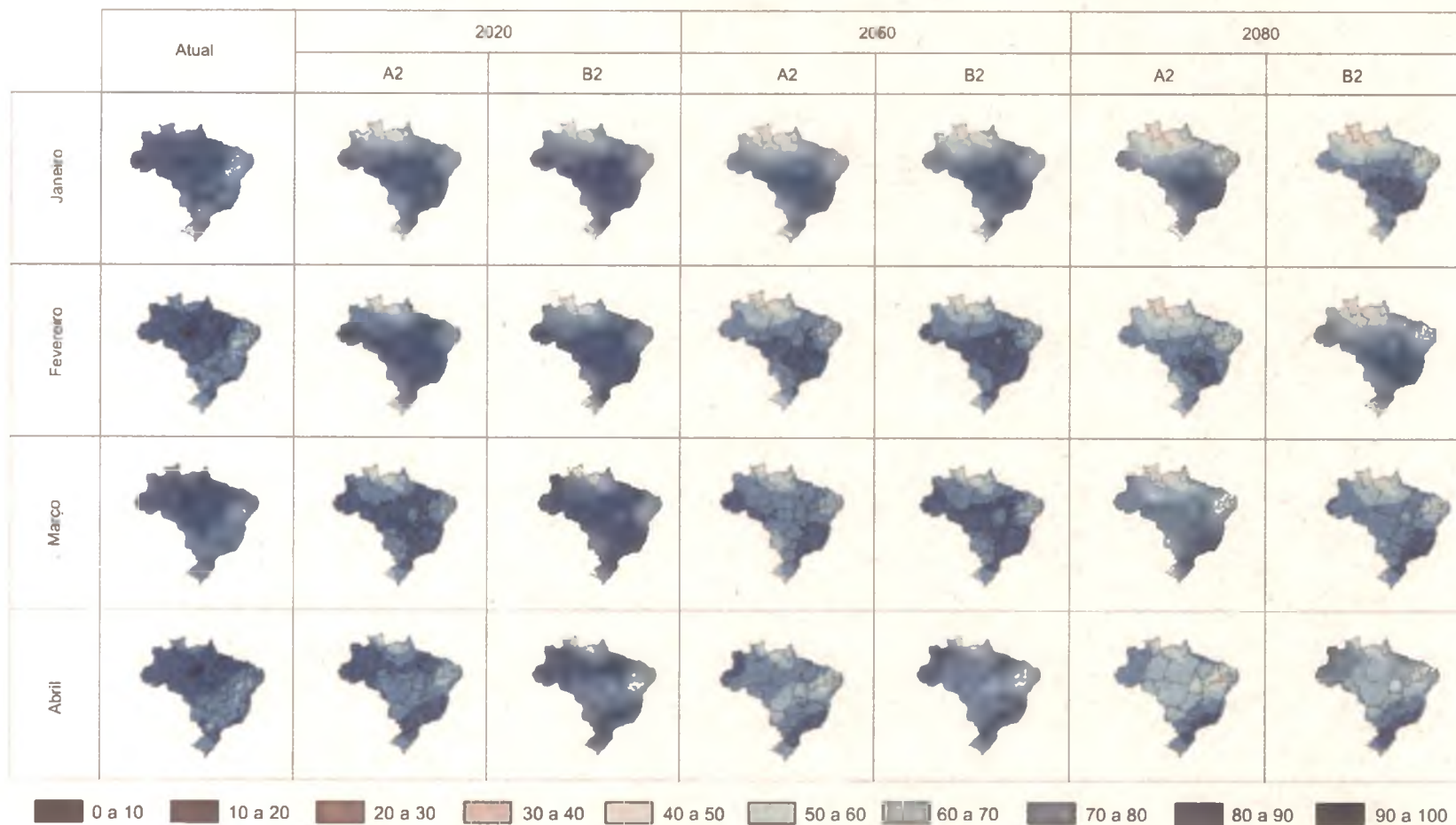


Fig. 25. Temperatura mínima (°C) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



**Fig. 26.** Umidade relativa (%) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

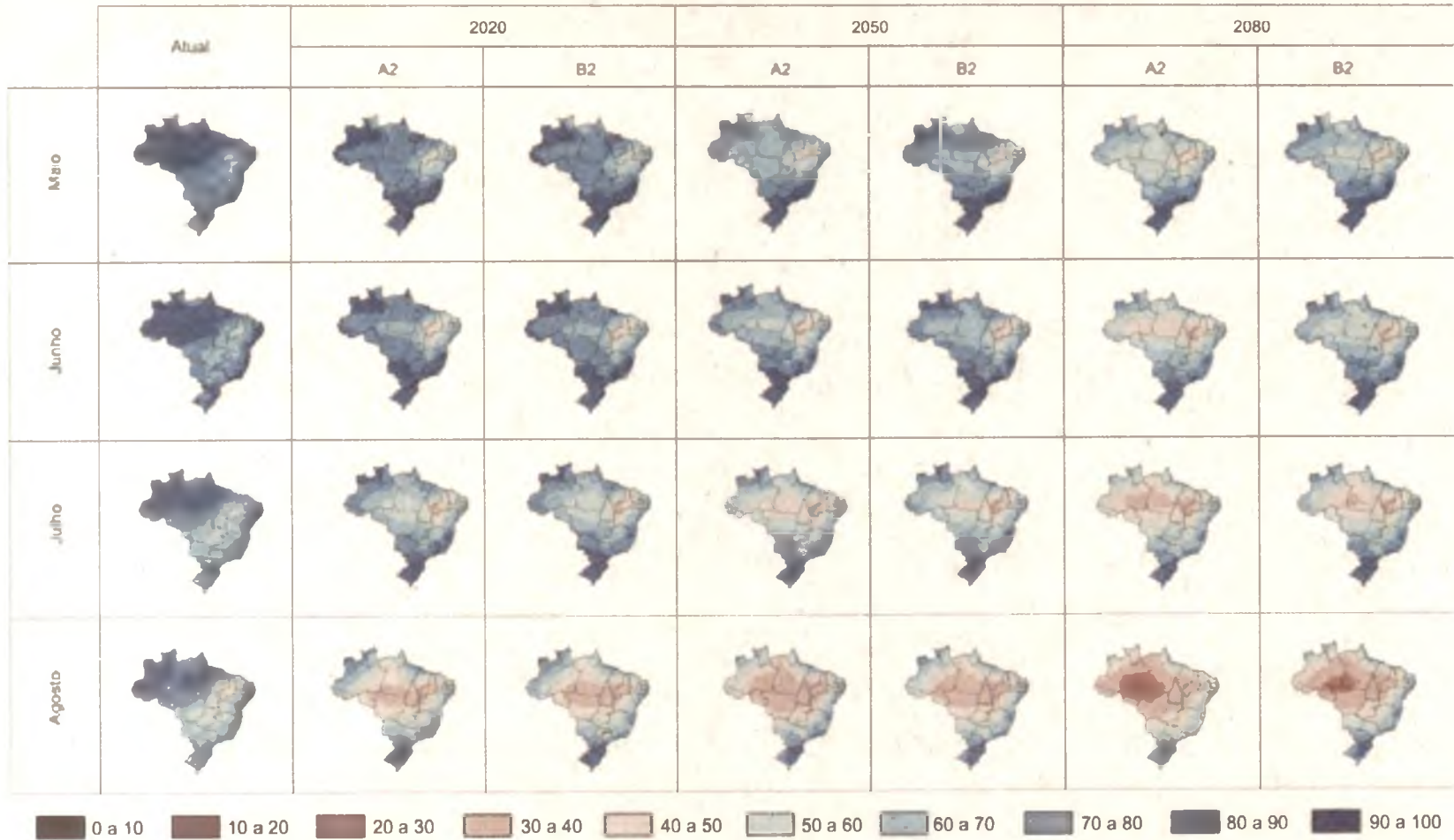


Fig. 27. Umidade relativa (%) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

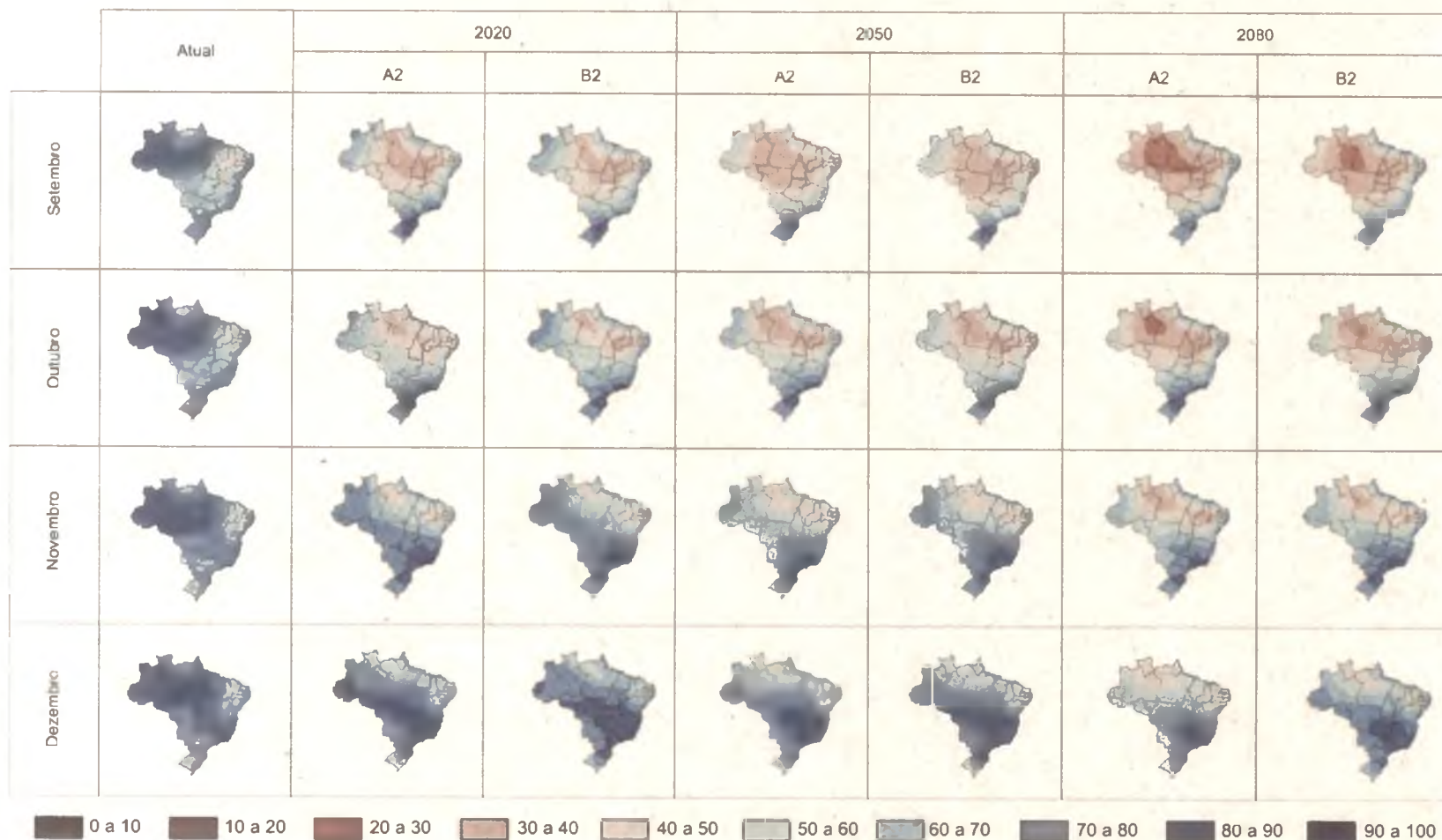


Fig. 28. Umidade relativa (%) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

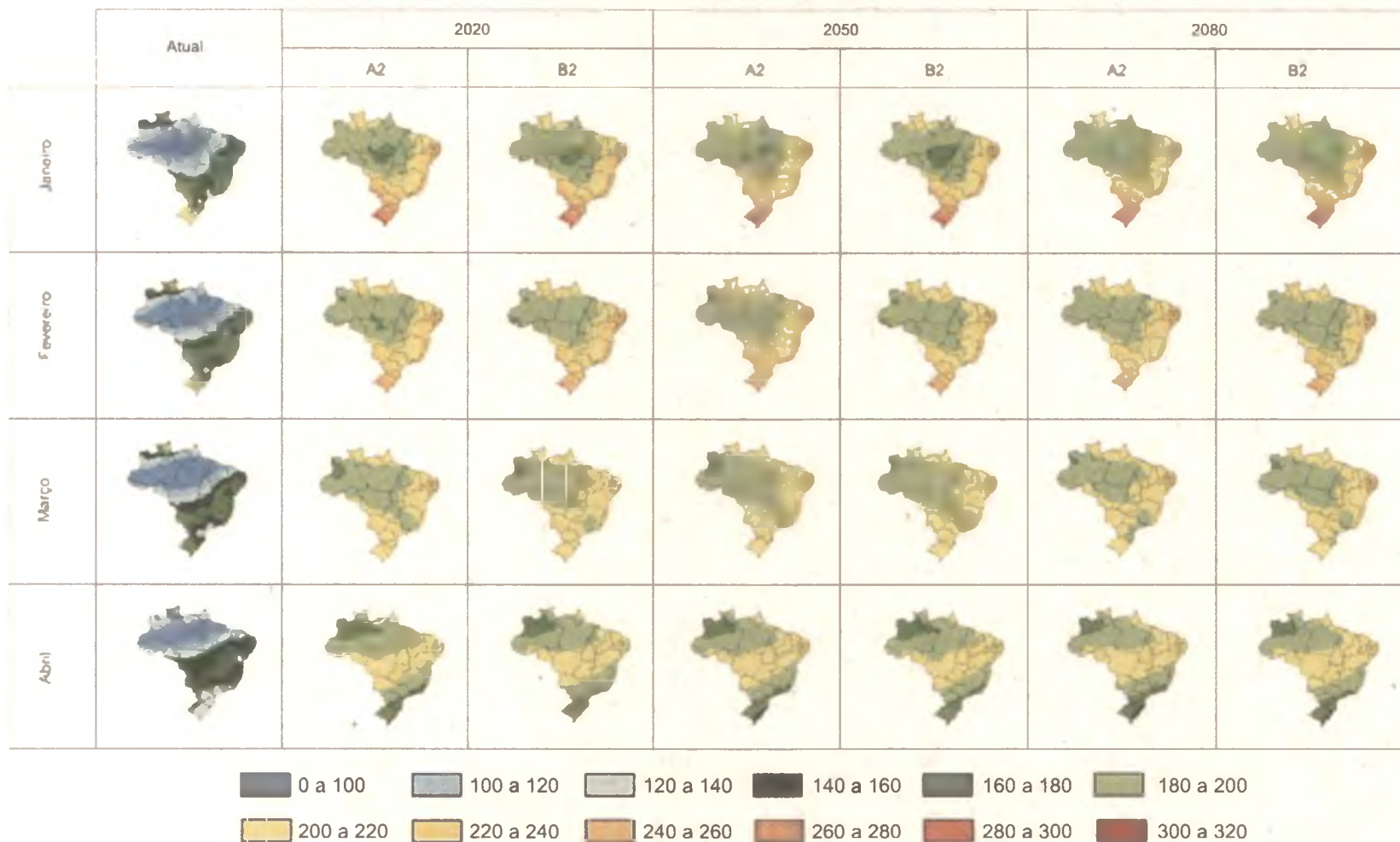


Fig. 29. Radiação solar ( $W/m^2$ ) de janeiro, fevereiro, março e abril para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

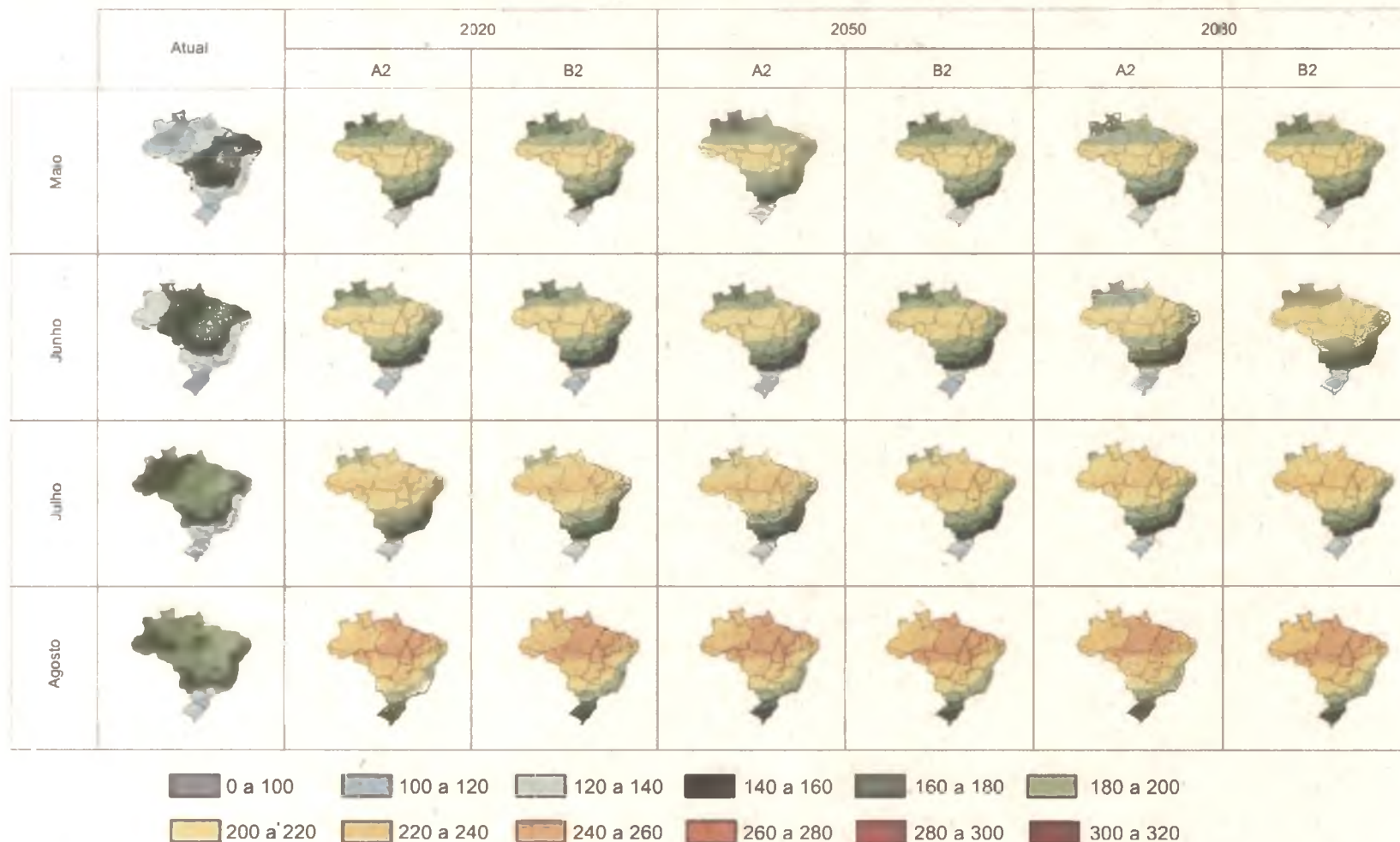
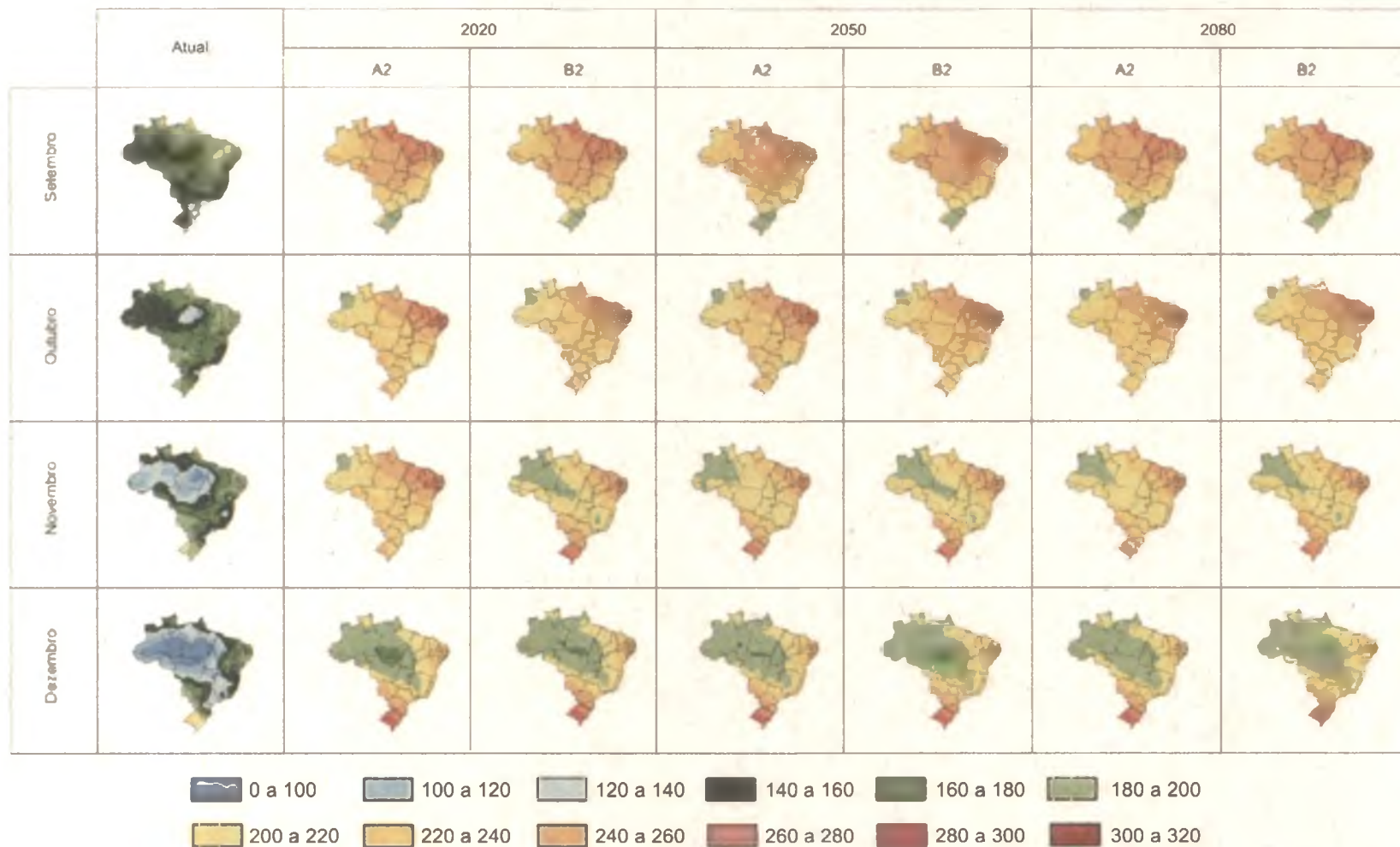


Fig. 30. Radiação solar ( $W/m^2$ ) de maio, junho, julho e agosto para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.



**Fig. 31.** Radiação solar ( $W/m^2$ ) de setembro, outubro, novembro e dezembro para o cenário atual (1961 a 1990) e os cenários A2 e B2 e anos de 2020, 2050 e 2080.

## Referências

- BARROS, V. Cambio climático. In: BARROS, V.; MENÉNDEZ, Á.; NAGY, G. (Ed.). **El cambio climático en el río de la Plata**. Buenos Aires: CIMA/CONICET/UBA, 2005. p. 3-12.
- BOUWER, L. M.; AERTS, J. C. J. H.; COTERLET, G. M. van de; GIESEN, N. van de; GIESKE, A.; MANNAERTS, C. Evaluating downscaling methods for preparing global circulation model (GCM) data for hydrological impact modelling. In: AERTS, J. C. J. H.; DROOGERS, P. (Ed.). **Climate change in contrasting river basins: adaptation strategies for water, food and environment**. Wallingford: CAB, 2004. p. 25-47.
- CAMILLONI, I.; BIDEGAIN, M. Escenarios climáticos para el siglo XXII. In: BARROS, V.; MENÉNDEZ, Á.; NAGY, G. (Ed.) **El cambio climático en el río de la Plata**. Buenos Aires: CIMA/CONICET/UBA, 2005. p. 33-39.
- CAVAGNARO, T.; JACKSON, L.; SCOW, K. **Climate change: challenges and solutions for California agricultural landscapes**. 2006. (White Paper). 107 p. Disponível em: <[www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-500-2005-189/CEC-500-2005-189-SF.PDF](http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-500-2005-189/CEC-500-2005-189-SF.PDF)>. Acesso em: 25 abr. 2006.
- HULME, M.; SHEARD, N. **Cenários de alterações climáticas para o Brasil**. Norwich: Climatic Research Unit, 1999. 6 p.
- IPCC. **Climate change 2001: the scientific basis: summary for policymakers**. Geneva, 2001. 20 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2006.
- IPCC. **Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers**. Geneva, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2007.
- IPCC. **Emission scenarios: summary for policymakers**. Geneva, 2000. 20 p. (IPCC Special Report). Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pub/sres-e.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2006.
- IPCC. **IPCC SRES climate scenarios: the IPCC Data Distribution Centre**. Disponível em: <[http://www.ipcc-data.org/sres/gcm\\_data.html](http://www.ipcc-data.org/sres/gcm_data.html)>. Acesso em: 26 abr. 2006.
- IPCC. **The SRES emission scenarios: the IPCC Data Distribution Centre**. Disponível em: <<http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/sres/index.html>>. Acesso em: 1 mar. 2005.
- MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 1-18, 2001.
- MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definições das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 212 p.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SALATI, E.; AMBRIZZI, T. **Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI: sumário técnico**. Brasília, DF: MMA, SBF, DCBio, 2007. 50 p.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Impacto das mudanças climáticas no Brasil e possíveis futuros cenários climáticos: síntese do terceiro relatório do IPCC. In: TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (Ed.). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 209-242.
- NOBRE, C. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: **MUDANÇA do clima: volume I: negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. p. 147-216. (Cadernos NAE, 3).
- NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D.; OYAMA, M. D. Mudança ambiental no Brasil: o impacto do aquecimento global nos ecossistemas da Amazônia e na agricultura. São Paulo: **Scientific American Brasil**, São Paulo, n. 12, p. 70-75, 2005. (Especial Aquecimento).



- OLIVEIRA, E. de; FERNANDES, F. T.; CASELA, C. R.; PINTO, N. F. J. de A.; FERREIRA, A. da S. Diagnose e controle de doenças na cultura do milho. In: GALVAO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. cap. 7, p. 227-267.
- OLIVEIRA, E. de; OLIVEIRA, A. C. Incidência de Enfezamento e de Maize Rayado Fino Virus em milho em diferentes épocas de plantio e relação entre a expressão de sintomas foliares dos Enfezamentos e produção. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 3, p. 221-224, jul./set. 2003.
- OLIVEIRA, E. de; OLIVEIRA, C. M. (Ed.). **Doenças em milho: moliçutes, vírus, vetores, mancha por *Phaeosphaeria***, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 276 p.
- PACCOLA-MEIRELLES, D. L.; FERREIRA, A. S.; MEIRELES, W. F.; MARRIEL, I. E.; CASELA, C. R. Detection of a bacterium associated with a Leaf Spot Disease of maize in Brazil. **Journal Phytopathology**, Berlin, v. 149, p. 275-279, 2001.
- PINTO, N. F. J. A. Doenças do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 72, p. 50-53, 1980.
- PINTO, N. F. J. A. Incidência de grãos ardidos em cultivares de milho precoce. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 27, n. 4, p. 433-460, 2001.
- PINTO, N. F. J. A.; FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. Milho (*Zea mays* L.): controle de doenças. In: VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: grandes culturas**. Viçosa : UFV, 1997. cap. 17, p.821-863.
- RANE, M. S.; PAYAK, M. M.; RENFRO, B. L. A. ***Phaeosphaeria* leaf spot of maize**. [New Delhi]: Indian Phytopathological Society, 1965. 10 p. (Bulletin, 3).
- REIS, E. M.; CASA, R. T.; BRESOLIN, A. C. R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. 2. ed. rev. atual. Lages: Graphel, 2004. 144 p.
- SHURTLEFF, M. C. **Compendium of corn diseases**. 2th ed. St. Paul: APS, 1986. 10 p.