

Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país

CARLOS A. NOBRE

INTRODUÇÃO

Os vários cenários de mudanças climáticas para o país, em função dos diversos cenários de emissões de gases do efeito estufa (GEE, principalmente o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, CO₂, CH₄ e N₂O, respectivamente) para os próximos 100 anos, indicam a possibilidade de impactos climáticos significativos. No cenário *business as usual* de crescimento das emissões dos gases de efeito estufa, os modelos climáticos computacionais sugerem que poderá ocorrer aquecimento de 4 a 6 °C em partes do país (principalmente na Amazônia) ao final do século. Há, ainda, muita incerteza com relação às possíveis mudanças na precipitação pluviométrica e quanto às modificações na frequência de extremos climáticos (secas, inundações, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc). A recente crise energética, por um lado, desnudou a dependência da matriz energética do país de seus recursos hídricos e, portanto, da variabilidade das chuvas, e, por outro lado, sugere a construção de dezenas de termelétricas como alternativa para diminuir esta dependência. A implementação deste plano fará com que aumentem as emissões de GEE do país por queima de combustíveis fósseis. É digno de nota que as crises energéticas no Brasil e em partes dos EUA, que são tipicamente de curto prazo, estão colocando a oferta de energia como prioridade estratégica e colocando as preocupações ambientais num relativo segundo plano. Parece, cada vez mais certo, que ações resolutas para a diminuição das emissões de GEE somente acontecerão após a ocorrência de alguma “surpresa” climática, principalmente, se tal surpresa climática se der nos países desenvolvidos.

CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS PARA O PAÍS

A continuar o padrão atual de emissões de gases de GEE para a atmosfera resultantes de ações antrópicas, há altíssima probabilidade que

haverá mudanças climáticas globais de grande magnitude ocorrendo nos próximos 100 anos¹. Entre elas, as mais significativas para o país são o aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos tais como secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc. Evidências científicas recentes apontam para uma intensificação da variabilidade climática associada a eventos El Niño/La Niña em função do aumento do efeito estufa. O previsto aumento do nível médio do mar poderá trazer conseqüências para os ecossistemas e populações humanas nas áreas costeiras e nas áreas ribeirinhas que sofrem a influência das marés.

No Brasil, análises das observações de temperatura (Figs. 1 e 2) indicam pequeno aumento das temperaturas do ar à superfície durante o Século XX, compatíveis com o aquecimento global experimentado pelo planeta. No concernente às precipitações pluviométricas, não há indicação clara de mudança e o que se observa é variabilidade climática nas escalas interanual e interdecadal. A variabilidade interanual está relacionada a variações nas interações dos oceanos tropicais com a atmosfera, sendo o exemplo mais conhecido o fenômeno de aquecimento (El Niño) e resfriamento (La Niña) das águas do Oceano Pacífico Equatorial.

Dado um cenário de emissões de GEE do presente até, digamos, 2100, usualmente utilizam-se modelos climáticos globais² para se estimar as mudanças climáticas globais que possam ocorrer. Desta maneira, geram-se cenários de alterações climáticas globais consistentes com um dado cenário de emissões de GEE. Vários centros meteorológicos avançados, que dispõem de modelos climáticos complexos, rotineiramente realizam

¹ A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, estabelecida no Rio de Janeiro em 1992 e, decorrente da Convenção, o Protocolo de Quioto, de 1997, prevêem a estabilização e mesmo redução dos gases de efeito estufa em nível mundial. Entretanto, a Convenção previa a estabilização das emissões, em 2000, aos níveis de 1990, porém isto não somente não aconteceu, como, ao contrário, as emissões continuaram a crescer tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento, exceção feita às repúblicas que compõem a ex-URSS onde as emissões foram reduzidas devido ao colapso econômico.

² Modelos climáticos globais nada mais são do que longos programas de computador ("código computacional") onde se resolvem numericamente aproximações das equações matemáticas que representam as Leis Físicas (leis de conservação da quantidade de movimento, de massa, de energia, de água na atmosfera e de sal no oceano, lei do gás ideal para a atmosfera). Estas Leis regem os movimentos na atmosfera e as correntes nos oceanos, a interação entre estes dois fluidos e a interação da atmosfera com a vegetação. Os cálculos são feitos dividindo-se a atmosfera e os oceanos em "volumes elementares" ("discretização"), normalmente da ordem de algumas centenas de quilômetros na horizontal para a atmosfera e de 50 a 200 km para os oceanos e de centenas de metros a poucos quilômetros na vertical tanto no oceano como na atmosfera. Os cálculos são feitos em intervalos finitos de tempo, normalmente de 30 minutos a 1 hora. Estes modelos possuem representações físicas de como a radiação visível e infravermelha (térmica) interage com as moléculas presentes na atmosfera (principalmente, N₂, O₂, O₃, H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, clorofluocarbonos, CFC), com as nuvens (gotículas d'água) e com os aerossóis. Deste maneira, é possível simular o efeito de aumentar-se a concentração de GEE. Estes cálculos são realizados para simular o comportamento do sistema climático por séculos, demandando supercomputadores de altíssimo desempenho. Versões mais completas de modelos climáticos apresentam representações do ciclo de carbono, central à questão do aquecimento global, na atmosfera, nos oceanos e no solo-vegetação.

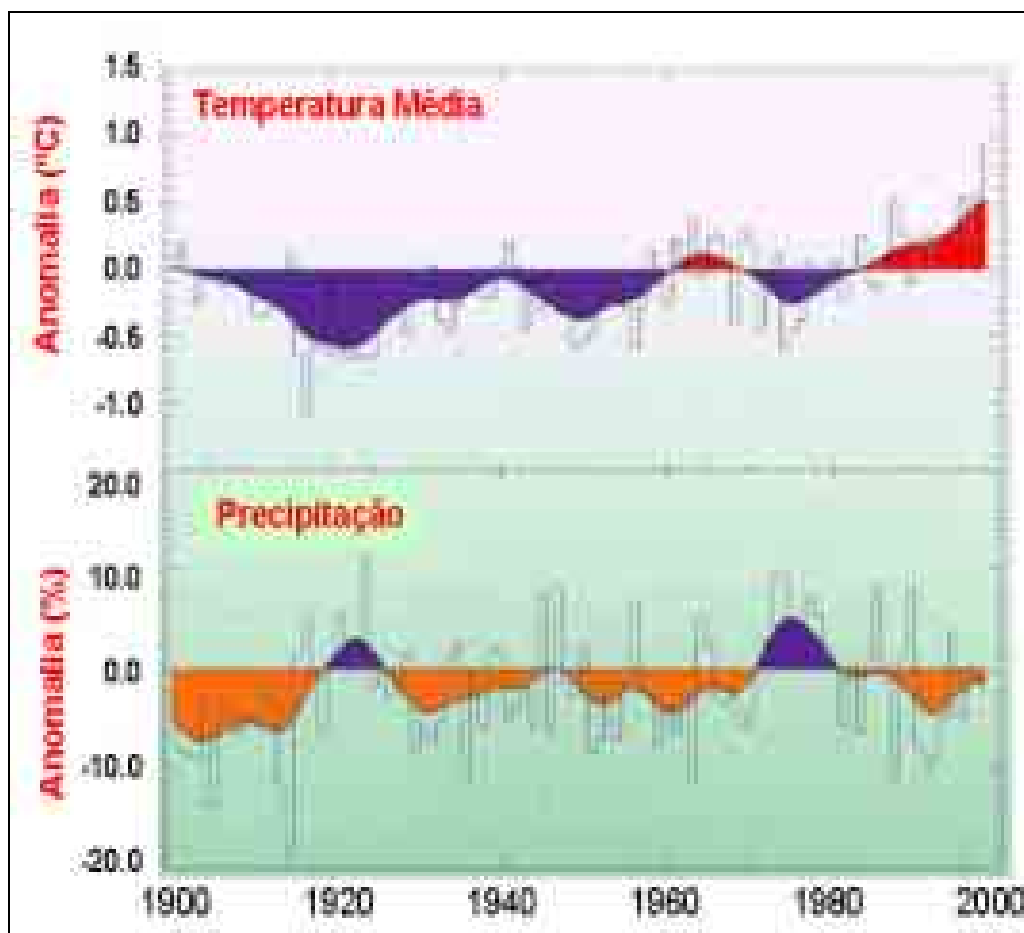


Figura 1. Variação da temperatura média anual, 1901-1998 (painel superior), e da precipitação anual, 1901-1998 (painel inferior), no Brasil. A variação é relativa às médias do período 1961-90 (com valores médios de 25,0°C e 1780mm, respectivamente). Hulme, M. e Sheard, N. (1999) Cenários de Alterações Climáticas para o Brasil Climatic Research Unit, Norwich, Reino Unido, 6pp.

este tipo de simulação. Recentemente, o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) concluiu um estudo sobre cenários de emissões (IPCC, 2000) e, baseado nestes e em resultados de 11 simulações com modelos climáticos globais cobrindo, pelo menos, o período de 1870 a 2100, foram elaborados cenários de alterações climáticas para várias regiões do planeta, incluindo cenários para o norte e para o sul da América do Sul (Carter and Hulme, 2000).

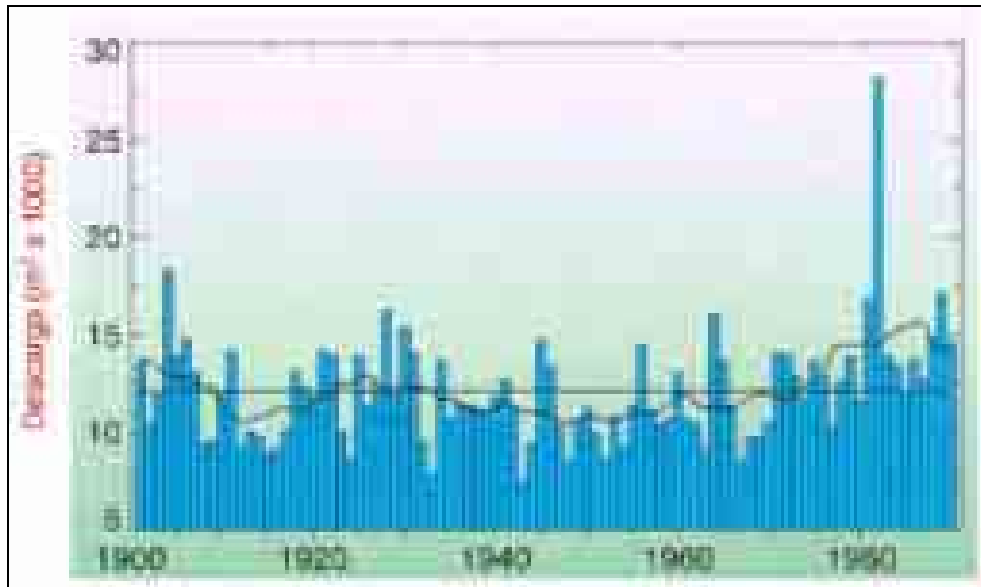


Figura 2. Vazão anual do rio Paraná, 1901-1990, registrada em Pousadas (Sul do Brasil, 27,50°S, 26,00°W)
 Hulme, M. e Sheard, N. (1999) Cenários de Alterações Climáticas para o Brasil Climatic Research Unit, Norwich, Reino Unido, 6pp

O estudo do IPCC sobre cenários futuros de emissões elaborou várias famílias de cenários, correspondendo a possíveis e diferentes trajetórias sócio-econômicas para evolução do planeta no Século XXI. Nas projeções de Carter e Hulme, foram utilizados quatro destes muitos cenários, designados B1, B2, A1 e A2. As mudanças nas emissões de GEE em 2100, em relação às emissões em 2000, variam entre um decréscimo de 4% (cenário B1 de baixas emissões) até um máximo aumento de 320% (cenário A2 de altas emissões, que é próximo do que se convencionou chamar de “business-as-usual”, isto é, as emissões continuam a crescer como nas últimas décadas). A concentração de CO₂ na atmosfera aumenta de um valor de aproximadamente 370 partes por milhão em volume (ppmv) em 1999 para cerca de 550 ppmv em 2100 (cenário B1) e para mais de 830 ppmv (cenário A2), ou seja, cerca de três vezes a concentração antes da era industrial de cerca de 280 ppmv. A concentração dos outros GEE (principalmente CH₄, N₂O, e O₃ troposférico) também aumenta neste cenários. Os demais cenários (B2 e A1) são semelhantes um ao outro e intermediários entre o cenário de baixa emissão (B1) e o cenário de alta emissão (A2).

As projeções do estudo do IPCC para a América do Sul (Figuras 3 a 9) mostram, de modo geral, um aumento de temperatura até 2080 de aproximadamente 1 °C (cenário B1 de baixa emissão) até mais de 6 °C para o norte da América do Sul e cerca de 4 °C para o sul da América do

Sul (cenário A2 de alta emissão) em 2080. Com relação à precipitação, o nível de incerteza é ainda muito grande. Em primeiro lugar, as diversas simulações numéricas não concordam entre si. Para os trimestres MAM, JJA e SON no norte da América do Sul, há simulações que indicam aumento de precipitação, enquanto outras mostram redução. Somente para o trimestre DJF, há predominância de simulações indicando aumento de precipitação. Em termos de magnitudes, as mudanças de precipitação situam-se entre 0 e $\pm 3\%$ para o cenário B1 e entre 0 e $\pm 10\%$ (até + 15% para o trimestre MAM) para o cenário A2 em 2080.

O mesmo se repete para o sul da América do Sul, apesar de que há uma predominância de simulações indicando aumentos de precipitação para os trimestres MAM, JJA e SON e diminuição de precipitações em DJF. O nível de incerteza com relação a mudanças da frequência de ocorrência de extremos climáticos é ainda maior do que para a distribuição das precipitações pluviométricas. Espera-se, no entanto, que, devido ao aumento da temperatura nas camadas atmosféricas próximas à superfície, esta irá reter mais vapor d'água, o que poderá provocar uma "aceleração" do ciclo hidrológico³, possivelmente aumentando a ocorrência de extremos como tempestades severas. Entretanto, apesar da plausibilidade desta hipótese sob o ponto de vista físico, ela necessita ainda ser comprovada.

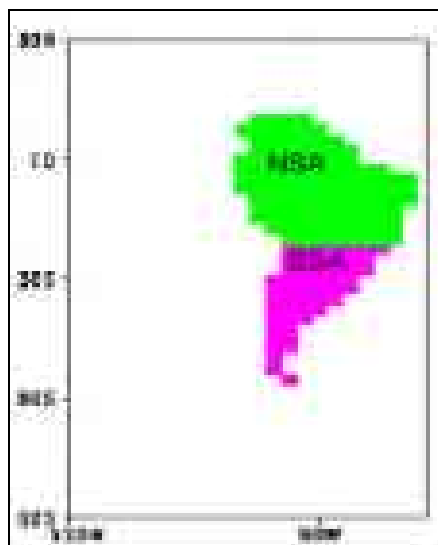


Figura 3A. Mapa mostrando as duas regiões da América do Sul apresentadas nas Figuras 4 e 5. As regiões são definidas na grade do modelo climático HadCMS. Os domínios regionais são ligeiramente diferentes para cada um dos outros modelos climáticos. Adaptado de Carter and Hulme, 2000

³ Esta possível "aceleração" do ciclo hidrológico pode ser ilustrada comparando-se, por exemplo, o clima de inverno e verão no Sudeste do país. Dificilmente ocorrem no inverno tempestades severas, vendavais, chuva de granizo. Já no verão estes são fenômenos comuns porque a temperatura do ar é maior e há muito mais vapor d'água na atmosfera. Portanto, em geral uma atmosfera mais aquecida e com mais vapor d'água irá propiciar maior quantidade destes fenômenos extremos. A razão física para este fato é ilustrada na Fig. 10.

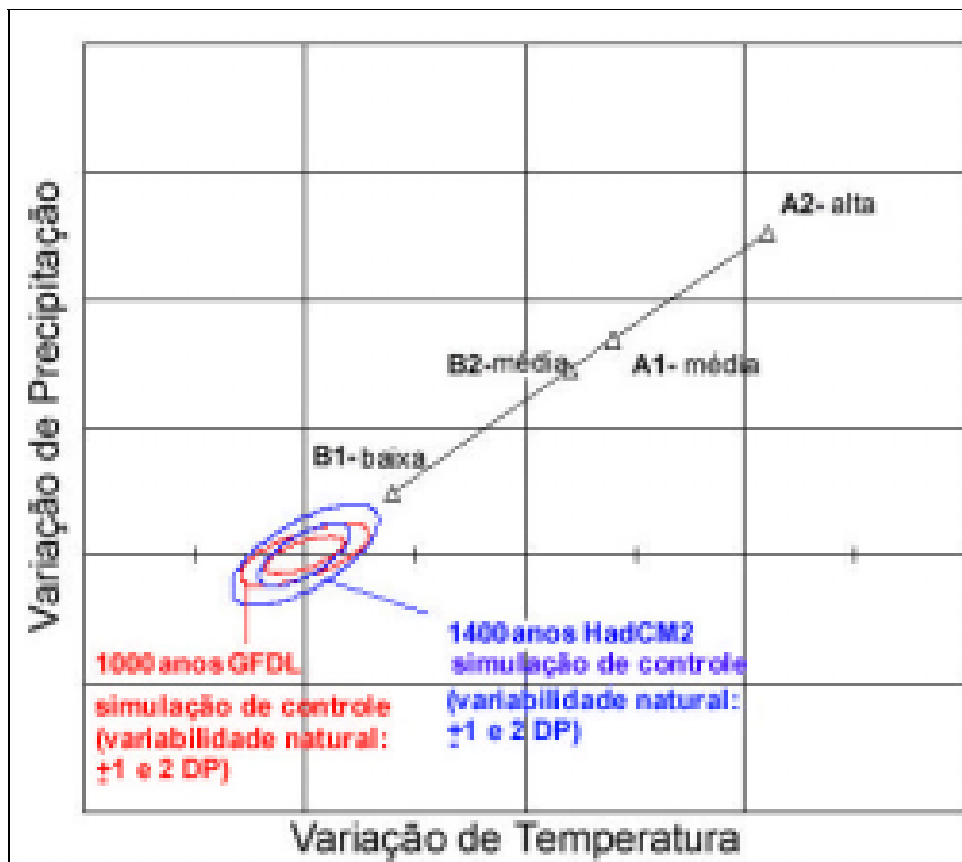


Figura 3B. Características principais dos diagramas de espalhamento (“Scatter Plots”) das mudanças sazonais de temperatura e precipitação para os 4 cenários de emissões SRES. Adaptado de Carter and Hulme, 2000

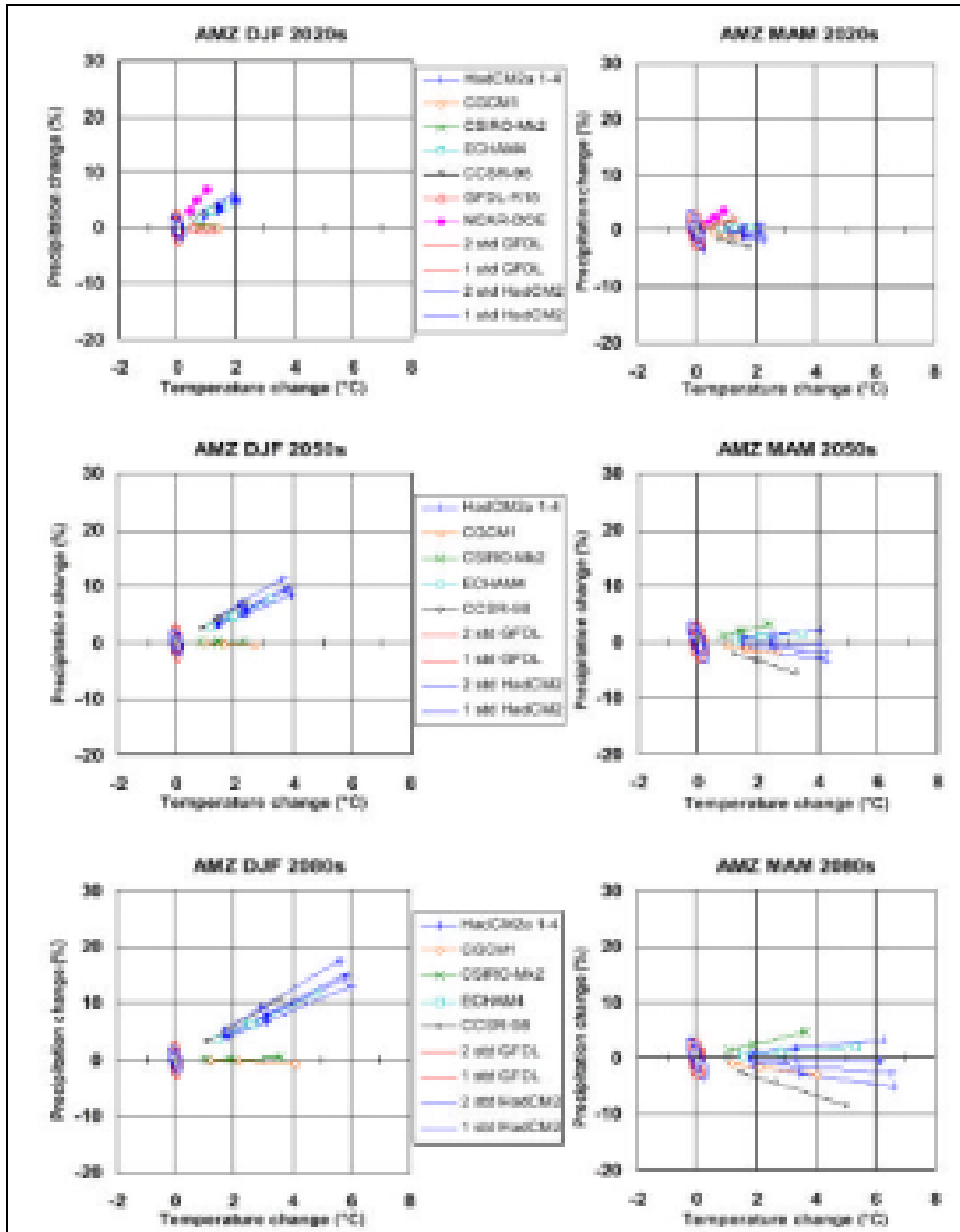


Figura 4. Norte da América do Sul (NAS) - Dezembro-Fevereiro e Março-Maio.
Adaptado de Carter and Hulme, 2000

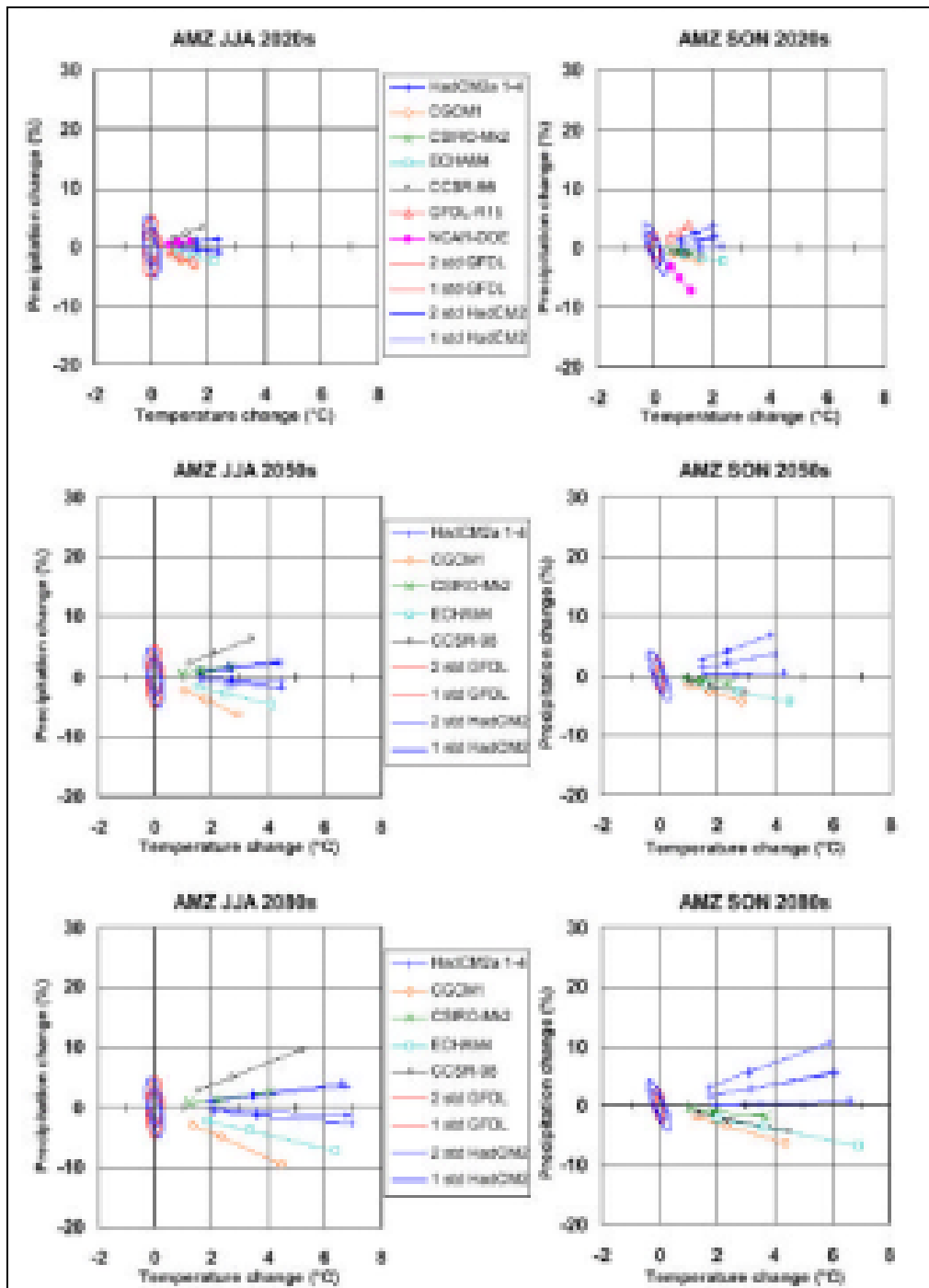


Figura 4A. Norte da América do Sul (NAS) - Junho-Agosto e Setembro-Novembro. Adaptado de Carter and Hulme, 2000

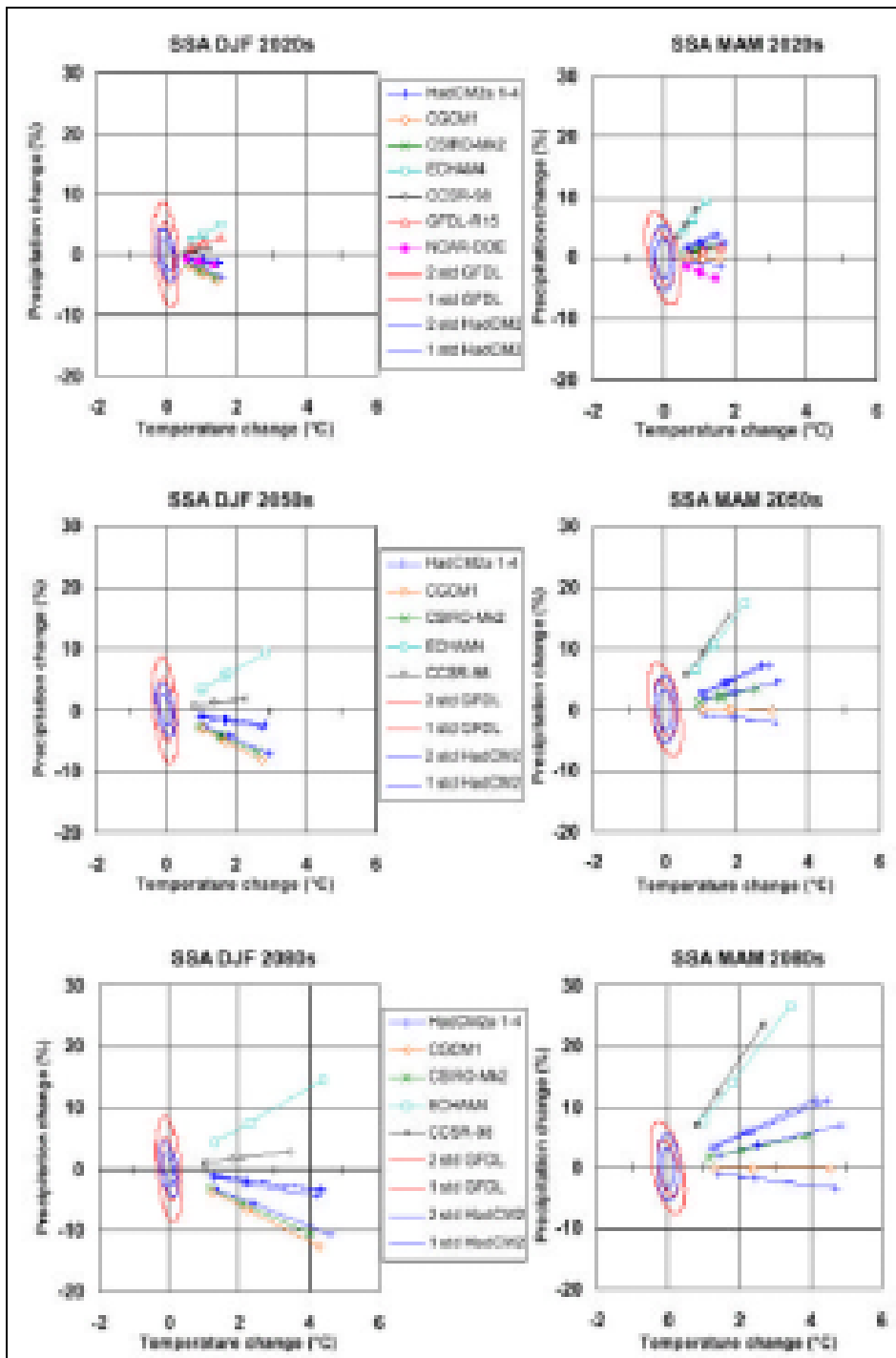


Figura 5. Sul da América do Sul (SAS) - Dezembro-Fevereiro e Março-Maio.
Adaptado de Carter and Hulme, 2000

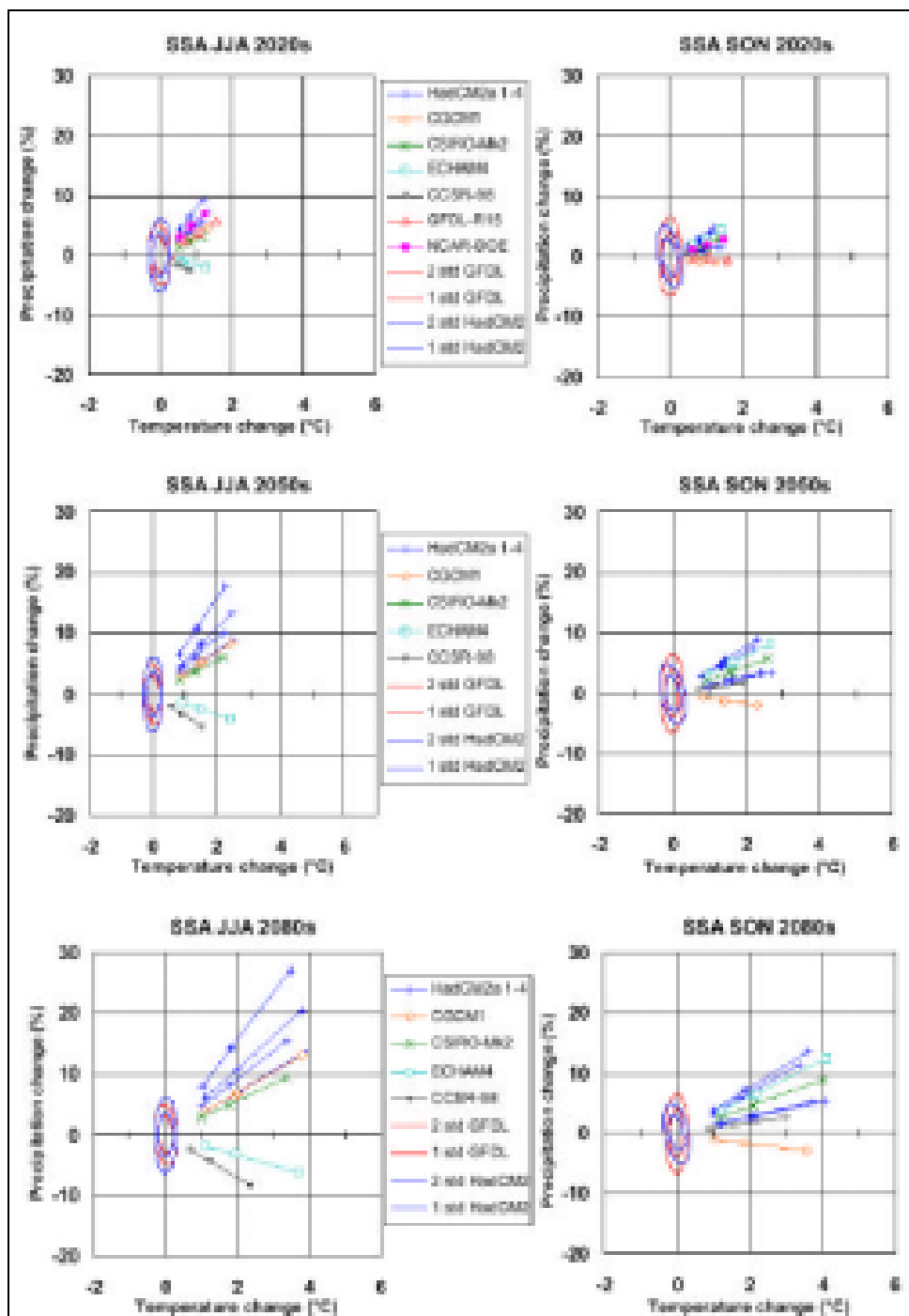


Figura 5A: Sul da América do Sul (SAS) - Junho-Agosto e Setembro Novembro. Adaptado de Carter and Hulme, 2000.

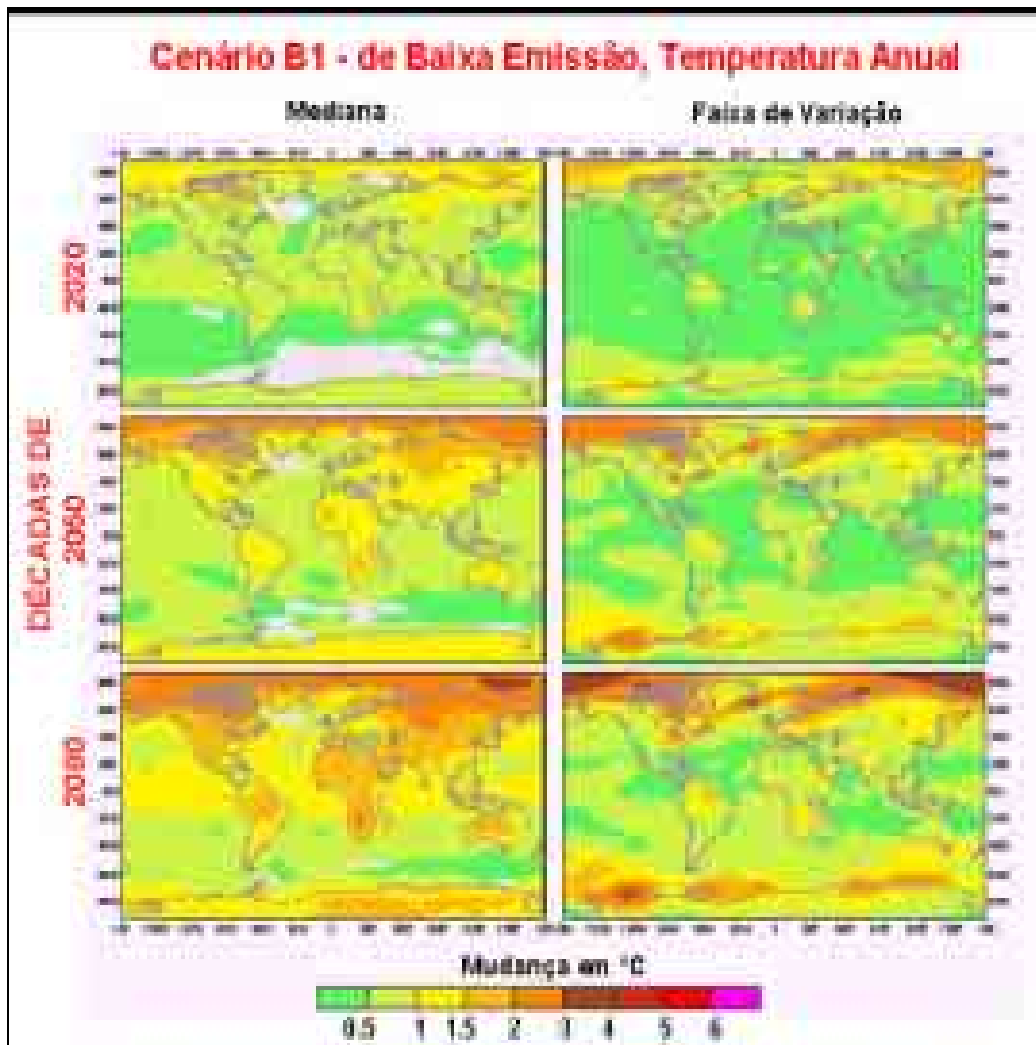


Figura 6. Caracterização das mudanças de temperatura anual com relação a média do período 1961-90 para o cenário B1 de baixa emissão. Mapas para as décadas de 2020 (superior), 2050 (meio) e 2080 (inferior). Os painéis à esquerda mostram as mudanças medianas a partir de resultados de 10 Modelos Climáticos Globais (MCG). Os painéis à direita mostram faixa de variação dos resultados dos diferentes MCG.
Adaptado de Carter e Hulme, 2000.

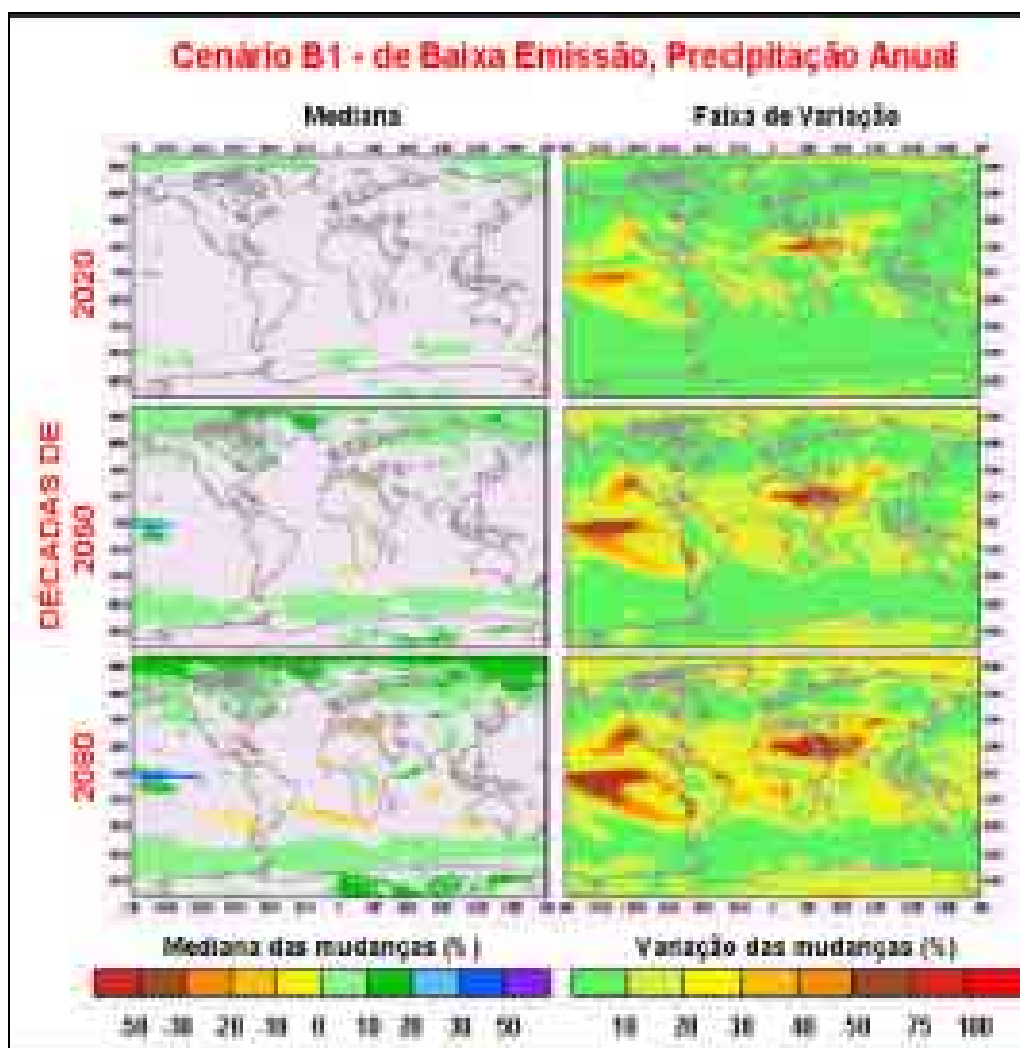


Figura 7. Caracterização das mudanças de precipitação anual com relação a média do período 1961-90 para o cenário B1 de baixa emissão. Mapas para as décadas de 2020 (superior), 2050 (meio) e 2080 (inferior). Os painéis à esquerda mostram as mudanças medianas a partir de resultados de 10 Modelos Climáticos Globais (MCG). Os painéis à direita mostram faixa de variação dos resultados dos diferentes MCG. Adaptado de Carter e Hulme, 2000.

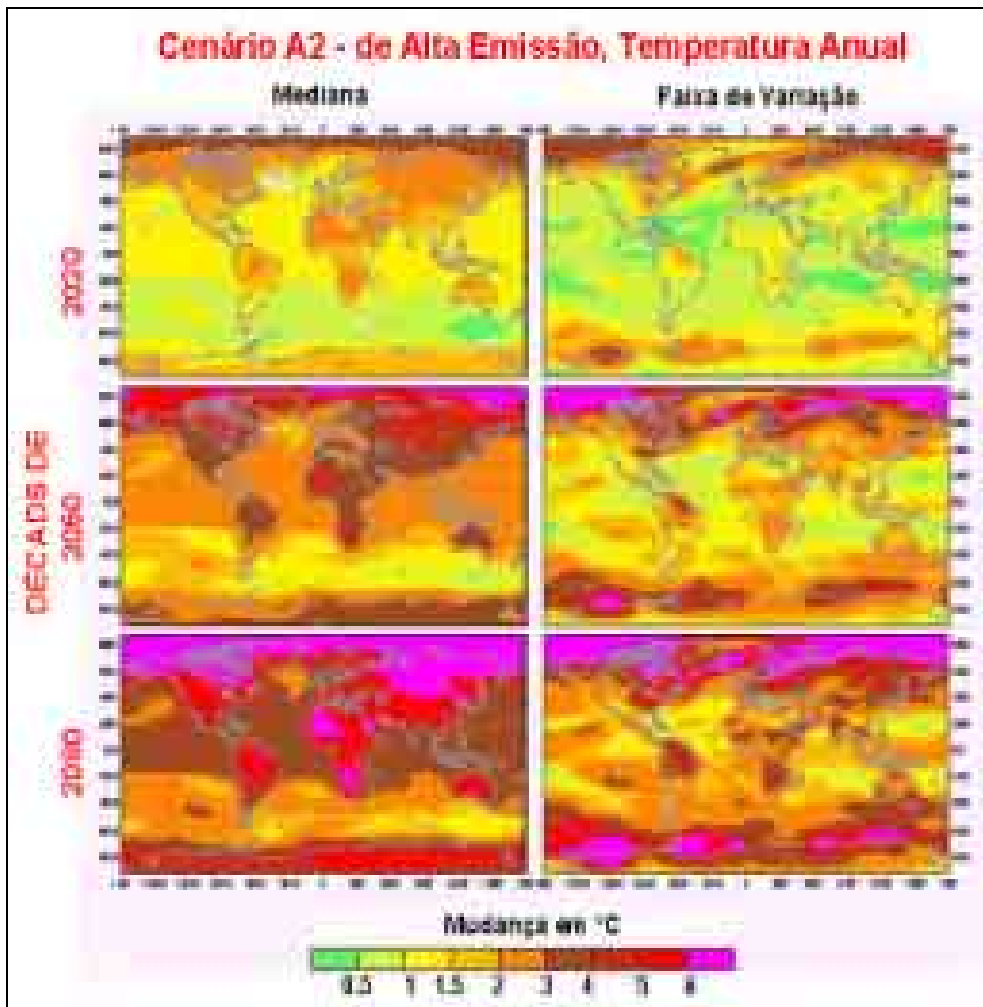


Figura 8. Caracterização das mudanças de temperatura anual com relação a média do período 1961-90 para o cenário A2 de alta emissão. Mapas para as décadas de 2020 (superior), 2050 (meio) e 2080 (inferior). Os painéis à esquerda mostram as mudanças medianas a partir de resultados de 10 Modelos Climáticos Globais (MCG). Os painéis à direita mostram a faixa de variação dos resultados dos diferentes MCG.

Adaptado de Carter e Hulme, 2000.

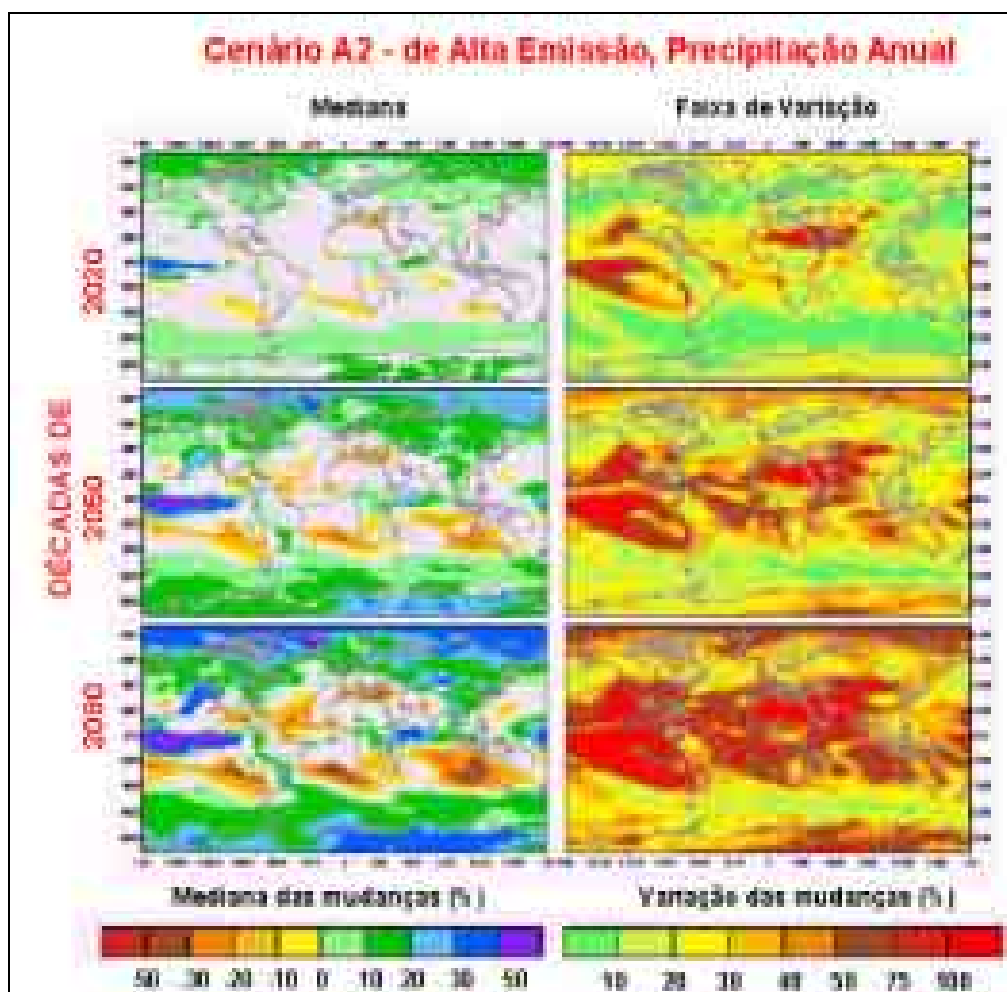


Figura 9. Caracterização das mudanças de precipitação anual com relação a média do período 1961-90 para o cenário A2 de alta emissão. Mapas para as décadas de 2020 (superior), 2050 (meio) e 2080 (inferior). Os painéis à esquerda mostram as mudanças medianas a partir de resultados de 10 Modelos Climáticos Globais (MCG). Os painéis à direita mostram a faixa de variação dos resultados dos diferentes MCG. Adaptado de Carter e Hulme, 2000.

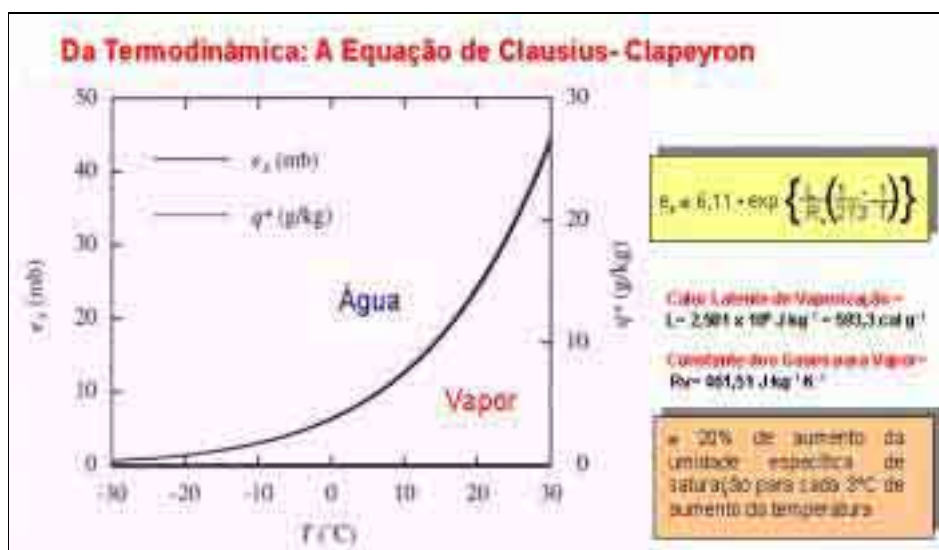


Figura 10. Pressão parcial de vapor d'água e umidade específica de saturação (e_s e q^*) em função da temperatura para pressão padrão (1013, 25 mb)

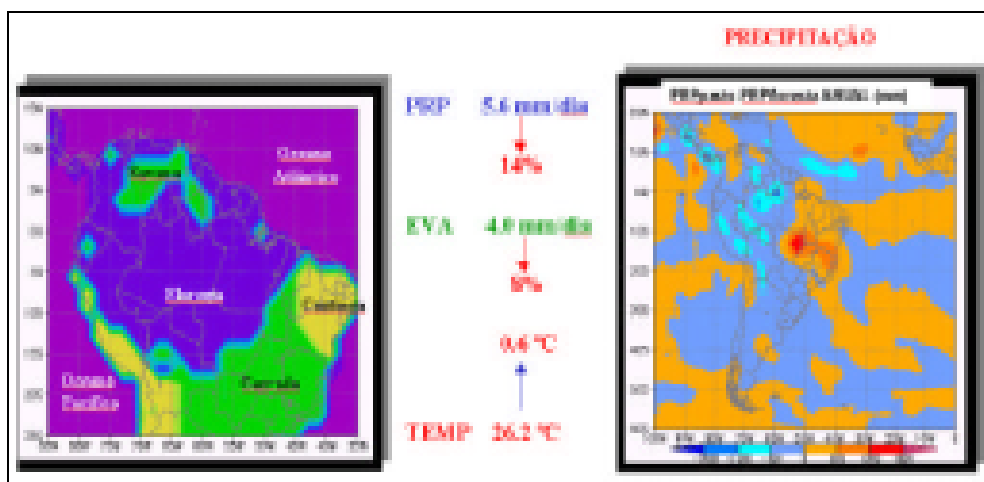


Figura 11A. Resultados de experimentos numéricos com o modelo de circulação geral da atmosfera (MCG) do CPTEC-INPE de simulação dos efeitos de substituição completa da floresta Amazônica por pastagens. Os resultados desta simulação indicam uma diminuição de 14% da precipitação, 8% da evaporação e aumento de 0,6 C sobre a Amazônia com a distribuição espacial das alterações de precipitação mostradas no quadro à direita. Adaptado de Rocha 2001.

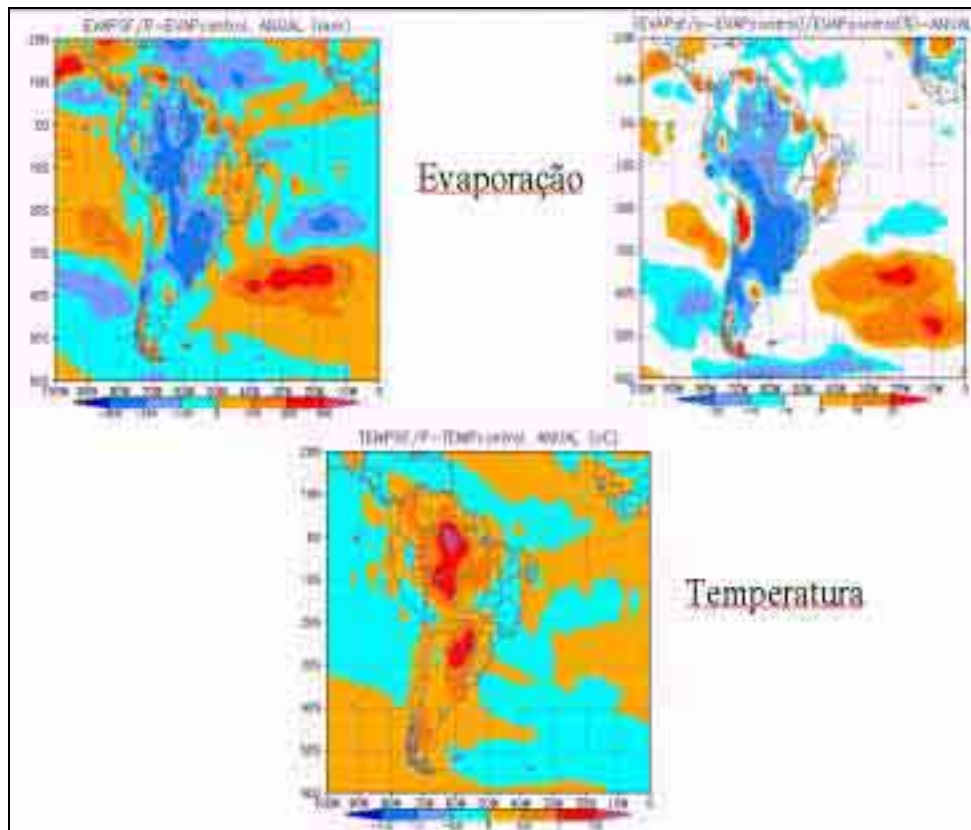


Figura 11B. Idem à figura 11A, mas indicando a distribuição espacial das anomalias de evaporação em mm e em % (painel superior) e em temperatura do ar à superfície (painel inferior). Adaptado de Rocha 2001.

IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS ECOSISTEMAS

A incerteza com relação ao sinal das mudanças de precipitação torna, no momento, impossível estabelecer categoricamente os efeitos das mudanças climáticas globais sobre os ecossistemas e sobre a atividade agrícola, principalmente, quando se considera que, estando a maior parte do país situada em regiões tropicais e subtropicais, fora do alcance de geadas e temperaturas muito baixas (exceção feita ao Sul e áreas montanhosas do Sudeste), o fator climático determinante é o regime de chuvas. Como mostrado na seção anterior, há ainda grande incerteza sobre as mudanças nos regimes pluviométricos, em escala regional.

Para a Amazônia, em particular, se houver redução de precipitações induzidas pelas mudanças climáticas globais, estas se somam às reduções previstas como resposta ao desmatamento (Nobre et al., 1991; Rocha, 2001 e Fig. 11), aumentando sobremaneira a susceptibilidade dos

ecossistemas amazônicos ao fogo e causando a redução das espécies menos tolerantes à seca. Pode, inclusive, induzir uma “savanização” de partes da Amazônia, ou seja, predominariam espécies de savanas nas bordas sul, leste e norte da região, espécies estas mais tolerantes às estações secas mais prolongadas. Por outro lado, se houver tendência ao aumento das precipitações, estes atuariam para contrabalançar a redução das chuvas devido ao desmatamento e o resultado final seria mais favorável à manutenção dos ecossistemas e espécies. Paradoxalmente, a agricultura tradicional e pecuária extensiva poderiam se beneficiar de condições mais secas na Amazônia uma vez que o excesso de umidade tem sido apontado, ao lado da baixa fertilidade dos solos, como um dos responsáveis pela baixíssima produtividade de quase todas as iniciativas agropecuárias ensejadas até hoje na região tropical úmida (Imazon & Banco Mundial, 2000).

Ainda para a Amazônia, com respeito às modificações de temperatura, nota-se que a projeção de aumento de temperatura global segue a mesma tendência de aumento de temperatura à superfície devido ao desmatamento (Nobre et al., 1991; Rocha 2001 e Fig. 11b)). As várias simulações dos efeitos climáticos da substituição da floresta por pastagens na Amazônia e as observações dos projetos Abracos (Gash et al., 1996; Gash and Nobre, 1997) e LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia) indicam que há um aumento entre 1 e 2 °C devido à mudança de vegetação de floresta para pastagem. Este aumento é maior do que aquele projetado pelo cenário B1, mas bem inferior àquele previsto pelo cenário A2 para o final do século. Provavelmente, o efeitos de aumento de temperatura induzido pelas mudanças globais e aquele advindo do desmatamento se somariam, aumentando o risco de incêndios florestais porque o secamento da vegetação na estação seca e sua flamabilidade são maiores com temperaturas mais altas (Nepstad et al., 1999). Em resumo, para a Amazônia os aumentos projetados de temperatura atuariam como feedback positivo e aumentariam a susceptibilidade dos ecossistemas amazônicos às mudanças climáticas globais devido ao aumento do efeito estufa e regionais devido ao desmatamento. Entretanto, a incerteza sobre como serão as alterações dos regimes de precipitação impede que se avalie se o feedback climático será positivo ou negativo com relação a este parâmetro climático.

De modo geral, os aumentos previstos de temperatura para o país (1 a 6 °C dependendo do cenário de emissões) causariam aumento de evaporação⁴ à superfície, provocando alterações nos balanços hídricos da vegetação natural e de culturas agrícolas. Em regiões onde a agricultura predominante é de sequeiro e a insuficiência e irregularidade das chuvas já a torna marginal, como na maior parte do semi-árido e em partes do

⁴ Quanto mais alta a temperatura do ar, mais vapor d'água a atmosfera poderá reter na forma de vapor, portanto, aumentando a demanda evaporativa da superfície, conforme ilustrado na Fig. 10.

Cerrado, um quadro de maior evaporação, principalmente para aumentos de temperatura acima de 3 °C, resultaria em menor quantidade de água no solo e poderia tornar a prática agrícola ainda mais marginal. A não ser que, esta alteração climática, fosse acompanhada de aumento e/ou maior regularidade das chuvas. Ainda com respeito ao aumento de temperatura, imagina-se que a linha que demarca áreas atingidas por geadas migraria para o sul. Apesar de ser hipótese razoável para a temperatura média, não se pode afirmar categoricamente que isto irá ocorrer. Mesmo que a temperatura média se eleve, não se descarta a hipótese de que extremos do tempo e do clima, como frentes frias muito intensas, tornem-se até mais frequentes devido à “aceleração” do ciclo hidrológico em escala planetária.

Entretanto, a confiabilidade é baixa sobre as previsões de mudanças da frequência de ocorrência de extremos do tempo e do clima. Espera-se que a incerteza na estimativa regional das alterações da precipitação e na estimativa do comportamento dos extremos seja reduzida substancialmente nesta próxima década, através do uso de modelos climáticos mais complexos, que levem em conta explicitamente o clima regional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente, uma consideração sobre vulnerabilidade às mudanças climáticas globais e capacidade de adaptação. Há no Brasil uma enorme carência de estudos sobre a vulnerabilidade da sociedade, da economia e do ambiente, incluindo os ecossistemas, às mudanças climáticas globais. Em parte isso se deve à falsa expectativa de que, por ser o Brasil um país tropical, os efeitos do aumento de temperatura seriam menores e a adaptação a eles, mais fácil. Uma outra explicação para a relativa “despreocupação” nacional, com respeito à problemática de mudanças globais, era centrada na percepção de que os países têm problemas muito mais graves e prementes a resolver, no que concerne a um desenvolvimento com equidade e justiça social visando a eliminação da pobreza. Entretanto, são justamente os países em desenvolvimento aqueles mais vulneráveis às mudanças climáticas e ambientais de modo geral e dentro do país serão as populações mais pobres as mais atingidas, haja visto que a degradação ambiental sempre afeta mais profundamente os mais pobres e os excluídos. É difícil imaginar que isto não se repetiria com as mudanças climáticas globais. Portanto, faz-se imperativo a identificação das vulnerabilidades da sociedade, inclusive, aquelas das atividades agrícolas e dos ecossistemas, vulnerabilidades que possam colocar em risco a produção de alimentos, a qualidade dos recursos hídricos e do ar e a biodiversidade. Estes exercícios podem e devem ser iniciados antes mesmo de termos certeza sobre como e quando ocorrerão mudanças climáticas de grande magnitude no país. A conhecida vulnerabilidade da produção

agrícola de grande parte do país à variabilidade dos regimes de chuvas é um excelente laboratório para se conhecer em detalhes os impactos do clima na agricultura, assim como o entendimento de como os ecossistemas naturais respondem e se adaptam à esta mesma variabilidade climática. A vulnerabilidade do sistema energético do país à variabilidade climática pode tornar-se crítica se houver mudanças dos regimes de chuvas e mudanças da frequência de ocorrência de extremos. Detectadas as potenciais vulnerabilidades, deve-se iniciar a busca de estratégias e tecnologias para a adaptação, inclusive, tirando proveito de eventuais mudanças climáticas que sejam benéficas. No campo da agricultura, isso passará pelo estabelecimento de cenários de zoneamentos agrícolas possíveis em função dos cenários de mudanças climáticas e torna-se imprescindível a acentuada modernização das práticas agrícolas, com disseminação no campo de educação básica e tecnológica, de modo a tornar factível a adaptação às mudanças climáticas da agricultura familiar em pequenas e médias propriedades, já que é nesta escala que as respostas às mudanças climáticas podem ser mais rápidas e eficientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carter, T., and M. Hulme, 2000. Interim Characterizations of Regional Climate and Related Changes up to 2100 Associates with the Provisional SRES Marker Emissions Scenarios. IPCC Secretariat, c/o WMO, Geneva, Switzerland.
- Gash, J.; Nobre, C.A.; Roberts, J.M.; Victoria, R., eds.. Amazonian deforestation and climate. New York, John Wiley and Sons, 1996. 611p.
- Gash, J.H.C.; Nobre, C.A., 1997. Climatic effects of Amazonian deforestation: Some results from ABRACOS. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, n.5, p.823-830.
- Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon) e Banco Mundial, 2000. Amazônia Florestal: oportunidades para uma economia sustentável. *Série Parceria*, No 01. 82 p. Brasília.
- Hulme, M. e Sheard, N., 1999. Cenários de Alterações Climáticas para o Brasil Climatic Research Unit, Norwich, Reino Unido, 6pp.
- IPCC, 2000. Emissions Scenarios – IPCC Special Report. IPCC Secretariat, c/o WMO, Geneva, Switzerland.
- Nepstad, D.C.; Verissimo, A.; Alencar, A.; Nobre, C.A.; Lima, E.; Lefebvre, P.; Schlesinger, P.; Potter, C.; Moutinho, P.; Mendonza, E.; Cochrane, M. Brooks, V., 1999. Large scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. *Nature*, v.398, n.6727, p. 505-508.
- Nobre, C.A.; Sellers, P.; Shukla, J., 1991. Regional climate change and amazonian deforestation model. *Journal of Climate*, v.4, n.10, p.957-988.
- Rocha, E. P. da, 2001. Balanço de Umidade e Influência de Condições de Contorno Superficiais sobre a Precipitação da Amazônia. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.

Resumo

Modelos computacionais de simulação das mudanças climáticas sugerem que o clima do planeta Terra poderá alterar-se significativamente neste século se as emissões dos gases do efeito estufa continuarem a crescer. No caso do Brasil, se as emissões continuarem a crescer, os vários cenários de mudanças climáticas indicam aquecimento de até 4 a 6 °C em partes do país, principalmente na Amazônia, ao final do século. Há ainda muita incerteza com relação às possíveis mudanças na precipitação pluviométrica e quanto à modificações na frequência de extremos climáticos (por exemplo, secas, inundações, geadas, tempestades severas, vendavais, granizo etc). Desmatamentos na Amazônia também podem causar mudanças climáticas regionais, com aumento de temperatura e redução de precipitação. Se alterações climáticas globais agirem sinergicamente, com alterações climáticas regionais advindas de desmatamentos, a floresta tropical estará mais vulnerável à perda de biodiversidade e a incêndios florestais. De qualquer maneira, parece certo que o país estará sujeito a impactos climáticos adversos. Grande parte da população do país, em função da baixa renda e do baixo nível educacional, está mais vulnerável às mudanças climáticas, e têm menores possibilidades de adaptação.

Abstract

Climate change computational models indicate that the climate of Earth may change significantly throughout this Century, if emissions of greenhouse gases continue to grow. For Brazil, the various scenarios of climate change show a warming of 4 to 6 C, mostly in Amazonia, towards the end of the Century, in the case of unabated emissions. Scenarios of rainfall change and modifications on the frequency of extreme weather and climate phenomena (e.g., droughts, floods, frost, severe storms, intense winds, hail, etc.) are laden with uncertainty. Amazonia deforestation can change the regional climate as well. Large scale deforestation are likely to cause temperature increase and rainfall decrease regionally. If global warming and regional climate change due to deforestation, the tropical forest can become more vulnerable to losses of biodiversity and to forest fires. At any rate, it seems all but certain that Brazil will be subject to adverse climate change. A large proportion of Brazil's population is poor and uneducated, which makes them specially vulnerable to climate change. It cannot be forgotten that these people will experience greater difficulties to adapt to this situation.

O Autor

CARLOS A. NOBRE. Engenheiro Eletrônico pelo ITA, doutor em meteorologia pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), é coordenador geral do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do INPE, e coordenador científico do Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA). Seus interesses de pesquisa nos últimos anos são: mudanças climáticas globais regionais, ciclo de carbono, estudos amazônicos e previsibilidade climática.