

Mudanças climáticas globais e recursos hídricos com ênfase para as bacias hidrográficas

Emília Hamada

Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna - SP

A mudança climática global começou a ser discutida em finais da década de 1980, no âmbito do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e da Organização Meteorológica Mundial, com o apoio dos estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática, conhecido pela sua sigla em inglês, IPCC. No Terceiro Relatório de Avaliação (TAR), o IPCC (2001) concluiu que a temperatura média da atmosfera aumentou em $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante o século XX. Projeta-se um aumento provável na temperatura global entre 2°C e $4,5^{\circ}\text{C}$ a mais do que os níveis registrados antes da era Pré-Industrial, segundo o Quarto Relatório de Avaliação (AR4) (IPCC, 2007).

Há um razoável consenso (até 90% de chance) que essas alterações no clima global são em consequência do aumento da concentração de gases de efeito estufa nas últimas décadas ocasionadas pelas atividades antrópicas e não por eventual variabilidade natural do clima (IPCC, 2007). Dentre as diversas manifestações da mudança global do planeta destacam-se não

somente o aquecimento global, mas também significativas alterações no clima pela maior frequência e intensidade de eventos extremos na forma de enchentes, ondas de calor, secas, furacões e tempestades, etc.

Seus impactos nos sistemas naturais e humanos apresentam, no entanto, efeitos diferentes, dependendo do nível de vulnerabilidade do sistema. Neste sentido, os países em desenvolvimento são os mais vulneráveis a essas mudanças do clima, podendo ser duramente atingidos pelos seus efeitos adversos. Para o Brasil, isso é reforçado pela sua economia fortemente dependente de recursos naturais diretamente ligados ao clima na agricultura, na geração de energia hidroelétrica, entre outros setores (MUDANÇA DO CLIMA, 2005). Essa característica do país evidencia a premente necessidade de se estudar a vulnerabilidade e risco, conhecendo profundamente suas causas, a fim de subsidiar políticas públicas de mitigação e de adaptação.

Para projetar cenários prováveis de alterações climáticas para o futuro, o IPCC tem adotado modelos matemáticos do sistema climático global, denominados de modelos climáticos globais. Esses modelos são considerados pela maioria da comunidade científica como a melhor ferramenta, pois levam em conta de forma quantitativa (numérica) o comportamento

dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, criosfera, vegetação, solos, etc.) e suas interações, permitindo que se simulem prováveis cenários de evolução do clima para vários cenários de emissões dos gases de efeito estufa (MUDANÇA DO CLIMA, 2005). Os cenários climáticos do IPCC, conhecidos como cenários SRES (“Special Report on Emissions Scenarios”) são baseados em quatro projeções diferentes de emissões de gases de efeito estufa para o futuro, relacionados com aspectos de desenvolvimento social, econômico e tecnológico, crescimento populacional, preocupação com o meio ambiente e diferenças regionais, definidos nas quatro famílias de cenários, denominadas A1, A2, B1 e B2 (IPCC, 2001) (Figura 1). Os resultados desses modelos são disponibilizados pelo Centro de Distribuição de Dados (DDC, na sigla em inglês) do IPCC.

No Brasil, estima-se pelos cenários futuros do IPCC que haverá tendência de aumento da temperatura média da superfície (Figura 2). A análise dos cenários mostra uma variação da temperatura entre os diferentes modelos climáticos e entre o cenário de altas emissões (A2) e o cenário de baixas emissões (B2). No entanto, na média, haverá um clima substancialmente mais quente no futuro, com maiores valores no cenário A2.

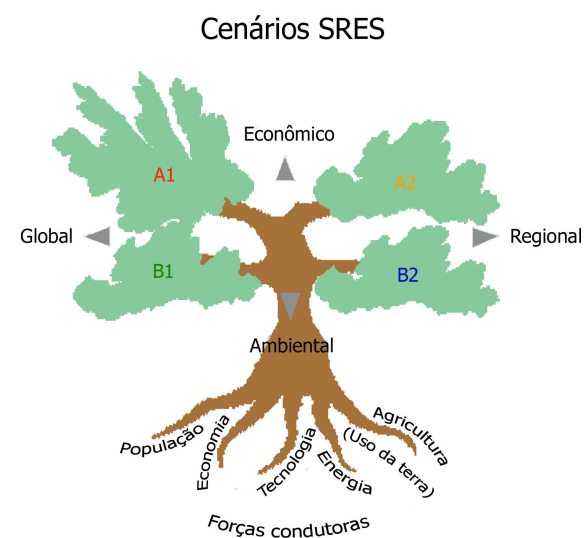


Figura 1. Ilustração esquemática dos cenários SRES, representando as quatro “famílias” de cenários (A1, A2, B1 e B2) de forma simplificada. Fonte: Adaptado de IPCC (2005).

Ao contrário dos padrões de temperatura, onde todas as projeções indicam aquecimento, diferentes modelos climáticos mostram diferenças significativas de padrões pluviométricos, às vezes com projeções quase que diametralmente opostas (MUDANÇA DO CLIMA, 2005). Desta forma, as projeções de mudança nos regimes e distribuição de chuva, derivadas dos modelos globais do TAR e AR4 do IPCC para climas mais quentes no futuro não são conclusivas e as incertezas são ainda grandes, pois dependem dos modelos e das regiões consideradas

(MARENGO et al., 2007). Ainda assim, a média de todos os modelos (Figura 3), é indicativa de alterações nos padrões de precipitação no Brasil, com reduções nas regiões Norte e Nordeste, sendo a redução da precipitação mais intensa no cenário pessimista A2. O IPCC (2007) alerta também para possíveis aumentos na frequência de eventos intensos de precipitação sobre a maioria das áreas continentais, o que é consistente com aquecimento e aumento do vapor d'água na atmosfera e secas mais intensas e mais longas, particularmente nos trópicos e subtrópicos.

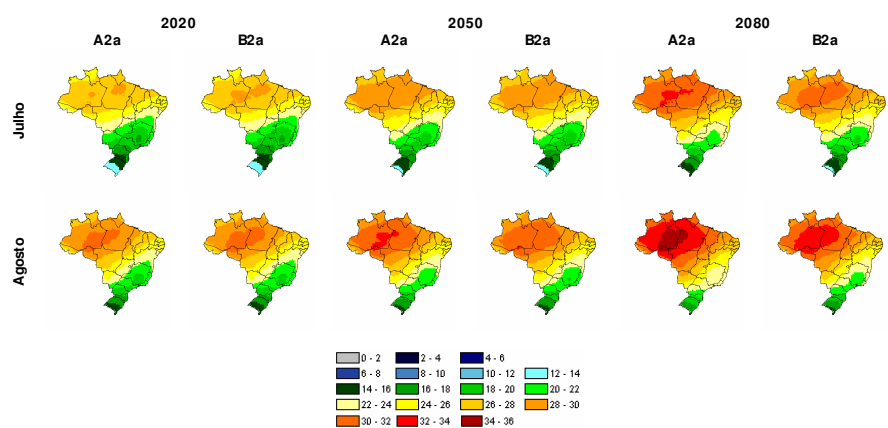


Figura 2. Temperatura média (°C) de Julho e Agosto para os anos de 2020, 2050 e 2080, dos cenários A2 e B2, representada pela média de 6 modelos climáticos globais do Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) do IPCC.

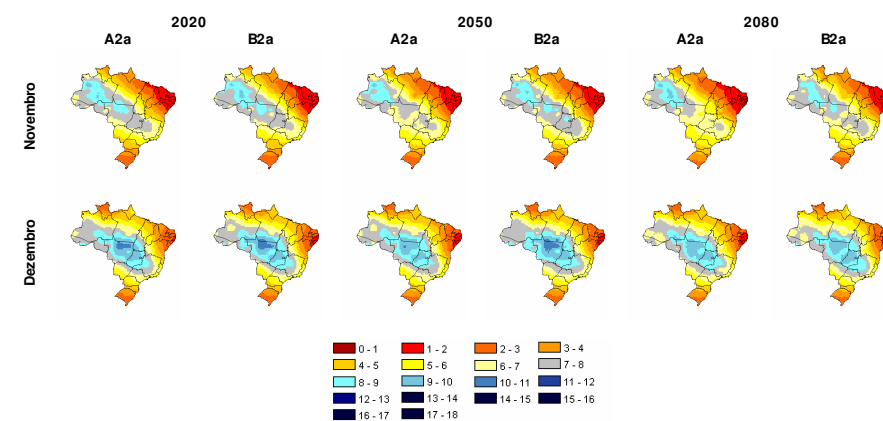


Figura 3. Precipitação média diária (mm/dia) de Novembro e Dezembro para os anos de 2020, 2050 e 2080, dos cenários A2 e B2, representada pela média de 6 modelos climáticos globais do Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) do IPCC.

Os dados ou saídas disponibilizados por esses modelos possuem entre suas características, a baixa resolução espacial (escala global) e baixa resolução temporal (médias mensais representando média de intervalo de décadas), mesmo apesar dos avanços alcançados desde 1990 até recentemente (Figura 4). Por outro lado, muitos dos temas de estudo necessitam de uma escala mais detalhada, como o regional e local e, algumas vezes, também em intervalos de tempo maiores. Neste sentido, a fim de se obter cenários mais confiáveis em escala espacial e escala

temporal mais detalhadas, o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vem trabalhando com modelos regionalizados para o Brasil, com boa expectativa que logo esses dados estarão disponíveis para os estudos.

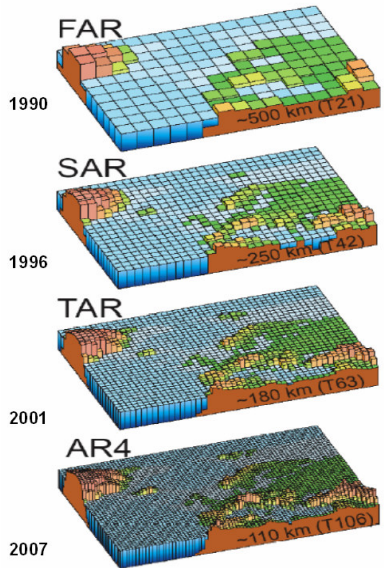


Figura 4. Ilustração esquemática das características de resolução geográfica das gerações de modelos climáticos utilizados nos relatórios do IPCC: Primeiro Relatório de Avaliação (FAR), Segundo Relatório de Avaliação (SAR), Terceiro Relatório de Avaliação (TAR) e Quarto Relatório de Avaliação (AR4). Fonte: Adaptado de IPCC (2007).

Ao longo das últimas décadas, a crescente consciência da água como recurso limitado e a preocupação com os problemas resultantes da rápida urbanização e com os riscos de escassez hídrica, conduziram a uma reformulação do modelo tradicional de gestão de recursos hídricos (VIEIRA & RIBEIRO, 2005). Os conflitos pelo uso da água podem se alterar como consequência das alterações das mudanças do clima, por exemplo, pela alteração da demanda de água, exigindo o levantamento das questões de gerenciamento hídrico.

Em estudos com bacias hidrográficas, além das limitações dadas pelas características dos modelos climáticos globais, considere-se também a dificuldade ao analisar potenciais impactos neste nível de planejamento territorial advinda da incerteza sobre o comportamento futuro do regime de chuvas. BOUWER et al. (2004) em estudo de impacto hidrológico em uma microbacia hidrográfica, propuseram “downscaling” aplicado aos dados dos modelos de mudança climática, utilizando métodos de interpolação e estatísticos, com validação para cada caso, em particular, exigindo uma grande quantidade de dados locais.

Estudar a vulnerabilidade e os impactos da potencial modificação climática sobre os recursos hídricos no Brasil,

tendo como base a unidade da bacia hidrográfica é um assunto estratégico para o país, permitindo, segundo TUCCI (2002), planejar potenciais medidas mitigadoras em associação com as ações existentes de gerenciamento dos recursos hídricos.

Referências

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: CABI, 2004, p. 25-47.

IPCC. **Climate change 2001**: the scientific basis: summary for policymakers. Geneva: IPCC, 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: IPCC, 2007. 18 p.

Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2FEB07.PDF>>.
Acesso em: 3 maio 2007.

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.; 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.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 50 p. Sumário Técnico. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/mudancas_climaticas/>. Acesso em: 28 set. 2007.

MUDANÇA DO CLIMA: volume I: Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 2005. 250 p. (Cadernos NAE, 3).

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos.** Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2002. 150 p.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. Análise de conflitos: apoio à decisão no gerenciamento da demanda urbana de água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 3, p. 23-35, 2005.