

CENÁRIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL SEGUNDO MODELOS DO IPCC-AR4: PROPOSTA METODOLÓGICA UTILIZANDO SIG

FLAVIANE F. **FARIA**¹; RAQUEL **GHINI**²; EMÍLIA **HAMADA**³

Nº 0000101

Resumo

O IPCC (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas) disponibiliza cenários de clima do futuro de modelos climáticos globais provenientes de diferentes instituições de pesquisa do mundo. Este trabalho teve como objetivo propor metodologia em SIG (Sistema de Informações Geográficas) para avaliar o cenário de mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos do IPCC-AR4 para as variáveis temperatura média, máxima e mínima. Os dados georreferenciados do AR4 foram manipulados utilizando SIG Idrisi 32. Foram obtidos os mapas climáticos referentes à média de modelos selecionados para o ano de 2080 dos cenários A (pessimista) e B (otimista). A análise foi realizada comparando os mapas do AR4 e os mapas do TAR, apresentando amplitudes entre -4°C e 4°C para temperatura média, -8°C a 8°C para temperatura máxima e -6°C e 4°C para temperatura mínima, considerando as variações ao longo dos meses do ano e da distribuição espacial no País.

Abstract

The IPCC has been published reports that evaluate the future scenario obtained from world-wide climatic models proceeding from different research institutions. The aim of this paper was to present a GIS (Geographical Information System) method in order to evaluate the Brazil's scenarios climate change using IPCC-AR4 models for medium, maximum and minimum temperature variables. The georeferencing data from AR4 were manipulated using the SIG Idrisi 32. The climatic maps of 2080 were obtained by the average of selected

¹Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP, e-mail: flavianeff@gmail.com.

² Orientador: Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

³ Colaborador: Pesquisador, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

models of A (pessimistic) and B (optimistical) scenarios. The AR4 maps were compared to TAR maps and the analysis showed differences of amplitude from -4°C to 4°C for medium temperature, -8°C to 8°C for maximum temperature and -6°C to 4°C for minimum temperature, considering variations throughout the months of the year and the spatial distribution in the country.

Introdução

O conhecimento das mudanças climáticas globais é de grande importância para analisar possíveis impactos econômicos, sociais e ambientais. A mudança global do clima já vem se manifestando de diversas formas, destacando-se o aquecimento global, a maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, alterações nos regimes de chuvas, perturbações nas correntes marinhas, retração das geleiras e elevação do nível dos oceanos (MUDANÇA DO CLIMA, 2006).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) é um painel científico ligado às Nações Unidas que congrega o conhecimento existente sobre a mudança climática global. O IPCC publica relatórios com informações de variáveis climáticas provenientes de grupos de pesquisas de diversos países para o cenário futuro (BAETHGEN, 2007). Segundo Mudança do Clima (2006), a melhor ferramenta para projetar cenários prováveis de alterações climáticas para o futuro são os modelos matemáticos do sistema climático global os quais levam em conta de forma quantitativa (numérica) o comportamento dos compartimentos climáticos (atmosfera, oceanos, áreas com gelo e neve, vegetação, solos, etc). Esses são modelos de alta qualidade, dado o conhecimento científico atual e os meios computacionais existentes (MARENGO, 2001).

Em 2007, o IPCC lançou o Quarto Relatório (Fourth Assessment Report - AR4), disponibilizando dados de 12 variáveis climáticas, 8 cenários e 22 modelos. O AR4 estima um aumento médio de 3°C na temperatura global, assumindo que níveis de dióxido de carbono se estabilizem 45% acima da taxa atual (IPCC, 2007). Segundo Marengo (2007), essa estimativa é mais precisa que a anterior divulgada no Terceiro Relatório (Third Assessment Report - TAR). O TAR comparado ao AR4 disponibilizou seis modelos climáticos e estimou elevação da temperatura global entre $1,4^{\circ}\text{C}$ e $5,8^{\circ}\text{C}$ até o final do século em 2100 (IPCC, 2001).

De acordo com Marengo (2007), para o Brasil os modelos do IPCC-AR4 evidenciam tendências positivas mais intensas na temperatura mínima que as da temperatura máxima, devido ao aquecimento maior durante o inverno e estações de transição e de noites mais quentes.

Segundo Gonçalves et. al. (2006), o SIG (Sistema de Informações Geográficas) é uma eficiente ferramenta utilizada na obtenção de mapas climáticos devido a sua facilidade de manipulação dos dados georreferenciados.

Este trabalho teve como objetivo propor metodologia em SIG para avaliar o cenário de mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos do IPCC-AR4 para as variáveis temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima.

Material e Métodos

Na elaboração dos mapas climáticos do Brasil utilizaram-se dados fornecidos pelo IPCC para 2080 (IPCC, 2008). As variáveis climáticas estudadas foram temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima para os cenários SRES (Special Report Emission Scenarios) A e B, na qual o cenário B é considerado mais otimista que A. Os mapas do TAR foram obtidos de dados manipulados por Gonçalves et al. (2006), da média dos seis modelos climáticos globais do IPCC-TAR.

Na elaboração dos mapas do IPCC-AR4 foram selecionados os modelos das mesmas instituições de pesquisa do TAR: CGMR (CCCMA: CGCM3_1-T47, “Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis”, Canadá), CSMK3 (CSIRO: MK3, “CSIRO Atmospheric Research, Austrália”), GFCM20 (GFDL: CM2, US “Dept. of Commerce” / NOAA / “Geophysical Fluid Dynamics Laboratory”, USA), MPEH5 (MPIM: ECHAM5, “Max Planck Institute for Meteorology”, Alemanha), MIMR (NIES: MIROC3_2-MED, “Center for Climate System Research”, Japão) e HADCM3 (UKMO: HADCM3, “Hadley Centre for Climate Prediction and Research” / Met Office, Reino Unido). As características quanto à resolução espacial, grade e disponibilidade das variáveis climáticas estão apresentadas na Tab. 1.

TABELA 1. Modelos estudados os no cenário futuro do IPCC-AR4, resolução espacial, grade e variáveis estudadas.

Modelo	Resolução (lon - lat)	Grade*	Tas	Tasmax	Tasmin
CGMR	3.75° x ~3.711°	24 x 20	X	ND	ND
CSMK3	1.875 ° x 1.865°	48 x 39	X	X	X
GFCM20	2.5° x 2.0°	36 x 37	X	ND	ND
MPEH5	1.875 ° x ~1.8652°	48 x 39	X	ND	ND
MIMR	2.81252° x ~2.790°	32 x 26	X	X	X
HADCM3	3.75° x 2.5°	24 x 30	X	ND	ND

Fonte: IPCC (2007) (ND – não disponível; X - disponível). Tas: temperatura média, Tasmax: temperatura máxima, Tasmin: temperatura mínima.

*Grade: número de linhas versus número de colunas para representar o continente sul-americano.

Adotando-se o sistema de coordenadas geográficas latitude e longitude, esses dados foram organizados em planilha de Excel. Utilizando o software SURFER 8, realizou-se a interpolação dos dados pelo método de krigagem, de forma a apresentarem a mesma resolução espacial do TAR de 0,5° X 0,5°. Posteriormente, as informações foram exportadas para o banco de dados do SIG Idrisi 32 onde foram manipuladas para os limites geográficos do Brasil.

Os mapas do AR4 foram elaborados mês a mês para o ano de 2080, a partir da média aritmética dos seis modelos para temperatura média, e dos dois modelos para temperatura máxima e mínima. Realizou-se a comparação entre os mapas, a partir da obtenção de mapas da diferença entre os mapas do AR4 e TAR para o ano de 2080. Para os cenários A e B foram utilizados, respectivamente os cenários A2 e B1 do AR4 e os cenários A2 e B2 do TAR, pois o cenário B2 não está disponível no AR4.

Resultados e Discussão

Foram obtidos mapas de temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima para o ano de 2080 (cenários A e B) para o TAR, AR4 e a diferença entre eles (AR4-TAR). Como exemplo, são apresentados os mapas referentes ao mês de outubro para as variáveis temperatura média, máxima e mínima, respectivamente Figs. 1, 2 e 3.

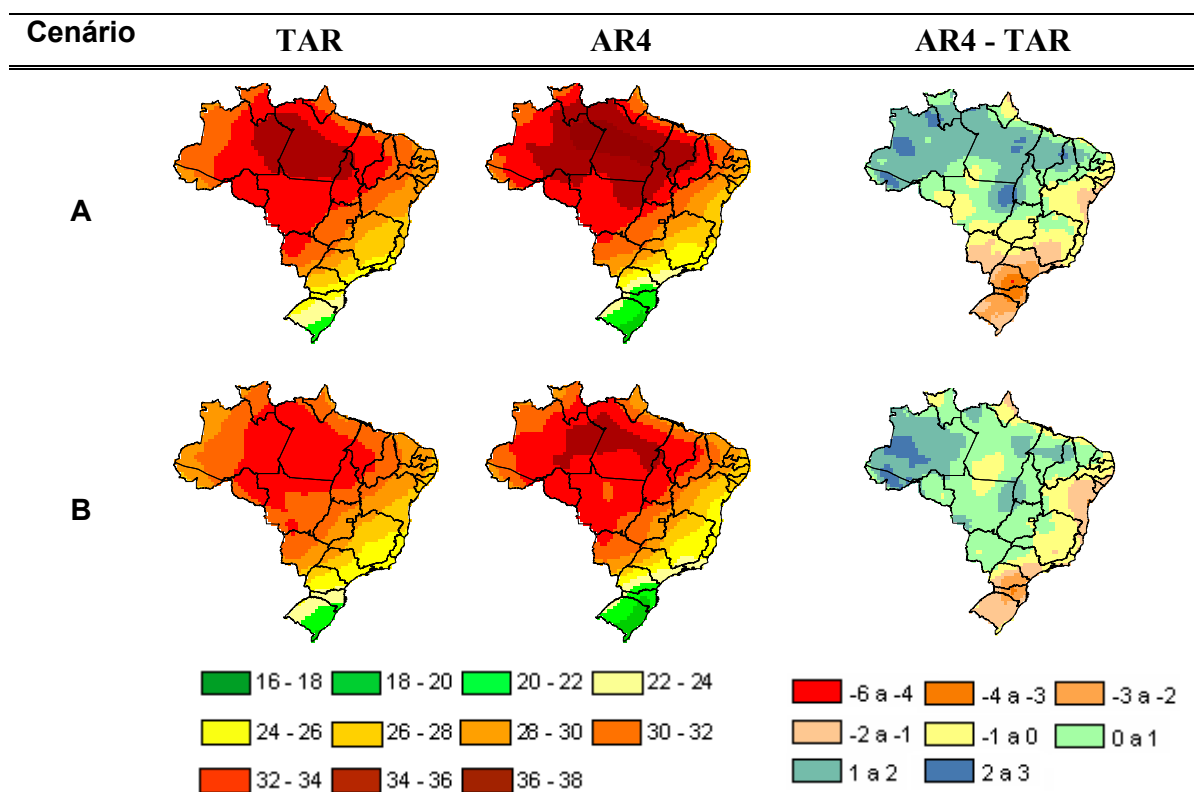


FIGURA 1. Temperatura média (°C) no Brasil para o mês de outubro de 2080 (cenários A e B) dos cenários do TAR e AR4 do IPCC e sua diferença.

A diferença entre os dois cenários (AR4 e TAR) apresentaram amplitudes entre -4°C e 4°C para temperatura média, -8°C a 8°C para temperatura máxima e -6°C e 4°C para temperatura mínima, considerando variações ao longo dos meses do ano e da distribuição espacial no País.

Comparando os cenários A e B para a temperatura média, na região Norte, o AR4 estima valores de temperatura média mais elevada que em TAR, exceto nos meses de maio e junho (cenário A) e maio, junho e julho (cenário B). Na região Centro-Oeste, estima-se em A valores mais elevados em AR4, variando entre os estados ao longo dos meses; enquanto que em B, AR4 é mais elevada apenas nos meses de setembro, outubro e novembro em parte da região. Na região Nordeste os valores de AR4 é superior aos valores de TAR nos meses de novembro na região próxima à região Amazônica e em dezembro, na região próxima ao litoral Atlântico para o cenário B, sendo que em A, o AR4 é maior que TAR na grande parte da região dos meses de novembro e dezembro e, em parte da região, em setembro e outubro. As regiões Sul e Sudeste caracterizam-se por

estimativas de temperatura mais elevadas em TAR que em AR4 ao longo do ano para os cenários A e B.

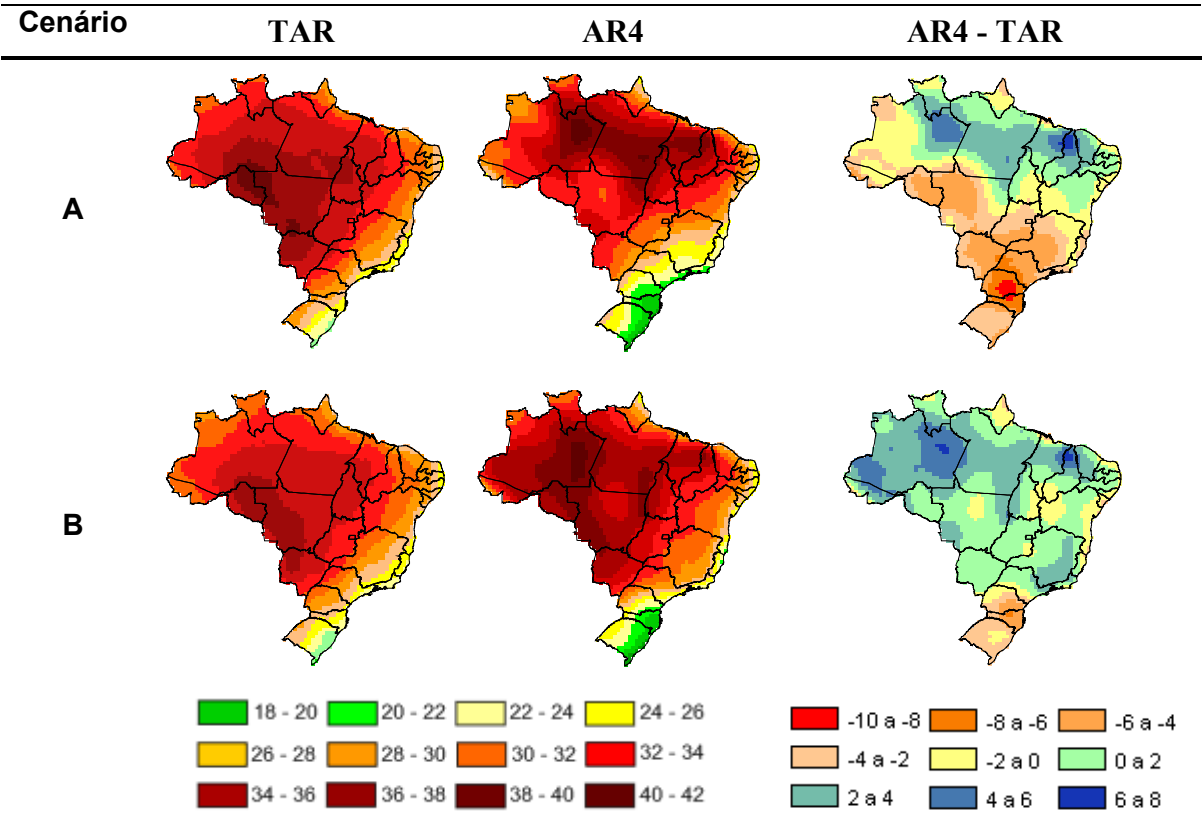


FIGURA 2. Temperatura máxima (°C) no Brasil para o mês de outubro de 2080 (cenários A e B) dos cenários do TAR e AR4 do IPCC e sua diferença.

Para temperatura máxima, as maiores diferenças positivas entre AR4 e TAR, considerando os cenários A e B, ocorreram em porções da região Nordeste (setembro, outubro e novembro) e Norte (outubro), enquanto as maiores negativas ocorreram em parte da região Sul (setembro à dezembro) para o cenário A e em parte da região Centro-Oeste e Norte (julho e agosto) e região Sul (novembro e outubro), para o cenário B. Os mapas de diferença (AR4-TAR) apresentaram valores positivos em grande parte da região Norte nos meses de janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro e novembro no cenário A e em fevereiro e março e de setembro a dezembro no cenário B. No Centro-Oeste, AR4 foi maior que TAR nos meses de janeiro a abril e setembro no cenário A e em fevereiro, setembro e outubro no cenário B. No Nordeste, AR4 foi maior que TAR nos meses de setembro a março nos cenários A e B. No Sudeste, para o cenário A, AR4 foi maior que TAR nos meses de janeiro a março e setembro e, para o cenário B, nos meses de fevereiro, outubro e janeiro. Na maior parte da região Sul, para o dois cenários, AR4 apresentou valores superiores ao do TAR.

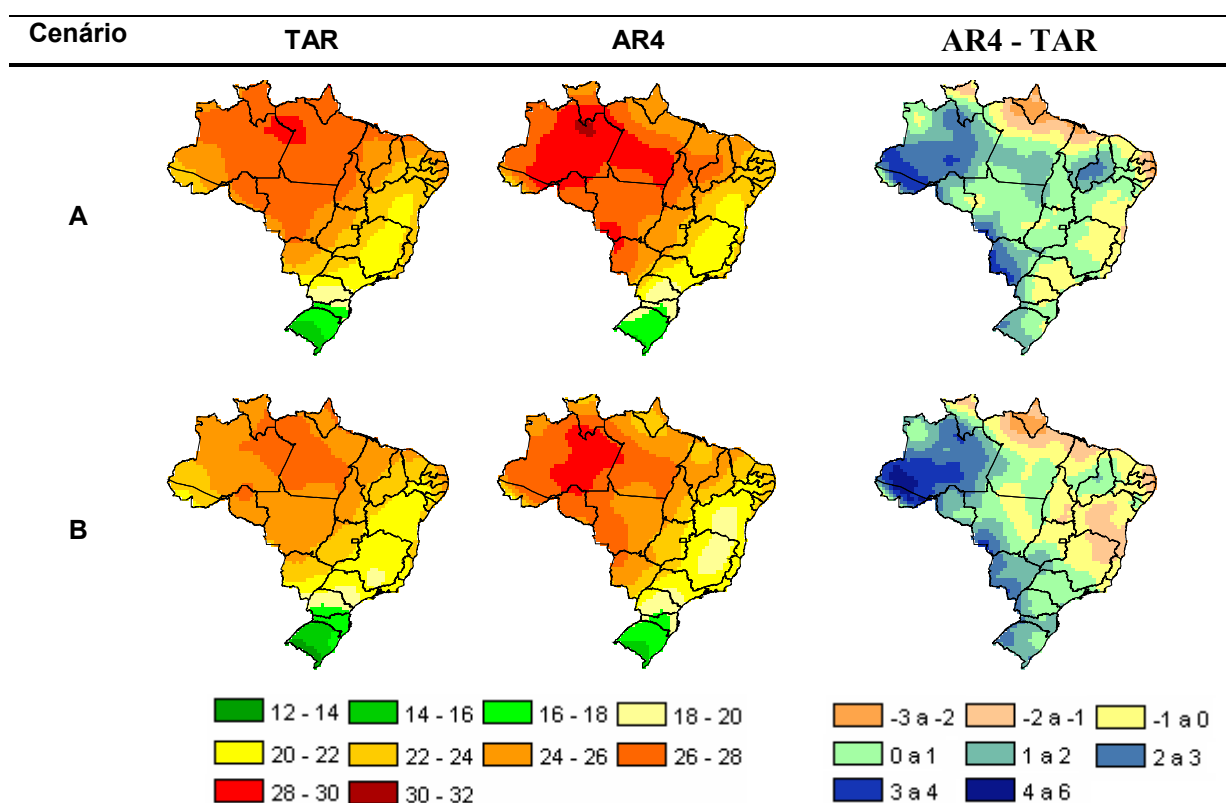


FIGURA 3. Temperatura mínima (°C) no Brasil para o mês de outubro de 2080 (cenários A e B) dos cenários do TAR e AR4 do IPCC e sua diferença.

A temperatura mínima, em boa parte da região Norte apresentou valores em AR4 maior que em TAR, exceto nos meses junho e julho (A e B) e agosto (A). Grande parte da região Centro-Oeste apresentou estimativas em AR4 mais elevadas que em TAR em todos os meses em ambos cenários, sendo que nos meses junho, julho e agosto essa característica deu-se principalmente no Estado do Mato Grosso do Sul e em parte do Estado do Mato Grosso. Na região Nordeste, os cenários A e B caracterizaram-se por AR4 ser maior que TAR nos meses de janeiro a março e outubro a dezembro. A região Sudeste apresentou estimativas superiores em TAR que em AR4 em todo o ano no cenário A e quase todo o ano em B, exceto fevereiro, março e outubro. As estimativas de AR4 na região Sul superaram as de TAR em todo o ano no cenário B e nos meses de abril a setembro no cenário A.

Conclusão

O SIG permitiu avaliar o cenário de mudanças climáticas no Brasil utilizando modelos do IPCC-AR4 para as variáveis temperatura média, temperatura máxima e temperatura mínima.

Referências Bibliográficas

BAETHGEN, Walter E. Climate Change in the Agricultural Sector of Developing Countries: Mitigation, Adaptation, and Decision Making. **Revista Multiciência**, 8ª Edição, p.122-138, 2007.

GONÇALVES, Renata. GHINI, Raquel, HAMADA, Emília. Utilização do SIG na Elaboração de Mapas de Variáveis Climáticas dos Cenários Atual e Futuro. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 1, 2006, Jaguariúna. **Anais eletrônicos...** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <[HTTP://www.cnpma.embrapa.br](http://www.cnpma.embrapa.br)>. Acesso em 10 maio 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Data Distribution Centre. Disponível em: <<http://www.ipcc-data.org/>>. Acesso em janeiro de 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **The Scientific Basis-Contribution of Working Group 1 to the IPCC third Assessment Report**. Cambridge University Press, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis, summary for Policy Makers**. IPCC Geneva, 2007.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas globais e regionais: avaliação do clima do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.16, p.1-18, 2001b.

MARENGO, J. A. Caracterização do clima no século XX e cenário de mudanças de clima para o Brasil no século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, 8ª Edição, p.5-28, 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).