



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO JAGUARIBE-APODI

R. S. Gondim¹; S. R. M. Evangelista²; A. de H. N. Maia³; A. de S. Duarte⁴

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos das mudanças climáticas na evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, na região do Jaguaribe/Apodi, localizada no entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Foi empregado o modelo regional Eta-CPTEC/HadCM3 submetido ao método de redução de escala. Foram utilizados um conjunto da climatologia de base do modelo de 1961 a 1990 e das projeções climáticas futuras, após correção de viés. As coordenadas geográficas da região em estudo foram consideradas, a fim de serem interpoladas num sistema de informação geográfica. A evapotranspiração de referência (ET_0) foi estimada utilizando os dados da temperatura máxima e mínima mensais, através da metodologia de dados limitados. As mudanças climáticas projetam alterações na evapotranspiração (variando de 28,4% a 33,4) para o período de 2031 a 2060.

PALAVRAS-CHAVE: mudanças climáticas, evapotranspiração, dados limitados.

CLIMATE CHANGE AND EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE IN THE REGION JAGUARIBE-APODI

SUMMARY – The aim of this study was to assess climate change impacts on Penman-Monteith reference evapotranspiration. The Eta/CPTEC/HadCM3 regional model submitted to downscaling techniques was used at the Jaguaribe/Apodi region localized between Ceará and Rio Grande do Norte northern border. A climate data set has been generated for 1961 to 1990 (baseline) and for future climate projections after vies correction. The regional geographical coordinates were considered for interpolation in a georeferenced coordinated system. The reference evapotranspiration was estimated using monthly minimum and maximum temperature, through limited data methodology. Climate change impacted on increases on of the 2031 to 2060 annual average evapotranspiration (28.4% to 33.4%).

KEYWORDS: climate change, evapotranspiration, limited data.

¹ Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita 2270, CEP 60511 110 Fortaleza, CE. E mail: rubens@cnpat.embrapa.br.

² Pesquisador, Doutor Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

³ Pesquisadora, Doutora Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP.

⁴ Estudante de geografia, Estagiário Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

INTRODUÇÃO

O principal pólo de produção no país é a região de Mossoró e Assu, no Estado do Rio Grande do Norte (190 mil T/ano). O segundo é o Baixo Jaguaribe, Ceará (99 mil T/ano) e Bahia com 46 mil T/ano. Essas regiões se caracterizam por apresentarem elevados níveis de radiação solar, altas temperaturas (máximas em torno dos 30°C) e baixo índice de precipitações (700 e 800 mm anuais), distribuídas em poucos meses do ano (fevereiro a maio), ou seja, são regiões que se encontram no limiar das condições ambientais necessárias para o cultivo da referida cultura.

Binder (2006) recomendou detalhar mais os cenários disponíveis de mudanças climáticas para a escala de bacia hidrográfica, utilizando-se ainda modelos hidrológicos, a fim de se estudar impactos das mudanças climáticas nos recursos hídricos.

Em estudo com o sistema integrado de modelagem regional PRECIS (“Providing Regional Climates for Impacts Studies”), versão 1.2 (Jones et al., 2004), utilizando as condições de contorno do Modelo Climático Regional HadRM3P (Alves & Marengo, 2010), na bacia do Jaguaribe, Gondim et al. (2008) identificaram que as mudanças climáticas, afetam a demanda de água para a agricultura irrigada, a qual depende de como a evapotranspiração, precipitação e interações entre as duas variáveis irão se comportar. Adicionalmente, concluíram que a agricultura irrigada da região estudada pode tornar-se mais intensa em demanda de água, uma vez que o modelo utilizado projetou aumento nas necessidades de água para irrigação, resultante da combinação de tendências de aumento na evapotranspiração e redução na precipitação, mesmo sem considerar o aumento das áreas irrigadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos das mudanças climáticas na evapotranspiração de referência na região do Jaguaribe/Apodi, localizada entre os Estados do Ceará e Rio Grande do Norte, considerando as projeções de mudanças climáticas regionalizadas pelo modelo ETA-CPTEC/HadCM3, recentemente, em uso no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

A área do estudo foi delimitada entre 4°20'30” e 5°30'00”S e 37°05'00” e 38°30'00”W, com superfície de 8.954 km². O trabalho incluiu 11 municípios, sendo 4 do Estado do Rio Grande do Norte (Tibau, Mossoró, Baraúna e Grossos) e 7 do Estado do Ceará (Aracati, Icapuí, Limoeiro do Norte, Quixeré, Jaguaruana, Russas e Itaiçaba). A altitude na área varia entre de aproximadamente 1,5 a e 206 m.

Foi utilizado o modelo regional Eta acoplado ao modelo global HadCM3, referido aqui como Eta-CPTEC/HadCM3, o qual foi implementado no Brasil pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tal combinação de modelos é conhecida como redução dinâmica de escala que provê considerável melhoria de resolução das projeções para estudos de mudanças climáticas.

O modelo regionalizado Eta-CPTEC/HadCM3 possui resolução horizontal de 40 km com 38 níveis na vertical, em períodos de tempo de 90 s. Para fins de mudança climática, o modelo usa uma representação fixa da concentração de CO₂ equivalente a 330 ppm (cenário de emissões de gases de efeito estufa A1B, de acordo com Nakicenovic et al., (2000). Foi utilizado conjunto de três membros do modelo, de acordo com a sensibilidade de resposta ao aumento de

temperatura média: tratamentos Controle, Alta e Baixa. Para mais informações sobre o Eta-CPTEC/HadCM3, ver Chou et al. (2011) e Marengo et al. (2011).

O horizonte temporal para avaliação dos impactos das mudanças climáticas considerado foi o período de 2031 a 2060, em relação à climatologia de base do modelo (1961 a 1990). As projeções de $E T_o$ foram interpoladas utilizando a técnica geoestatística de krigagem ordinária associada a um Sistema de Informação Geográfica para elaboração de mapas temáticos (Silva et al., 2007; Díaz et al., 2007).

Utilizando-se o modelo Eta-CPTEC/HadCM3, médias mensais de temperaturas máxima e mínima foram geradas numa resolução espacial de 40 km para o período 1961/1990, assim como projeções para os anos de 2031 a 2060. A correção de viés para as projeções de todas as variáveis climáticas foi obtida por meio das diferenças entre a climatologia de base (1961 a 1990) do modelo e dados interpolados em alta resolução do mesmo período, oriundos da base de dados da *Climatic Research Unit* (CRU), Universidade de *East Anglia* (Mitchel & Jones, 2005).

A FAO recomendou a adoção do método combinado de Penman-Monteith, que ficou conhecido como o método FAO Penman-Monteith ($E T_oPM$), e é padrão mundial para cálculo das necessidades hídricas das culturas. Empregou-se a estimativa da $E T_oPM$, a partir das temperaturas máxima ($T_{máx}$) e mínima ($T_{mín}$) do modelo, utilizando-se a metodologia de dados limitados, conforme (Allen et al., 1998). Método similar foi aplicado em trabalhos como os de Popova et al. (2006); Jabloun & Sahli, (2008); Sentelhas et al. (2010) e Rocha et al. (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo indicou aumentos de 28,4%, 29,3% e 33,4% na $E T_oPM$ (tratamentos Controle, Baixa e Alta sensibilidade do modelo, respectivamente), em relação à climatologia de base (Tabela 1), decorrentes de aumentos na $T_{máx}$ e $T_{mín}$. Não se observam porém, grandes diferenças entre as $E T_oPM$ anuais projetadas nos diferentes tratamentos (1.784mm, 1.796mm e 1.853mm, respectivamente). Foi projetada elevação da precipitação em relação às condições iniciais de 89,9%, 61,9% e 62,6%, respectivamente. O desvio padrão que sumariza a variabilidade espacial projetada no futuro, aumentou para a precipitação (exceto no tratamento Baixa sensibilidade) e diminuiu para $E T_oPM$, conforme Tabela 1.

CONCLUSÕES

As mudanças climáticas estimadas pelo modelo ETA/HadCM3/CPTEC podem de fato, funcionarem como fonte adicional de pressão na demanda de água para irrigação na área de estudo, através da elevação nos níveis de evapotranspiração de referência como consequência da elevação de temperaturas máxima e mínima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

- ALVES L.M.; MARENGO, J. A. Assessment of regional seasonal predictability using the PRECIS regional climate modeling system over South America. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 100, n. 3-4, p. 337-350, 2010.
- BINDER, L.C.W. Climate change and watershed planning in Washington state. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 42, n. 4, p. 915-926, 2006.
- CHOU, S.C.; MARENGO, J.A.; LYRA, A.; SUEIRO, G.; PESQUERO, J.; ALVES, L.M.; KAY, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P. Downscaling of South America present climate driven by 4-member HadCM3 runs. *Climate Dynamics*, v.36, n. 2, p-1-19, 2011.
- DÍAZ, J.A.R.; WEATHERHEAD, E.K.; KNOX, J.W.; CAMACHO, E. Climate change impacts on irrigation water requirements in the Guadalquivir river basin in Spain. *Regional Environmental Change*, v. 7, n. 3, p. 149-159, 2007.
- GONDIM, R.S.; CASTRO, M. A. H. de; MEDEIROS, S. R.; TEIXEIRA, A. dos S.; FUCK, Jr., S. C. de F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v. 43, n. 12, p. 1657-1664, 2008 .
- JABLOUN, M.; SAHLI, A. Evaluation of FAO-56 methodology for estimating reference evapotranspiration using limited climatic data application to Tunisia. *Agricultural Water Management*. v. 95, n. 6, p. 707-715, 2008.
- JONES, R.G.; NOGUER, M.; HASSELL, D.C.; HUDSON, D.; WILSON, S.S.; JENKINS, G.J; MITCHELL, J.F.B. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Exeter, UK: Met Office Hadley Centre, 39 p. 2004.
- MITCHELL, T.D; JONES, D.P. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology*, v. 25, n. p. 693-712, 2005.
- MARENGO, J.A.; CHOU, S.C.; KAY, G.; ALVES, L.M.; PESQUERO, J.F.; SOARES, W.R.; SANTOS, D.C.; LYRA, A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D.; GOMES, J.L.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTec/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Paraná River basins. *Climate Dynamics*, v.35, n. 6, p.1073-1097, 2011.
- NAKICENOVIC, N.; ALCAMO, J.; DAVIS, G.; DE VRIES, B.; FENHANN, J.; GAFFIN, S.; GREGORY, K.; GR, A.; JUNG, T.Y.; KRAM, T.; LA ROVERE, E.L.; MICHAELIS, L.; MORI, S.; MORITA, T.; PEPPER, W.; PITCHER, H.; PRICE, L.; RIAHI, K.; ROEHL, A.; ROGNER, H.H.; SANKOVSKI, A.; SCHLESINGER, M.; SHUKLA, P.; SMITH, S.; SWART, R.; VAN ROOIJEN, S.; VICTOR, N.; DADI, Z. Special report on emission scenarios. [NAKICENOVIC, N.; SWART, R. (Eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>> Acesso em 03. Jan. 2007.
- NASA. SRTM. Disponível em <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. Acesso em 29.03.12.
- POPOVA, Z.; KERCHEVA, M.; PEREIRA, L.S. Validation of the FAO methodology for computing ETo with limited data. Application to South Bulgaria. *Irrigation and Drainage*. v. 55, n. 2, p. 201-215, 2006.
- ROCHA, E. da J. T.; EVANGELISTA, S. R. M.; FUCK Jr., S. C. de F.; GONDIM, R.S. Estimativa da ETo pelo modelo Penman-Monteith FAO com dados mínimos integrada a um Sistema de Informação Geográfica. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 1, p.75-83, 2011.
- SENTELHAS, P. C.; GILLESPIE, T. J.; SANTOS, E. A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agricultural Water Management*. v. 97, n. 05, p. 635-644, 2010.
- SILVA, C.S.; WEATHERHEAD, E.K.; KNOX, J.W.; DÍAZ, J.A.R. Predicting the impacts of climate change – A case study of paddy irrigation water requirements in Sri Lanka. *Agricultural Water Management*, v. 93, n. 1-2, p. 19-29, 2007.

Tabela 1. Impactos e mudanças (%) anuais projetadas da EToPM para o período de 2031 a 2060 em relação à climatologia de base (1961 a 1990).

Estatística	EToPM (mm ano ⁻¹)			
	Base	Controle(1)	Baixa(2)	Alta(3)
Mínimo	625,0	1.679,0	1.694,0	1.729,0
Máximo	1.821,0	1.854,0	1.865,0	1.939,0
Média	1.389,0	1.784,0	1.796,0	1.853,0
Desvio padrão	315,0	38,0	37,0	45,0
Mudança (%)		28,4	29,3	33,4