

RESPOSTA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA VEGETAÇÃO CAATINGA AOS CENÁRIOS REGIONALIZADOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

SILVA, T. G. F. DA¹, BARBOSA, M. L.², MORAIS, J. E. F. DE², SOUZA, L. S. B. DE³

¹ Prof. Adjunto, Agrometeorologia, UAST/UFRPE, Serra Talhada – PE, Fone: (0xx87) 3831-1927, thieres@uast.ufrpe.br

² Graduandos dos cursos de Ciências biológicas e Agronomia, UAST/UFRPE, Serra Talhada – PE

³ Doutoranda em Meteorologia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa – MG

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 - SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

Resumo: Objetivou-se analisar a resposta da evapotranspiração da caatinga (ET_{caat}) aos cenários de mudanças climáticas. Para isto, foi usada uma série de dados anuais, dividida em dois períodos distintos (1965 a 1990 e 1991 a 2007). Utilizou-se o modelo original de Penman Monteith e uma relação entre a fração evaporativa da caatinga e o índice efetivo de umidade para quantificar a ET_{caat} . Foram consideradas as projeções de aumento da concentração de dióxido de carbono na atmosfera [CO_2], da temperatura do ar, bem como as reduções dos valores de umidade relativa do ar e dos níveis pluviométricos. Observou-se que a evapotranspiração da caatinga apresentou redução em torno de 30%, sobretudo devido o aumento da demanda atmosférica e a diminuição da disponibilidade de água no solo, uma vez que o aumento da [CO_2] contribuiu apenas com 10% na redução de ET_{caat} .

Palavras-chave: dióxido de carbono, índice efetivo de umidade, vegetação natural.

RESPONSE OF EVAPOTRANSPIRATION OF THE SEMIARID NATURAL VEGETATION TO CLIMATE CHANGE SCENARIOS

Abstract: This study aimed to analyze the response of evapotranspiration from the semiarid natural vegetation (ET_{caat}) to climate change scenarios. For this, it was used a series of annual data, divided into two distinct periods (1965 to 1990 e 1991 to 2007). It was used the original Penman Monteith model and a relationship between the vegetation evaporative fraction and effective moisture index to quantify ET_{caat} . It was considered the projected increase in the concentration of atmospheric carbon dioxide [CO_2], air temperature, as well as reductions in the values of air relative humidity and rainfall levels. With the results, the natural vegetation evapotranspiration decreased around 30%, mainly due to increased atmospheric demand and decreased availability of soil water, since the increase of the [CO_2] contributed with only 10% reduction in ET_{caat} .

Key-words: carbon dioxide, moisture effective index, natural vegetation.

Introdução

Nos últimos tempos, o aumento da concentração do dióxido de carbono atmosférico ($[CO_2]$) e da temperatura do ar (t_{ar}), associadas às alterações dos padrões do ciclo hidrológico, têm sido consequências evidentes das mudanças climáticas (IPCC, 2007). Esses fatores atuam diretamente sobre as plantas, uma vez que estão relacionados à mecanismos fisiológicos determinantes para o crescimento e desenvolvimento das espécies, que apresentam faixas ideais de $[CO_2]$ e de t_{ar} para expressar o seu máximo potencial (TAIZ & ZEIGER, 2006). Estudos têm verificado a redução da evapotranspiração das plantas por causa da alta $[CO_2]$ tem induzido a diminuição da transpiração das plantas, como consequência do fechamento estomático (AINSWORTH & ROGERS, 2007). Contudo, ainda existem incertezas devido o

incremento da [CO₂] aumentar a área foliar e favorecer a transpiração (MAGLIULO et al., 2003). Por tratar-se de uma vegetação característica de clima semiárido, a Caatinga é um bioma potencialmente suscetível às alterações do clima, logo que neste tipo de região, com as mudanças climáticas o regime térmico será intensificado e a disponibilidade hídrica reduzida (MARENGO, 2008). Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a resposta da evapotranspiração da caatinga aos cenários de mudanças climáticas.

Materiais e métodos

Utilizou-se a série de dados anuais entre os anos de 1965 e 2007 da Estação Meteorológica Convencional, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido, localizada no município de Petrolina – PE, a qual foi obtida na *homepage* da referida instituição. Esta série foi dividida em dois períodos, 1965 a 1990 e 1991 a 2007, assumindo como referência o ano base de 1990, visando avaliar possíveis tendências de alteração nos valores de evapotranspiração da caatinga. Para análise dos efeitos das mudanças climáticas foram utilizadas as projeções regionalizadas anuais da temperatura do ar (t_{ar}), umidade relativa do ar (UR) e da precipitação (P), oriundas do modelo acoplado do Hadley Centre for Climate Prediction and Research, da Inglaterra (HadCM3). Uma relação entre o Índice Efetivo de Umidade ($Im = ([P/ET_o]-1).100$) e os valores anuais da fração evaporativa ($FE = ET_{caat}/ET_o$), obtidos por Teixeira et al. (2008) para dois anos (2004 e 2005), foi estabelecida com o objetivo de se estimar a evapotranspiração da caatinga, para diferentes condições de disponibilidade de água no solo, a partir da evapotranspiração de referência (ET_o) da região. Os anos 2004 e 2005 utilizados na relação entre o FE e Im apresentaram totais anuais de precipitação de 786,5 mm e 525,1 mm, caracterizados com padrões acima e abaixo da normal climatológica da região que é em torno de 549,8 mm, contemplando uma ampla faixa de disponibilidade hídrica anual da região. Assim, para um determinado ano “i”, o valor de FE_i anual é estimado por meio do Im_i e, em seguida, a partir do produto entre os valores de FE_i anual e ET_o_i anual é obtida a ET_{caat} . A ET_o_i foi obtida utilizando a equação original de Penman Monteith (PM) descrita abaixo:

$$\lambda LE = \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{t \rho_a c_p (e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)}$$

em que, λ é o calor latente de vaporização ($MJ\ kg^{-1}$), LE é o fluxo de calor latente ($mm\ ano^{-1}$), Δ é a declividade da curva da relação entre a pressão de saturação do vapor e a temperatura média do ar (kPa), R_n é o saldo de radiação solar ($W\ m^{-2}$), G é o fluxo de calor no solo ($W\ m^{-2}$), t é o fator conversão de escala de tempo (86400×365 dias), ρ_a é a densidade média do ar a pressão constante ($kg\ m^{-3}$), c_p é o calor específico do ar ($MJ\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$), $(e_s - e_a)$ é o déficit de pressão de vapor d'água (kPa), r_a e r_s são a resistência aerodinâmica e da superfície. Todas as variáveis da equação de PM foram estimadas conforme descrito em Allen et al. (1998). Os valores futuros de t_{ar} e UR foram inseridos nos cálculos de Δ e de $(e_s - e_a)$. Os cenários de precipitação foram inseridos no cálculo de Im_i para analisar os efeitos sobre a disponibilidade de água para a caatinga e, conseqüentemente, nos seus valores de FE_i . Além das anomalias das variáveis meteorológicas, assumiu-se o efeito do incremento da [CO₂] sobre a resistência estomática das folhas, a qual aumentará em torno de 22%, e no IAF_{ativo} , que será incrementado em torno de 4%, conforme citado por Lovelli et al. (2010). Estas variações foram incorporadas no cálculo do valor de r_s da equação de PM:

$$r_s = \frac{r_1 (1 + x)}{0,5IAF (1 + y)}$$

em que, r_1 é a resistência estomática de uma folha bem iluminada ($s\ m^{-1}$), sendo igual a $100\ s\ m^{-1}$, x e y são os incrementos da resistência estomática e do índice de área foliar, respectivamente, em decimal (nessa ordem, igual a 0,22 e 0,04), 0,5 é um fator que representa a área foliar que contribui ativamente para a transferência de calor e vapor para a atmosfera e IAF é o índice de área foliar, sendo função de h_c (altura da cultura da grama), que assume a expressão $IAF = 24\ h_c$, sendo $h_c = 0,12\ m$. A partir das projeções das variáveis meteorológicas e da $[CO_2]$ foram estabelecidos cinco cenários: I) Cenário atual (1965-2007), onde foi estimado os valores de ET_{caat} para o período de 1965 a 2007; II) Cenário atual (1965-1990), onde foi estimado os valores de ET_{caat} para o período de 1965 a 1990; III) Cenário atual (1991-2007), que se considerou os valores médios de ET_{caat} para o período de 1990 a 2007; IV) Cenário futuro CO_2 , em que as projeções futuras dos valores de ET_{caat} levou em consideração apenas os efeitos do CO_2 sobre a resistência estomática das folhas na equação de PM; V) Cenário futuro conjugado, onde foram quantificadas as projeções futuras dos valores de ET_{caat} para o ano de 2099, incorporando as anomalias de t_{ar} , UR, P e da $[CO_2]$.

Resultados e discussão

Analisando os dados médios das variáveis meteorológicas t_{ar} , UR e P (Tabela 1), verifica-se que, no período de 1991 a 2007, a temperatura média do ar foi inferior ($25,8 \pm 0,6^\circ C$) quando comparada ao valor observado entre os anos de 1965 a 1990 ($26,5 \pm 1,0^\circ C$), o que resultou em maiores valores de umidade relativa do ar ($66,8 \pm 6,2$). Entretanto, a quantidade de chuva tendeu a reduzir entre 1991 e 2007 ($482 \pm 156\ mm$), chegando a diminuir 13% da precipitação anual em relação ao período de 1965 a 1990. Apesar destas tendências, as projeções indicam, para o ano de 2099, um aumento da temperatura média do ar em torno de $+3,3^\circ C$ e uma redução da umidade relativa do ar podendo atingir $-7,5\%$ em termos absolutos. Além disso, os níveis pluviométricos tenderão a reduzir ainda mais ($-20\% P$). Como consequência haverá uma redução na disponibilidade de água ($-77,1$), quando comparado às condições atuais (Tabela 1), promovendo uma redução na fração evaporativa (Figura 1A) e, conseqüentemente, uma diminuição na evapotranspiração da caatinga. Nos cenários atuais, a ET_{caat} média estimada para a caatinga, por meio da relação entre o Im e FE, foi em torno de $417\ mm\ ano^{-1}$, para o período de 1965 e 2007 (Figura 2). Este valor é próximo aos informados por Teixeira et al. (2008) (398 e $688\ mm\ ano^{-1}$). Entre os anos de 1965 e 1990, a ET_{caat} ($463\ mm\ ano^{-1}$) foi superior ao período subsequente ($345\ mm\ ano^{-1}$), devido a maior disponibilidade hídrica (Im = $-63,4$). Assumindo os cenários de mudanças climáticas, constatou-se que a caatinga reduzirá a evapotranspiração em torno de 10% ($373\ mm\ ano^{-1}$), assumindo apenas o efeito da $[CO_2]$ (Figura 2). Estes resultados estão de acordo com inúmeras pesquisas, que mostram que o aumento da $[CO_2]$ atmosférico diminuirá a condutância estomática das folhas das plantas (AINSWORTH & ROGERS, 2007; MAGLIULO et al., 2003). Entretanto, considerando as demais variáveis ambientais, o aumento da temperatura com a redução da umidade relativa do ar ocasionará um maior déficit de pressão do ar, que em conjunto com a diminuição dos níveis pluviométricos reduzirá em 30% da ET_{caat} ($260\ mm\ ano^{-1}$) (Figura 2).

Tabela 1. Dados médios e projeções futuras para o ano de 2099 das variáveis meteorológicas e do índice efetivo de umidade para o município de Petrolina – PE.

Variável meteorológica	1965 a 1990	1991 a 2007	1965 a 2007	Projeções futuras (2099)
Temperatura do ar (t_{ar} , °C)	26,5±1,0	25,8±0,6	26,2±0,9	+3,3
Umidade relativa do ar (UR, %)	63,0±4,7	66,8±6,2	64,4±5,6	-7,5%
Precipitação (P, mm)	599±191	482±156	550±184	-20%P
Índice efetivo de umidade (Im)	-63,4	-69,0	-65,5	-77,1

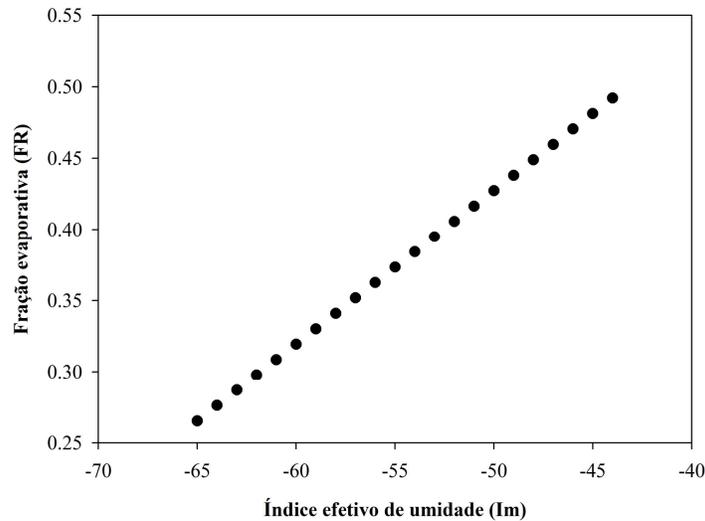


Figura 1. Relação entre a fração evaporativa (FE) e o índice efetivo de umidade (Im) (A).

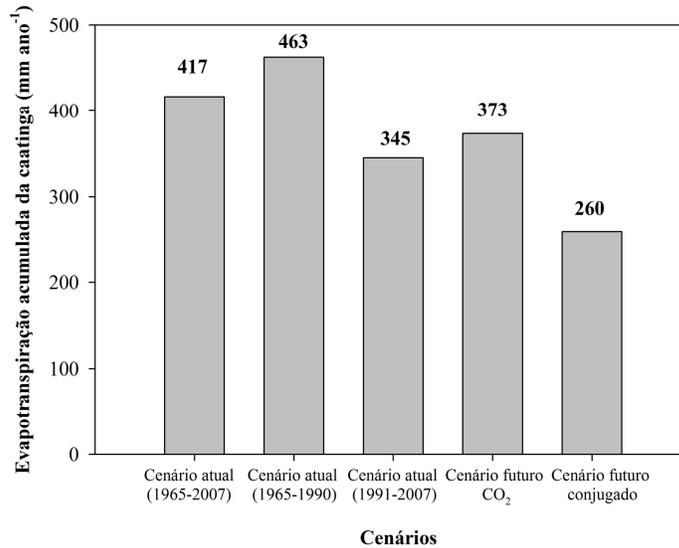


Figura 2. Evapotranspiração acumulada anual da caatinga (ET_{caat}) para diferentes cenários atual e futuros de mudanças climáticas.

Conclusão

A partir dos cenários futuros de mudanças climáticas das variáveis meteorológicas e da concentração do dióxido de carbono [CO₂], conclui-se que, a evapotranspiração da caatinga reduzirá expressivamente, sobretudo por causa do aumento da demanda atmosférica e da diminuição da disponibilidade de água no solo, uma vez que o incremento da [CO₂] atmosférico apresentou menor contribuição.

Referências

AINSWORTH, E. A.; ROGERS, A. The response of photosynthesis and stomatal conductance to rising [CO₂]: mechanisms and environmental interactions. **Plant, Cell and Environment**, v.30, p.258–270, 2007.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. In: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome. 1998.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; TOMMASOA, T. DI; VENTRELLAB, D.; MORIONDOC, M.; AMATOA, M. Effects of rising atmospheric CO₂ on crop evapotranspiration in a Mediterranean area. **Agricultural Water Management**, v.97, p.1287-1292, 2010.

MAGLIULO, V.; BINDI, M.; RANA, G. Water use of irrigated potato (*Solanum tuberosum* L.) grown under free air carbon dioxide enrichment in central Italy. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, v.97, p.65–80, 2003.

MARENCO, J.A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil**. Brasília: Parcerias Estratégicas, 2008. 28p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução: Romanato Santarém [et. al]. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 759p.

TEIXEIRA, A. H. de C.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; AHMAD, M. D.; MOURA, M. S. B.; BOS, M.G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v.362, p.110-127, 2008.