

MODELAGEM DO BALANÇO HÍDRICO EM SISTEMAS AGRÍCOLAS SOB CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NORDESTE DO BRASIL

Alisson Lopes Rodrigues², Pedro Manuel Villa³, Alice Cristina Rodrigues⁴,
Ronilson Guedes de Souza⁵, Rafles Anselmo da Mata Imai⁶

Resumo: *As mudanças climáticas representam uma ameaça para a agricultura do Brasil, sendo a região Nordeste uma das mais vulneráveis pelo seu acentuado déficit hídrico. Apesar disso, ainda são limitados os estudos que expliquem a dinâmica hídrica nas culturas desta região. Objetivou-se com este estudo, avaliar o balanço hídrico de sistemas agrícolas sob diferentes cenários de mudanças de precipitação no Nordeste do Brasil, utilizando-se para este fim um modelo de sistemas dinâmicos. Foi utilizado o modelo modificado para simular o balanço hídrico em condições normais e sob diferentes cenários de mudanças da precipitação (10 e 20 % decréscimo na média). A modelagem foi realizada utilizando-se as variáveis de estado, fluxos e auxiliares, sobre a relação água-solo em diferentes culturas no Nordeste do Brasil. O armazenamento de água no solo apresentou valores negativos em todos os cenários de mudanças climáticas. O resultado das simulações demonstraram diferenças significativas quando os cenários são comparados por local, o qual é mais acentuado nos cenários futuros com a diminuição da precipitação média anual. Os cenários de mudanças climáticas futuras revelam que o decréscimo da precipitação poderá resultar em impactos negativos no balanço hídrico da região. Contudo, o trabalho permitiu exemplificar que a utilização dos modelos de sistemas dinâmicos poderiam ser aplicados para estimar possíveis déficits no balanço hídrico e auxiliar a exploração dos parâmetros do solo para melhorar o manejo do recurso hídrico.*

Palavras chave: *déficit hídrico, disponibilidade de água, evapotranspiração, relação água-solo, sistema dinâmico*

² Graduando em Engenharia ambiental, FACISA/UNIVICOSA.

³ Fundación para la Conservación de la Biodiversidad (PROBIODIVERSA), e-mail: alisson.rodrigues@probiobiodiversa.com

⁴ Universidade Federal de Viçosa - Estudante de doutorado, e-mail: pedro.villa@ufv.br

⁵ Universidade Federal de Viçosa - Estudante de mestrado, e-mail: alice.cristina@ufv.br

⁶ Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde. Professor em Engenharia ambiental, FACISA/UNIVICOSA, rafles.mata@hotmail.com

Introdução

A intensificação das atividades antrópicas durante as últimas décadas, principalmente através das mudanças no uso da terra, tem gerado um aumento na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, e em consequência disso, modificações no clima global. Assim, a mudança climática também tem provocado modificações nos padrões de precipitações, alterando a disponibilidade de água para diferentes tipos de uso (IPCC, 2007). No Brasil, a região Nordeste tem sido reportada como uma das mais vulneráveis às mudanças de precipitação, por enfrentar problemas de seca e estiagens prolongadas dentro do período chuvoso, dessa forma os impactos negativos gerados tendem a ser mais intensos (Souza et al. 2015). hidrográficas A maioria dos modelos sobre mudanças climáticas tem sido desenvolvida para analisar processos numa escala global, continental e regional; porém, são limitados os modelos hidrológicos para avaliar condições locais numa escala de parcelas ou bacias. Nesse contexto, busca-se avaliar o efeito das mudanças da precipitação pluviométrica sobre o balanço hídrico nos sistemas agrícolas do Nordeste do Brasil, por meio de um modelo de sistemas dinâmicos.

Material e Métodos

Para simular o efeito de cenários de mudanças climáticas sobre diferentes áreas de manejo agrícola no Nordeste do Brasil, utilizou-se o programa Vensim na versão 3.0. O modelo de sistema dinâmicos foi adaptado de Shahbaz et al. (2007), que apresenta três tipos de variáveis: variável de estado (X), variável de fluxo, representada por equações diferenciais, e variáveis auxiliares que influem nos fluxos do sistema (Figura 1). Os valores dos parâmetros e variáveis utilizados no modelo foram obtidos de resultados publicados em diferentes pesquisas desenvolvidas no Nordeste Brasil. Foi realizada a otimização dos valores conhecidos das variáveis entrada para gerar os resultados correspondentes nas variáveis de estado. Fez-se uma validação para verificar se os resultados fornecidos coincidem com aqueles que foram medidos realmente.

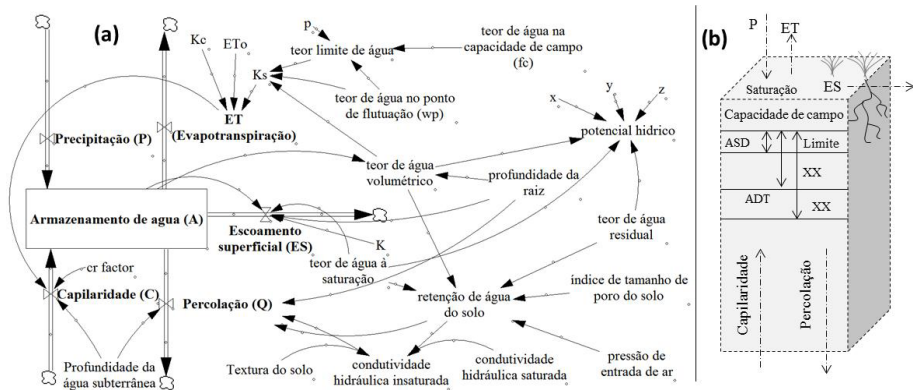


Figura 1. Modelo de sistemas dinâmicos para o balanço hídrico (a). Modelo conceitual do balanço hídrico no solo (b) adaptado de Allen et al. (1998).

Considerando a zona efetiva de raízes como uma única camada, o balanço hídrico do solo no nível do campo pode ser expresso em termos de armazenamento: $\Delta A_i = P_i + C_i - ET_i - Q_i - ES_i$ (E_i), onde ΔA_i corresponde ao armazenamento de água no solo no dia i , P_i é a precipitação; C_i é a capilaridade a partir da água disponível na profundidade do solo; ET é a evapotranspiração; Q_i é a percolação; e ES é o escoamento superficial. Assim, em condições não saturadas, a evapotranspiração real (ET) é calculada da seguinte forma: $ET = Kc * Ks * ET_o$ (E_2), onde Ks é um fator sem dimensões que expressa os efeitos da limitação das condições de umidade do solo na evapotranspiração da cultura; e Kc é o coeficiente da cultura (Allen et al., 1998). O coeficiente de umidade do solo (Ks) utilizado na Equação 2 é calculado em função da água disponível do solo na zona das raízes (ASD), e a água disponível total do solo na zona da raiz (ADT). Por tanto, segundo a Lei de Darcy usada para calcular a percolação da água do solo para a água subterrânea: $Q = (h(\Theta) - h) * K(\Theta) / T$, onde h é a altura da água subterrânea; e T é a espessura do solo entre a zona de enraizamento e a camada subterrânea. O aumento capilar é avaliado usando a seguinte relação exponencial: $C = ET * e^{(-\sigma * d)}$, onde C é o aumento capilar; ET é a evapotranspiração da cultura; σ é um parâmetro que se relaciona com a capacidade do solo para transmitir fluxos capilares, e d é a profundidade do lençol freático abaixo da zona de raiz. Quando o solo se torna saturado após da precipitação, a água é descarregada como escoamento superficial: $ES = \Delta A - (\Theta_s * Dr)$, onde θ é o teor de água saturada; Dr é a profundidade da raiz.

Os valores das diferentes variáveis de entrada, auxiliares, e de saída do modelo dinâmico do balanço hídrico (Fig. 1) foram obtidos de resultados de três pesquisas desenvolvidas em áreas agrícolas da região nordeste do Brasil. Os dados obtidos correspondem a três sistemas agrícolas de relevância para a região, feijão, milho, e cana de açúcar (Antonino *et al.* 2000; Lima *et al.* 2006; Souza *et al.* 2015). Considerou-se que o aquecimento global implicará em uma variação dos padrões de precipitação na região nordeste do Brasil, por tanto se estabeleceram três cenários de mudanças de precipitação para cada área, baseado em pesquisas de referencia no Brasil: i) mantendo os valores médios mensais, ii) diminuição de 10% e iii) diminuição de 20% nos valores médios mensais. Foram realizados os balanços hídricos para as condições médias e condições futuras a partir dos cenários pré-estabelecidos. Realizou-se um anova para comparar as medias do armazenamento de água entre cenários.

Resultados e Discussão

A variação no armazenamento de água no solo apresentou valores negativos em todos os cenários de mudanças climáticas e locais analisados pelo modelo de simulação, mostrando diferenças significativas ($p < 0,05$) quando os cenários são comparados por local (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito dos cenários de mudanças de precipitação sobre as variáveis do balanço hídrico (mm). Apresentam-se os valores reais para a calibração do modelo (balanço hídrico normal, bhn), e simulação de cenários futuros, com um decrescimento da precipitação de 10 e 20 % (P-10% e P-20%)

Variáveis	Ceara			Pernambuco			Paraíba		
	bhn	P-10%	P-20%	bhn	P-10%	P-20%	bhn	P-10%	P-20%
Precipitação	64,55	58,75	51,64	138,96	125,07	111,17	90,50	81,45	72,49
Evapotranspiração	126,12	126,12	126,12	143,63	143,63	143,63	83,50	83,50	83,50
Escoamento	16,52	16,52	16,52	14,86	14,86	14,86	10,35	10,35	10,35
Percolação	4,5	4,5	4,5	8,24	8,24	8,24	1,23	1,23	1,23
Armazenamento	- 82,59 ^c	-88,39 ^b	-95,5 ^a	-27,77 ^c	-41,66 ^b	-55,56 ^a	-4,58 ^c	-13,63 ^b	-22,59 ^a

^c. Superíndice com letras diferentes indica diferenças significativas no armazenamento de água entre cenários por cada local, segundo a comparação múltipla de medias pelo teste a posteriori (Tukey < 0,05).

A simulação prevê um marcado déficit hídrico nas regiões avaliadas, o qual é mais acentuado nos cenários futuros com a diminuição da precipitação média anual; são limitados os estudos para estabelecer comparações apropriadas. O conhecimento do balanço hídrico numa escala local pode ser um fator determinante para auxiliar a produtividade das culturas da região Nordeste, permitindo otimizar o uso da água por irrigação, além de estabelecer um adequado zoneamento espaço-temporal das culturas, segundo seus atributos ecofisiológicos. É importante destacar que além da calibração do modelo, precisa-se explorar estes cenários de mudanças climáticas levando em consideração a variabilidade dos parâmetros do solo e seus efeitos nos fluxos dentro do sistema. Assim, a modelagem por meio de sistemas dinâmicos sobre o balanço hídrico, em sistemas agrícolas, poderiam ser implementado em diferentes regiões do Brasil, ajustando as variáveis segundo as características ambientais locais.

Conclusões

As simulações do balanço hídrico nas três regiões do Nordeste do Brasil, estimados a partir dos dois cenários futuros de redução da precipitação, apresentaram valores negativos contrastantes na capacidade de armazenamento de água no solo. Estes cenários futuros projetam um aumento do período de deficiência hídrica quando comparadas ao balanço hídrico normal. As mudanças climáticas analisadas por meio da modelagem de cenários de precipitação tendem a ocasionar grandes impactos nos recursos hídricos indispensáveis para as culturas de subsistência, principalmente na demanda de água para irrigação, como consequência do balanço entre a evapotranspiração e precipitação.

Referências Bibliográficas

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 300 p. 1998.

Antonino, A.C., E.V.S Sampaio, A. Dall'Olio, I.H. Salcedo. Balanço hídrico em

solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do brasil. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 4, (1), 29-34, 2000.

IPCC. Climate change 2007: The Physical Science Basis: Summary for policymakers. Geneva: IPCC, 18p. 2007.

LIMA, J.R.S; ANTONINO,C.D; SOARES, W.A; SOUZA, E.S; LIRA; C.A.B. Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, 1 (1), 89-95, 2006.

SHAHBAZ K., L. YUFENG, A. AHMAD. Analysing complex behaviour of hydrological systems through a system dynamic approach. Environmental modelling and software, xx, 1-10, 2007.

SOUZA, R.M.; E.S. SOUZA, A.C.D. ANTONINO, J.R. LIMA. Balanço hídrico em área de pastagem no semiárido pernambucano. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 19 (5), 449-455, 2015.