



ESTUDO DA SENSIBILIDADE DO MODELO ISOTÓPICO A MUDANÇAS DE TEMPERATURA

M. G. Bezerra¹, J. A. Rebouças², A. S. Marinho³, N. C. S. Sousa⁴, F. E. F. Correia⁵

RESUMO: O modelo isotópico para o cálculo da evaporação em açudes é uma alternativa robusta e econômica aos modelos convencionais. Todavia, devido à alta variabilidade dos parâmetros climáticos da região semiárida e a baixa densidade das redes de coleta de dados meteorológicos, o método pode apresentar erros. Para medir a amplitude dos desvios ocasionados por erros na temperatura, realizou-se uma análise de sensibilidade do modelo a variações na temperatura de -60% à +60%. O modelo apresentou baixa sensibilidade às mudanças no parâmetro temperatura. As respostas as mudanças de temperatura foram suaves e sempre crescentes e, quase, simétricas para os desvios positivos e negativos. Para desvios de +10% na temperatura a variação na função objetivo foi de 1% apenas, já para um desvio de -60% o desvio na função objetivo foi de 14,43%.

PALAVRAS-CHAVE: isótopos, sensibilidade, temperatura

STUDY OF ISOTOPIC MODEL SENSITIVITY TO TEMPERATURE CHANGES

SUMMARY: The isotopic model for the calculation of the evaporation in dams is a robust and economical alternative to the conventional models. However, due to the high variability of the climatic parameters of the semi-arid region and the low density of the meteorological data collection networks, the method may present errors. To measure the amplitude of deviations caused by temperature errors, a sensitivity analysis of the model was performed at temperature variations from -60% to +60%. The model presented low sensitivity to changes in the temperature parameter. The responses to temperature changes were smooth and ever increasing and almost symmetrical for positive and negative deviations. For deviations of +10% in

¹ Graduanda em Licenciatura em Química, Curso de Licenciatura em Química, IFCE, Iguatu, CE.

² Prof. Mestre, Curso de Licenciatura em Química, IFCE, Iguatu, CE.

³ Graduanda em Licenciatura em Química, IFCE – Campus Iguatu, CEP: 63500-000, Iguatu, CE. Fone (88) 99681755. E-mail: alanemarinho2013@gmail.com

⁴ Graduanda em Licenciatura em Química, Curso de Licenciatura em Química, IFCE, Iguatu, CE.

⁵ Graduanda em Licenciatura em Química, Curso de Licenciatura em Química, IFCE, Iguatu, CE.

temperature the variation in the objective function was 1% only, and for a deviation of - 60%, the deviation in the objective function was 14.43%.

KEYWORDS: isotopes, sensitivity and temperature

INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos superficiais são a principal fonte de água. Os usos são os mais variados: agricultura, uso doméstico, consumo e indústrias. As populações das regiões semiáridas sofrem com uma perda natural: a evaporação. Portanto, uma boa gestão hídrica requer um bom entendimento desse processo. Os métodos de estudo devem considerar o corpo hídrico como individual analisando as variáveis climáticas que sofrem constante variação. Dentre as variáveis climáticas estão a umidade, temperatura, pressão de vapor, má distribuição das chuvas entre outros que são ativos no cálculo da evaporação.

O modelo isotópico é uma alternativa para o cálculo da evaporação. O uso de isótopos ambientais para analisar variáveis climáticas necessita do conhecimento de isótopos da água. O método isotópico utiliza o fenômeno do fracionamento isotópico para caracterizar a evaporação. Para o cálculo do fracionamento isotópico de um determinado corpo hídrico utiliza-se um desvio relativo da razão isotópica em relação a amostra padrão retirada de um determinado ponto do oceano, o VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). A razão isotópica é calculada pela divisão entre a concentração do isótopo pesado e a concentração do isótopo mais leve de determinado elemento e é representada pela letra R seguida pela sigla do isótopo. Para obter o desvio relativo em relação ao padrão divide-se a razão isotópica da amostra pela razão isotópica padrão e subtrai-se de um, (1). Um desvio positivo indica que há enriquecimento em isótopos pesados, já um desvio negativo indica um empobrecimento.

$$\delta(\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrão}}} - 1 \right) \cdot 10^3 \quad (1)$$

A medida das variáveis como temperatura (T) e umidade relativa do ar (h) podem ser avaliadas com base nesses isótopos. Os cálculos do balanço hídrico pelo modelo isotópico apresentam alguns erros que devem ser considerados, e precisam de metodologias para prever ou melhorar os dados das variáveis climatológicas.

A análise de sensibilidade é uma ferramenta que permite identificar quais parâmetros de entrada são sensíveis ou que alteram a variável de saída. Onde uma maior sensibilidade

corresponde a uma maior alteração na variável de saída. Dessa forma, a sensibilidade pode ser manipulada para calibrar o modelo e conduzi-lo a um melhor estudo do uso dos recursos hídricos. Segundo White & Chaubey (2005), a análise de sensibilidade é realizada para determinar a influência que um conjunto de parâmetros tem na previsão do fluxo total.

O objetivo desse trabalho é analisar a variável climática temperatura que influenciam na determinação do volume evaporado, utilizando a análise de sensibilidade como forma de aumentar a confiabilidade do estudo da bacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

Para calcular as frações evaporadas, foram utilizados neste trabalho os valores de $\delta^{18}\text{O}$ e δD , além disso foram obtidos dados de temperatura, umidade e dados de δr . Esses valores foram aplicados no software hydrocalculator (SKRZYPEK *et al.*, 2015).

O hydrocalculator é um programa cujo o algoritmo baseia-se nas equações atualizadas do modelo de Craig & Gordon (1965). O hydrocalculator dá três opções distintas para o cálculo do volume evaporado: a primeira opção utiliza o δa (valor da composição isotópica atmosférica); a segunda opção utiliza somente o δr (valores isotópicos da precipitação); a terceira opção utiliza além do δr , a inclinação da reta de evaporação local (LEL) para corrigir os valores de δr . Neste trabalho foi utilizada a terceira opção.

O coeficiente de Nash & Sutcliffe (1970) (NSE) foi utilizado para otimizar os parâmetros climáticos do modelo.

Foram ajustados os valores de T, h e δr até se conseguir um ajuste ótimo. Após o modelo estar calibrado, com um NSE de, aproximadamente, 0,99, foram mantidos h e δr fixos e alterados os valores de temperatura em porções pequenas de 10%, para mais e para menos, Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas ótimas, valores de fração evaporada para os dados ajustados ($E_{(ótimo)}$) e valores reais de evaporação ($E_{(medido)}$).

Amostragem	T (°C)	$E_{(ótimo)}$	$E_{(medido)}$
15/02/2012	25,90	5,77	5,88
21/03/2012	18,90	2,42	2,79
18/04/2012	16,60	2,19	2,18
16/05/2012	27,00	0,96	0,98
13/06/2012	23,00	1,55	1,59
04/07/2012	26,50	1,85	1,85

O NSE também foi utilizado como função objetivo na análise de sensibilidade, no qual utilizou-se a variação percentual do NSE para caracterizar o desvio que sofre o resultado final às incertezas no parâmetro temperatura. Essa análise foi realizada variando-se os valores ótimos de temperatura para cada amostra de -60% a +60%. O intervalo de variação foi de 10% para mais e para menos. Foi obtido um valor de NSE para cada variação percentual no parâmetro e calculado a variação percentual de tal valor em relação ao NSE ótimo.

RESULTADOS

Os valores de NSE obtidos a partir da variação percentual da temperatura são mostrados na Tabela 2. Os valores de NSE não sofreram grandes alterações com a variação da temperatura.

Tabela 2. Valores de variação de temperatura (ΔT) e valores de NSE obtidos com tais variações.

$\Delta T(\%)$	NSE	$\Delta T(\%)$	NSE
60	0,854	-10	0,991
50	0,887	-20	0,981
40	0,916	-30	0,958
30	0,942	-40	0,921
20	0,964	-50	0,867
10	0,980	-60	0,847

Para desvios de 10% no valor da temperatura ótima houve uma variação de apenas 1% na função objetiva, já para decréscimo de 10% houve uma variação de 0,11% no valor do NSE. Para desvios de -10% a -30% há uma menor variação nos valores de NSE em relação aos valores positivos de desvio da temperatura. Apesar disso os desvios positivos e negativos demonstram certa simetria em relação a variação na função objetivo. A maior variação percentual no valor de NSE foi obtida com o decréscimo de 60% no valor do parâmetro temperatura, o valor obtido foi de 14,43%. As alterações foram crescentes de acordo com o aumento percentual positivo ou negativo da temperatura, Figura 1.

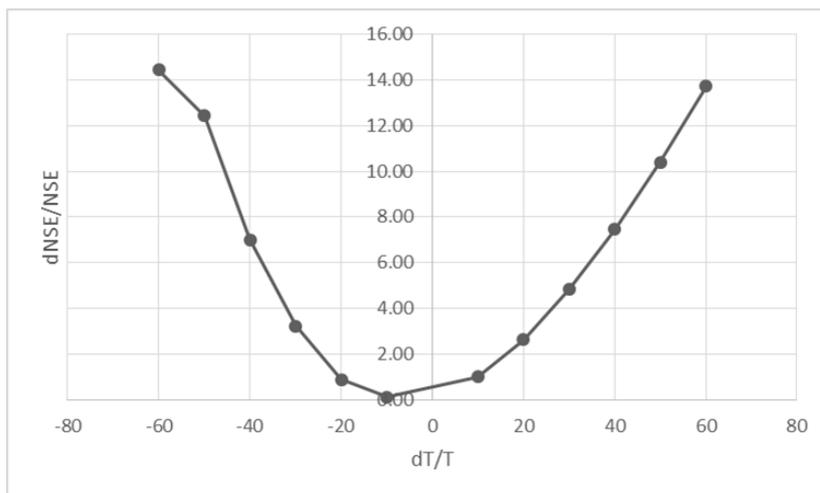


Figura 1. Gráfico da variação percentual da temperatura x desvios percentuais no valor da função objetivo.

Os resultados obtidos nesse trabalho concordam bem com os resultados de Skrzypek (2015) já que para ambos os trabalhos se obteve que uma pequena incerteza na temperatura provoca variações praticamente insignificantes ao resultado final, No trabalho de Skrzypek (2015) obteve-se que a variação de 1°C na temperatura ótima provoca um desvio de apenas 0,1% no resultado final para ambos os isótopos, Já para uma variação de 5°C haverá um desvio de 0,4% para o deutério e de 0,1% para oxigênio- 18.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o modelo apresentou baixa sensibilidade às mudanças no parâmetro temperatura, as respostas as mudanças de temperatura foram suaves e sempre crescentes e, quase, simétricas para os desvios positivos e negativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRAIG, H; GORDON, L I. No Title. *Deuterium and Oxygen-18 Variations In the Ocean and The Marine Atmosphere. In: Proceedings of a Conference On Stable Isotopes In Oceanographic Studies and Paleotemperatures*, Cited By (since 1996): 1Export Date: 7 December 2012Source: Scopus, p. 9–130, 1965.

NASH, J.E.; SUTCLIFFE, J.V. River flow forecasting through conceptual models part I - a discussion of principles. *Journal of Hydrology*, v. 10, p. 282–290, 1970.

SKRZYPEK, Grzegorz *et al.* Estimation of evaporative loss based on the stable isotope

composition of water using Hydrocalculator. *Journal of Hydrology*, v. 523, p. 781–789, 2015. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022169415001134>>.

WHITE, Kati L.; CHAUBEY, Indrajeet. SENSITIVITY ANALYSIS, CALIBRATION, AND VALIDATIONS FOR A MULTISITE AND MULTIVARIABLE SWAT MODEL. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 41, n. 5, p. 1077–1089, out. 2005. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03786.x>>. Acesso em: 16 mar. 2012.