

## **AValiação de Variáveis Climáticas Utilizando Isótopos Ambientais no Município de Quixeramobim-CE**

Francisca Elenilda Ferreira Correia<sup>1</sup>; Mariana Guedes Bezerra<sup>2</sup>; Victoria Maria Horácio Jerônimo<sup>3</sup>; Antônio Ruberdson Pinheiro<sup>4</sup>; Jonathan Alves Rebouças<sup>5</sup>

1 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, elennildaferreira@gmail.com.

2 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, mariananicklipe@hotmail.com.

3 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, victoriav130@hotmail.com.

4 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, ruberdsonpinheiro96@hotmail.com.

5 – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, jalvesreboucas@gmail.com.

### **RESUMO**

O presente trabalho trata da utilização do método isotópico para a investigação de variáveis climáticas nos entornos de setes reservatórios e na interface ar/água. Os resultados encontrados para os entornos não foram satisfatórios, uma vez que as temperaturas encontradas para valores de umidade abaixo de 100% não são valores típicos de regiões semiáridas. Todavia, para interface ar/água, foi verificado que mesmo para reservatórios com propriedades morfométricas diferentes há uma convergência entre as temperaturas das interfaces ar/água dos reservatórios. Os resultados mostraram uma temperatura média de aproximadamente 24 °C para todos os reservatórios.

**PALAVRAS CHAVE:** isótopos ambientais, temperatura e umidade relativa

### **INTRODUÇÃO**

Estudar variáveis climáticas em um clima semiárido é uma tarefa que demanda muito trabalho. Isso se deve a baixa periodicidade dos fenômenos climáticos e a má distribuição das chuvas, seja temporal ou espacialmente, que ocorrem nessas regiões. Além disso, a variabilidade espacial das variáveis climáticas torna o cenário um tanto complexo para a modelagem matemática.

De uma forma geral, as variáveis climáticas de uma região são medidas em campo por meio de estações meteorológicas. As estações meteorológicas dispõem de equipamentos automáticos, ou não, para a medição dessas variáveis. Elas são fixadas em locais estratégicos de tal forma a cobrir uma área representativa do local de estudo. Todavia, para regiões semiáridas, onde a variabilidade espacial de variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade relativa é algo que deve ser considerado, as estações pecam em tomar a região como uniforme ou mesmo isotrópica. Portanto, para uma melhor representatividade climática da região de estudo seriam necessárias estações climáticas densamente espaçadas, de tal forma a cobrir toda a região e captar a variabilidade espacial dessas variáveis. Apesar de teoricamente essa ser a proposta mais adequada, quando observada do ponto de vista prático é a menos viável. Uma estação meteorológica necessita de acompanhamento em campo para manutenção e suporte, custa caro e fica exposta a ação antrópica.

Logo, é necessária uma proposta metodológica com uma logística viável para execução e que possa representar bem a variabilidade espacial das variáveis climáticas.

O uso de isótopos ambientais para estudos que envolvem o meio ambiente tem voltado com muita força ao cenário das pesquisas científicas nos últimos anos (BROCK et al., 2009; FEKETE et al., 2006; GIBSON, 2001; HUNT et al., 2005; JONES; IMBERS, 2010; JONSSON et al., 2009; KATTAN, 2008; LONGINELLI et al., 2008; STICHLER et al., 2008; TURNER; WOLFE; EDWARDS, 2010; TURNER; TOWNLEY, 2006; VANDENSCHRICK et al., 2002; YI et al., 2008). O maior alvo dos estudos isotópicos são as águas subterrâneas (TURNER; TOWNLEY, 2006). Uma vez que os métodos convencionais de monitoramento desses recursos hídricos são caros, os isótopos conseguem, com um pequeno custo, mostrar resultados precisos graças as suas características de traçadores. O uso de isótopos ambientais para estimar variáveis climáticas está ligado ao conhecimento do comportamento isotópico de açudes e/ou rios (COSTA et al., 2010). Apesar da possibilidade de se conhecer a composição isotópica do ar atmosférico por meio de sua condensação, os métodos são onerosos e pouco práticos, o que impossibilita a execução em vários pontos na área de estudo. Logo, a medida de variáveis como temperatura e umidade relativa não são feitas diretamente, mas avaliadas com base nos efeitos isotópicos observados em corpos hídricos.

Esse trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade do uso de isótopos ambientais para a medição das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa em uma região no município de Quixeramobim-CE.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os isótopos ambientais utilizados no estudo foram o oxigênio-18 e o deutério. A obtenção das amostras foi feita mediante a coleta de 30 mL de água de sete reservatórios. As amostras de água foram acondicionadas em garrafas hermeticamente fechadas. Esse procedimento evita que a água contida no frasco evapore e adultere a composição isotópica original. As coletas de água ocorreram de 15/02/2012 à 26/09/2012. As coletas foram semanais, o que gerou uma média de 20 amostras por açude, quando contabilizados os eventos que impediram o monitoramento. A grandeza utilizada para quantificar a composição isotópica da água foi  $\delta$ , que é definida como mostrado na equação 1. Essa grandeza representa um desvio relativo da composição isotópica  $R$  de uma amostra por uma composição  $R'$  padrão chamada VSMOW (VIENNA STANDARD MEAN OCEAN WATER). O desvio  $\delta$  é medido em por mil (‰). Essa unidade foi escolhida para melhor análise dos dados.

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

A área de estudo escolhida foi o município de Quixeramobim-CE. Dentro desse município foram escolhidos sete reservatórios, sendo um deles um açude federal, monitorado pelo DNOCS (DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA). Os demais açudes estão localizados em duas bacias hidrográficas experimentais, monitoradas pela FUNCEME (FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS), Figura 1. As dimensões dos açudes foram obtidas por meio de uma batimetria realizada durante o período de estudo, Tabela 1. Todos os açudes são considerados de médio porte, a exceção do açude do Fogareiro que possui mais de 100 milhões de metros cúbicos.

**Figura 1 - Área de estudo.**



**Tabela 1 – Medidas dos açudes: Hmax (profundidade máxima), Smax (superfície máxima) e Vmax (volume máximo).**

AÇUDES	HMAX (M)	SMAX (M <sup>2</sup> )	VMAX (M <sup>3</sup> )
Fogareiro	31,20	1,85E+07	1,19E+08
Campina	11,36	1,19E+06	4,03E+06
Riacho Verde	16,03	8,80E+05	5,63E+06
Algodão	14,00	3,20E+05	1,98E+06
Vista Alegre	8,98	2,95E+05	8,33E+05
Lagoa Cercada	6,67	2,53E+05	6,55E+05
Cambito	9,15	1,94E+05	6,26E+05

Fonte: Autor, 2016.

As variáveis climáticas estimadas foram a temperatura (T) e a umidade relativa do ar (h). Para estimar essas variáveis foi necessário estabelecer valores para a  $\delta_A$  (composição isotópica da atmosfera). Os valores usados foram -12,5‰ para o oxigênio-18 e -90,0‰ para o deutério (CRAIG; GORDON, 1965). Apesar desses valores considerarem um estado de equilíbrio durante o fracionamento isotópico e serem usados, geralmente, para regiões litorâneas, não há grande diferença entre os valores achados por Mayer et al (2007), medidos para lagos no semiárido argentino. Além disso, a composição isotópica do vapor atmosférico não é constante ao longo do ano podendo chegar a valores bem próximos de zero, durante períodos secos (TREMROY et al., 2012). Ou seja, o erro inserido pela escolha de um valor usado em regiões litorâneas é atenuado pela grande oscilação no valor dessa variável.

Para a estimativa de T e h utilizou-se a inclinação da “linha de evaporação” (LEV). A LEV é a reta formada quando se plotam os valores de  $\delta O^{18}$  e  $\delta D$  em um gráfico. A inclinação dessa reta reflete sob quais condições ocorreu a evaporação nos açudes. Ou seja, reflete as condições climáticas médias da região. A equação proposta por Gat(1995 apud MAYR et al., 2007) é:

$$S_{LEV} = \frac{|h(\delta_A - \delta_l) + \varepsilon|_H}{|h(\delta_A - \delta_l) + \varepsilon|_O} \quad S_{LEV} = \frac{|h(\delta_A - \delta_l) + \varepsilon|_H}{|h(\delta_A - \delta_l) + \varepsilon|_O} \quad (2)$$

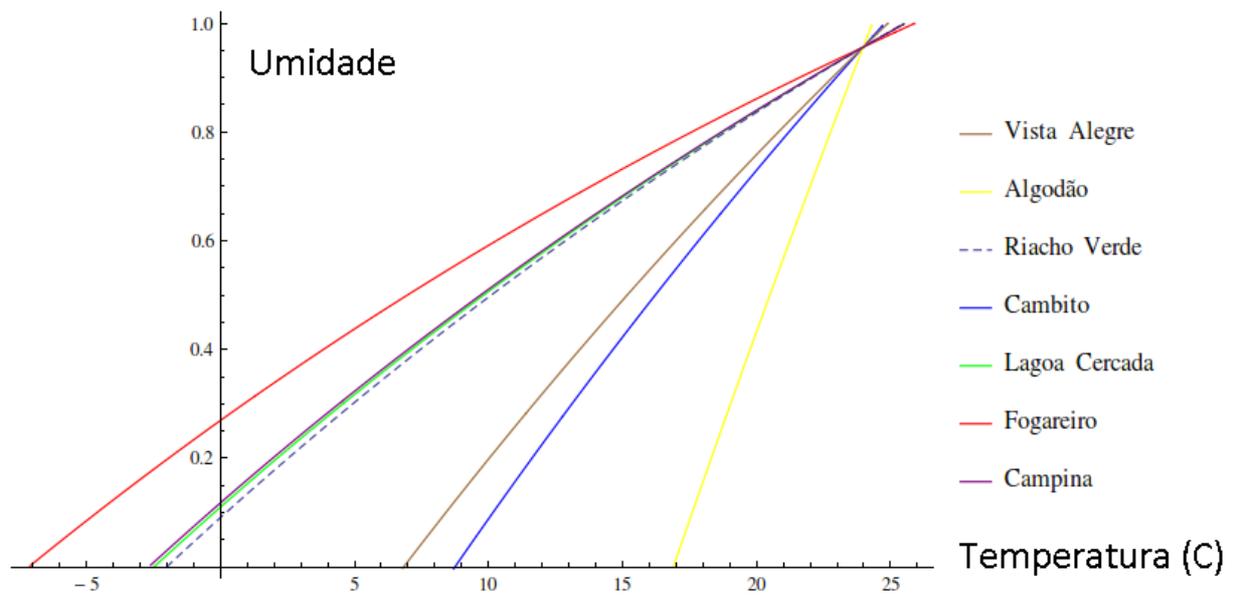
Onde:  $S_{LEV}$  corresponde a inclinação de LEV,  $\delta_A$  a composição isotópica do vapor atmosférico,  $\delta_L$  a composição isotópica do reservatório, h a umidade relativa do ar e  $\varepsilon$  o fracionamento isotópico total. A variável T é a variável independente do fracionamento isotópico.

Observando a Equação 2 é fácil perceber que não existe apenas um único par ordenado que satisfaça essa equação. Logo, teremos retas h x T para cada reservatório. A partir dessas retas será possível avaliar como se comportam essas variáveis climáticas para cada reservatório.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As retas obtidas mostraram comportamentos diferentes para as variáveis temperatura e umidade durante o processo de evaporação, Figura 2. A reta que obteve maior inclinação foi a reta do açude da Vista Alegre e a de menor inclinação foi a pertencente ao açude do Fogareiro. As curvas mostradas de fato não são retas. Sua aparência de reta está limitada as condições de contorno, valores de umidade entre 0% e 100%.

**Figura 2** - Gráficos de temperatura x umidade.



As retas mostradas acima não são capazes de representar as variáveis climáticas da região ao redor do reservatório, mas apenas as condições climáticas na interface ar/água. Isso é percebido devido aos baixos valores de temperatura obtidos para as baixas umidades, que são características das regiões semiáridas. A Figura 2 mostra que para valores bem próximos do equilíbrio, umidade 100%, as temperaturas convergem para um valor próximo a 24 °C. Portanto, é possível afirmar que as variáveis umidade e temperatura produziram efeitos semelhantes na evaporação dos reservatórios, impedindo um conhecimento climático das regiões.

## CONCLUSÕES

O estudo pode constatar que mesmo para reservatórios com características morfométricas diferentes foi possível observar uma convergência entre a temperatura nas proximidades na interface ar/água, com um valor de aproximadamente 24 °C.

Não foi possível estimar a temperatura dos entornos dos açudes com a metodologia adotada. Ou seja, para umidades menores que 100% não foram encontrados valores típicos de temperatura em regiões semiáridas.

Por fim, é possível concluir, para o caso dessa região e para o período de estudo que o método isotópico não representa bem as variáveis climáticas dos entornos do açude, mas oferece uma boa referência da influência das variáveis temperatura e umidade durante o processo evaporativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROCK, B. E. et al. Multi-year landscape-scale assessment of lakewater balances in the Slave River Delta, NWT, using water isotope tracers. **Journal of Hydrology**, v. 379, n. 1–2, p. 81–91, 15 dez. 2009.
- COSTA, A. et al. Caracterização Isotópica e Estimativa da Evaporação Usando Isótopos Estáveis nos Reservatórios de França e São José do Jacuípe, Região do Semi-árido Baiano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 49–58, 2010.
- CRAIG, H.; GORDON, L. I. **Deuterium and Oxygen-18 Variations In the Ocean and The Marine Atmosphere**. Proceedings of a Conference On Stable Isotopes In Oceanographic Studies and Paleotemperatures. **Anais...**1965
- FEKETE, B. M. et al. Application of isotope tracers in continental scale hydrological modeling. **Journal of Hydrology**, v. 330, n. 3–4, p. 444–456, 15 nov. 2006.
- GIBSON, J. J. Forest-tundra water balance signals traced by isotopic enrichment in lakes. **Journal of Hydrology**, v. 251, n. 1–2, p. 1–13, 15 set. 2001.
- HUNT, R. J. et al. Investigating surface water–well interaction using stable isotope ratios of water. **Journal of Hydrology**, v. 302, n. 1–4, p. 154–172, 1 fev. 2005.
- JONES, M. D.; IMBERS, J. Modeling Mediterranean lake isotope variability. **Global and Planetary Change**, v. 71, n. 3–4, p. 193–200, abr. 2010.
- JONSSON, C. E. et al. Stable oxygen and hydrogen isotopes in sub-Arctic lake waters from northern Sweden. **Journal of Hydrology**, v. 376, n. 1–2, p. 143–151, 30 set. 2009.
- KATTAN, Z. Estimation of evaporation and irrigation return flow in arid zones using stable isotope ratios and chloride mass-balance analysis: Case of the Euphrates River, Syria. **Journal of Arid Environments**, v. 72, n. 5, p. 730–747, maio. 2008.
- LONGINELLI, A. et al. A stable isotope study of the Garda lake, northern Italy: Its hydrological balance. **Journal of Hydrology**, v. 360, n. 1–4, p. 103–116, 15 out. 2008.
- MAYR, C. et al. Precipitation origin and evaporation of lakes in semi-arid Patagonia (Argentina) inferred from stable isotopes ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$ ). **Journal of Hydrology**, v. 334, n. 1–2, p. 53–63, 20 fev. 2007.
- STICHLER, W. et al. Use of environmental isotopes to define the capture zone of a drinking water supply situated near a dredge lake. **Journal of Hydrology**, v. 362, n. 3–4, p. 220–233, 5 dez. 2008.

TREMOY, G. et al. A 1-year long  $\delta^{18}\text{O}$  record of water vapor in Niamey (Niger) reveals insightful atmospheric processes at different timescales. **Geophysical Research Letters**, v. 39, n. 8, 24 abr. 2012.

TURNER, K. W.; WOLFE, B. B.; EDWARDS, T. W. D. Characterizing the role of hydrological processes on lake water balances in the Old Crow Flats, Yukon Territory, Canada, using water isotope tracers. **Journal of Hydrology**, v. 386, n. 1–4, p. 103–117, 28 maio. 2010.

TURNER, J. V.; TOWNLEY, L. R. Determination of groundwater flow-through regimes of shallow lakes and wetlands from numerical analysis of stable isotope and chloride tracer distribution patterns. **Journal of Hydrology**, v. 320, n. 3–4, p. 451–483, 15 abr. 2006.

VANDENSCHRICK, G. et al. Using stable isotope analysis ( $\delta\text{D}$ – $\delta^{18}\text{O}$ ) to characterise the regional hydrology of the Sierra de Gador, south east Spain. **Journal of Hydrology**, v. 265, n. 1–4, p. 43–55, 30 ago. 2002.

YI, Y. et al. A coupled isotope tracer method to characterize input water to lakes. **Journal of Hydrology**, v. 350, n. 1–2, p. 1–13, 15 fev. 2008.