

COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA ($\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$) DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DOS AQUÍFEROS DA REGIÃO DO CARIRI (CE)

Zulene Almada Teixeira¹, Elisa de Mello Kich², Miguel Paulo Rodrigues Neto¹, José Guilherme Filgueira¹, Maurício Dambrós Melati², Didier Gastmans³

¹ Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará – COGERH. Rua Adualdo Batista, 1550, Fortaleza (CE). zulene.almada@cogerh.com.br; miguel.rodrigues@cogerh.com.br;

guilherme.filgueira@cogerh.com.br

² Água e Solo Estudos e Projetos. Rua Baronesa do Gravataí, 137, sala 406, Porto Alegre (RS). elisa.aguaesolo@gmail.com; mauriciomelati@gmail.com

³ Univ. Estadual Paulista – Centro de Estudos Ambientais. Av. 24A, 1515 – Rio Claro (SP). gastmans@rc.unesp.br

Palavras-Chave: Isótopos estáveis; águas subterrâneas; Cariri

INTRODUÇÃO

A compreensão dos mecanismos envolvidos na recarga das águas subterrâneas constitui um dos principais desafios à gestão dos recursos hídricos, principalmente face a diminuição das reservas, seja devido à problemas de qualidade ou de aumento de demandas em áreas de intensa ocupação humana. Nesse contexto, isótopos estáveis de oxigênio e hidrogênio, constituem excelentes traçadores da movimentação da água ao longo do ciclo hidrológico, fornecendo informações importantes sobre mecanismos de recarga e condições climáticas atuais e pretéritas (Aggarwal et al., 2012).

A região do Cariri, localizada na porção sul do Ceará, está assentada sobre a Bacia Sedimentar do Araripe, à qual se associam importantes reservatórios de águas subterrâneas, que constituem o único recurso hídrico disponível ao longo do ano para abastecimento humano e outras atividades como uso na indústria, dessedentação animal e irrigação, e portanto para a correta gestão dos recursos hídricos é necessário o conhecimento a respeito das condições de recarga desses aquíferos.

O presente trabalho insere-se no contexto de trabalhos contínuos de monitoramento quali-quantitativos de águas subterrâneas realizados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) na região do Cariri, e que teve como um dos objetivos realizar a caracterização da composição isotópica das águas subterrâneas dos aquíferos do Cariri e avaliar a sua variação sazonal, visando estabelecer a origem das águas exploradas, e sua relação com a recarga.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está situada na região sul do Estado do Ceará, na divisa entre os estados de Pernambuco, Paraíba e Piauí, compreendendo parte da Região Metropolitana do Cariri (RMC), que abrange nove municípios: Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, Abaiara, Milagres, Brejo Santo, Porteiras e Mauriti. Seu arcabouço hidrogeológico é constituído pelas unidades da Bacia Sedimentar do Araripe, que se alternam em uma sequência de aquíferos e aquitardes intercalados, sendo reconhecidos três aquíferos, o Sistema Aquífero Superior (SAS) constituído pelas formações Abajara e Exú, o Sistema Aquífero Médio (SAM), constituído pelas formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha, e o Sistema Aquífero Inferior (SAI), constituído pela Formação Mauriti (MENDONÇA et al., 2004; COGERH, 2009).

Esses dois aquíferos são separados pela Formação Brejo Santo que, segundo esses autores, funcionaria como um aquitarde (Figura 1).

Estudos isotópicos na região foram realizados por Santiago et al. (1997), que mostraram a correlação entre a mineralização das águas, seus tempos de residência e os valores de $\delta^{18}\text{O}$. Águas subterrâneas do SAM apresentam condutividades elétricas (CE) inferiores a $600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, com

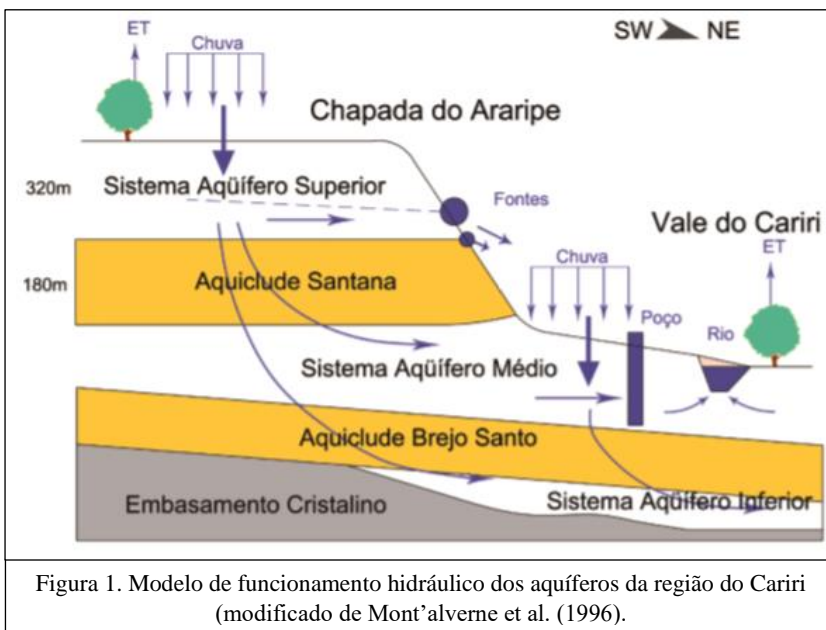


Figura 1. Modelo de funcionamento hidráulico dos aquíferos da região do Cariri (modificado de Mont'alverne et al. (1996).

atividade de ^{14}C acima de 70PCM e valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -2,5‰ e -5,0‰, sendo os valores mais enriquecidos associados a recarga direta pela precipitação, enquanto fluxos ascendentes de águas mais antigas, seriam responsáveis pelos valores mais empobrecidos. Já as águas do SAI, apresentam águas mais salinizadas, com baixas atividades de ^{14}C , indicando maiores tempos de residência, e valores de $\delta^{18}\text{O}$ entre -2,8‰ e -3,8‰. Os autores observam que apesar da ocorrência de águas mais antigas e empobrecidas, todas as unidades apresentam evidências de recargas pela precipitação atual, conforme constatado em estudo recente realizado pela COGERH (2009), que aponta variações sazonais na composição isotópica das águas subterrâneas, associadas a recarga durante o período chuvoso (águas mais enriquecidas) e extração de águas da reserva permanente (águas mais empobrecidas).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas quatro campanhas de amostragem entre janeiro/2016 e novembro/2017, sendo duas campanhas em meses chuvosos (1ª e 3ª campanhas, respectivamente jan-fev/2016 e mar-abr/2017) e duas em meses mais secos (2ª e 4ª campanhas, respectivamente ago-set/2016 e nov/2017), e em cada uma delas coletadas 80 amostras, representando SAM (64 poços) e o SAI (16 poços). As determinações isotópicas foram realizadas pelo método de Espectroscopia Laser de Cavidade Oca (Cavity Ring Laser Spectroscopy), e os resultados expressos em relação ao VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição isotópica média das águas subterrâneas do SAI, ao longo das quatro campanhas de amostragem, apresentou-se um pouco mais empobrecida que a composição média da precipitação histórica da região ($\delta^2\text{H} = -15,69\text{‰}$ e $\delta^{18}\text{O} = -2,98\text{‰}$), com as amostras posicionando-se acima da Reta Meteorológica Global (RMG), mas alinhadas a essa referência (Figura 2).

A comparação da composição isotópica das águas subterrâneas do SAI ao longo das quatro campanhas de amostragem, mostram que os valores médios são semelhantes (Tabela 1). Uma análise estatística,

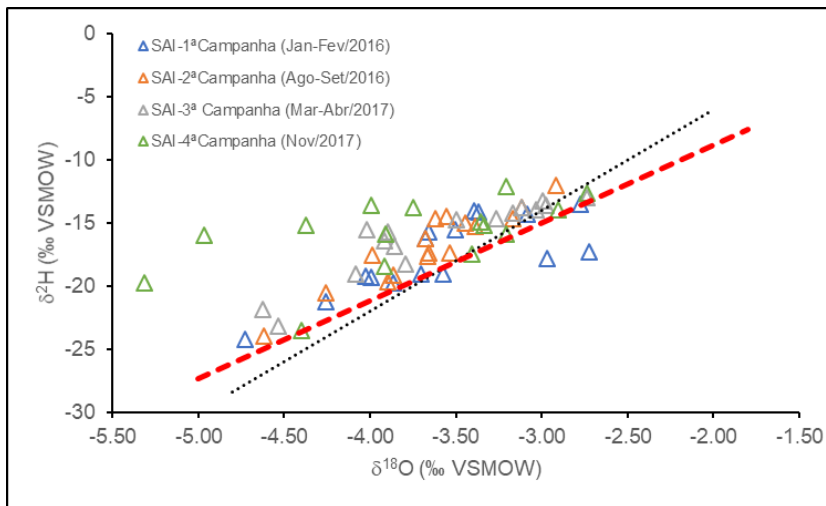


Figura 2. Relação $\delta^{18}\text{O}$ versus $\delta^2\text{H}$ para as águas subterrâneas do SAI. Em vermelho a Reta Meteórica Local e em preto a Reta Meteórica Global

empregando-se o teste de Kurskal-Wallis, que é um teste não paramétrico utilizado para se comparar três ou mais populações, indicou que para as variáveis $\delta^{18}\text{O}$ (p-valor = 0,78), $\delta^2\text{H}$ (p-valor = 0,33) e d -excess (p-valor = 0,27), a hipótese de igualdade entre as campanhas pode ser aceita, ou seja, não podem ser identificadas variações sazonais devido a ocorrência de recarga por

infiltração da água da chuva recente. As condições hidrogeológicas da unidade, ou seja, seu confinamento e posição estratigráfica, corroboram as a análise estatística.

Tabela 1. Variação dos valores de $d_{18\text{O}}$ observadas nas águas subterrâneas do SAI e do SAM, ao longo das campanhas de amostragem

$\delta^{18}\text{O}$ (‰ VSMOW)		1ª Campanha (Jan-Fev/16)	2ª Campanha (Ago-Set/16)	3ª Campanha (Mar-Abr/17)	4ª Campanha (Nov/17)
Sistema Aquífero Inferior	Mínimo	-4,74	-4,63	-4,64	-5,52
	Máximo	-2,74	-2,93	-2,75	-2,75
	Média	-3,60	-3,66	-3,61	-3,91
Sistema Aquífero Médio	Mínimo	-4,56	-5,18	-4,65	-4,74
	Máximo	-2,08	-2,47	-1,86	-1,84
	Média	-3,36	-3,41	-3,22	-3,22

Em relação ao Sistema Aquífero Médio, as composições isotópicas médias também foram ligeiramente mais depletadas que a precipitação, entretanto ligeiramente mais enriquecida que as águas subterrâneas do SAI (Tabela 1). Comparando-se as quatro campanhas de amostragem realizadas, observa-se uma diferença maior entre os valores médios, especialmente na segunda

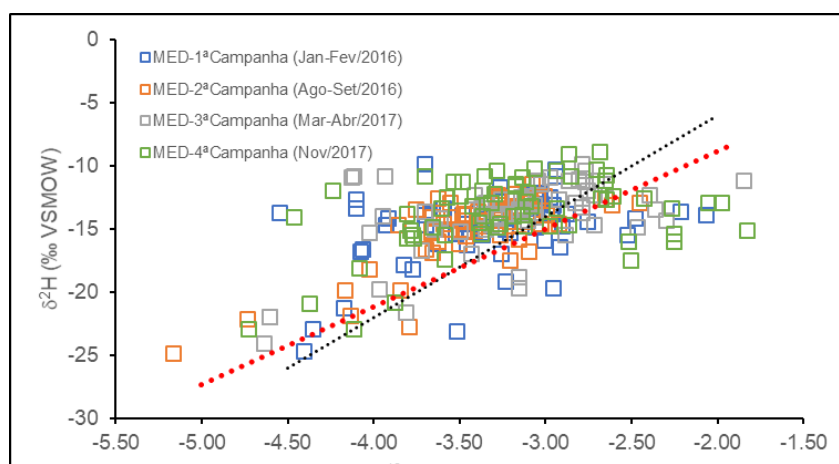


Figura 3. Relação $\delta^{18}\text{O}$ versus $\delta^2\text{H}$ para as águas subterrâneas do SAM. Em vermelho a Reta Meteórica Local e em preto a Reta Meteórica Global

campanha, que apresentou valores mais empobrecidos, o que indica a existência de possíveis variações sazonais, como já aventado em outros estudos.

A maior parte das amostras encontra-se alinhada em relação a Reta Meteorica Global (RMG) (Figura 3), entretanto observa-se que várias amostras, especialmente das primeira e quarta campanhas posicionam-se abaixo dessa referência, indicando a possibilidade de ocorrência de evaporação, evidenciado também pelos valores de d -excess inferiores a 10. O fato do SAM constituir um aquífero semi-confinado possibilita a ocorrência de recarga, que pode ser constatada pelas variações sazonais da composição isotópica, com o reconhecimento de processos de evaporação, possivelmente associados à recarga das águas e também a partir do reconhecimento de que a origem da precipitação, visualizada nos valores de excesso de deutério, acaba por imprimir um padrão facilmente distinguível.

Uma análise de taxas de recarga por meio do método do *Water Table Fluctuation* (WTF), apontou valores que alcançam 110 milhões de metros cúbicos de água por ano, fato constatado também pelas variações isotópicas nas suas águas subterrâneas. Deve-se considerar que a existência de recarga das águas subterrâneas no Sistema Aquífero Médio, indica que se trata de um sistema ativo, e que estratégias de gestão devem estar embasadas em modelos de balanço hídrico que possibilitem a extração controlada apenas das reservas renováveis, evitando-se a utilização das reservas permanentes, possivelmente paleoáguas recarregadas em períodos pretéritos, do aquífero.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGARWAL, P.K., ALDUCHOV, O.A., FROEHLICH, K.O., ARAGUAS-ARAGUAS, L.J., STURCHIO, N.C., KURITA, N. 2012. Stable isotopes in global precipitation: a unified interpretation based on atmospheric moisture residence time. *Geophysical Research Letters*, 39, L11705, doi:10.1029/2012GL051937.
- COGERH (Companhia de Gestão de Recursos Hídricos). 2009. Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe (2009). Fortaleza, 272p.
- MENDONÇA, L.A.R.; FRISCHKORN, H.; SANTIAGO, M.F.; MENDES FILHO, J. 2004. Probing the Relationship Between Surface Waters and Aquifers By ^{18}O Measurements on the Top of the Araripe Plateau/NE Brazil. *Environmental Geology*, 46:295-302.
- MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; DANTAS, J. R. A.; LOPES, C. F.; MELO JÚNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A.; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUZA, S do R.; SILVA, E. C. C. da. 1996. Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe. Fase I. Recife: DNPM, 101 p.
- SANTIAGO, M.F.; SILVA, C.M.S.V.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H. 1997. Characterization of groundwater in the Cariri (Ceará, Brazil) by environmental isotopes and electric conductivity. *Radiocarbon*, 39(1), 49-59.