



## Rede Cooperativa de Pesquisa

# COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO



## *HIDROGEOLOGIA DO AQUÍFERO AÇU NA BORDA LESTE DA BACIA POTIGUAR: TRECHO UPANEMA – AFONSO BEZERRA*

### Análises Isotópicas

Outubro / 2007

Ministério de  
Minas e Energia

Ministério da  
Ciência e Tecnologia



**Rede Cooperativa de Pesquisa**

**COMPORTAMENTO DAS BACIAS SEDIMENTARES DA REGIÃO  
SEMI-ÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

***HIDROGEOLOGIA DO AQÜÍFERO AÇU NA BORDA  
LESTE DA BACIA POTIGUAR: TRECHO UPANEMA –  
AFONSO BEZERRA***

**Análises Isotópicas**

Execução:

**Dept. de Física - Universidade Federal do Ceará - UFC**

Outubro / 2007

## ANÁLISES ISOTÓPICAS

### Metodologia

O hidrogênio e o oxigênio que fazem parte da molécula da água. Apresentam, cada um deles, três formas isotópicas diferentes; o hidrogênio:  $^1\text{H}$ , D ( $^2\text{H}$ ) e T ( $^3\text{H}$ ) e o oxigênio:  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ . Por isso, a água pode ser encontrada em formas isotópicas diferentes, sendo as mais abundantes  $\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$ ,  $\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}\ ^{16}\text{O}$ . As abundâncias relativas (em %) médias destas três moléculas da água são, respectivamente:

$$99,73; 0,20; 0,032$$

Portanto, a quantidade de moléculas  $\text{H}_2\ ^{18}\text{O}$  e  $\text{HD}\ ^{16}\text{O}$  é muito pequena em relação à quantidade de moléculas  $\text{H}_2\ ^{16}\text{O}$ , porém varia dependendo da origem da água e de processos que ocorrem durante o seu deslocamento e de seu armazenamento superficial. Assim, estas moléculas marcam a água e são usadas como traçadores para pesquisar a história da água.

Os resultados são dados em termos de  $\delta\%$ , definido por,

$$\delta\% = (R_a - R_p)/R_p \times 10^3$$

Onde,  $R_a$  é a razão isotópica  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  ou  $\text{D}/^1\text{H}$ , respectivamente, da amostra e  $R_p$  seu valor para uma água padrão “VSMOW” (Viena Standard Mean Ocean Water da IAEA em Viena /Áustria).

O valor de  $\delta$  mede, portanto, o enriquecimento (ou o empobrecimento, quando  $< 0$ ) no isótopo pesado na amostra em relação ao padrão. É importante que, devido à grande predominância do isótopo mais leve ( $^1\text{H}$  ou  $^{16}\text{O}$ ), o  $\delta$  comporta-se como uma concentração em misturas de águas de valores de  $\delta$  diferentes (i.e. segue uma reta de mistura).

Os aspectos mais importantes para interpretar nosso contexto são:

- As chuvas modernas na região apresentam valores médios ponderados em torno de  $\delta^{18}\text{O}\% = -4$  e  $\delta\text{D}\% = -14$ .
- Paleoáguas com idade maior que  $\approx 10.000$  anos são marcadas por um clima mais frio no final do Pleistocênio apresentando  $\delta^{18}\text{O}$  em torno de  $-6\%$  ( $\delta\text{D}$  de aproximadamente  $-38\%$ ).
- Águas que sofreram evaporação mostram em enriquecimento nos isótopos mais pesados e apresenta, portanto,  $\delta$  significativamente elevado em relação aos das águas pluviais.

A determinação do oxigênio-18 ( $^{18}\text{O}$ ) e do deutério (D) na água dá excelente contribuição no estudo do ciclo hidrológico. Relacionando estes dois isótopos, Craig (1961) observou que as águas naturais guardam uma relação do tipo  $\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$  e que, se águas sofrem evaporação, apresentam uma relação também linear, mas com coeficiente angular menor do que 8. Especialmente nas regiões onde as águas subterrâneas são muito salinas é possível identificar se a concentração salina decorre do processo de evaporação ou de processos internos do aquífero.

Como as águas ficam marcadas pelos isótopos, as águas subterrâneas que não evaporaram antes da infiltração guardam as características isotópicas das águas de chuva, se a infiltração não ocorre através de um reservatório superficial. Água subterrânea que recebe contribuição de reservatórios superficiais fica marcada pelo efeito (de elevação da concentração dos

isótopos pesados) da evaporação nas águas dos reservatórios. Assim, com estes isótopos é possível identificar interações água superficial/ água subterrânea.

As medidas de oxigênio-18 e de deutério foram feitas por Espectrometria de Massa no Laboratório de Física Nuclear Aplicada – Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia da Universidade Federal da Bahia. O erro das medidas é de  $\pm 1 \text{ ‰}$  para o hidrogênio e de  $\pm 0,1 \text{ ‰}$  para o oxigênio.

### Isótopos estáveis na Bacia Potiguar

Na Tabela a seguir estão os valores de  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta\text{D}$  de amostras de águas superficiais, em rios e lagoa, e de águas subterrâneas, na aluvião, na aluvião/cristalino, no arenito Açú, no arenito Açú/cristalino e no calcário Jandaíra,.

AMOSTRA	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	AQUÍFERO	CE( $\mu\text{S/cm}$ )	Prof(m)
Lagoa do Piató	5,9	26		1165	
Rio do Carmo	1,6	-7		213	
Rio Açú	1,0	-1		243	
P-159/UP007A	-1,6	-16	Aluvião	956	
P-122/S3469	-0,8	-8	Aluvião/Crist	6490	60
P-344/CL898	-0,7	-6	Aluvião/Crist	2240	60
P-451/AB001	-3,1	-25	Aluvião	1270	15
P-411/CL571	-2,7	-17	Açú/Crist	2420	
P-009/DN159	-3,6	-20	Açú/Crist	1643	148
P-417/DN286	-3,2	-21	Açú/Crist	4700	40
P-325/CL580	-3,7	-22	Açú	579	90
P-334/CL590	-3,7	-22	Açú	494	80
P-425/CT631	-3,6	-21	Açú	435	72
P-195/DN095	-4,1	-25	Açú	236	100
P-203/DN104	-3,8	-24	Açú	270	87
P-433/DN278	-3,6	-22	Açú	1150	101
P-024/DN453	-3,0	-18	Açú	751	61
P-257/DR941	-3,1	-19	Açú	2120	68
P-280/DR967	-2,6	-20	Açú	1092	50
P-305/DT418	-2,6	-20	Açú	567	
P-319/DT435	2,6	10	Açú	932	75
P-145/PS0083	-3,0	-18	Açú	2140	68
P-156/PS0401	-3,4	-24	Açú	593	104
P-302/DT415	-1,9	-14	Açú	1506	
P-040/DN725A	-4,0	-26	Jandaíra	2180	
P-DN726	-2,9	-22	Jandaíra	1464	47

Os valores mais elevados são das águas superficiais que sofrem intenso processo de evaporação; os valores mais positivos são os da Lagoa do Piató e são  $\delta^{18}\text{O} = 5,9\text{‰}$  e  $\delta\text{D} = 26\text{‰}$ . Juntamente com as medidas dos rios são os únicos valores positivos de  $\delta^{18}\text{O}$ .

As águas armazenadas nas aluviões também são marcadas por evaporação por causa de sua intercomunicação com as águas armazenadas nos rios. Deferente dos demais, o poço P451 tem características isotópicas de águas subterrâneas; portanto, na época da coleta recebia recarga através destas águas.

Os 12 poços com valores de  $\delta^{18}\text{O}$  abaixo de  $-2,9\text{‰}$  têm em média  $\delta^{18}\text{O} = -3,48 \pm 0,35\text{‰}$  e  $\delta\text{D} = -21,3 \pm 2,3\text{‰}$ . O conjunto dos três poços restantes tem em média  $\delta^{18}\text{O} = -2,63 \pm 0,06\text{‰}$  e  $\delta\text{D} = -19,0 \pm 1,7\text{‰}$ . Os poços P302 e P319 devem receber contribuição não somente das águas subterrâneas, pois suas águas têm valores isotópicos característicos de águas que sofreram evaporação ou se misturaram com águas evaporadas. Os dois únicos valores das águas no calcário Jandaíra não indicam evaporação.

A relação  $\delta\text{D} = 4,6 \delta^{18}\text{O} - 5,5$  (Figura 1) indica a presença de águas evaporadas com mistura em diferentes proporções com águas de precipitação pluviométrica quando se compara com a reta meteórica mundial  $\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$ ; certamente sofreram mais evaporação do que as demais. As baixas concentrações, de oxigênio-18 e deutério, podem ser decorrentes da infiltração direta e rápida das precipitações. Os valores mais elevados podem ser uma consequência da retenção da água em superfície que depende do tipo de solo existente.

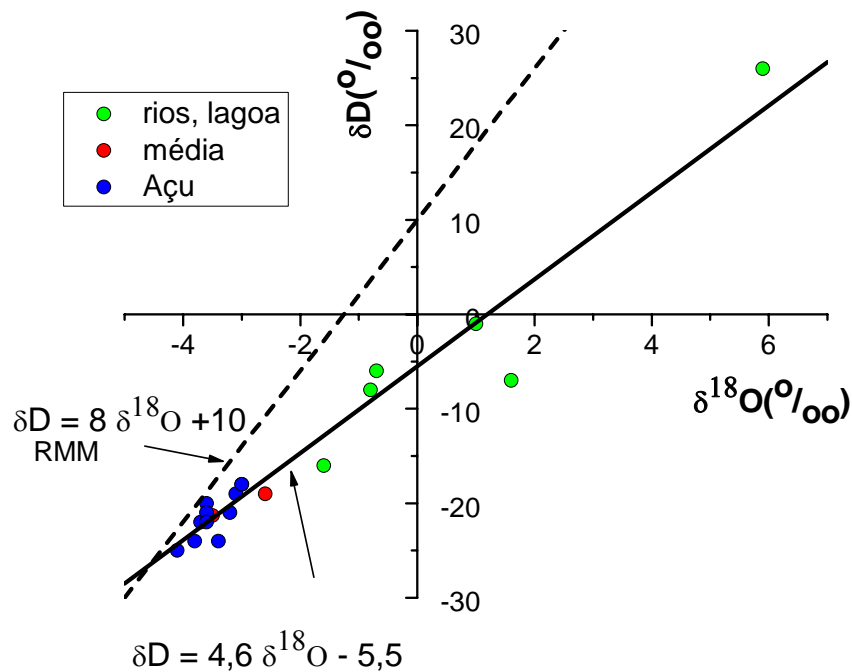


FIGURA 1 –  $\delta\text{D}$  versus  $\delta^{18}\text{O}$  em amostras da Bacia Potiguar

As dez amostras do arenito Açú se distribuem em dois grupos (Figura 2) quando a condutividade elétrica é relacionada com a concentração do isótopo oxigênio-18 indicando diferentes condições de recarga do aquífero.

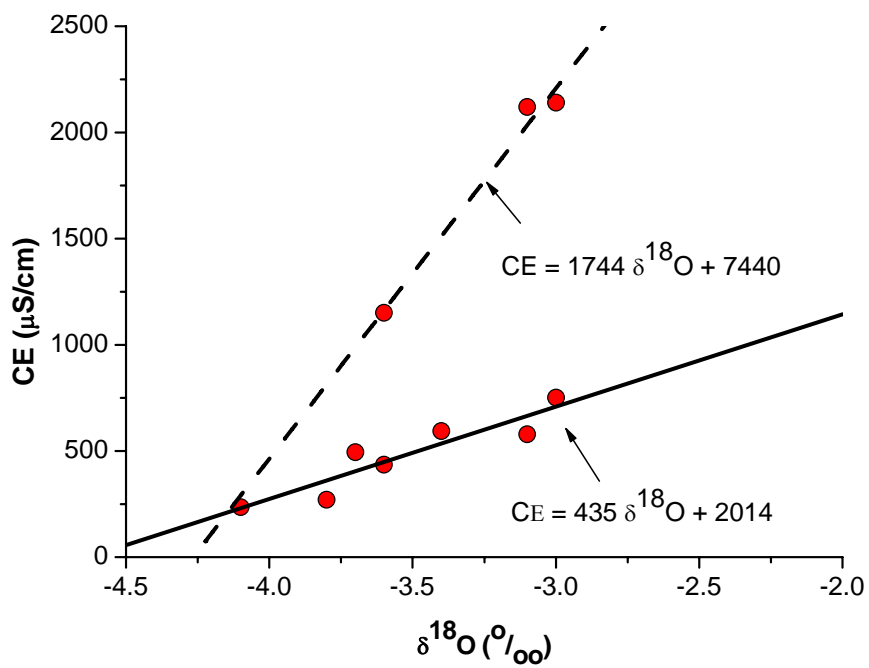


FIGURA 2 – Condutividade elétrica versus  $\delta^{18}\text{O}$  em amostras da Bacia Potiguar.

