



Composição Isotópica e Hidroquímica de águas superficiais e subterrâneas da bacia do rio Salitre - Bahia

Christian Pereira Lopes dos Santos, Maria do Rosário Zucchi, Antonio Expedito Gomes de Azevedo e Sálvio Henrique Santos Ribeiro, CPGG / LFNA / NEHMA - UFBA, Bahia - Brasil.

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Hydrogen isotopes and major ion chemistry of waters from 24 wells and 5 superficial samples were used to study the recharge and flux of the aquifer system in the Salitre River Basin. Deuterium compositions varied in a range of 26‰, with the samples from wells varying from -19 to -36‰ (VSMOW). The more negative samples in the range of -36 to -31‰ are located in the southwestern border and characterize precipitations from the Morro do Chapéu region. The groundwaters samples in the range -24 to -19‰ are located in the eastern border of the basin, and characterize precipitations from the Jacobina região. These compositions were used to identify the trend of flux of groundwater in the basin. The hydrochemical data showed the enrichment in dissolved salts of groundwaters along the flux. Water from the Ourolândia Reservoir showed a big enrichment in deuterium and dissolved salts due to losses by evaporation. There was no connection between the reservoir and the sampled wells.

1. Introdução

O presente estudo insere-se no programa de avaliação hidrológica dos recursos hídricos da bacia do rio Salitre, região semi-árida do Estado da Bahia, que está sendo desenvolvido no LFNA-UFBA, tendo como objetivo utilizar os isótopos estáveis do O, H e C correlacionados com parâmetros químicos visando compreender os mecanismos de fluxo e interconexão entre as águas superficiais e subterrâneas em ambientes de rochas carbonáticas bem como entender os processos de dissolução dessas rochas. Neste trabalho são apresentados resultados preliminares das análises com os isótopos do D e dos íons principais das águas que possibilitaram discutir questões referentes a qualidade da água e dinâmica de fluxo na bacia. Para estudos complementares pretende-se utilizar o carbono dissolvido nas águas desta bacia através da razão isotópica do $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$.

Segundo estudos apresentados no relatório técnico da CBPM, a bacia do rio Salitre é constituída em sua maior

porção de aquíferos de rochas carbonáticas do Grupo Una e da Formação Caatinga. O resultado da dissolução dessas rochas carbonáticas denominado de carstificação classificam os aquíferos nessas rochas por esse motivo como cársticos. Bakalowicz (2005), em seus estudos afirma que os aquíferos cársticos por serem complexos e heterogêneos, suas estruturas devem ser analisadas conforme modelos conceituais estabelecidos a partir de parâmetros como condutividade hidráulica, porosidade e velocidade de fluxo subterrâneo.

2. Área de estudo

A área em estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Salitre, que é uma sub-bacia do rio São Francisco, a qual está inserida na região semi-árida Centro-oeste do Estado da Bahia entre as coordenadas 9°27' e 11°30' S e as longitudes 40°22' e 41°30' W, ocupando uma área de aproximadamente 14.500km² (figura-1). Seu curso d'água principal – o rio Salitre – nasce na região central do Estado, na Chapada Diamantina, no município de Morro do Chapéu, e deságua no rio São Francisco, a 20km a montante da cidade de Juazeiro. A bacia do rio Salitre possui um regime fluvial deficitário, apresentando longos períodos de estiagem e a maioria dos seus cursos d'água, secos, em grande parte do ano, caracterizando-se desta forma o clima como tropical semi-árido.

A rede de drenagem da bacia do rio Salitre é formada por rios intermitentes, sendo entre os seus principais afluentes: rio da Conceição, Vereda Caatinga do Moura, rio Preto, rio Morim e rio Pacuí.

As unidades geológicas que compõe a bacia do Salitre são representadas pelo Grupo Chapada Diamantina que inclui as Formações Tombador, Caboclo e Morro do Chapéu, pelo Grupo Una que inclui as Formações Bebedouro e Salitre, pelas rochas pleistocênicas da Formação Caatinga e depósitos aluvionares do Quaternário, e pelas rochas do Embasamento Cristalino. O Grupo Chapada Diamantina é representado por quartzarenitos eólicos, arenitos, siltitos, lamitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. O Grupo Una juntamente com a Formação Caatinga são representados por rochas carbonáticas e ocupam grande parte da bacia do Salitre (CBPM, 2004).

Do ponto de vista hidrogeológico, a bacia do rio Salitre é dividida em três aquíferos principais. O aquífero formado pelas rochas metassedimentares do Grupo Chapada Diamantina, o das rochas carbonáticas acopladas Caatinga-Grupo Una e o das rochas do embasamento cristalino que estão restritas ao baixo Salitre, na foz do rio São Francisco.

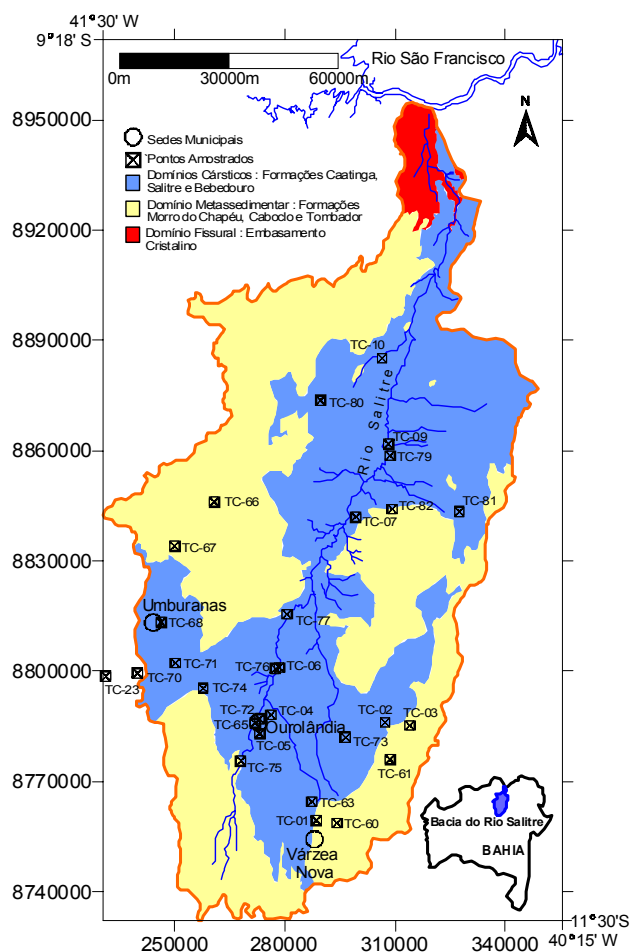


Figura 1 - Mapa Geológico e de localização dos pontos amostrados na bacia do rio Salitre.

O Grupo Chapada Diamantina aflora nas bordas da bacia do rio Salitre delimitando seus divisores de água e mergulha para o centro em direção ao leito principal do rio. É capeado pelo Grupo Una nas porções centrais do vale e constitui-se nas principais zonas de recarga de todos aquíferos nessas mesmas porções.

O aquífero carbonático do Grupo Una é o principal aquífero do vale do rio Salitre, onde se encontram as principais reservas de águas subterrâneas. Ocorre em grandes áreas do vale e ao norte encontra-se assentado sobre as rochas do embasamento.

3. Metodologia e Amostragem

As amostras foram coletadas junto à boca dos poços ou em suas extremidades, com sistema em bombeamento em algumas vezes, e nos cursos d'água superficiais. A amostragem foi realizada no período de novembro/dezembro de 2004 (final da estação seca), onde foram coletadas um total de (29) amostras incluindo águas superficiais e subterrâneas para análises isotópicas e hidroquímica. Foram utilizados frascos de polietileno de 100 ml para análise isotópica, com sistema de fechamento que evita a entrada de ar e vazamentos, e

passaram por um processo de lavagem com a própria água a ser amostrada e estocados em um local sob refrigeração (Mazor, 1991). No local de amostragem, foram medidos os parâmetros físico-químicos, tais como, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido com equipamentos portáteis de boa precisão.

As análises isotópicas de D na água, foram realizadas no Laboratório de Física Nuclear Aplicada (LFNA) - CPGG/UFBA utilizando um espectrômetro de massas modelo DELTA PLUS da marca Thermofinnigan. A composição isotópica do hidrogênio foi determinada sobre o gás hidrogênio (H_2) liberado pela reação de oxidação da água com o cromo metálico a $850^\circ C$, com os resultados reportados na notação δ (‰) com relação ao padrão universal VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water).

As análises hidroquímicas foram realizadas pela Geosol Lakefield Laboratórios com recursos financeiros do convênio com a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM).

4. Resultados e Discussão

Os resultados hidroquímicos e isotópicos obtidos são apresentados na tabela 1.

Analisando os dados hidroquímicos verificou-se que tanto a água superficial como a subterrânea apresentaram elevada concentração de sais dissolvidos. Dentre os íons principais analisados, as águas superficiais e subterrâneas tiveram concentrações de SO_4^{2-} entre 3 e 1188 mg/l, Ca^{2+} entre 1 e 778 mg/l, e de Mg^{2+} entre 1 e 151 mg/l. Excetuando-se as amostras de águas infiltradas nos domínios dos metassedimentos, as demais amostras, situadas nos domínios cársticos apresentaram valores altos nas concentrações nos íons principais, devido à dissolução e precipitação dos carbonatos calcita e dolomita. No entanto, esse fato pode ser explicado pelo aumento dos sais em virtude das águas infiltradas nos metassedimentos migrarem em direção ao vale do rio Salitre, onde estão os domínios cársticos, estabelecendo padrões de fluxo na região da bacia (Santos, 2005). Estudos realizados por Marfia et al. (2004) na região semi-árida de Belize, na América Central, revelam que a evolução química de íons principais em regiões dominadas por aquíferos cársticos é resultado de processos de dissolução de carbonatos das rochas. Os valores de STD e condutividade elétrica (CE) como era de se esperar correlacionam-se bem com os dos íons principais. Esses valores variaram de 108-4485 mg/l e 216-5510 $\mu S/cm$, respectivamente. Contudo, o alto teor de salinidade encontrado na maioria das amostras coletadas caracteriza as águas de salobra a salina, e por isso imprópria para o consumo humano e não deve ser utilizada para irrigação por causa dos riscos de salinização dos solos.

As medidas da composição isotópica de deutério variaram de $-35,9\text{‰}$ a $23,0\text{‰}$, onde a amostra mais enriquecida foi a da Barragem de Ourorândia (TC-65),

fato este explicado pelo processo de evaporação. Considerando os valores isotópicos para as amostras de água subterrânea, podemos separar um grupo com os valores mais negativos na faixa de -31 a -36‰ , indicados por triângulos na figura 2, e outro grupo com os valores menos negativos na faixa de -19 a -24‰ , indicados por círculos na figura 2. Observa-se que o grupo dos mais negativos que está localizado na borda sudoeste da bacia são representativos de recargas provenientes das precipitações de Morro de Chapéu. O grupo dos menos negativos está localizado na borda leste da bacia, e são representativos de recargas provenientes das precipitações na região de Jacobina. A hidroquímica dessas amostras revela que elas estão se enriquecendo em sais dissolvidos à medida que se aproximam do eixo central de drenagem da bacia correspondendo ao processo de dissolução ao longo da direção do fluxo subterrâneo. Na parte média inferior da bacia do Salitre, a composição isotópica apresenta valores intermediários entre a marca isotópica do Morro do Chapéu e de Jacobina, indicando a participação de ambas essas fontes para a água subterrânea dessa região. Com os valores isotópicos, verificou-se também que não há conexão entre os poços e a Barragem de Ourulândia (Santos, 2005).

Um estudo com alguns dados dos isótopos ^{18}O e D na bacia do Salitre estão apresentados num relatório técnico da CBPM, 2004. Esses dados mostram um comportamento isotópico de $-33,8\text{‰} < \delta\text{D} < -18,7\text{‰}$ e $-4,7\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < -3,0\text{‰}$. Esses dados plotados no gráfico $\delta\text{D} \times \delta^{18}\text{O}$ (figura 3), mostram que as amostras TC-12, TC-09 e TC-04 apresentaram indícios de evaporação e encontram-se alinhadas segundo uma linha de evaporação local (LEL) que obedece a equação: $\delta\text{D} = 5,03 \delta^{18}\text{O} - 9,36$. Estas amostras são de águas poços rasos e águas superficiais. Com exceção dessas amostras acima, as restantes ajustam-se a uma linha meteórica local (LML) que obedece a seguinte equação: $\delta\text{D} = 8,61 \delta^{18}\text{O} + 7,34$. O fato dessa reta apresentar coeficiente angular superior a 8 está relacionado as características das precipitações locais, principalmente aquelas referentes aos processos de evaporação e as condições de umidade que ocorre durante as precipitações. Paralelamente a (LML) temos a linha meteórica global (LMG) dada pela equação: $\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$.

Os dados isotópicos do D do relatório técnico da CBPM comparados com os deste trabalho indicam que as águas subterrâneas da bacia do Salitre têm características parecidas devido a processos de misturas.

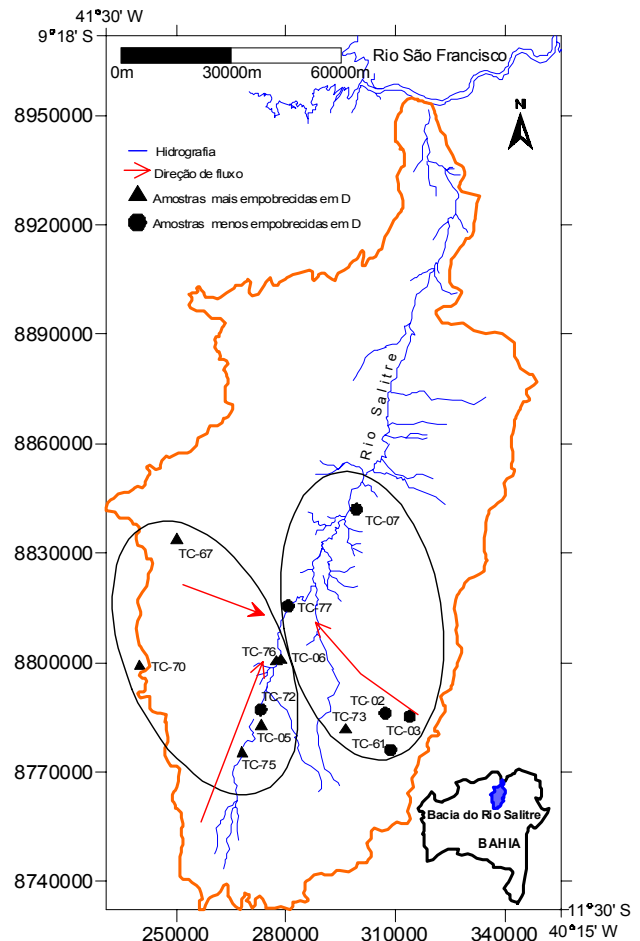


Figura 2 – Localização das amostras mais empobrecidas e menos empobrecidas em D com a indicação da direção de fluxo na bacia do rio Salitre.

Conclusões

Foram identificadas duas marcas isotópicas distintas na composição isotópica do hidrogênio das águas subterrâneas correspondentes as áreas de recargas na borda sudoeste na região de Morro do Chapéu e na borda leste na região de Jacobina. Estas marcas isotópicas permitiram identificar linhas de fluxo no aquífero na região superior da bacia (figura2). Os valores isotópicos na região média e inferior se situam na faixa intermediária, indicando a mistura daquelas recargas.

Um grande enriquecimento em deutério e sais dissolvidos mostrado nas águas da Barragem de Ourulândia devido a perdas por evaporação indica que não há conexão deste reservatório com os poços amostrados na região em estudo.

Com os dados hidroquímicos pode-se inferir que as amostras de águas que se infiltram nas bordas da bacia, onde estão as rochas metassedimentares, se enriquecem em sais dissolvidos à medida que aproximam do vale do rio Salitre, onde se encontram as rochas carbonáticas, devido ao processo de dissolução ao longo do fluxo subterrâneo. Esse aumento na concentração de sais nas

águas pode ser característico do grau de solubilidade das rochas carbonáticas da bacia.

Está em desenvolvimento a complementação desse trabalho com as medidas de $\delta^{18}\text{O}$ e a utilização do DIC (carbono Inorgânico dissolvido) como traçador isotópico através do $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ para compreender os processos de dissolução das rochas carbonáticas baseando-se nas fontes de carbonatos da matéria orgânica e da rocha.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pela concessão da bolsa de Pós-Graduação e ao CNPQ pelo financiamento da Pesquisa.

Referências Bibliográficas

Bakalowicz, M.(2005) - Karst Groundwater: a challenge for new resources. *Journal Hydrogeology* 13:148-160.

CBPM, (2004) – Relatório Técnico Final do Estudo e Definição do Modelo Hidrogeológico da bacia do rio Salitre-Bahia.

Marfia, A.M., Krishnamurthy, R.V., Atekwana, E.A, Panton, W.F. (2004) – Isotopic and geochemical evolution of ground and surface waters in a karst dominated geological setting: a case study from Belize, Central America. *Applied Geochemistry* 19:937-946.

Mazor, E. (1991) - Applied Chemical and Isotopic Groundwater Hydrology.

Santos, C.P.L. (2005) – Caracterização Isotópica e hidroquímica das águas da bacia do rio Salitre-Bahia. Universidade Federal da Bahia - Tese de Doutorado, CPGG/UFBA. Em preparação.

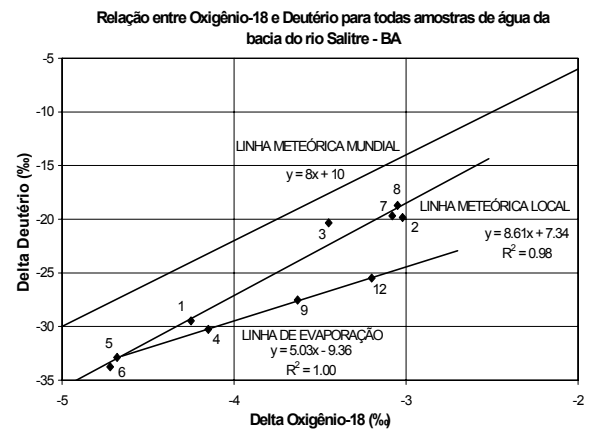


Figura3: Gráfico de δD x $\delta^{18}\text{O}$ das amostras de águas da bacia do Salitre obtido do relatório da CBPM,2004.

Amostra	Tipo	pH	CE μS/cm	STD mg/l	Cl ⁻ mg/l	Ca mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	K mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	AlcalinidadeTotal mg/l CaCO ₃	δD(‰)
TC01	POÇO	6,2	2200	1663	612	277	110	56	12	64	186	-30,5
TC02	POÇO	6,8	1759	1318	379	190	115	57	7	95	279	-22,4
TC03	POÇO	7,0	311	206	18	27	10	17	5	3	140	-20,3
TC04	POÇO	6,7	885	591	63	66	105	31	6	158	351	-30,8
TC05	SUP	6,5	1352	1030	248	165	58	45	8	44	291	-34,4
TC06	POÇO	6,8	1348	986	272	72	162	48	9	98	253	-34,2
TC07	SUP	6,7	803	578	124	88	34	34	5	22	233	-20,9
TC09	SUP	6,6	1493	1228	258	119	89	77	11	114	311	-29,2
TC10	POÇO	6,7	537	334	32	66	14	25	3	25	231	-25,6
TC23	POÇO	6,5	1369	1118	170	159	80	59	5	136	349	-28,3
TC60	POÇO	6,4	4760	3236	1302	354	308	95	28	93	110	-26,0
TC61	POÇO	7,2	335	198	34	30	14	20	7	7	140	-20,2
TC63	POÇO	8,2	862	582	48	1	225	1	4	5	424	-29,4
TC65	SUP	7,5	4110	3287	1336	138	423	151	90	15	383	23,0
TC66	POÇO	6,5	216	108	8	18	6	11	7	5	97	-27,4
TC67	POÇO	6,4	1805	1761	34	295	16	101	4	1188	206	-35,9
TC68	POÇO	6,3	4210	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-25,1
TC70	POÇO	6,9	1205	958	136	122	80	47	4	87	339	-35,7
TC71	POÇO	6,4	2530	1911	564	254	191	85	7	158	327	-27,8
TC72	POÇO	6,1	3740	3380	943	778	165	71	5	97	261	-23,4
TC73	POÇO	6,4	1592	1211	253	163	93	71	4	97	447	-33,3
TC74	POÇO	6,4	2080	1588	394	222	140	63	6	117	331	-28,7
TC75	POÇO	6,0	439	289	66	31	27	19	11	6	126	-34,3
TC76	POÇO	7,1	2110	1698	540	194	88	90	8	61	251	-33,8
TC77	POÇO	6,6	1735	1316	481	210	76	56	9	25	253	-19,8
TC79	SUP	7,2	5510	4485	2061	539	421	148	36	350	249	-10,3
TC80	POÇO	6,4	1396	1084	262	165	89	43	6	85	293	-24,8
TC81	POÇO	6,3	1401	1120	180	164	104	45	5	99	399	-27,4
TC82	POÇO	6,6	1528	1146	335	151	145	36	13	52	271	-31,4

Tabela 1- Dados Hidroquímicos e Isotópicos das amostras de águas subterrâneas e superficiais coletadas na bacia do rio Salitre-Bahia no período de novembro-dezembro de 2004.