

MEDIDAS HIDROQUÍMICAS EM POÇOS E FONTES NO CARIRI - SUL DO CEARÁ*

Por

Marlúcia Freitas Santiago¹, Horst Frischkorn², Aury Bezerra³
e Rogério Brasil⁴

RESUMO-- Medidas dos elementos maiores foram efetuadas em poços e fontes no Cariri juntamente com a percentagem de carbono moderno nas águas dos aquíferos Missão Velha e Cariri (Mauriti). Os resultados mostram a evolução da composição química através de processos de dissolução e hidrólise durante a infiltração das águas.

INTRODUÇÃO

A região do Cariri no sul do Ceará (Figura 1) é de suma importância econômica para o Estado. Tem pluviometria anual acima de 1000mm e amplos recursos de águas subterrâneas.

O sistema geológico que suporta o aquífero, como se pode ver no perfil da Figura 2, compreende um vasto planalto - a Chapada do Araripe - com altitude média de 750m, uma bacia sedimentar no sopé da Chapada, com um desnível de 300m e uma região bastante ondulada formada por rochas cristalinas

* Trabalho desenvolvido com apoio da FINEP, laboratório com apoio do Convênio KFA Alemanha/CNPq.

1. Professora, Departamento de Física da UFC, Fortaleza.
2. Professor, Departamento de Hidráulica da UFC, Fortaleza.
3. Geólogo, Estagiário no Laboratório de C-14 da UFC, Fortaleza.
4. Professor, Departamento de Geografia da URCA, Crato.

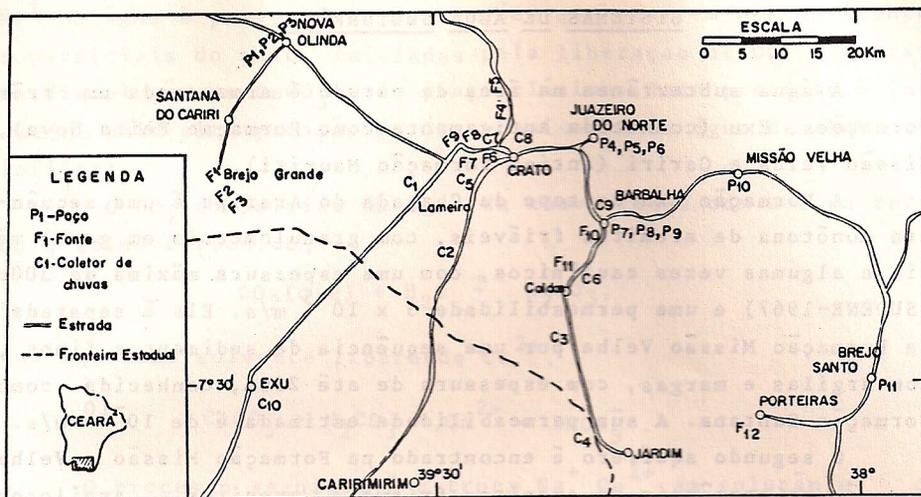
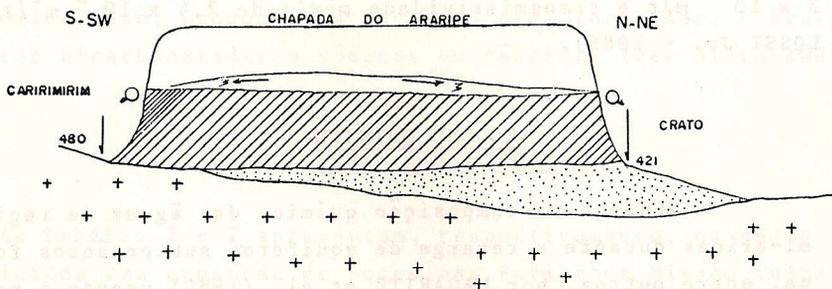


Figura 1. Localização dos poços e fontes amostradas e dos coletores de chuva.

Este trabalho apresenta os resultados iniciais de uma pesquisa feita na área com financiamento da FINEP com o objetivo de estudar a origem da água subterrânea através da caracterização isotópica e química das águas da região.



LEGENDA

- Arenitos Superiores/Formação Exu.
- Calcários/Formação Santana.
- Arenitos Inferiores e Conglomerados/Formações Missão Velha e Cariri.
- Embasamento Cristalino.

Superfície Piezométrica.

Fontes:

ESCALA Vertical aprox: 1:20.000

Figura 2. Perfil esquemático da Chapada do Araripe.

Fonte: SUDENE (1967) modif.

SISTEMAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea na área de estudo é armazenada em três Formações, Exu (conhecida antigamente como Formação Feira Nova), Missão Velha e Cariri (antiga Formação Mauriti).

A Formação Exu no topo da Chapada do Araripe é uma sequência monótona de arenitos friáveis, com granulometria em geral média e algumas vezes caulínicos, com uma espessura máxima de 300m (SUDENE-1967) e uma permeabilidade 3×10^{-5} m/s. Ela é separada da Formação Missão Velha por uma sequência de sedimentos finos, com argilas e margas, com espessura de até 250m, conhecida como Formação Santana. A sua permeabilidade estimada é de 10^{-10} m/s.

O segundo aquífero é encontrado na Formação Missão Velha que é uma sequência de arenitos friáveis, arenitos argilosos com uma espessura entre 70 e 195m.

A Formação Brejo Santo, descrita por ANJOS (1964) separa as Formações Cariri (Mauriti) e Missão Velha, sendo composta por uma sequência monótona de argilas e margas de cores variadas

A Formação Cariri é constituída de sedimentos grosseiros, aflora em contato com o cristalino, é bem desenvolvida entre Milagres e Mauriti e desaparece a oeste de Brejo Santo. Tem uma espessura que varia de 30 a 150m, permeabilidade média de 3×10^{-6} m/s e transmissividade média de $2,4 \times 10^{-3}$ m²/L (FRACALOSSI Jr. - 1986).

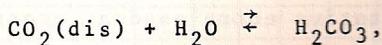
MODELO QUÍMICO

A mudança na composição química das águas de regiões semi-áridas durante a recarga de aquíferos subterrâneos foi estudada, entre outros, por MAGARITZ et al. (1980) usando a razão Na / Cl como traçador. Esta razão é 0,86 para água do mar e varia de 0,5 a 1,0 nas águas de chuva, dependendo da distância à costa. Água subterrânea apresenta valores mais elevados.

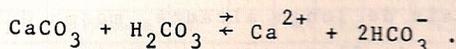
O modelo adotado pelos autores parte do pressuposto que para águas subterrâneas jovens processos de dissolução no aquífero são de pequena importância e sugere que o enriquecimento de

Na⁺ na água é proveniente de reações que ocorrem nos horizontes' superficiais do solo, iniciadas pela liberação de Ca²⁺ através da dissolução de CaCO₃ e de plagioclásios. Este processo é favorecido pela alta pressão de CO₂ e baixo pH da água de chuva que infiltra.

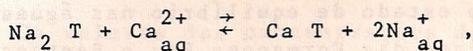
O CO₂ dissolvido na água da chuva reage com a água formando o ácido carbônico,



que age como solvente liberando Ca²⁺,

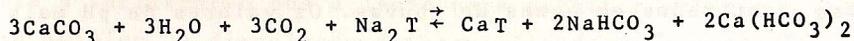


O processo seguinte é a troca Na⁺ Ca²⁺ em solução e o Na⁺ adsorvido nos minerais de argila



sendo T o trocador de fase.

Combinando os dois processos discutidos tem-se



Esta combinação de reações, repetidas frequentemente nos ciclos úmido-seco, produz sais de sódio não cloretados, e águas de caráter bicarbonatadas e sódicas ou cálcicas (ver discussão).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 1 e 2 apresentam, respectivamente, os dados' hidroquímicos das amostras de poços nas Formações Missão Velha' e Cariri (Mauriti) e de fontes. Na Tabela 1 são incluídos também valores de percentagem do carbono moderno nas águas dos poços.

A concentração dos íons maiores resulta dos processos de hidrólise e dissolução que ocorrem durante a infiltração da água que recarrega o aquífero.

Na área de estudo a vegetação é abundante e a sua decomposição produz grande quantidade de CO_2 que dá à água um alto teor de carbonatos tornando-a ácida para dissolver com rapidez os calcários existentes produzindo águas com teor elevado de cálcio e HCO_3^- como ânion predominante.

Embora a evolução química caminhe na mesma direção, a partir das chuvas, tanto para fontes como para poços, existe uma grande diferença quantitativa entre as duas ocorrências. A infiltração na Formação Exu, no topo da Chapada, através de solos arenosos é extremamente rápida como é indicado pela inexistência de escoamentos superficiais de longo alcance, mesmo durante eventos de grande pluviosidade. As flutuações sazonais da vazão das fontes (SUDENE-1967) mostram também que a passagem através da Formação Exu é rápida. Sendo assim, as reações químicas consideradas antes, não chegam ao estado de equilíbrio nas águas das fontes emergentes na interface das Formações Exu e Santana.

As águas das fontes têm, na maioria, condutividade entre 11 e 24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pH entre 5,2 e 5,5 que são valores muito perto daqueles encontrados em águas de chuvas. Os valores de pH mais elevados correspondem, em geral, a maiores valores de condutividade como acontece com as fontes F1, F2 e F3.

Nos poços, com exceção de dois deles (P5 e P6), os valores de pH estão acima de 7,0. As condutividades nestas águas têm valores distintos para amostras provenientes das duas Formações; na Formação Cariri (P1, P2 e P3) os valores são os mais elevados, 976 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 628 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 921 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e na Formação Missão Velha as condutividades variam entre 131 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 478 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Comparando as Tabelas 1 e 2 verifica-se que o cálcio é traço nas fontes, atingindo 3 mg/l e 6,6 mg/l somente para duas amostras (F3 e F2) que, obviamente, já são marcadas pela presença das margas da Formação Santana e que em nove poços variou entre 8,3 e 45,3 mg/l e dois deles (P1 e P2 na Formação Cariri) tiveram 186,5 e 137,7 mg/l.

O bicarbonato nas fontes variou entre 3,1 e 7,7 mg/l com dois valores 17,7 e 21,7 mg/l para F2 e F3, fora desta faixa enquanto para os poços os resultados se situam numa faixa de 79,2

Local Nº	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	Cond. (µS/cm)	Concentração (mg/l)									pH	% mod.
				Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	NO ₃			
P1	R.Manoel Ferreira	Nova Olinda	976	186,5	9,6	18,0	10,0	108,5	316,8	24,1	60,0	7,2	-	
P2	Poço 6	" "	628	137,3	1,6	9,0	10,0	43,5	286,1	26,2	14,0	7,3	69,2	
P3	Baixio	" "	921	40,0	11,9	178,0	3,5	41,5	366,6	122	4,0	7,9	3,6	
P4	Lagoa Seca nº 9	Juazeiro	305	28,7	11,9	22,0	6,5	10,0	152,0	7,4	8,8	7,1	64,2	
P5	Rch.dos Macacos nº 2	"	190	19,5	8,7	9,0	6,5	16,0	80,5	4,0	6,0	6,6	74,6	
P6	Rch.dos Macacos nº 8	"	478	34,3	11,3	75,0	6,5	14,5	282,3	26,9	2,0	7,9	36,1	
P7	Poço Sto.Antonio nº1	Barbalha	318	45,6	17,9	9,0	3,5	15,5	177,6	14,7	2,0	7,2	75,1	
P8	Poço Varela nº 2	"	196	23,5	9,5	13,0	3,5	10,0	127,7	< 4	2,0	7,3	83,6	
P9	Alto da Alegria	"	319	34,8	20,8	9,0	6,5	30,0	81,7	53,8	4,0	6,4	93,2	
P10	Poço 2	Missão Velha	370	45,2	21,6	18,0	3,5	13,0	206,9	7,4	4,0	8,2	30,2	
P11	Barreiro Preto	Brejo Santo	131	8,3	8,4	18,0	3,5	12,5	79,2	5,0	4,0	7,9	75,1	

TABELA 1 - Dados Isotópicos e Hidroquímicos para Poços.

a 366,6 mg/l. Os valores das concentrações de cálcio e bicarbonatos mais elevados nos poços em relação às fontes podem ser explicados através da dissolução dos calcários existentes na área durante a infiltração que é lenta para permitir atingir o equilíbrio químico. A dissolução é intensificada pela produção de CO₂ fornecido pela cobertura vegetal que é abundante.

Local Nº	LOCALIDADE	MUNICÍPIO	COND. (µS/cm)	Concentração (mg/l)									pH
				Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	SO ₄	NO ₃		
F1	Balneário dos Azedos	Santana do Cariri	49	<1	<1	8,0	0	10,0	7,7	<4	0	5,6	
F2	Faz.Sr. Nicássio	" " "	91	6,6	4,2	6,6	4,7	16,0	17,7	12,6	<4	8,7	
F3	Sítio Giló	" " "	35	3,0	1,8	3,5	1,0	5,0	21,7	<4	0	7,5	
F4	Lameiro	Crato	22	<1	<1	3,5	0,35	3,0	7,7	aus	0	5,3	
F5	Faz.do Batateiras	Crato	24	<1	<1	4,0	0,35	3,0	7,7	<4	0	5,3	
F6	Sítio Ernani Silva	Crato	12	<1	<1	1,3	0,35	3,0	3,1	aus	0	5,2	
F7	Serrano Clube	Crato	11	<1	<1	1,8	0,35	3,0	5,1	<4	2,0	5,4	
F8	Granjeiro Clube	Crato	13	<1	<1	1,8	0,35	1,5	5,1	aus	0	5,2	
F9	Guariba	Crato	18	<1	<1	3,5	0	2,5	5,1	<4	2,0	5,5	
F10	Fonte do Camelo	Barbalha	15	<1	<1	2,2	1,0	1,5	3,8	<4	2,0	5,7	
F11	Caldas	Barbalha	21	0,8	0,5	4,0	0,35	5,0	6,4	<4	4,0	6,8	
F12	Faz.Sr.Alberino	Porteiras	12,4	<1	<1	2,2	0	2,0	5,1	<4	2,0	6,3	

TABELA 2 - Dados Hidroquímicos de Fontes.

As trocas de cations produzem o aumento na concentração de sódio que nas fontes variou de 1,3 a 8,0 mg/l e nos poços entre 9 e 22 mg/l com dois poços (P6 e P3) com valores acima que são 75,0 e 178,0 mg/l, respectivamente.

Os diagramas triangulares para classificação das águas apresentadas nas Figuras 3a e 3b mostram que as de fontes são sódicas bicarbonatadas ou cloretadas e as dos poços são predominantemente bicarbonatadas. Estes resultados indicam que o aumento na concentração de sais é provocado pelos processos discutidos no modelo químico, os quais produzem águas sódicas ou cálcicas não cloretadas.

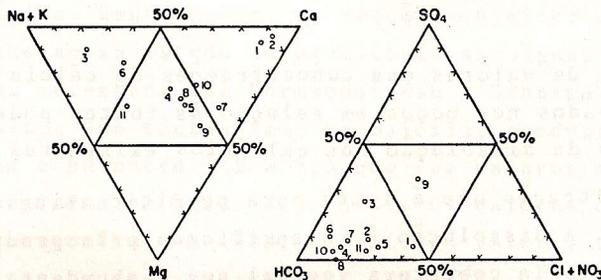


Figura 3a. Diagrama de Piper para poços.

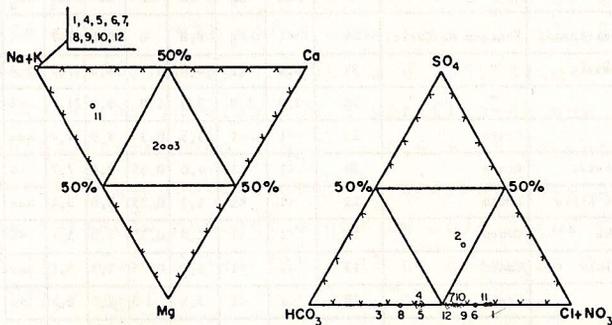


Figura 3b. Diagrama de Piper para fontes.

Com a Tabela 2 que mostra a condutividade e a percentagem de carbono moderno, pode-se observar que os poços na Formação Cariri (P2 e P3) tem valores distintos dos encontrados nas águas da Formação Missão Velha. Não existe correlação clara entre a concentração do carbono moderno e a condutividade. Para águas jovens (altos valores de % moderno), obviamente, as condições locais de recarga são o fator determinante para a concentração de sais (P4, P5, P7, P8, P9 e P11). Porém, nota-se que as águas mais velhas (% mod pequena) como os poços P6 e P10 da Formação Missão Velha e o poço P3 da Mauriti são as de maior condutividade do seu respectivo grupo. Isso indica que, além dos processos acima descritos, que se referem à fase de infiltração, também a dissolução de sais no aquífero tem importância para as águas de grande tempo de residência.

O fato dos poços P3 e P6 também serem os mais profundos (Tabela 3) de seus grupos significa, possivelmente, que existe uma estratificação nestes aquíferos uma vez que as águas mais velhas e mais salinizadas encontram-se nas maiores profundidades.

TABELA 3 - Característica dos Poços. P - profundidade, Q - vazão, NE - nível estático, ND - nível dinâmico.

Local N°	P (m)	Q (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	AQUÍFERO	MUNICÍPIO
P1	65	8,5	5,7	23,0	Cariri	Nova Olinda
P2	80	2,5	23,5	41,0	"	" "
P3	99	0,5	24,1	53,0	"	" "
P4	121	40	34,6	40,2	Missão Velha	Juazeiro
P5	150	120	7,7	27,2	" "	"
P6	191	60	17,9	58,0	" "	"
P7	134	150	5,0	22,5	" "	"
P8	163	98	3,3	23,7	" "	"
P9	113	65	36,0	57,0	" "	"
P10	87	43	2,6	15,2	" "	Missão Velha
P11	128	85	jorr	35,0	" "	Brejo Santo

CONCLUSÕES

As águas analisadas neste trabalho pertencem a três grupos distintos:

Águas de fontes situadas no contato das Formações Exu e Santana, com concentração de sais da ordem da encontrada na água de chuva, resultante de uma infiltração rápida e passagem rápida pelos arenitos da Formação Exu.

Poços na Formação Missão Velha com concentração de sais muito superior a das águas das fontes, provenientes de processos de dissolução durante a infiltração que, sendo mais lenta, permite atingir um equilíbrio químico com o meio que favorece a dissolução de carbonatos como o processo dominante para a obtenção de águas bicarbonatadas sódicas ou cálcicas.

Poços na Formação Cariri, aqueles com maior concentração salina, com águas que refletem processos semelhantes aos ocorrentes com as águas da Formação Missão Velha mas que são marcados pela presença de margas no aquífero.

As águas mais velhas e profundas apresentam a maior concentração salina indicando, assim, que a dissolução no aquífero dá uma contribuição significativa para a salinização das águas velhas e que existe uma estratificação nos aquíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- . ANJOS, N.F.R. dos - 1964 - Mise en valeur du Bassin du Jaguaribe. Études Générales de base (1962, 1964). Rev. Conv. ASMIC/SUDENE: 1-180.
- . FRACALOSSO, Jr., M. - 1986 - Aspectos hidrogeológicos da bacia do Araripe. Aquíferos Missão Velha e Mauriti. Anais do 4º Congr. Bras. Ag. Subt., ABAS, Brasília, pp. 159-170.
- . MAGARITZ, M. et al - 1980 - The use of Na/Cl ratios to trace solute sources in a semiarid zone; Water Resour. Res. pp. 602-607.
- . SUDENE - 1967 - Estudo Geral de Base do Vale do Jaguaribe. Recife, Vol. 7.
- . SUDENE - 1980 - Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil. Recife. Vol. 1.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos: à CAGECE os dados sobre os poços amostrados e o apoio recebido nos escritórios regionais; ao NUTEC pelas análises químicas; ao Sr. R. Flucht pelo apoio logístico nas coletas, à Profa. Lireda da URCA pelo auxílio nas coletas de água de fontes e ao Prof. J.R. Torquato pelos comentários valiosos.

HYDROCHEMICAL MEASUREMENTS ON WELLS AND SPRINGS IN THE
CARIRI REGION IN THE SOUTH OF CEARÁ

Marlucia Freitas Santiago, Horst Frischkorn, Auri Bezerra e
Rogério Brasil

ABSTRACT - Measurements of the maior ions were made on wells and springs in the aquifers Missão Velha and Cariri (Mauriti), and the carbon-14 concentration of the wells were determined. The results show that the evolution of the chemical composition is determined by processes of dissolution and hydrolysis during infiltration.