

ALARICO ANTÔNIO FROTA MONT'ALVERNE¹, WALDIR DUARTE COSTA², ANTÔNIO HONÓRIO DE MELO JUNIOR³, JOSÉ AUGUSTO VIEIRA FILHO⁴, JOÃO SÉRGIO AMARAL PONTES⁵, CARLOS FERNANDO LOPES⁶, EMANUEL CARLOS CEZARIO DA SILVA⁷

1. RESUMO

No âmbito dos estudos hidrogeológicos que estão sendo desenvolvidos na Bacia do Araripe pelo DNPM/MME foram levantados 307 exutórios naturais (fontes) representados pela interseção do relevo com o aquífero Exu/Arajara, no contato com a Formação Santana subjacente. Essas fontes situam-se quase todas na cota aproximada de 700 metros e representam um total de $41,2 \cdot 10^6$ m³/ano drenada do aquífero e ressurgindo na superfície para uso no abastecimento público, privado e irrigação.

2. INTRODUÇÃO

O Departamento Nacional da Produção Mineral do MME, liderado pela Delegacia de Pernambuco e contando com a participação da Delegacia do Ceará, vem estudando desde 1992 a Bacia Sedimentar do Araripe, dentro de um programa mais amplo que é o de "Avaliação das Potencialidades de Água Subterrânea das Bacias Interiores do Nordeste Brasileiro".

A Bacia do Araripe localiza-se no centro do Semi-Árido do Nordeste, abrangendo parte do sul do Estado do Ceará, uma porção norte-ocidental do Estado de Pernambuco e uma reduzida área na porção oriental do Estado do Piauí (Fig. 1). Sua área total é de 11.000 km², sendo o seu acesso feito por vários municípios dos 3 estados supracitados, através de estradas asfaltadas até a base da escarpa que leva ao altiplano superior.

No contexto desse estudo, foi efetuado um levantamento dos exutórios naturais (fontes) dos sistemas aquíferos Exu/Arajara, que resultou no total de 307 ressurgências. Em 282 delas foi medida a vazão a partir dos métodos convencionais disponíveis - enchimento de tambor, vertedouro, flutuador de calha, etc.

O estudo dos exutórios foi de grande importância para a avaliação das reservas dos aquíferos, assim como para se poder efetuar uma análise posterior, com o detalhamento devido, a fim de avaliar as causas da diminuição acentuada das descargas nos últimos anos.

3. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

O clima da região é o semi-árido de baixas latitudes (BSh), caracterizado por duas estações distintas, a chuvosa de janeiro a abril ou maio e a seca no restante do ano. As temperaturas mínima e máxima variam entre 15°C e 39°C com média anual de 27°C. A precipitação pluviométrica anual varia entre 700 e 1.000 mm, enquanto a evapotranspiração real é de aproximadamente 60% da precipitação.

O relevo é caracterizado por um altiplano da chapada e uma superfície semi-plana a ondulada a leste, denominada de Vale do Cariri, onde se desenvolvem as principais cidades do sul do Ceará, como Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha, etc. A cota do altiplano fica em torno dos 1.000 m enquanto a superfície rebaixada do Cariri oscila entre 500 m na base da chapada, até 900 m nos morros testemunhos como a Serra da Mãozinha.

Hidrograficamente, a bacia sedimentar, por sua feição topográfica de chapada, constitui um divisor natural de várias bacias hidrográficas, como a do Jaguaribe que drena para o norte no Ceará, a dos tributários do Rio Parnaíba para oeste, das cabeceiras da bacia do Rio Brígida, em Pernambuco, e até de alguns tributários da bacia do Rio Piranhas para leste, na Paraíba.

3. GEOLOGIA REGIONAL

A bacia sedimentar do Araripe tem a sua coluna lito-estratigráfica definida mais recentemente por PONTE (1990) como mostrado na Fig.2. Na área de estudo dos exutórios, serão enfatizadas as formações Exu e Arajara por constituírem o sistema aquífero receptor da água pluviométrica, e veículo de transporte até os exutórios naturais que ocorrem no contato com a Formação Santana, impermeável, na cota de aproximada de 700 m.

5. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA BACIA SEDIMENTAR

Litologicamente, as formações geológicas que se comportam como aquífero são: Exu, Arajara, Rio da Batateira, Missão Velha e Mauriti.

As formações Exu e Arajara são delimitadas horizontalmente pela borda da Chapada do Araripe, um íngreme paredão sub-vertical com desnível da ordem de 500 m.

A formação Rio da Batateira, embora possa apresentar espessuras de quase 200 m no domínio da chapada, por sob a seqüência Albiana-Cenomaniana, ocorre na baixada do Vale do Cariri em modesta espessura, não se apresentando como aquífero de importância.

A formação Missão Velha que chega a atingir igualmente cerca de 200 m de espessura, se constitui no principal aquífero do Vale do Cariri, sendo explotado por quase 800 poços tubulares profundos.

Finalmente ocorre a Formação Mauriti, na porção mais setentrional e oriental da bacia sedimentar, no Vale do Cariri, não atuando como um bom aquífero em virtude de sua forte diagênese que cimentou praticamente todos os seus poros.

¹ Geólogo e Chefe do Setor de Geologia e Exploração Mineral do DNPM/MME, Delegacia de Pernambuco.

² Hidrogeólogo, Consultor do DNPM/MME.

³ Geólogo do DNPM/MME, Delegacia de Pernambuco.

⁴ Geólogo do DNPM/MME, Delegacia de Pernambuco.

⁵ Geólogo do DNPM/MME, Delegacia do Ceará

⁶ Geólogo do DNPM/MME, Delegacia do Ceará

⁷ Agente de Serviços de Engenharia do DNPM/MME, Delegacia de Pernambuco

Os aquíferos Missão Velha e Mauriti possuem os seguintes valores médios de parâmetros hidrodinâmicos:

Aquífero	Vazão Específica (m³/h/m)	Coef. de Transm. (m²/s)	Coef. de Permab. (m/s)	Coef. de Armaz.
Missão Velha	7,22	$6 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Mauriti	0,79	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$	-

Os aquíferos Exu e Arajara podem ser considerados em conjunto como um sistema aquífero por não existir níveis contínuos impermeáveis que possam separar os horizontes aquíferos.

Esse sistema aquífero com cerca de 300 m de espessura, se comporta como um aquífero livre porém em níveis muito profundos - 200 m ou mais - o que o torna de difícil exploração a partir do topo da Chapada; eventualmente, em depressões ou vales podem ocorrer níveis menos profundos que são aproveitados por poços tubulares.

6. RECARGA, CIRCULAÇÃO E EXUTÓRIOS DO SISTEMA AQUIFERO EXU/ARAJARA

As águas oriundas das precipitações pluviométricas no topo da Chapada do Araripe, superfície semi-plana com uma área de 6.000 km², apresentam, em função dos baixos gradientes topográficos, elevadas taxas de infiltração; essa água circula verticalmente até atingirem o nível hidrostático do aquífero e aí passam a circular semi-horizionalmente de acordo com o gradiente estrutural da camada impermeável da Formação Santana, que mergulha suavemente para norte.

Quando o relevo da borda abrupta da chapada intercepta essa frente de fluxo subterrâneo ocorre surgência natural ou exutório do sistema aquífero Exu/Araripe.

Esses exutórios, conhecidos comumente como fontes, drenam o aquífero preferencialmente em sua borda norte, daí surgir o fértil Vale do Carri ao sul do Estado do Ceará.

Uma reduzida ressurgência do sistema aquífero ocorre também na borda sul, no Estado de Pernambuco e uma parcela desprezível ressurgente também no Estado do Piauí, conforme será visto a seguir.

7. RESULTADO DA MEDIÇÃO DAS DESCARGAS DOS EXUTÓRIOS

O estudo efetuado consistiu no levantamento dos exutórios que ocorrem na bacia do Araripe, nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, bem como da medição da vazão atual, durante o período de outubro a dezembro de 1993.

Foram cadastrados 307 exutórios naturais, dos quais 256 (83,8%) no estado do Ceará, 43 (ou 14%) em Pernambuco e apenas 8 (ou 2,6%) no Piauí.

Dessas fontes apenas 25, localizadas em Porteiras (12), Jardim (11) e Brejo Santo (2) não puderam ser medidas, porém o total dos seus valores foi estimado com base no valor médio de cada área específica. O erro que possa ter sido cometido não influenciou muito no resultado final pois o valor estimado para essas 25 fontes correspondem a apenas 6% do total medido no campo.

Como se observa no desenho 1, o total de água demandada do sistema aquífero Exu/Araripe é de 4.349 m³/h, ou seja, 38.092.334 m³/ano; acrescentando-se os valores estimados para as 25 fontes não medidas, num total de 2.424.330 m³/ano, chega-se a um volume total de 40,5.10⁶ m³/ano.

As vazões medidas para todo o Ceará foram da ordem de 18,75 m³/h porém, conforme se vê no Quadro 2, 12 fontes apresentam descargas superior a 100 m³/h, ficando a área de Crato-Barbalha com o maior número, ou seja, de 9 fontes de grande porte.

As principais fontes com respectivas vazões são:

Classificação	Denominação	Município	Vazão (m³/h)
1º	Batateiras	Crato	376,00
2º	Pendência	Missão Velha	352,00
3º	Farias	Barbalha	348,00
4º	Cocos	Barbalha	182,37
5º	Saco	Porteiras	182,37
6º	Caldas	Barbalha	180,00
7º	Bica do Sozinho	Crato	154,00
8º	Coqueiro	Crato	140,00
9º	Boca da Mata	Jardim	132,98
10º	Camelo	Barbalha	120,00
11º	Água Grande	Crato	113,00
12º	Santa Rita	Barbalha	102,00

No Vale do Cariri ocorre uma diferenciação entre as ressurgências originadas de fluxo que drenam de sul para norte, acarretando as fontes do Crato, Barbalha e Missão Velha, daquelas que surgem em Brejo Santo, Porteiras e Jardim, resultantes de fluxo no sentido de oeste para leste. Com efeito, na área norte, os exutórios apresentam menos de 20% com descargas inferiores a 1 m³/h, ficando as descargas entre 1 e 10 m³/h com percentuais entre 40 e 50%, e as descargas entre 10 e 100 m³/h podendo chegar até 36% como em Barbalha; as vazões superiores a 100 m³/h chegaram até 15% também em Barbalha.

Enquanto isso, na região oriental as descargas inferiores a 1 m³/h representam mais de 50%, enquanto que todo o restante ficou entre 1 e 10 m³/h; apenas em Porteiras e Jardim as descargas entre 10 e 100 m³/h representam menos de 3% do total.

Isto revela que a direção preferencial do fluxo subterrâneo é no sentido norte, secundariamente no sentido oeste e muito fracamente no sentido sul, como revelam os dados dos exutórios de Pernambuco em número de 43 (ou 14% do total). Constata-se que em praticamente toda a borda sul da chapada o comportamento é o mesmo, com 53% das surgências com vazões inferiores a 1 m³/h.

Finalmente na borda ocidental da Bacia do Araripe, correspondendo ao Estado do Piauí, a ressurgência do sistema aquífero é insignificante, apresentando todas as 8 fontes levantadas, uma descarga inferior a 1 m³/h (média de 0,09 m³/h).

8. USO DA ÁGUA DOS EXUTÓRIOS

Os 40 milhões de m³ drenados do sistema aquífero Exu/Arajara vêm sendo utilizados para os seguintes fins:

a) abastecimento público urbano - a cidade de Crato utiliza 5.500 m³/dia de água (correspondendo a 18,4% da oferta total de água da cidade) a partir das fontes do Cinzeiro, Granjeiro e Coqueiro.

b) abastecimento de clubes sociais, como o Serrano, Granjeiro, ABEC, dentre outros.

c) abastecimento de sítios e fazendas para consumo humano e animal.

d) uso para irrigação - segundo informações locais, somente no município do Crato existem cerca de 400 ha de cana de açúcar irrigados (por gravidade) na base de 1,2 m³/dia/ha no regime de 12/24 horas. Além da cana de açúcar, existem cerca de 50 ha de banana, abacate e fruteiras diversas, irrigados.

Uma parte dessa água que percola pelos cursos d'água superficiais do Vale do Cariri retorna por infiltração para recarregar o sistema aquífero Abaiara/Missão Velha ocorrente naquela área.

A qualidade da água é muito boa, com sólidos totais inferiores a 200 mg/l e classe de uso de C₁S₁ podendo ser utilizado para qualquer finalidade sem qualquer restrição.

9. DECRÉSCIMO DAS DESCARGAS DOS EXUTÓRIOS

A fonte da Batateira, como umas outras em Buriti, Caldas etc., tiveram sua primeira medição realizada em 1854, sendo registrado nos anais do município, os valores de medição então realizadas, com a adoção da medida denominada de "telha". Cada telha, com 18 cm (ou 7") de diâmetro possuía uma vazão de 64,8 m³/h, com um gradiente de 1‰.

A medição de 1854 para a fonte de Batateira, acusava o valor de 22 telhas, equivalente portanto a 1.425,60 m³/h; segundo informações do Sr. Joaquim Alves dos Santos, foi efetuada uma medição nessa mesma fonte a 5 anos (1988) tendo encontrado o valor de 18 telhas, ou 1.166,40 m³/h; atualmente (em 12/1993) a medição acusou apenas 376,00 m³/h.

Verifica-se que em 134 anos a queda da vazão foi de apenas 18,2%, enquanto que nos últimos 5 anos o decréscimo foi de 67,7%.

Embora ainda não se tenha efetuado um estudo mais profundo para justificar essa grande diminuição de descarga nos últimos anos, é provável que o desmatamento contínuo que vem se efetuando na chapada tenha diminuído o poder de retenção superficial, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, diminuindo a infiltração.

QUADRO 1
VAZÕES DOS EXUTÓRIOS MEDIDOS NO PERÍODO OUT - DEZ/1993

ESTADO	MUNICÍPIO	NÚMERO DE FONTES	VAZÃO EM m ³ /h			
			TOTAL	MÉDIA	MÁXIMA	MÍNIMA
Ceará	Crato	79	1.428,26	18,08	376,00	0,10
	Barbalha	33	1.455,94	44,09	348,52	0,80
	Missão Velha	52	857,13	16,48	352,00	0,21
	Brejo Santo	13 (2)*	10,32	0,94	3,30	0,08
	Porteiras	39 (12)*	295,26	10,93	182,37	0,20
	Jardim	40 (11)*	303,04	10,45	132,98	0,07
TOTAL Ceará		256 (83,8%)	4.348,95	18,75	376,00	0,07
Pernambuco	Exu	19	45,73	2,41	12,96	0,10
	Bodoco	11	9,08	0,82	5,40	0,09
	Moreilândia	8	27,35	3,42	8,10	0,80
	Serrita	2	2,24	1,12	2,16	0,08
	Araripina	2	0,45	0,22	0,30	0,15
	Ipubi	1	0,90	0,90	0,90	0,90
TOTAL Pernambuco		43 (14,0%)	85,75	1,99	12,96	0,08
Piauí	Simões	3	0,39	0,13	0,20	0,09
	Marcolândia	2	0,10	0,05	0,05	0,05
	Cald. Grande	3	0,30	0,10	0,15	0,07
TOTAL Piauí		8 (2,6%)	0,79	0,09	0,20	0,05
TOTAL GERAL		307 (100%)	4.434,98			

(*) Número de fontes sem valores de vazão

QUADRO 2
FAIXA DE VARIAÇÃO DA VAZÃO DOS EXUTÓRIOS

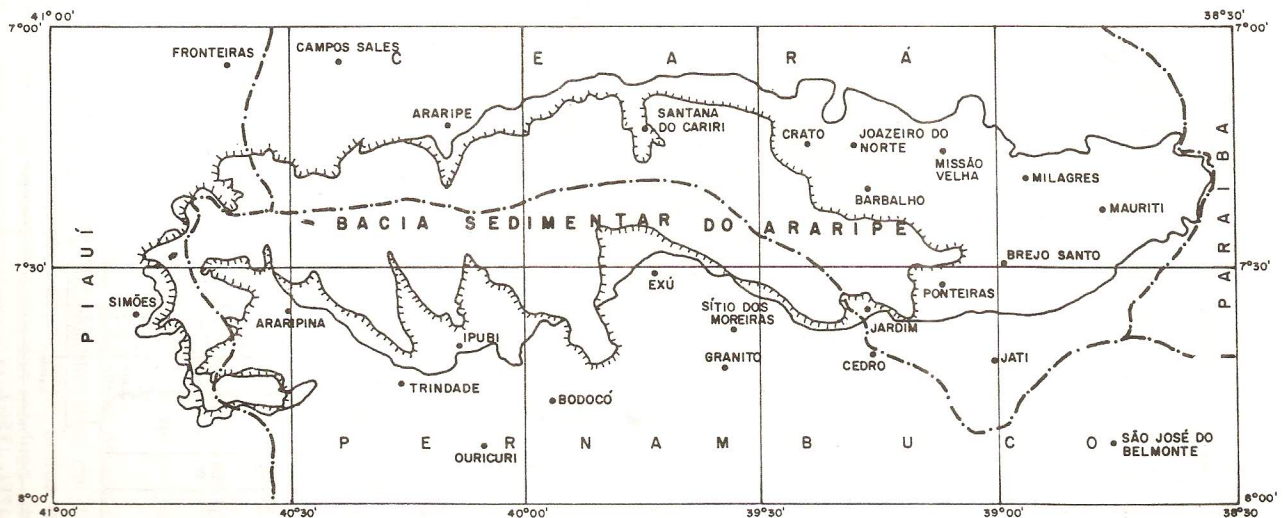
VAZÃO (m³/h)	CRATO		BARBALHA		MISSÃO VELHA		BREJO SANTO		PORTEIRAS		JARDIM		CEARA	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<1,00	18	22,87	3	9,09	10	19,23	6	54,55	14	51,85	15	51,72	66	28,57
1,00 a 10,00	41	51,89	13	39,66	27	51,92	5	45,46	8	29,62	8	27,58	102	44,15
10,00 a 100,00	16	20,25	12	36,36	14	26,92	0		4	14,81	5	17,24	51	22,07
>100,00	4	5,06	5	15,15	1	1,92	0		1	3,70	1	3,44	12	5,19
TOTAIS	79		33		52		11		27		29		231	

526

VAZÃO (m³/h)	EXU		BODOCO		MOREILÂNDIA		SERRITA		ARARIPINA		IPUBI		PERNAMBUCO	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<1,00	9	47,36	9	81,82	1	12,5	1	50,00	2	100,00	1	100,00	23	53,48
1,00 a 10,00	9	47,36	2	18,18	7	87,5	1	50,00	0				19	44,18
10,00 a 100,00	1	5,26	0		0		0		0				1	2,32
>100,00	0		0		0		0		0					
TOTAIS	19		11		8		2		2		1		43	

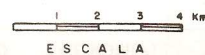
VAZÃO (m³/h)	SIMÕES		MARCOLÂNDIA		CALD. GRANDE								PIAUI	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<1,00	3	100,00	2	100,00	3	100,00							8	100,00
1,00 a 10,00	0		0		0									
10,00 a 100,00	0		0		0									
>100,00	0		0		0									
TOTAIS	3		2		3								8	

Fig.1 MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE



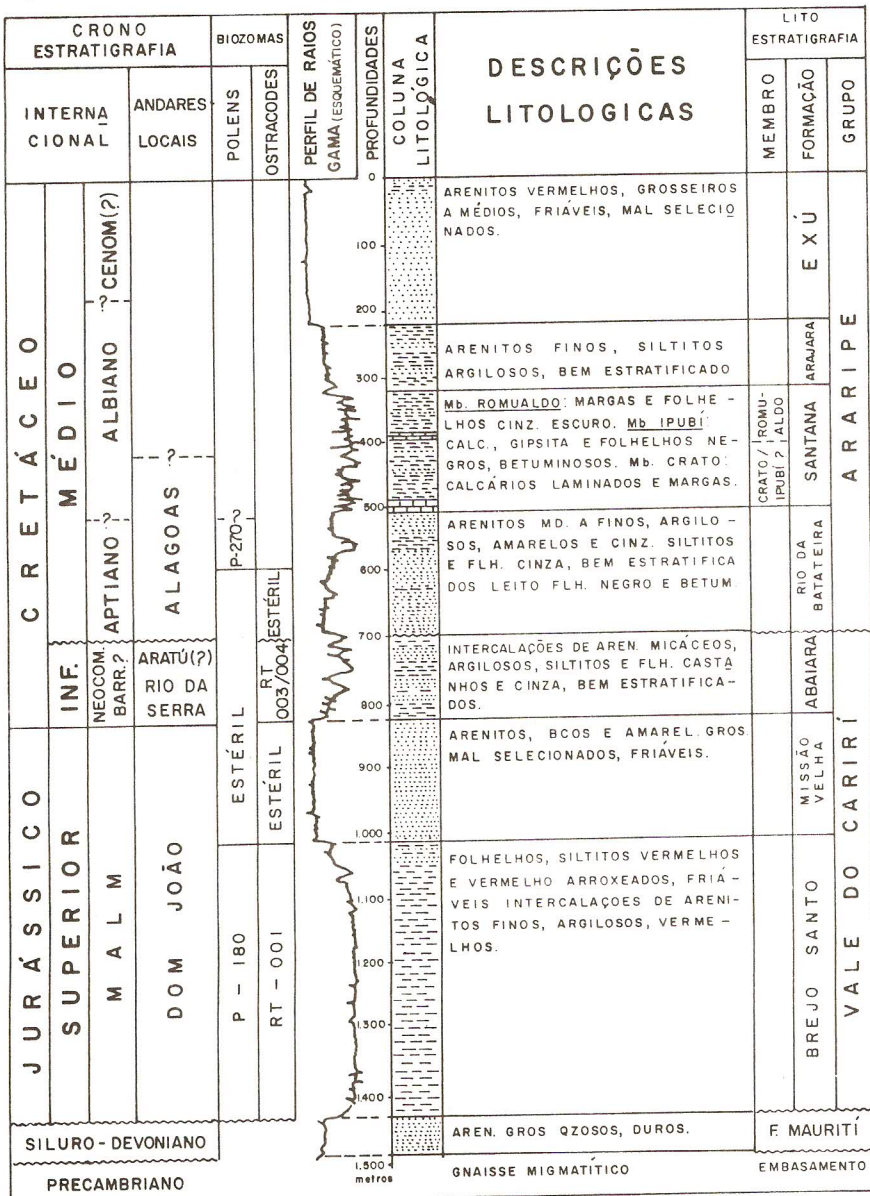
LEGENDA

- LIMITE DA BACIA SEDIMENTAR
- LIMITE INTERESTADUAL
- LIMITE DA CHAPADA
- CIDADES



527

Fig. 2 - COLUNA CRONO - LITO - ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO ARARIPE



(Segundo PONTE & APPI, 1990)