

HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO DE MARCO E BELA CRUZ, ESTADO DO CEARÁ.

**Zulene Almada Teixeira¹ ; Maria Kátia de Vasconcelos² ;
Itabaraci N. Cavalcante³ ; Alcides Frangipani³ &
Sônia Maria de Vasconcelos³**

Resumo - Este trabalho apresenta o estudo hidrogeológico de uma área de 96 Km², situada na porção norte do estado do Ceará, inserida parcialmente nos municípios de Marco e Bela Cruz. Geologicamente, a área é representada predominantemente pelas rochas de idade Tércio-Quaternária. Possui três unidades litoestratigráficas: embasamento cristalino, constituído por migmatitos, seguido por rochas Tércio-Quaternárias, representadas por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras e, no topo da seqüência, manchas aluvionares (Quaternário). Os principais modos de captação da água subterrânea na área são os poços tubulares nos aquíferos fissurais, e cacimbões nos aquíferos aluvionares, sendo ambos encontrados, em geral, sem qualquer proteção sanitária. Considerando-se os Sistemas Aluvionares e da Formação Barreiras, avaliou-se a reserva explotável de $36,2 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Palavras-chave - Água Subterrânea, Marco e Bela Cruz-CE.

INTRODUÇÃO

A área estudada está localizada no Sertão do Ceará, mais especificamente na porção Norte do Estado (Figura 1), delimitada pelas coordenadas UTM 366 e 374 Km E, 9652 e 9664 Km N da 24^a zona UTM, que tem como Meridiano Central 39° WG. A região enfrenta grandes dificuldades com a falta d'água. Dessa forma, a água subterrânea

¹ Mestranda – Departamento de Geologia – UFC. Campus do Pici, Bloco 912 - Fortaleza – CE – CEP : 60.455-760- Fone 288.9865 – Fax (85) 288.9865, Zulenealmada@yahoo.com.br

² Geóloga - Departamento de Geologia – UFC. Campus do Pici, Bloco 912 - Fortaleza – CE – CEP : 60.455-760- Fone 288.9865 – Fax (85) 288.9865

³ Professor - Departamento de Geologia – UFC. Campus do Pici, Bloco 912 - Fortaleza – CE – CEP : 60.455-760- Fone 288.9865 – Fax (85) 288.9865

explorada em meio fissural, mesmo que, as vezes, seja de inferior qualidade devido ao teor de cloretos, surge como fonte estratégica para amenizar os problemas causados pela seca.

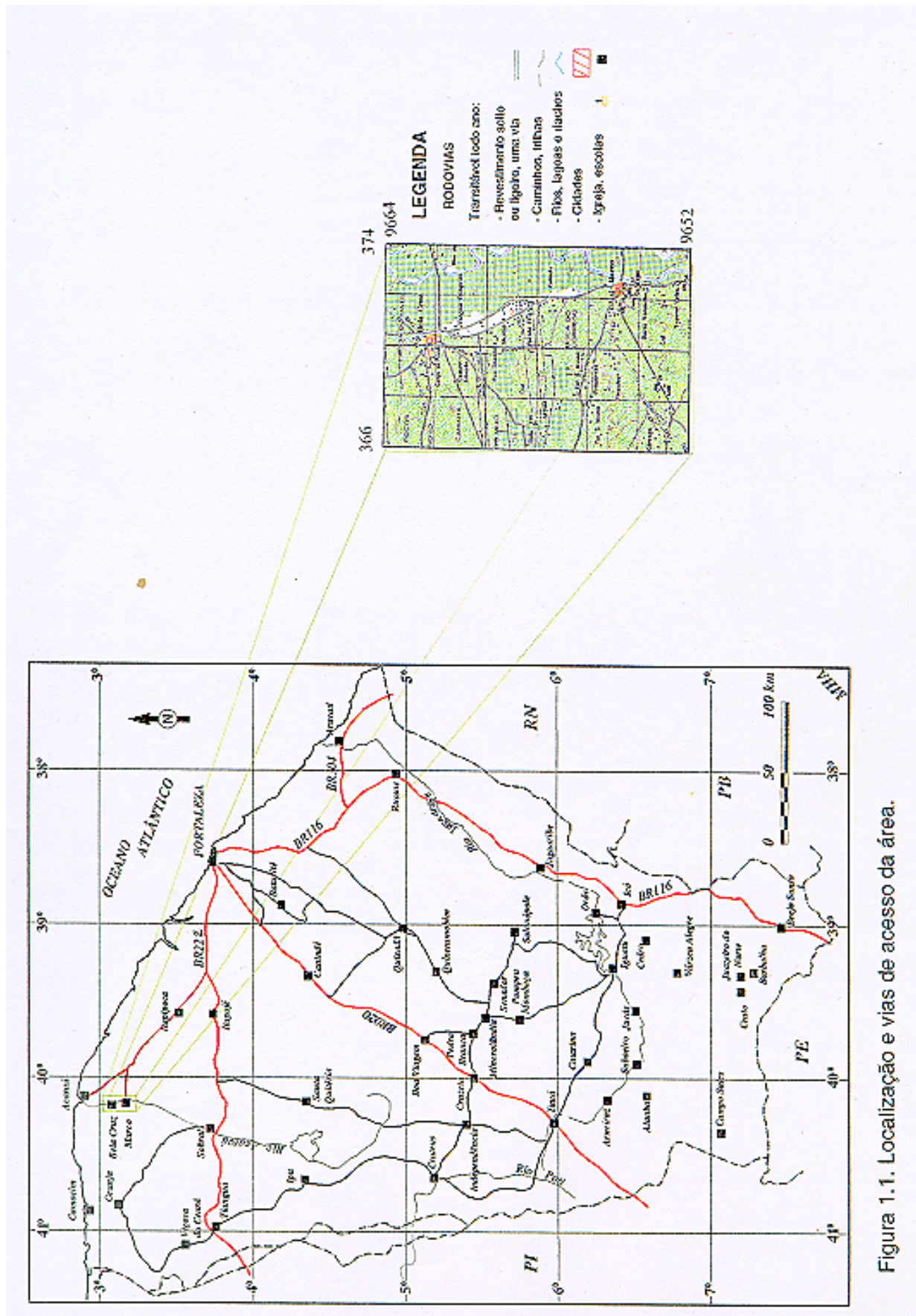


Figura 1.1. Localização e vias de acesso da área.

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização do condicionamento hídrico subterrâneo da área, tendo como meta primordial estabelecer parâmetros racionais de exploração e utilização desse recurso mineral como alternativa de abastecimento para a comunidade local.

O método empregado consistiu na verificação local dos poços cadastrados, atualização do cadastro através da coleta de novos dados de poços perfurados; mapeamento básico adequado aos objetivos da pesquisa, através da coleta de informações estratigráficas, litológicas e aspectos estruturais, no sentido de servir de subsídio à elaboração do mapa hidrogeológico. No campo foram feitas medidas de pH, condutividade elétrica, nível estático e temperatura, nos pontos de água cadastrados.

HIDROGEOLOGIA

Do conjunto lito - estratigráfico observado na área, resultaram os seguintes sistemas aquíferos : Fraturado, Barreiras e Aluvionar.

No meio fraturado a porosidade primária é pequena (cerca de 1%) ou mesmo nula, há descontinuidade ou pouca interconexão entre as fraturas, forte anisotropia e heterogeneidade do meio. Há uma diversidade de tipos litológicos e de minerais disponíveis ao intemperismo na zona de decomposição, e devido à forma de ocorrência da água neste meio, os fluxos são mais locais do que regionais e mais superficiais do que profundos.

Segundo o IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo 1982 (*in* LOUSADA & CAVALCANTE , 1996), o armazenamento e a produção de água subterrânea em áreas cristalinas são controlados pelo arranjo estrutural, número de fraturas, tamanho das fraturas, número de interconexões, clima (levando em consideração a formação do solo), tipo de rocha e a proximidade em relação às áreas de recarga.

No domínio dos terrenos cristalinos, o problema hidrogeológico está intimamente ligado aos fendilamentos das rochas. Sabe-se que um poço profundo em terrenos cristalinos funciona como fonte pontual, devido a irregularidade do aquífero em decorrência da infiltração bastante fraca, acarretada pelo escoamento superficial muito mais forte em comparação com os terrenos sedimentares. Esta infiltração só se realiza durante os anos úmidos, e, durante os anos de pluviometria média praticamente não há infiltração, uma vez que as águas são recambiadas pela, evapotranspiração e escoamento superficial.

A alimentação deste aquífero ocorre de forma direta quando as fraturas estão descobertas, isto é, não tem manto de alteração, ou indireta, quando há manto de alteração e/ou coberturas detrítica colúvio-aluvionares.

A variação faciológica dos sedimentos da Formação Barreiras implica em não se poder determinar globalmente suas potencialidades hidrogeológicas. Sua espessura aumenta consideravelmente em direção ao litoral mas, na área estudada, a Formação Barreiras se apresenta como uma cobertura sedimentar de pequena espessura, apresentando então, um potencial hídrico fraco.

A alimentação deste aquífero é proveniente de duas fontes principais: pluviometria e cursos d'água superficiais. O armazenamento ocorre nos níveis arenosos e o escoamento subterrâneo está voltado para as zonas de maior porosidade efetiva e para as aluviões. As perdas para restituição aos rios e riachos ocorrem nos meses de estiagem. Os principais exutórios são: o mar, rios, ressurgências e evapotranspiração na região, em torno de 724mm/ano .

O aproveitamento das águas subterrâneas neste aquífero pode ser feito através de cacimbas e poços tubulares.

Os sedimentos aluvionares recentes têm sido bastante usados como aquíferos em toda região. No entanto, a área mapeada possui uma cobertura aluvionar de 31.900m² ao longo do rio Acaraú, riachos e lagoas, onde é comum se encontrar cacimbões usados como complemento para o abastecimento de água na área urbana e comunidades próximas.

As aluviões estão em contato com o embasamento cristalino. A falta de estudo mais detalhado com perfurações de poços, ou estudo geofísico, faz com que não seja possível, nesse trabalho, fornecer dados exatos das espessuras totais e espessuras saturadas dessas aluviões.

Na área em apreço, os aquíferos aluvionares comportam-se como formações isotrópicas com características de formações freáticas livres, ou seja, o limite superior de saturação está submetido à pressão atmosférica. A maneira como a água percola por esse meio está relacionadas diretamente com às dimensões das partículas.

Mediante os perfis que foram analisados, as aluviões tem um litotipo variando desde a fração fina até a fração grossa, ou seja, de argila a areia grossa.

Na região aluvionar, as áreas mais propícias à captação de água subterrânea são: os vales planos localizados próximo a serrotes, os locais onde o rio ou riachos cortam o vale e os vales pequenos e apertados.

Foram cadastrados na área vinte e quatro (24) poços tubulares, sendo cinco (5) pertencentes à cidade de Marco, perfurados dois (2) no aluvião e quatro (4) no cristalino, e dezoito (18) poços em Bela Cruz dos quais, dez (10) foram perfurados no Barreiras, cinco (5) no Aluvião, dois (2) na interface aluvião/cristalino e um (1) na interface Aluvião/Barreiras.

AVALIAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

Na análise das obras de captação de água subterrânea, foi considerada sua forma de construção, produção e proteção contra à poluição, como também o estado de conservação de suas instalações. Para se chegar a este estágio foi feito a distinção dos dois tipos de obras de captação encontrados na área: os poços tubulares e cacimbões.

Os poços tubulares cadastrados na área encontram-se em sua maioria nas sedes dos municípios de Marco e Bela Cruz, situados em locais públicos e nas poucas indústrias presentes na região.

Os municípios de Marco e Bela Cruz utilizam, em sua totalidade, água subterrânea para o abastecimento da área urbana que é feito pela CAGECE, cuja captação é realizada a partir de poços profundos feitos nos aluviões do rio Acaraú.

Em particular, o município de Marco sofre as conseqüências do problema de salinidade da água sendo esta, em geral, utilizada para o gado e higiene pessoal, e podem ser encontradas tanto em cacimbões como em riachos (como é o caso do Riacho do Córrego), ficando a população rural sujeita a pegar água para beber na cidade à aproximadamente 5 km. Aqueles que não dispõem de uma cacimba, retiram a água direta do rio, inclusive, no verão chegam a fazer “cacimbinhas” no leito do rio.

A cidade do Marco é abastecida (CAGECE) por dois poços amazonas, sendo que o primeiro produz 25mil L/ dia e segundo produz 60mil L/dia, ambos feitos na aluvião.

A cidade de Bela Cruz também é abastecida por água tratada fornecida pela CAGECE, proveniente de poços tubulares, perfurados no aluvião num total de oito (8) poços, em uma área de 150 m², sendo que destes apenas três (3) estão em atividade.

Alguns poços se encontram desativados devido à pequena vazão, outros porque as cacimbas são utilizadas em detrimento dos poços tubulares, como é o caso do posto de lavagem de carro e da cerâmica, ambos de Bela Cruz e ainda existem casos de completo abandono, como exemplo o poço tubular do Banco do Brasil - Marco-CE. Tais obras poderiam ser aproveitadas para o abastecimento da comunidade local, principalmente em época de estiagem.

Os poços tubulares se encontram revestidos por PVC ou ferro galvanizado, com diâmetros variando de 5, 6 e 8 polegadas. A profundidade dos poços varia de 32 a 85m, atingindo o cristalino. As vazões não satisfatórias, devem-se em geral às locações incorretas e/ou a problemas na construção dos poços.

Nas tabelas 1 e 2 pode-se observar a situação atual em que se encontram os poços tubulares cadastrados e descrições de suas principais características.

A proteção sanitária dos poços é de grande importância para que se evite a contaminação não só do poço em si, mas também, do lençol freático, sendo necessário se utilizar a altura do revestimento adequada e a cimentação, para que haja impedimento das infiltrações diretas dos fluídos superficiais, ou de quaisquer elementos que possam vir a contaminar ou prejudicar a qualidade das águas.

Em quase sua totalidade a área estudada é abastecida por água subterrânea, havendo um maior destaque para os cacimbões pois constituem o meio mais econômico e rápido no abastecimento de água para a população. São perfurados manualmente, através de ferramentas rústicas tais, como: picaretas, alavancas e pás, caso chegue a atingir a rocha dura (migmatito) como é o caso da região, usa-se explosivos. De um modo geral, são localizados por pessoas leigas, chamadas de “marcadores” e suas construções não obedecem a nenhuma norma técnica, onde utilizam-se anéis de concreto ou mesmo feito de alvenaria. Alguns possuem tampas de proteção (não adequada,), enquanto que outros possuem até “casinha” para proteção, amenizando o risco de poluição direta do aquífero. As profundidades variam de 5 a 12 m, diâmetro que variam de 1,3 a 5m. A exploração desta água é feita através de motores à diesel, de motores elétricos.

De um modo geral, essa fonte de abastecimento representa para a região uma alternativa viável, amenizando os gastos e custos com água tratada, sendo necessária uma melhor gestão desse recurso por parte dos órgãos competentes e um trabalho de conscientização da sociedade local, no que diz respeito à preservação das obras de captação.

MUNICÍPIO DE MARCO

Poço	Coordenadas E/N	Ano Construção	Vazão (m ³ /h)	Prof. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Situação Atual
SESP	372177/ 9654733	-	-	-	-	-	- Em funcionamento - Abastecimento público - Bomba com compressor
Prefeitura	372151/ 9654895	1985	1,5	57,5	8,0	34,5	- Em funcionamento - Irrigação - Bomba com compressor
Hospital	372222/ 9655270	-	-	-	-	-	- Ativado - Abastecimento público - Bomba com compressor
Banco do Brasil	372147/ 9654961	-	-	-	-	-	- Abandonado por negligência pública. - Desprotegido, sem condições de reativação
R.Apoliana	372757/ 9654629	1985	3,2	45	1,0	11,0	- Ativado, útil para regar as plantas da praça da matriz.

Tabela 1. Poços tubulares cadastrados, dezembro/97.

MUNICÍPIO DE BELA CRUZ

Poço	Coordenadas E/N	Ano Construção	Vazão (m ³ /h)	Prof. (m)	N.E (m)	N.D (m)	Situação Atual
Conj.Valfrido	370481/ 9660969	-	-	-	-	-	- Ativado - Abastecimento público - Bomba injetora
Bairro - Areias	370673/ 9661264	1993	-	-	-	-	- Desativado por falta de equipamentos - Sem proteção sanitária
Praça - Hotel	369392/ 9662308	-	-	-	-	-	- Ativado, complemento para quando falta água da CAGECE
Sítio Bem Fica	367128/ 9662235	-	-	-	-	-	- Desativado devido à quebra do motor elétricos, bomba com compressor
Matadouro	368725/ 9663795	-	-	-	-	-	- Em funcionamento, - Bomba compressor
Posto de Lavagem	370474/ 9662500	1995	1,6	32,20	2,30	24,00	- Desativado por falta de necessidade de uso. - Abastecimento particular
Fábrica CAISA 01	370104/ 9662168	1979	-	62,00	3,90	48,00	- Em funcionamento, bem protegido - Bomba injetora
Fábrica CAISA 02	370043/ 9662143	1979	2,3	85,00	11,30	-	- Em funcionamento, bem protegido - Bomba injetora
Creche I. Loyola	369924/ 9661902	1988	1,6	60,00	8,4	43,8	- Desativado devido a quebra do motor elétrico
SESP	369873/ 9661983	1995	-	-	-	-	- Desativado por falta de equipamento
Cerâmica Jovino	369864/ 9660038	-	-	-	-	-	- Ativado, bomba injetora
Araticuns	371924/ 9657429	-	-	-	-	-	- Ativado, bem protegido
Córrego Grande	369844/ 9661813	1995	-	-	-	-	- Desativado por falta de equipamento
Faz. Experimental	369765/ 9660186	-	-	-	-	-	- Ativado, irrigação de culturas (cajeiros, graviola, etc), Bomba injetora
CAGECE	372759/ 9661793	-	-	-	-	-	- Ativado, - Abastece a cidade
CAGECE	372759/ 9661727	-	-	-	-	-	- Desativado, por falta de manutenção
CAGECE	372579/ 9661618	-	-	-	-	-	- Ativado - Abastece a cidade
CAGECE	372418/ 9661813	-	-	-	-	-	- Ativado - Abastece a cidade

Tabela 2. Poços tubulares cadastrados ,dezembro/97

ESTIMATIVAS DAS RESERVAS HÍDRICAS SUBTERRÂNEAS

As reservas de águas subterrâneas são calculadas utilizando-se dados de pluviometria, associados às características dimensionais e hidrodinâmicas dos sistemas aquíferos.

No meio fraturado, a porosidade e condutividade hidráulica existentes são secundárias, geradas por fraturamento e/ou intemperismo. A relação entre dimensões longitudinais e transversais de interconecção e abertura das fraturas, entre outros fatores, geram características heterogêneas e anisotrópicas para este contexto.

No caso das rochas cristalinas, onde só há condição de infiltração, circulação e armazenamento de água em fraturas, é praticamente impossível realizar cálculos de reservas utilizando-se parâmetros recomendados para meios porosos primários. Por isso esse sistema não foi considerado na avaliação de reservas.

As reservas de águas subterrâneas serão divididas em duas categorias: renováveis (também denominadas de dinâmicas) e permanentes (chamadas de estáticas ou geológicas), segundo CAVALCANTE (1990).

As reservas renováveis representam o volume de água que participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo anual ou sazonal, ou seja, que se encontra em constante movimento (CAVALCANTE, *op. cit.*).

Caso não ocorra o aproveitamento dessas reservas pelas obras de captação, este potencial é reintegrado ao ciclo hidrológico através da evapotranspiração ou constituindo o fluxo de base dos rios, representado pelo fluxo que os rios mantêm durante os períodos de recesso inter-chuvas, proveniente das descargas dos aquíferos, principalmente. Neste último caso, o aquífero funciona como fonte de recarga para a bacia hidrográfica.

As reservas renováveis foram calculadas a partir da infiltração obtida pelo balanço hídrico (Tabela 3), utilizando-se o método de THORNTHWAITE:

	P(mm)	ETP(mm)	P-ETP	CA	ETR(mm)	DEFICIT	I (mm)
JAN	65,0	164,2	-99,2	0,0	65,0	99,2	0,0
FEV	170,9	128,1	42,8	42,8	128,1	0,0	0,0
MAR	247,7	130,5	117,2	100,0	130,5	0,0	60,0
ABR	215,5	129,2	86,3	100,0	129,2	0,0	86,3
MAI	109,5	129,9	-20,4	79,6	109,5	20,4	0,0
JUN	37,5	133,5	-96,0	0,0	37,5	96,0	0,0
JUL	15,6	135,6	-120,0	0,0	15,6	120,0	0,0
AGO	0,0	146,9	-146,9	0,0	0,0	146,9	0,0
SET	0,0	152,8	-152,8	0,0	0,0	152,8	0,0
OUT	0,3	174,1	-173,8	0,0	0,3	173,8	0,0
NOV	0,8	168,5	-167,7	0,0	0,8	167,7	0,0
DEZ	8,3	178,1	-169,8	0,0	8,3	169,8	0,0
ANO	871,1				624,8		146,3

Tabela 3. Valores para o balanço hídrico para região de Marco - CE (1980 a 1995)

Onde,

P = Precipitação

ETP (mm) = Evapotranspiração

CA = Armazenamento do Solo

ETR (mm) = Evapotranspiração real

DEFICIT = deficiência de água para evapotranspiração

I (mm) = Infiltração potencial

$$Rr = A \times I \quad \text{onde,}$$

Rr - reservas renováveis (m³/ano)

A - área (m²)

I = 0,146m

As coberturas aluvionares ocupam uma área de $31,9 \times 10^6 \text{ m}^2$, com uma infiltração de 0,146m, as reservas renováveis correspondem a $4,7 \times 10^6 \text{ m}^3$.

A Formação Barreiras ocupa uma área de $39,7 \times 10^6 \text{ m}^2$, com uma infiltração de 0,146m, as reservas renováveis para esta porção da área estudada correspondem $5,8 \times 10^6$ de m³.

As reservas permanentes representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrológico numa escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. É o potencial armazenado abaixo da zona de flutuação do nível estático.

As águas subterrâneas que representam as reservas permanentes podem ser estimadas pela seguintes expressão:

$$R_p = A \cdot B \cdot \mu \quad \text{onde}$$

R_p - reservas permanentes (m^3)

A - área (m^2)

B - espessura média saturada (m)

μ - porosidade eficaz (%)

O cálculo das reservas permanentes foi feito através de dados obtidos a partir de fichas de cadastros de quatro poços (Tabela 3) que se encontram na Formação Barreiras, levando em consideração a espessura saturada de menor valor. Devido a escassez de cadastros de poços, não foi possível considerar uma espessura média para uma área $96km^2$.

Considerando-se 10% para a porosidade efetiva para o Barreiras, segundo CAVALCANTE, 1998; temos:

$$R_p = A \cdot B \cdot \mu$$

$$R_p = 39,7 \times 10^6 m^2 \times 24,7m \cdot 0,10$$

$$R_p = 98 \times 10^6 m^3$$

Poço	NE (m)	Perfil Cristalino (m)	Espessura Saturada
CAISA - 01	3,9	30	26,1
CAISA - 02	11,3	36	24,7
Creche	8,4	42	33,6
Posto de Lavagem	2,3	30	27,7

Tabela 4. Espessura saturada de poços na Formação Barreiras.

De acordo com COSTA (1997), a disponibilidade pode ser dividida em disponibilidade do aquífero e disponibilidade de poços, sendo que a primeira está relacionada aos volumes de água contidas no reservatório hídrico subterrâneo e que podem ser utilizadas; já a segunda, corresponde aos volumes que poderiam ser retirados do aquífero em função dos poços nele perfurados.

A disponibilidade pode ser subdividida em disponibilidade potencial e disponibilidade virtual ou real. A disponibilidade potencial refere-se aos volumes que pode retirar do aquífero sem que ocorra prejuízo ou risco de esgotamento, enquanto que a disponibilidade virtual ou real representa o real volume que pode ser retirado sem prejudicar o meio ambiente como um todo.

A disponibilidade de poços pode ser subdividida em disponibilidade instalada e disponibilidade usual. A disponibilidade corresponde aos volume de água que poderiam ser retirados dos poços no caso de serem bombeados em sua capacidade máxima e em regime de 24/24 todos os dias, já a disponibilidade usual representa os volumes que são realmente usados, com a vazão retirada e o regime de bombeamento diário e semanal adotados (COSTA *op. cit.*).

Assim sendo, as disponibilidade são difíceis de serem quantificadas por dependerem da locação e nível tecnológico das obras de captação, visto a precariedade de cadastro de poços nos órgãos federais.

Na prática considera-se que elas constituem 1/3 das reservas totais, segundo CAVALCANTE, (*op.cit*). Dentro dessas considerações, obtemos, para a área estudada, abrangendo todos os domínios hidrogeológicos o valor de 36,2 milhões de m³.

CONCLUSÃO

Na área estudada as águas subterrâneas se encontram nos seguintes sistemas aquíferos:

- Aquífero Fraturado, dependente da existência de zonas fraturadas potencialmente aquíferas.

- Aquífero Barreiras, não sendo este muito aproveitado na exploração das águas por possuir um baixo potencial hidrogeológico, armazenando água apenas nos níveis arenosos.

- Aquífero Aluvionar, muito usado pela população para a captação de águas subterrâneas pelo fato de representar um sistema de aquífero livre com águas pouco profundas exploradas através de poços rasos escavados (cacimbas ou cacimbões).

Quanto aos poços tubulares, a maior parte destes se encontram sem lajes de proteção e sem a tampa de revestimento, portanto estão expostos ao risco de contaminação podendo ainda se constituir em um agente de contaminação do lençol freático.

Com relação aos poços escavados, esses são os mais utilizados pela população da região, sendo muito comum problemas em relação a locação e completação, faltam de

tampas a paredes de proteção, o que pode possibilitar a queda de animais e entrada de lixos, causando futura contaminação da água subterrânea.

Vale ressaltar, a inexistência de proteção sanitária das obras de captação de água subterrânea e a desinformação das comunidades locais sobre os riscos de poluição, sendo necessárias campanhas de preservação e conscientização.

Com relação as reservas hídricas subterrâneas, as reservas renováveis para as coberturas aluvionares resultaram em $4,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, enquanto que para a Formação Barreiras correspondem a $5,8 \times 10^6 \text{ m}^3$. Para a Formação Barreiras as reservas permanentes resultaram em $98 \times 10^6 \text{ m}^3$. Usando-se 1/3 desse total e colocando-se 200L/dia por pessoa, dará para abastecer 181.000 pessoas em 1 dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVALCANTE, I. N. - (1990). Estudos Hidrogeológico de Terreno Cristalino com Manto de Intemperismo - Área piloto de Atibaia(SP). Dissertação de Mestrado - Área de Concentração: Recursos Minerais e Hidrogeologica. São Paulo, Universidade de São Paulo - USP, p. 130.
- CAVALCANTE, I. N. - (1998). Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza - Estado do Ceará - Tese de Doutorado - São Paulo, Universidade de São Paulo - USP, cap. 4, p. 31 - 80.
- CAVALCANTE, J. C., FERREIRA, C. A *et al.* - (1983). Mapa Geológico do Estado do Ceará. Ministério das Minas e Energia. Governo do Estado do Ceará. Convênio CPRM / DNPM, CEMINAS / SUDEC/ MI. Escala 1: 500.000. Fortaleza - CE.
- COSTA, W. D. da - (1996). Disponibilidades de Águas Subterrâneas na Região Nordeste do Brasil, *in*: XI Seminário - Curso do Centro Interamericano de Recursos da Água - CIRA - Salvador: Universidade Católica do Salvador - UCSAL , p. 223 - 237.
- COSTA, W. D. - (1986). Análises dos Fatores que Atuam no Aquífero Fissural - Área Piloto dos Estados da Parnaíba e Rio Grande do Norte. Tese de Dotouramento, Universidade São Paulo (USP) *in* Rev. Água Subterânea, (14): p. 116 - 117.
- LOUSADA, E. O. & CAVALCANTE, I. M. - (1996). Geologia, Hidrogeologia e Hidroaquímica da cidade de Tauá - CE e de Parte do Perímetro de Irrigação do Açúde Várzea do Boi, Relatório de Graduação, Fortaleza-CE.
- MARQUES, A .A *et al.* - (1988). Projeto - Levantamento Geofísico/Hidrogeológico da Região entre Itarema e Acaraú - CE. Fortaleza.
- SANTOS, A. C. - (1997). Noções de Hidroquímica, *in*: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J.. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações (coord.) - Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, cap. 5, p. 81 - 108, il.
- SUDENE - (1972). Região Nordeste do Brasil - Bela Cruz; Folha SA - 24 - Y -D -I, escala 1:100.000.