

# ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS DA FAIXA COSTEIRA LESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CEARÁ

José Alcir Pereira Ribeiro<sup>1</sup>; Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>2</sup>; José Gonzaga da Silva<sup>3</sup>; Maria da Conceição Rabelo Gomes<sup>4</sup> & Karen Vendramini de Araújo<sup>5</sup>.

**RESUMO** - A área está localizada na faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza-Ceará, abrangendo parte dos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz. A pesquisa tem como objetivo avaliar os aspectos hidrogeológicos. A metodologia adotada foi o levantamento bibliográfico, cadastramento dos poços, trabalhos de campo e tratamento dos dados. A área é caracterizada pelo Domínio Hidrogeológico Sedimentar constituído pela Formação Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluviões. O Sistema Aquífero Barreiras ocupa 307 km<sup>2</sup>, possuindo vazão média de 2,40 m<sup>3</sup>/h, capacidade específica média de 0,87 [(m<sup>3</sup>/h)/m] e espessura de sedimentos entre 12 e 50 metros. O Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas ocupa 57 km<sup>2</sup> e espessura de sedimentos entre 7 e 29 metros e os poços que o captam cedem vazão média de 5,0 m<sup>3</sup>/h e capacidade específica de [7,30 m<sup>3</sup>/h/m]. O Sistema Aluvionar ocupa 41,7 km<sup>2</sup>, sendo captado por poços com profundidade média de 6,0 metros.

**ABSTRACT** – The area is located on the east coast of the Metropolitan Region of Fortaleza, Ceara, covering the municipalities of Fortaleza, Eusebius and Aquiraz. The research aims to evaluate the hydrogeological aspects. The methodology used was bibliography, listing of the wells, field work and data processing. The area is characterized by Domain Hydrogeological Sedimentary Formation consisting of Barriers, Dunes / Paleodunas and mudslides. The Aquifer System Barriers occupies 307 km<sup>2</sup>, having average discharge of 2.40 m<sup>3</sup> / h, average specific capacity of 0.87 [(m<sup>3</sup> / h) / m] and thickness of sediment between 12 and 50 meters. The Dunes Aquifer System / Paleodunas occupies 57 km<sup>2</sup> and sediment thickness between 7 and 29 meters and wells that capture yield average flow of 5.0 m<sup>3</sup> / h and the specific capacity of [7.30 m<sup>3</sup>/h/m]. System Alluvium occupies 41.7 km<sup>2</sup>, being captured by wells with average depth of 6.0 meters.

**Palavras-Chaves:** Hidrogeologia, Faixa Costeira, Ceará.

<sup>1</sup> Mestre em Geologia/UFC (*in memória*)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Associado do Departamento de Geologia/CC/UFC. Av. Humberto Monte, Bloco 913, Pici. Fortaleza/CE. e-mail: ita@fortalnet.com.br

<sup>3</sup> Doutorando em Hidrogeologia - DEGEO/CC/UFC. Rua Paulo Firmeza, 414. São João do Tauape. Fortaleza/CE. e-mail: josegs@labomar.ufc.br

<sup>4</sup> Doutoranda em Hidrogeologia - DEGEO/CC/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). Rua Alcides Gerardo 71. Conjunto Palmeiras. Fortaleza/CE e-mail: conceicaoabelo@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Graduanda em Geologia - DEGEO/CC/UFC (Bolsista PIBIC/CNPq). Rua Ildefonso Albano, 2361, Casa I. Joaquim Távora. Fortaleza/CE e-mail: karenvendramini@yahoo.com.br

## 1 - INTRODUÇÃO

Estudos hidrogeológicos desenvolvidos na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF atestam que as unidades litológicas da faixa costeira leste, em função de sua área de localização e extensão, representam um importante sistema de captação que abastece residências e condomínios, sendo utilizado, também, em pequenas indústrias e em projetos de áreas agricultáveis. O suprimento hídrico da população é feito particularmente por águas subterrâneas armazenadas nos Sistemas Dunas/Paleodunas e Barreiras. A finalidade desta pesquisa é avaliar os aspectos hidrogeológicos da faixa costeira leste da RMF.

A área localiza-se na porção nordeste do estado do Ceará, abrangendo parte da faixa costeira da Região Metropolitana de Fortaleza, entre os rios Pacoti e o limite sudeste da RMF, ocupando 414 km<sup>2</sup> e abrangendo parte dos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz. Limita-se a norte e nordeste com o oceano Atlântico e a sul e sudoeste com os municípios de Pindoretama e o extremo oeste de Aquiraz (Figura 1).

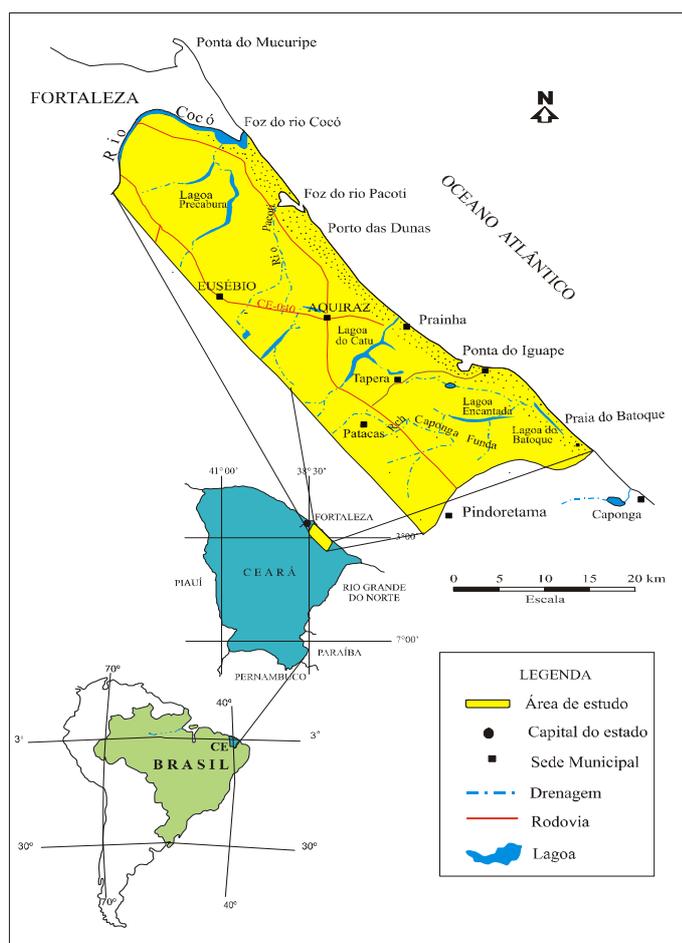


Figura 1 - Localização da área de estudo

## 2 - METODOLOGIA DE ESTUDO

Buscando-se obter subsídios para o desenvolvimento da pesquisa apresentada, os trabalhos foram executados em 4 etapas sucessivas, descritas a seguir.

A primeira etapa objetivou o levantamento e a revisão bibliográfica dos trabalhos técnico-científicos realizados na RMF e em outras regiões que tratassem do mesmo assunto, destacando-se os referentes aos aspectos geológicos, hidrogeológicos e deposicionais da Formação Barreiras, por ser a de maior abrangência na área, e os relacionados aos sedimentos costeiros – dunas/paleodunas, que serviram de base para um melhor conhecimento da região. A segunda etapa compreendeu o cadastramento dos poços existentes na área. A terceira etapa constou de trabalhos de campo consistindo basicamente no reconhecimento da área, com observações tanto de caráter regional como local. Na oportunidade foram identificadas as unidades hidrogeológicas e os sistemas de abastecimento de água através dos poços previamente cadastrados e, por fim, na quarta etapa foi realizado o tratamento dos dados baseado no cadastro dos poços e observações técnicas, quando procedeu-se a tabulação dos parâmetros existentes, com a confecção de gráficos e tabelas, juntamente com a cartografia hidrogeológica.

## 3 - SITUAÇÃO DAS OBRAS DE CAPTAÇÃO

A distribuição dos poços cadastrados por município na área de estudo é a seguinte: Aquiraz - 91 poços tubulares e 3 escavados; Eusébio - 53 poços tubulares e, Fortaleza 23 poços tubulares. A situação desses poços levando-se em conta seu caráter privado (128) ou público (54) está apresentada de modo percentual na Figura 2.

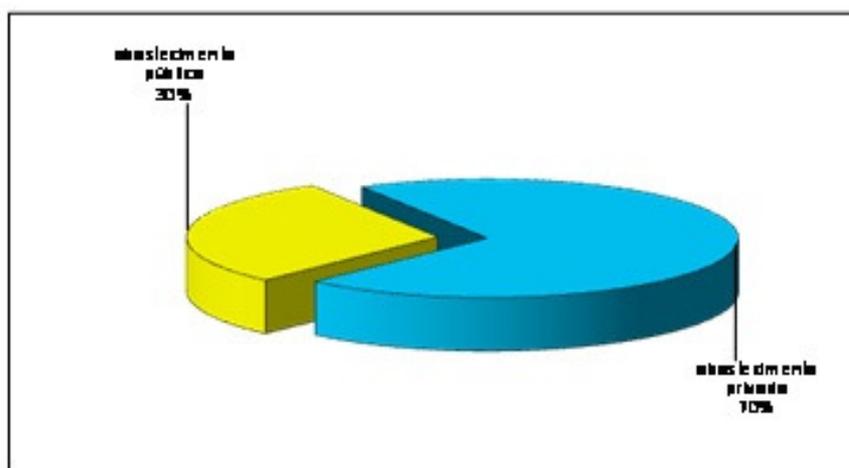


Figura 2 - Tipos de Abastecimento hídrico na área de estudo.

Existem 166 poços em uso e 8 poços encontram-se desativados, tanto por abandono (quebra de equipamento ou retirada da bomba) quanto por obstrução (Figura 3). Com relação à finalidade dessas obras, 130 destinam-se ao uso doméstico, 21 têm emprego na indústria local, 18 têm

múltipla função (abastecimento humano, jardinagem, limpeza) e 5 destinam-se a atividades recreativas (Figura 4).

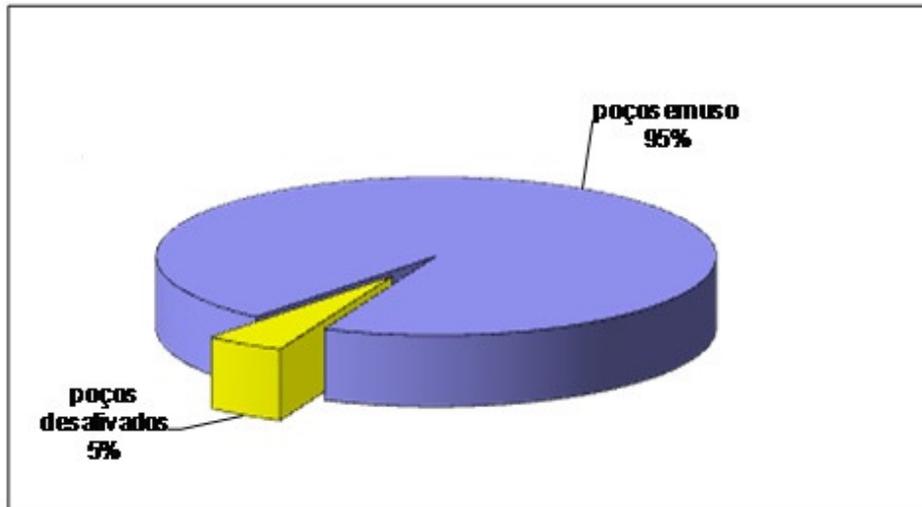


Figura 3 – Situação atual dos poços na área.

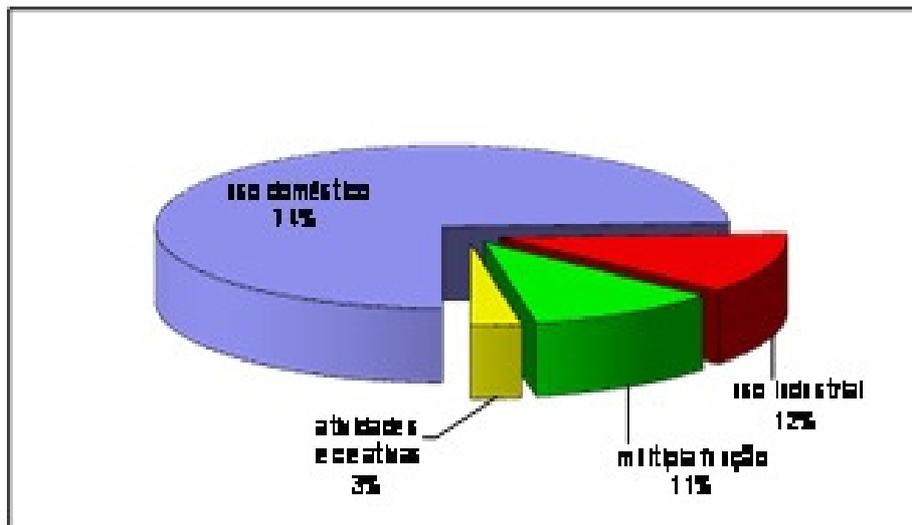


Figura 4. Finalidade dos poços na área.

De acordo com as características hidrogeológicas e dos poços cadastrados, tais como profundidade, níveis estático e dinâmico, vazão, rebaixamento e capacidade específica, elaborou-se a Tabela 1, onde constam os principais parâmetros estatísticos dos poços.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos dos poços tubulares na área.

Parâmetro	Prof.	N.E.	N.D.	sw	Q	Q/S
	(m)				(m <sup>3</sup> /h)	[(m <sup>3</sup> /h)/m]
Média	47,0	10,0	26,0	16,5	2,5	1,0
Mediana	50,0	9,0	26,0	16,5	2,0	0,1
Desvio padrão	15,2	6,0	11,5	11,0	2,7	2,7
Máximo	75,0	29,0	51,0	37,0	24,8	12,4
Mínimo	4,0	0,3	3,0	0,5	0,3	0,2
No. de poços	170	101	73	73	114	72

Prof. = profundidade; N.E. = nível estático; N.D. = nível dinâmico

sw = rebaixamento; Q = vazão; Q/S = capacidade específica

A profundidade média dos poços tubulares da área é de 47,0 metros, alcançando o máximo de 75,0 refletindo primordialmente a espessura dos sedimentos (Dunas e Barreiras). As maiores profundidades refletem a espessura dos litotipos atravessados, englobando os sedimentos da Formação Barreiras, e com a perfuração atingindo o embasamento cristalino; as menores profundidades referem-se geralmente às áreas de dunas/paleodunas e aluviões. O nível estático médio é de 10,0 metros, freático, com mínimo inferior a 1,0; o nível dinâmico médio é de 27,0 metros. A vazão tem um valor médio de 2,4 m<sup>3</sup>/h, alcançando o máximo de 24,8 m<sup>3</sup>/h e mínimo de 0,30 m<sup>3</sup>/h. Os poços que apresentam vazões mais elevadas são construídos com critérios técnicos, levando-se em consideração principalmente os aspectos hidrogeológicos locais e as fases de completação. A capacidade específica alcança o valor médio de 0,9 [(m<sup>3</sup>/h)/m], com o máximo de 12,40 [(m<sup>3</sup>/h)/m].

#### 4 – ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

A área da pesquisa, com 414 km<sup>2</sup>, é geologicamente constituída por formações cenozóicas que incluem sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares, e litotipos pré-cambrianos com núcleos de quartzitos, que constituem o meio fissural. Nesses contextos, que resulta em um potencial heterogêneo de recursos hídricos subterrâneos, foi individualizado o Domínio Hidrogeológico Sedimentar (Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar), onde o Barreiras predomina com 74%.

A identificação dos sistemas aquíferos captados para poços tubulares teve como base critérios geológicos obtidos de trabalhos de campo através da extensão geográfica dos afloramentos, juntamente com os perfis de poços cadastrados.

#### 4.1 Domínio Hidrogeológico Sedimentar

Este domínio é representado pelo Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar, descritos a seguir.

##### Barreiras

O sistema aquífero constituído por sedimentos clásticos do Barreiras corresponde a uma faixa de largura variável, ocupando 307 km<sup>2</sup> (74% da área), correspondendo à unidade de maior exposição na área pesquisada. É constituído de sedimentos terciários, detríticos, com alternância de depósitos pelíticos e psamo-psefíticos, repousando sobre litotipos paleoproterozóicos e à retaguarda dos depósitos eólicos quaternários.

Os 129 poços existentes nesse sistema representam 74% dos poços cadastrados e indicam vazões médias de 2,4 m<sup>3</sup>/h, podendo encontrar-se valores mínimos de 0,3 e máximo de até 9,0 m<sup>3</sup>/h. Comporta-se, em geral, como um sistema aquífero livre, podendo localmente apresentar-se como semi-confinado.

O nível estático é predominantemente inferior a 15,0 metros (83%), com mínimo de 1,0, máximo de 29,0 e médio de 11,3 metros. Os poços construídos nesse domínio alcançam profundidades entre 12,0 e 60,0 metros. O rebaixamento do nível da água ocorre, principalmente, entre 5,0 e 31,5 metros (65%), com mínimo de 0,7 e médio de 14,5 metros.

As áreas de maior potencialidade desse sistema são aquelas onde se localizam maiores espessuras de clásticos arenosos e areno-conglomeráticos, e em locais onde o relevo pouco inclinado apresenta maiores perspectivas de armazenamento de água. Pesquisa realizada no município de Fortaleza por Ribeiro *et al.* (1984) visando a identificação, os limites e a extensão dos aquíferos aflorantes, identificou vazões de até 10 m<sup>3</sup>/h nesse sistema, observando-se um aumento real da capacidade específica dos poços que o exploram.

Nesse sistema existem vários poços que foram construídos tanto para o abastecimento público, cuja exploração é feita através de chafarizes, quanto para o abastecimento doméstico das sedes municipais de Eusébio e Aquiraz. Na tabela 3 são apresentados os valores dos dados técnicos dos poços do Sistema Aquífero Barreiras, onde se pode verificar, a exemplo das considerações referidas no subitem 4.1, referentes ao Aquífero Misto, que as maiores vazões ocorrem somente em determinadas faixas da área, confirmando a variação de seus constituintes sedimentológicos. O baixo poder de

recuperação decorrente, possivelmente, da permeabilidade pode ser constatado através dos valores de rebaixamento, mencionados anteriormente, que variam entre 0,72 e 31,5 metros.

Tabela 3 - Dados dos poços do Sistema Aquífero Barreiras na área.

PARÂMETROS	VALORES		
	Mínimo	Médio	Máximo
Vazão ( m <sup>3</sup> /h)	0,3	2,4	9,0
Nível estático (m)	1,0	11,3	29,0
Rebaixamento (m)	0,7	14,5	31,5
Profundidade (m)	12,0	25,0	60,0

Segundo Bianchi *et al.* (1984), a variação dos constituintes litológicos desse sistema lhe confere, localmente, reduzidas espessuras saturadas, refletindo-se em baixos valores de condutividade hidráulica (em torno de  $1,8 \times 10^{-6}$  m/s), que além de limitar sua capacidade de armazenamento, reflete mais as características de um aquítarde.

A recarga ocorre diretamente em suas áreas aflorantes, tendo como componentes principais a infiltração das águas pluviais, os cursos fluviais e as lagoas. Estas, em determinadas épocas do ano, como nos períodos chuvosos, têm seus níveis de água mais elevados, atuando como áreas influentes porque repassam suas águas para o sistema aquífero subjacente. Ao alcançarem a superfície hidrostática, podem restabelecer o equilíbrio, voltando à situação hidrodinâmica normal. O Sistema Dunas/Paleodunas funciona como unidade armazenadora e aquífero de transferência para esse sistema.

Os principais meios de descarga estão relacionados com a evapotranspiração, algumas fontes naturais e a drenança para o meio cristalino que, se fraturado, permitirá a circulação e o armazenamento da água na unidade subjacente.

#### Dunas/Paleodunas

Esse sistema aquífero é constituído pelas dunas e paleodunas que se encontram distribuídas em uma faixa contínua paralela à linha de costa, alinhadas segundo a direção NW-SE. Ocupa 57 km<sup>2</sup>, abrangendo 14% da superfície total da área pesquisada.

Litologicamente é formado por areias quartzosas, eólicas, caracterizando-se pela ausência de silte e argila e apresentam textura uniforme com grãos arredondados e partículas distribuídas na faixa granulométrica de média a fina, que se estendem sobre a seqüência terciária formada pela Formação Barreiras. Deve-se levar em consideração a influência das formações dunares como boas receptoras das

precipitações pluviométricas locais, pois a elevada porosidade (entre 30 e 45%) e a moderada permeabilidade (entre  $10^{-4}$  e  $10^{-6}$  cm/s) desses sedimentos formam aquíferos em áreas onde existe suficiente espessura saturada..

Foram cadastrados 24 poços nesse sistema (14% do total) que captam águas a uma profundidade média de 29,0 metros, sendo as mínimas de 7,0 e máxima de 75 metros, perfurados normalmente com um diâmetro de 8” e revestidos com 6”. As vazões obtidas variam entre 1,2 e 24,8 m<sup>3</sup>/h, sendo a média de 5,0 m<sup>3</sup>/h.

O nível estático atinge mínimo de 1,2 metro, máximo de 29,0 e média de 8,0 metros. Os rebaixamentos observados nos poços cadastrados oscilam entre 1,34 e 25,0 metros, com média de 5,0 metros. A Tabela 4 mostra os dados mais representativos dos poços cadastrados nesse sistema.

Tabela 4 - Dados dos poços do Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas na área.

PARÂMETRO	VALORES		
	Mínimo	Médio	Máximo
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	1,2	5,0	24,8
Nível Estático (m)	1,2	8,0	29,0
Rebaixamento (m)	1,3	5,0	25,0
Profundidade (m)	7,0	29,0	75,0

A alimentação ou recarga é feita ao longo das faixas que ocupam as áreas mais elevadas, fazendo-se por infiltração pluvial ou através da superfície de algumas lagoas que também recebem água na época de chuvas e repassam para o sistema quando este tem suas águas rebaixadas. Configuram-se como exutórios o Oceano Atlântico, os principais cursos fluviais e os reservatórios naturais e artificiais, que são definidos em função das diferenças de altitudes ou quebras morfológicas, e a evapotranspiração, além da exploração existente.

Pesquisa hidrogeológica desenvolvida na região por Silva (2000), considera que os poços explotados na zona de descarga são geralmente mais rasos, apresentando melhores vazões e que os poços situados na zona de recarga, isto é, aqueles posicionados mais para o interior, apresentam menores vazões e maiores profundidades. Tal fato pode ser comprovado nas proximidades do Beach Park, Porto das Dunas, através do poço 36, localizado em zona de descarga que possui uma profundidade de 14,0 metros e uma vazão de 24,8m<sup>3</sup>/h, enquanto que o poço 144, localizado em área de recarga, alcançou uma profundidade de 54,0 metros e vazão de 2,0 m<sup>3</sup>/h.

Esse comportamento deve-se ao fato de que as áreas de recarga que são identificadas por apresentarem um desnível topográfico mais elevado em relação às áreas circundantes (áreas de descarga)

caracterizam-se por apresentarem um *déficit* de umidade do solo em algumas épocas do ano, tendo como consequência menor capacidade de armazenamento do que as zonas de descarga que se apresentam mais úmidas e rebaixadas, compensando assim, total ou parcialmente o déficit hídrico em certas épocas do ano. Segundo Custódio & Llamas (1983), a descarga de água subterrânea vem sempre acompanhada de um nível piezométrico crescente em profundidade, de modo que é possível construir poços surgentes em aquíferos livres sem a interferência de nenhuma cobertura impermeável. Em poços construídos na base das dunas, identificadas como área de descarga, o nível da água apresenta-se freqüentemente subaflorente, tendo os poços apresentado boas vazões.

Esse sistema constitui-se em um manancial hídrico de grande importância, sendo responsável pelo abastecimento de vários núcleos urbanos que ocupam a região costeira. Embora possa constituir-se em bons armazenadores de água subterrânea devido os elevados coeficientes de condutividade hidráulica ( $5,87 \times 10^{-4}$  cm/s) e transmissividade ( $9,1 \text{ m}^2/\text{h}$ ), esse aquífero é bastante vulnerável à poluição, caracterizando-se como uma unidade suscetível à contaminação por águas poluídas e/ou salinizadas. O uso dessas águas deve preceder, portanto, de rigoroso controle dos órgãos governamentais.

#### Aluvionar

Esse sistema corresponde às deposições efetuadas no Quaternário formadas por material de granulometria grossa a fina, siltes e argilas que ocorrem margeando os baixos cursos dos rios Cocó, Coaçu, Pacoti e Catu. Formam faixas alongadas de direção NE-SW, localizadas no extremo noroeste e na porção central da área. Ocupa  $41,7 \text{ km}^2$ , correspondendo a cerca de 10% da área pesquisada.

Tendo em vista que há pouca ocupação urbana nesses terrenos, foram cadastrados apenas 3 poços escavados (cacimbas) nesse domínio, localizados na margem direita do rio Pacoti, no município de Aquiraz. Esses foram construídos manualmente e possuem grande diâmetro (em torno de 1,2 m), captando água com profundidades de até 6,0 metros de profundidade, geralmente com nível estático subaflorente.

Constituem-se na alternativa mais barata em termos de captação de água subterrânea, principalmente para a população ribeirinha. A água desse sistema não apresenta índice de potabilidade aceitável para o consumo humano.

A alimentação desse aquífero ocorre diretamente sobre as áreas aflorantes através da infiltração das águas pluviais e por ocasião das inundações fluviais. Como exutórios funcionam a evapotranspiração e o próprio canal dos rios que podem se esgotar parcialmente nas épocas de maior rigor climático.

## 5 - CONCLUSÕES

Em termos de recursos hídricos subterrâneos observa-se a predominância do Domínio Hidrogeológico Sedimentar (Aluvionar, Dunas/Paleodunas e Barreiras).

O sistema hidrogeológico constituído pelos sedimentos Barreiras, mostrando uma seqüência alternada de arenitos com intercalações de pelitos e lentes de conglomerados, com níveis lateríticos, é o mais representativo em termos de área aflorante, ocupando uma superfície de 307 km<sup>2</sup>. Análises de poços cadastrados nesse sistema refletem vazão média de 2,4 m<sup>3</sup>/h, com capacidade específica média de 0,87 [(m<sup>3</sup>/h)/m] e espessura de sedimentos entre 12 e 50 metros. Trata-se de um manancial de grande importância hidrogeológica, pois abrange áreas que concentram os maiores núcleos populacionais da região.

O Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas, constituído de areias quartzosas eólicas, corresponde a faixas contínuas adjacentes à linha de praia. Constitui o segundo tipo de aquífero em importância regional, ocupando 57 km<sup>2</sup> da área total. Possui as melhores possibilidades de armazenamento de água subterrânea em função dos elevados coeficientes de transmissividade hidráulica (9,0 m<sup>2</sup>/h) e porosidade efetiva (15%), constituindo um aquífero livre. Observa-se vazão média de 5,0 m<sup>3</sup>/h, com capacidade específica de 7,30 [(m<sup>3</sup>/h)/m] e espessura entre 7,0 e 29,0 metros.

O Sistema Aluvionar corresponde aos depósitos arenosos e argilosos que ocorrem margeando os baixos cursos dos rios Cocó, Pacoti, Coaçu e Catu, ocupando 41,7 km<sup>2</sup>. Trata-se de um sistema onde se capta água através de poços construídos manualmente, com profundidade média de 6,0 metros. Constitui um aquífero descontínuo, de pequena importância local devido a baixa permeabilidade, pouca espessura e o caráter salino de suas águas.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELTRÃO, A E. & MANOEL FILHO, J. 1973. Abastecimento de água da área metropolitana da cidade de Fortaleza-CE. Recife - PE. Divisão de Documentação. Série hidrogeológica, 44, 294 p.
- BIANCHI, L.; PADILHA, M. W. M.; TEIXEIRA, J. E. M. 1984. Recursos de água subterrânea na R.M.F. Fatores Condicionantes. *In*: Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos na R.M.F. - Fase I. Fortaleza. SEPLAN-AUMEF, v. 1, 139 p.
- COSTA, W. D. & SILVA, A B. 2000. Hidrogeologia dos meios anisotrópicos. *In*: FEITOSA, F. A C., FILHO, J. M. Hidrogeologia, Conceito e Aplicações. Fortaleza: CPRM, 2000, cap. 7, p. 133-135, 2<sup>a</sup> ed.

RIBEIRO, J. A. P. 1985. Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e controle tecnológico nas perfurações de poços tubulares no município de Fortaleza-CE. Relatório Final. Fortaleza DNPM/CPRM, vol. 2.

SILVA, J. G. da. 2000 – Hidrogeologia da faixa costeira de Aquiraz-CE. Dissertação de mestrado. UNESP, São Paulo-SP. 90 p. il.