

**José Gonzaga da Silva<sup>1</sup> & Jaime Quintas dos Santos Colares<sup>2</sup>**

**Resumo** - A realização desse trabalho compreende a pesquisa hidrogeológica da região costeira do município de Aquiraz-CE, envolvendo as rochas sedimentares representadas especificamente pelos sistemas aquíferos Barreiras e dunas/paleodunas. Os aspectos hidrogeológicos são caracterizados por aquíferos porosos livres, representados pelos sistemas já referidos. A inter-relação a que estes aquíferos estão submetidos leva-os a serem classificados como sistemas. O dunas/paleodunas é formado por areia quartzosa, de boa permeabilidade, representando o sistema aquífero de melhor potencial hidrogeológico da área e da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), com vazão média estimada de 5 m<sup>3</sup>/h. Com condições litológicas diferenciadas, o sistema aquífero Barreiras, formado por sedimentos areno-argilosos é o que possui maior área de ocorrência sendo, porém, o que apresenta menor condutividade hidráulica, indicando uma vazão média de 2,5 m<sup>3</sup>/h e possui característica litológica regional de semi-confinamento. Quanto à qualidade da água, foram realizadas análises em 26 amostras colhidas dos dois sistemas aquíferos, cujos resultados físico-químico classifica as águas analisadas como cloretadas sódicas, com boas condições de potabilidade química. Já as 10 análises bacteriológicas realizadas indicaram a presença de bactérias do grupo coliforme fecal, o que compromete a qualidade da água para o consumo humano.

**Palavras-chave** - Hidrogeologia, Aquífero, Qualidade da Água, Aquiraz-Ceará.

### INTRODUÇÃO

A região litorânea do município de Aquiraz-Ce é uma área de boa atração turística, onde a paisagem natural formada por praias e dunas constitui um cenário natural muito

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará - Labomar – Av. da Abolição, 3207 –Meireles – CEP 60.165-081 Fortaleza-CE., Fone: (0xx85) 242.6422, FAX (0xx85) 242.8355, e-mail: josegs@labomar.ufc.br.

<sup>2</sup> CPRM – Residência de Fortaleza – Av. Santos Dumont, 7700 – Bairro Dunas – CEP 60.150-163 Fortaleza-CE., Fone (0xx85) 265.1288; FAX (0xx85) 265.2212, e-mail: jaimeq@secrel.com.br.

convidativo à ocupação urbana e conseqüentemente, às instalações de casas de praia, sítios e condomínios, fato que evidencia uma crescente demanda por abastecimento de água.

De acordo com as informações obtidas na região, a água subterrânea representa a principal alternativa de suprimento, fato que constitui interesse dessa pesquisa na investigação das condições hidrogeológica existentes na área, considerando-se, principalmente a identificação dos parâmetros aquíferos, os dados dos poços e qualidade da água. Geologicamente, é um setor representado por rochas sedimentares quaternárias e terciárias, identificadas, respectivamente, como depósitos flúvio-aluvionares, dunares e sedimentos da Formação Barreiras (Brandão, 1995). Através dessas rochas são caracterizadas as principais unidades hidrogeológicas da área, denominados de sistemas aquíferos Barreiras e dunas/paleodunas.

Os setores urbanos mais importantes compreendem a sede municipal (Aquiraz), as localidades de Porto das Dunas, Prainha e Iguape, além de alguns povoados situados em pontos mais afastados da faixa litorânea, mas que estão enquadrados no mesmo espaço influenciado pelo clima da costa.

Além da pesquisa científica sobre o potencial hidrogeológica da área, esses estudos visam, também, a geração de informações básicas que possam contribuir como subsídios, para instituições diversas, principalmente para a administração do município de Aquiraz. Nesse sentido, espera-se também, que os dados produzidos possam ser úteis no desenvolvimento de novas pesquisas, nessa região, ou em ares congêneres.

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

A área de estudo está inserida na RMF (Região Metropolitana de Fortaleza), município de Aquiraz-CE, situada no setor NE do estado, distando 29 km da cidade de Fortaleza, a partir do distrito de Messejana.

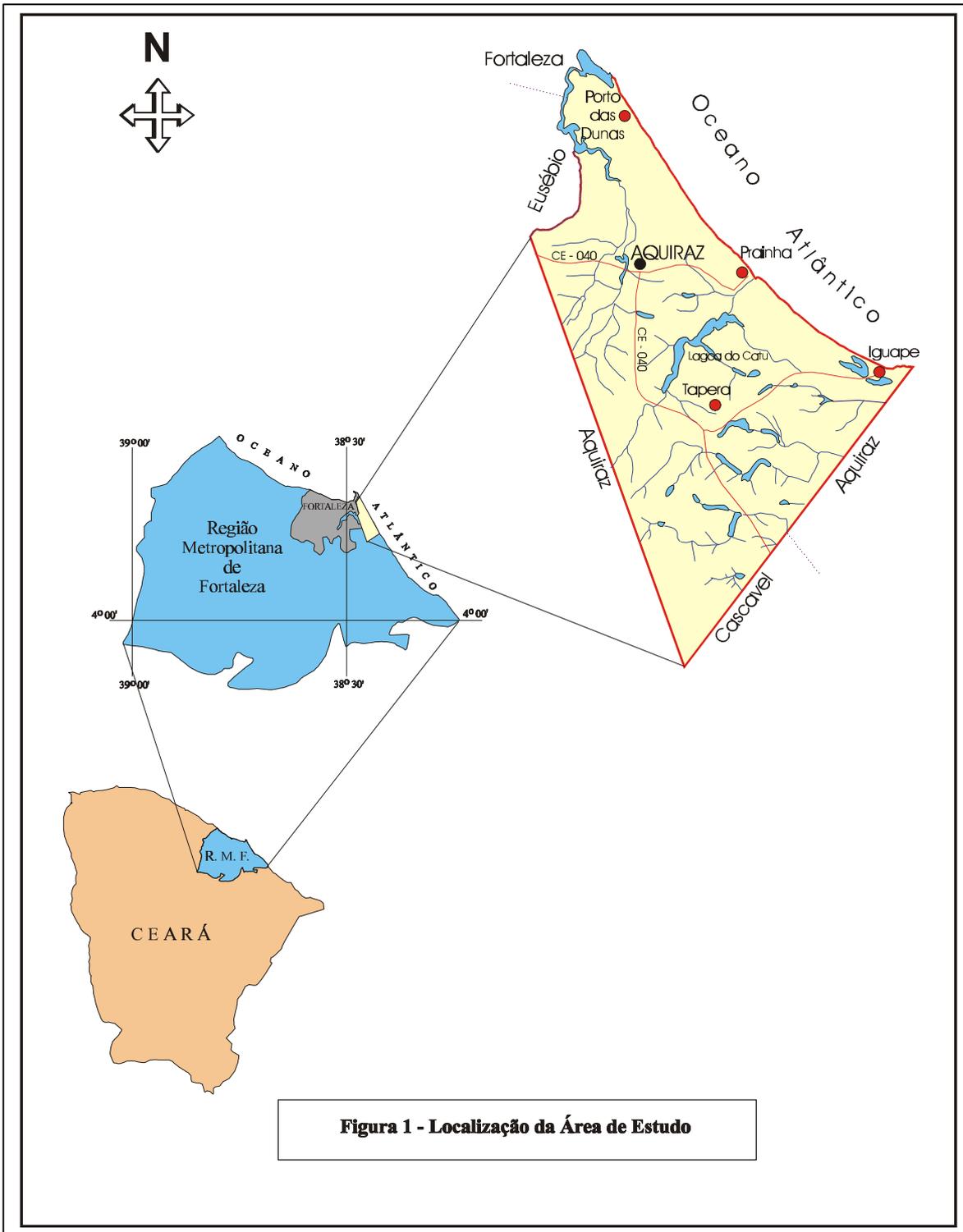
Está delimitada pelas coordenadas UTM de 9.554.150 a 9.577.750 de latitude Sul e 562.750 a 580.000 de longitude Oeste (**Figura 1**). Limita-se ao norte e nordeste com o oceano atlântico e ao sul e noroeste com os municípios de Pindoretama e Eusébio, respectivamente.

Possui 172 km<sup>2</sup>, compreendendo quase toda a faixa costeira da região de Aquiraz, atingindo no interior, os limites de influência continental que ocorrem ainda sobre os terrenos sedimentares da Formação Barreiras.

## ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Geomorfologicamente, a área desse trabalho está compartimentada por duas unidades morfológicas representadas por Planície Litorânea e Glacis Pré-Litorâneo. Segundo Souza (1995), essas unidades são constituídas por formas de acumulação da Planície Litorânea identificadas pelos depósitos eólicos e por formas dissecadas ou de degradação, representadas pelas rochas sedimentares da Formação Barreiras.

As condições e climáticas da água estão basicamente relacionadas à circulação atmosférica que ocorre no Nordeste e no estado do Ceará de acordo com Bezerra *et al.* (1995), essa circulação gira em torno dos sistemas meteorológicos compreendidos por: Zona de Convergência Intertropical, Frente Polar Atlântica, Massa Equatorial Continental e ventos Alísios de Sudeste. O regime pluviométrico é marcado pelas irregularidades das chuvas, cuja distribuição se dividem em dois períodos, um seco e outro chuvoso, apresentando valores de precipitação anual que variam entre 1.000 e 1.380 mm. Já os dados térmicos registram valores com médias anuais situadas entre 25 e 27 °C.



**Figura 1 - Localização da Área de Estudo**

Em termos de vegetação a região é constituída pelas seguintes condições: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, Mata Ciliar e Mangue. As espécies que compõem essas divisões são representadas por salsa (*Ipomoea pescaprae*), cipó de praia (*Reminea marítima*), pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanede*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), jurema (*Mimosa*), catingueira (*Caesalpinia*).

## **ASPECTOS GEOLÓGICOS**

A área pesquisada está geologicamente representada pelas rochas sedimentares da Formação Barreiras e pelos sedimentos litorâneos compreendidos pelas dunas, paleodunas e depósitos flúvio-aluvionares e praias recentes.

As rochas da Formação barreiras constituem as unidades geológicas mais abrangentes da área e repousa discordantemente sobre a superfície irregular do embasamento cristalino. São rochas de idade terciárias, representadas por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, com granulação variando de fina a média, contendo intercalações de níveis conglomeráticos e lateríticos. Segundo Braga *et al.* (1981), essas rochas lateríticas não têm cotas definidas e estão comumente associados aos níveis de percolação das águas subterrâneas.

Os sedimentos litorâneos representam depósitos quartenários, sendo, as paleodunas, as rochas mais antigas e rebaixadas com características edafizadas, repousam discordantemente sobre os sedimentos da formação barreiras e são em grande parte, cobertas pelas dunas móveis são distribuídas em toda faixa costeira elitologicamente composta por areias bem selecionadas de granulação fina a média, raramente siltosa, quartzosa e/ou feldspáticas.

As dunas móveis ou recentes são formadas por sedimentos inconsolidados removidos da face de praia e constitui depósito dunares distribuídos como um cordão contínuo paralelo a linha de costa, com largura média de 2 a 3 km. Ocorrem normalmente, capeando as gerações de dunas mais antigas. Em termos litológicos, são formadas por areias esbranquiçadas bem selecionadas, de granulação de média a fina, com grãos de quartzo fosco, arredondados, contendo muitas vezes concentrações de minerais pesados, principalmente, ilmenita. Inclui-se também neste contexto, as praias recentes, que são constituídas por sedimentos predominantemente arenosos, depositados ao longo da costa.

Concluindo a seqüência dos sedimentos litorâneos, os depósitos flúvio-aluvionares e de mangue representam os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarino recentes, formados basicamente por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem material orgânico.

## **HIDROGEOLOGIA**

A configuração hidrogeológica da área está representada através das unidades aquíferas constituídas por rochas sedimentares da Formação Barreiras, depósitos litorâneos dunas/paleodunas e sedimentos fluvio-afluvionares. Essa rocha forma aquífera porosa livres e a intercomunicação entre os povos possibilitam a circulação da água subterrânea, caracterizando portanto, os sistemas aquíferos Barreiras, dunas/paleodunas e aluvionar.

A identificação dos referidos sistemas aquíferos está fundamentada em várias informações que compreendem observação de campo, levantamento de ponto de água, além de outros dados referentes a trabalhos anteriores pertinentes a RMF, principalmente os que foram realizados nas adjacências da área de estudo.

O procedimento técnico sobre a pesquisa hidrogeológica segue as orientações gerais emitidas por Custódio & Llamas (1993), visando à identificação e o comportamento dos aquíferos.

De acordo com o cadastramento realizado, foram levantados 153 pontos de água na área, sendo que 77% compreendem poços tubulares (rasos e profundos), ficando o restante relacionado aos poços escavados e fontes. Nesse sentido, os sistemas aquíferos e os pontos de água se encontram configurados na figura 2.

Levando-se em consideração os dados acima abordados, serão descrito a seguir as informações e o comportamento dos sistemas aquíferos já identificados.



## SISTEMA AQUÍFERO BARREIRAS

O Sistema Aquífero Barreiras, corresponde à unidade hidrogeológica mais abrangente da área pesquisada, ocupando aproximadamente 75% do seu total. Segundo Bianchi *et al.* (1984), representa um aquífero livre, possuindo, porém características regional de semi-confinamento, devido a sua variação faciológica.

Apresenta uma espessura média de 40 metros, a qual é constituída por sedimentos areno-argilosos, que influem no comportamento hidrogeológico desse sistema, afetando, portanto a capacidade de circulação da água subterrânea e conseqüentemente, a condutividade hidráulica, cujo valor, calculado por esse autor é de  $1,8 \times 10^{-6}$  m/s. A captação é feita através de poços tubulares e escavados, sendo que os primeiros são classificados como rasos e profundos e apresentam vazão média de  $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  e máxima de  $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$ , ocorrendo casos de poços secos, com a vazão muito baixa de até  $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ .

A espessura saturada média para esse sistema é de aproximadamente 20 metros, a qual está associada à relação entre os dados médios do nível estático e da profundidade dos poços que apresentam valores de 9 e 39 metros, respectivamente.

Os dados da tabela 1 mostram a variação limite desses parâmetros, evidenciando, portanto a heterogeneidade do aquífero. A principal forma de recarga é precipitação pluviométrica, seguida por outras formas de alimentação representada por drenagens influentes, enquanto que as descargas correspondem às captações extraídas por poços diversos, evapotranspiração e contribuição às drenagens efluentes.

**Tabela 1** - Valores limites e médios sobre os principais dados de poços do sistema aquífero Barreiras.

PARÂMETROS	VALORES		
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
PROFUNDIDADE (m)	8,0	39	75
NÍVEL ESTÁTICO (m)	1,5	9	29
REBAIXAMENTO (m)	9,2	22,2	38,5
VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	0,4	2,5	7,2

## O SISTEMA DUNAS/PALEODUNAS

Estendendo-se por toda faixa costeira, os depósitos dunares representam o sistema aquífero dunas/paleodunas, ocorrendo em aproximadamente 30% da área de pesquisa atingindo mais de 3 km de largura, nos trechos mais amplos. É constituído por área

quartzosas e de acordo com as abordagens geológicas apresentadas, esse sistema é integrado pelas paleodunas que representa a geração de dunas mais antiga a qual se associa as dunas recentes (móveis) e o ambiente de praia (zona de berma) para formar um só sistema aquífero.

Segundo Bianchi (1984), as diferenças litológicas as dunas e as paleodunas não constituem razões suficientes para que se caracterize uma separação hidráulica entre essas duas unidades, o que leva a serem consideradas como um só sistema aquífero (dunas/paleodunas). Nos limites da área, o referido sistema possui altitudes que variam entre 5 a 40 metros, além da espessura média do depósito dunar que oscila, aproximadamente, entre 4 e 42 metros. É considerado o sistema aquífero mais importante da RMF e também da área pesquisada, com boas condições de permeabilidade, a qual apresenta valor de  $1,8 \times 10^{-4}$  m/s e espessura saturada variando entre 6 a 8 metros.

A precipitação pluvial constitui a principal fonte de recarga para o sistema. De acordo com Cavalcante (1998), esse sistema funciona também como aquífero de transferência em relação à alimentação das estruturas subterrâneas subjacentes, a exemplo do sistema aquífero Barreiras. As descargas são caracterizadas pela captação por poços tubulares, escavados, fluxo de água para o mar e para lagoas efluentes, além, das perdas de água através da intensa evapotranspiração.

Esse sistema aquífero representa o trecho da área pesquisada onde as feições morfológicas são caracterizadas por um desnível topográfico que configura as zonas de recarga e descarga, identificadas pelas dunas (setor mais elevado) e pela zona de berma (parte plana situada entre as dunas e a linha de praia), respectivamente. As diferenças hidrogeológicas entre essas duas zonas são manifestadas em função dos dados dos poços perfurados nesses setores, como mostra a tabela 2. Nesse sentido, acrescenta-se que as melhores vazões ocorrem na zona de descarga com valor médio de  $8 \text{ m}^3/\text{h}$ , enquanto que o setor de recarga apresenta uma vazão média de  $3 \text{ m}^3/\text{h}$ .

**Tabela 2** – Relação dos principais dados dos poços das zonas de recarga e descarga do sistema aquífero dunas/paleodunas.

Zonas Aquíferas	Nº do Poço	DADOS DOS POÇOS			
		Profund. (m)	Nível estático (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Rebaix. (m)
Recarga	99	70	29,0	2,08	10,0
	102	45	8,0	2,0	18,0
	142	54	28,0	2,0	4,0
	149	51	8,0	6,0	27,0
	137	72	23,0	3,0	13,0
	30	40	20,0	1,1	14,5
Descarga	145	6	2,0	3,0	-
	138	40	2,5	5,0	8,5
	141	40	2,0	8,0	8,0
	144	14	2,5	24,8	2,0
	94	10	4,0	3,0	2,0
	150	23	1,2	3,0	0,9

## SISTEMA ALUVIONAR

Nos limites da área pesquisada esse sistema aquífero está representado pelos sedimentos aluvionares depositados no baixo curso do rio Pacoti. Constituem sedimentos de granulometria muito fina, freqüentemente associados com material orgânico argiloso, devido à influência de mangue.

Através das observações de campo foi constatado que as poucas captações existentes resume-se a algumas cacimbas de 2 a 4 metros de profundidade, com espessura saturada média de 2 metros e nível estático quase aflorante.

Considerando os aspectos da elevada salinidade, a água subterrânea dessa faixa aluvionar, apresenta pouco interesse para o consumo humano, fato que justifica a falta de trabalhos hidrogeológicos específicos que possam determinar as condições hidrodinâmicas desse sistema. Portanto, até o presente é considerado inviável como potencial hidrogeológico, não sendo considerado, entretanto, como disponibilidade aquífera e também para efeito de capitação.

## QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água subterrânea está relacionada à composição química identificada nas análises realizadas em pontos representativos dos sistemas aquíferos da área e também as análises bacteriológicas que visam a identificação de organismos patogênicos que possam comprometer a saúde do homem. Nesse sentido foram

relacionadas para esse trabalho 26 amostras para análises físico-químicas, representando poços escavados, tubulares e fontes.

Os elementos identificados foram utilizados na classificação iônica que define a composição das águas subterrâneas em relação aos íons dominantes, os quais são classificados através do diagrama trilinear de Piper (**Figura 3**). Os dados químicos utilizados nesse diagrama mostram que as águas são consideradas como cloretada sódicas e que a relação iônica se apresenta da seguinte forma:  $Cl > HCO_3 > SO_4$  e  $Na > Mg > Ca$ , indicando que o sódio e o cloro possuem domínio sobre os outros íons nos dois sistemas aquíferos.

Em uma análise geral sobre os referidos sistemas, o dunas/paleodunas é o que apresenta teores mais significativos de cloreto de sódio, fato que deve está associado à proximidade desse aquífero com o mar. De outra forma, o íon ferro é o que assume maior destaque entre as águas do Barreiras, apresentando em alguns poços, concentrações acima de 0,3 mg/l, que é o valor limite de potabilidade determinado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). De acordo com as informações obtidas em campo, sobre os perfis litológicos e a coloração das águas desses poços, a referida anormalidade possui relação com a existência de níveis lateríticos detectados em pontos isolados desse sistema.

Afora o ferro, os demais elementos encontrados nas análises apresentam concentrações normais de potabilidade e para outras formas de uso da água. Considerações nesse sentido são feitas em relação aos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), cujos valores identificados não comprometem a qualidade da água para tais usos, já que 96% das amostras possuem uma média de 149 mg/l, com valores mínimos e máximos de 56 e 545 mg/l, respectivamente.



- 1 Bicarbonatada
- 2 Sulfatada
- 3 Cloretada
- 4 Mista
- 5 Cálcica
- 6 Magnesiana
- 7 Sódica
- 8 Bicarbonatada cálcica e/ou magnesiana
- 9 Sulfatada e/ou cloretada, cálcica e/ou magnesiana
- 10 Cloretada e/ou sulfatada sódica
- 11 Bicarbonatada sódica

Classificação

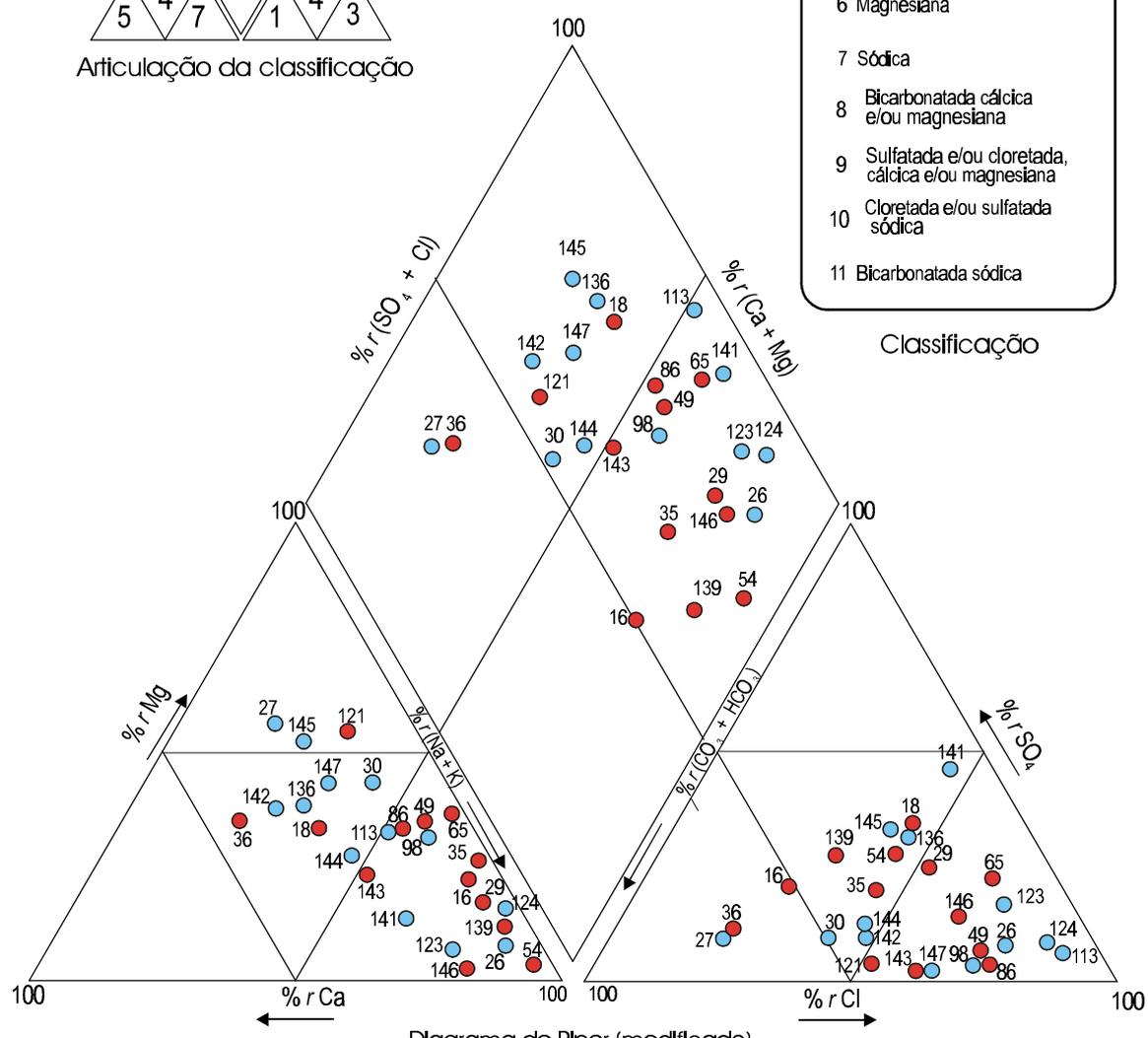


Diagrama de Piper (modificado)

Total de amostras - 26

- Barreiras - (13)
- Dunas/paleodunas - (13)

Desenho digital: Ubano Veríssimo

Figura 8 - Classificação Iônica das águas subterrâneas da área de estudo.

Além desses dados, as concentrações dos elementos maiores utilizados no diagrama de Schoeller & Berkalo classificam as águas como boas, enquanto que o uso para irrigação pelo diagrama do U. S. Salinity Laboratory indica águas com salinidade entre baixa e média, enquadradas nas classificações  $C_1 - S_1$  e  $C_2 - S_1$ , que podem ser utilizadas em solos para vários tipos de culturas.

A qualificação final ficou complementada, através das 10 análises bacteriológicas representativas dos dois sistemas aquíferos, cujos resultados revelaram as presenças de bactérias do grupo coliforme fecal, sendo 75% das amostras representadas pela *Escherichia coli*, organismo indicador de poluição da água por influência de fossas sépticas. A falta de saneamento básico é a principal causa dessa contaminação, e conseqüentemente, o comprometimento da qualidade da água subterrânea investigada.

## **CONCLUSÕES**

A área de estudo é geologicamente sedimentar e constituída por aquíferos porosos, os quais são caracterizados como sistemas, devido à circulação da água subterrânea que ocorre entre os poros dos aquíferos adjacentes.

Dos três sistemas aquíferos existentes na área, somente o dunas/paleodunas e o Barreiras apresentam viabilidade de exploração de suas águas para usos diversos, principalmente para abastecimento da população. Já o terceiro sistema, localizado na faixa aluvionar, por ter suas águas salinizadas, torna-se inviável o seu aproveitamento, justificando, portanto, a falta de captação.

Devido as boas condições de permeabilidade e de porosidade, o sistema aquífero dunas/paleodunas é considerado a unidade hidrogeológica mais importante da área, apresentando atualmente condições favoráveis de atendimento em relação a demanda exigida.

O sistema aquífero Barreiras apesar de suas variações litológicas que afeta a permeabilidade, é o sistema de maior ocorrência na área, ocasionando, portanto, condições mais amplas de abastecimento, mesmo possuindo vazões limitadas em muitos poços.

Quanto aos aspectos qualitativos, as águas dos dois sistemas aquíferos são classificadas como cloretadas sódicas, possuindo quimicamente boas condições de potabilidade, exceto em alguns pontos onde são detectadas as presenças anormais dos íons ferro e de cloreto. Por se tratar de uma área costeira, alguns poços localizados

próximo à desembocadura de rios ou canais, apresentam evidências de salinização devido à penetração da água salgada no continente pela ação das marés.

A contaminação bacteriológica é o fator de maior interferência na qualidade da água, principalmente em áreas urbanizadas. Das dez amostras destinadas a análise bacteriológica, 80% revelaram a presença de bactérias do grupo coliforme fecal, sendo 75% a *Escherichia coli*. A ausência de saneamento básico é principal causa dessa contaminação.

## **BIBLIOGRAFIA**

- BEZERRA, E. C., BEZERRA, J. E. G., MENDES, M. F. S. DE, **Precipitações Pluviométricas**. Fortaleza: Atlas do Ceará, 1995, p. 20-21.
- BRAGA, A. de P. G., PASSOS, C. A. B., SOUZA, E. M. de. **Projeto Fortaleza. Relatório Final**. Recife – Pernambuco. DNPM/CPRM, 1977. 339 p. V.1.
- BRANDÃO, R. de L., CAVALCANTE, I. N., SOUZA, M. J. N. **Diagnostico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), 1995. 88 p. (Projeto SINFOR).
- BIANCHI, L., MARQUES, J. C. de S. **Plano de Aproveitamento do Recursos Hídricos na RMF Fase I – Fatores Condicionantes**, Fortaleza – Ceará. AUMEF – SEPLAN/CE, 1984. 30 p.
- CAVALCANTE, I. N. **Fundamentos Hidrogeológicos para Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza Estado do Ceará**. São Paulo: USP, 1998. 142p. Dissertação (Tese de Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.
- CUSTÓDIO GIMENA, E. LLAMAS MADRUGA, M. R. **Hidrologia Subterrânea**. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1983. 2400 p. 2v.
- SOUZA, M. J. N. **Geomorfologia**. Fortaleza: Atlas do Ceará: 1995. p. 16-17.