

CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DO AQUIFERO BARREIRAS NA PORÇÃO SUDOESTE DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

Ediu Carlos Lopes Lemos¹
Itabaraci Nazareno Cavalcante²
José Antônio Beltrão Sabadia³
Maria da Conceição Rabelo Gomes⁴
Denise Maria Santos⁵

¹ Doutorando em Geociências / Centro de Tecnologia e Geociências / Universidade Federal de Pernambuco (Bolsista CAPES). E-mail: ediucarlos@yahoo.com.br.

^{2,3} Departamento de Geologia / Centro de Ciências / Universidade Federal do Ceará. E-mail: ita@fortalnet.com.br; ³: sabadia@ufc.br;

⁴ Mestre em Geologia / Centro de Ciências / Universidade Federal do Ceará (Bolsista FUNCAP). E-mail: conceicaorabelo@yahoo.com.br.

⁵ Mestre em Geologia / Centro de Ciências / Universidade Federal do Ceará. E-mail: deniseufc@yahoo.com.br.

RESUMO

O presente trabalho compreende uma síntese de estudos preliminares efetuados sobre as características hidroquímicas do aquífero Barreiras na porção sudoeste do município de Fortaleza. Adicionalmente, foi realizada uma avaliação da adequabilidade deste manancial com vistas ao consumo humano. Os resultados analíticos obtidos permitiram classificar a grande maioria das amostras como águas do tipo cloretada-sódica, evidenciando, dentre outros aspectos, a influência da proximidade da linha de costa. Em termos de adequabilidades, 90% das amostras avaliadas mostraram-se fora dos padrões de aceitação para o consumo humano em suas condições naturais, de acordo com os limites estabelecidos pela portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde. Alguns resultados apresentaram valores de NO_3^- acima de 150% do limite tolerável pela referida portaria, o que pode trazer vários agravos a saúde das pessoas que se utilizam destas águas no consumo humano. Do ponto de vista bacteriológico, somente 10%, ou seja, apenas a água do poço nº 26 não apresenta contaminação fecal, os outros 90% encontram-se contaminados por coliformes fecais. Quanto à utilização das águas do aquífero para fins de irrigação, as amostras analisadas no presente estudo revelam que, no âmbito da área de estudo, este manancial subterrâneo apresenta algumas restrições para determinadas culturas, haja vista, o risco de salinidade ser considerado de médio a alto.

Palavras-chave: Hidroquímica, Aquífero Barreiras, Sudoeste de Fortaleza.

ABSTRACT

This work includes a summary of preliminary studies conducted on the hydrochemical characteristics of the aquifer Barriers in southwestern county of Fortaleza. Additionally, we performed an assessment of the suitability of this source in order for human consumption. The analytical results obtained allowed us to classify the vast majority of water samples as the sodium chloride-type, showing, among other things, an influence of the proximity is the coastline. In terms of adequacy, 90% of the isolates were shown to be outside the standard of acceptance for human consumption in its natural condition, according to the limits established by Decree N° 518 of March 25, 2004 the Ministry of Health. Some results showed NO_3^- values above 150% of the tolerable limit by that ordinance, which can bring various health problems the health of people who use these waters for human consumption. From the standpoint of bacteriological, only 10%, only water from the well N° 26 does not have fecal contamination, the other 90% are contaminated by fecal coliforms. Regarding the use of aquifer water for irrigation purposes, the samples analyzed in this study show that, within the study area, ground water source that has some restrictions for certain crops, given the risk of salinity in the medium to be considered high.

Keywords: Hydrochemistry, Barriers Aquifer, Southwest of Fortaleza.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS DO TRABALHO

Estudos da composição das águas de mananciais subterrâneos são de fundamental importância, sobretudo em áreas com crescente adensamento populacional, onde se busca uma otimização do aproveitamento do mesmo em condições de uso doméstico. Dessa forma, O presente trabalho apresenta os resultados iniciais no que diz respeito às características hidroquímicas e adequabilidades das águas subterrâneas inseridas na porção sudoeste do município de Fortaleza.

A análise dos constituintes físico-químicos das águas do aquífero local permitiu classificar as mesmas segundo o padrão de aceitação para consumo humano, expresso pela Portaria do Ministério

da Saúde (MS) N° 518, de 25 de março de 2004. Adicionalmente, foi realizada uma classificação de tais águas para a irrigação, tendo em vista a ocorrência de áreas agricultáveis nas proximidades dos núcleos municipais locais, com base nos valores de condutividade elétrica e de SAR (razão de adsorção de sódio).

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo tem uma extensão de 6,4 km² e situa-se na porção sudoeste da cidade de Fortaleza, litoral leste do Estado do Ceará, entre as coordenadas UTM 9578822 a 9582692 Norte e 542339 a 545423 Leste, incluso na Folha SA-24-Z-C-IV (SUDENE) (Figura 1).

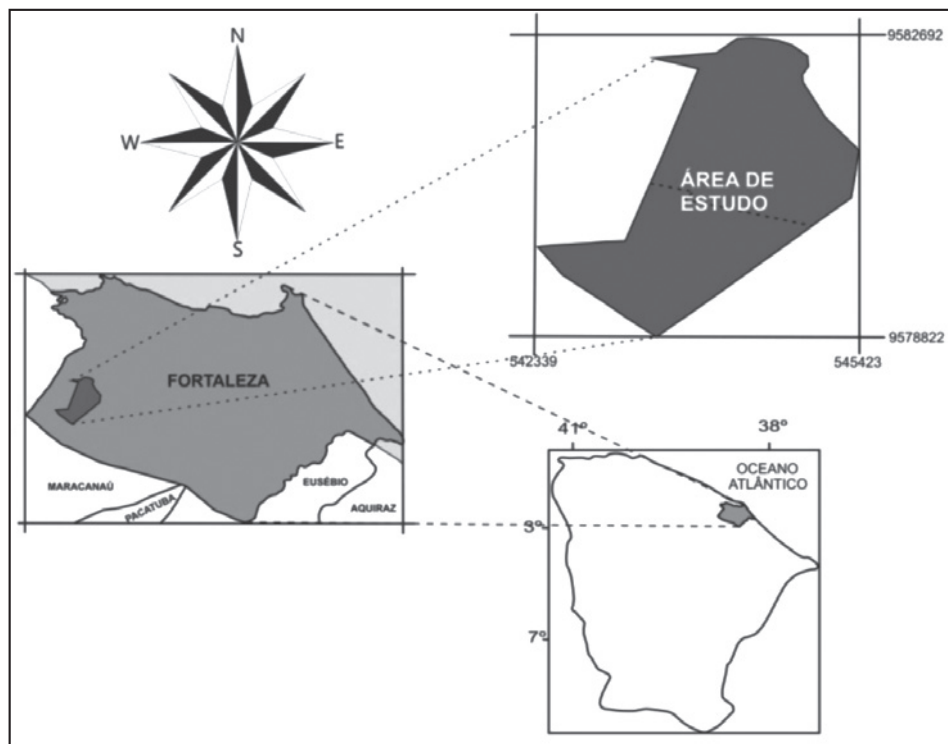


Figura 1 – Localização da área.

O CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

Geologicamente a área de estudo é caracterizada pela presença de rochas cristalinas Pré-Cambrianas sotopostas a coberturas sedimentares de idade cenozóica. Dentre estas unidades cenozóicas, destacam-se o Grupo Barreiras definido por Bigarella & Andrade, 1964 (de idade Terciária-Quaternária) e toda a sedimentação quaternária, composta por diversas gerações de dunas, coberturas arenosas bem como sedimentos praias e aluvionares (Brandão, 1995). Em termos fisiográficos, apresenta um relevo predominante plano com altitude média de 26m e é representado pelos seguintes domínios geomorfológicos denominados de Glacis Pré-litorâneos, Planícies Fluviais e Depressão Sertaneja (SINFOR, 1998). O clima é razoavelmente homogêneo, com temperatura média de 26°C e pluviometria média de 1.200 mm/ano. Os solos são predominantemente Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos. A cobertura vegetal é caracterizada por Vegetação de Tabuleiros, e com menor representação tem-se a presença da Mata Ciliar e Lacustre (SINFOR, 1998).

O contexto hidrogeológico alvo do presente estudo é representado pelo aquífero Barreiras. Este, de caráter local livre, é responsável pelo abastecimento da maioria das cidades da faixa litorânea do Estado. A Formação Barreiras apresenta-se, sob o ponto de vista litológico, bastante heterogêneo, envolvendo desde arenitos pouco argilosos a conglomeráticos, até argilas. Esta composição diversificada, somada às variações de espessuras saturadas (geralmente decorrentes do arcabouço tectono-estrutural da área), resulta em vazões predominantemente abaixo de 2 m³/h.

METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia geral de trabalho compreendeu inicialmente um cadastro de 77 poços dos quais, 75 são do tipo raso e

02 do tipo tubulares. Posteriormente, foi realizada a coleta de 10 amostras de águas subterrâneas do sistema aquífero Barreiras, especialmente bem distribuídos e inseridos na porção sudoeste do município de Fortaleza (Figura 2). Tais amostras foram coletadas em cacimbas utilizando-se de uma vasilha plástica e esterilizadas, com vistas à obtenção de dados representativos do manancial subterrâneo, em que se minimiza a coleta de águas estagnadas e/ou contaminadas no interior da captação.

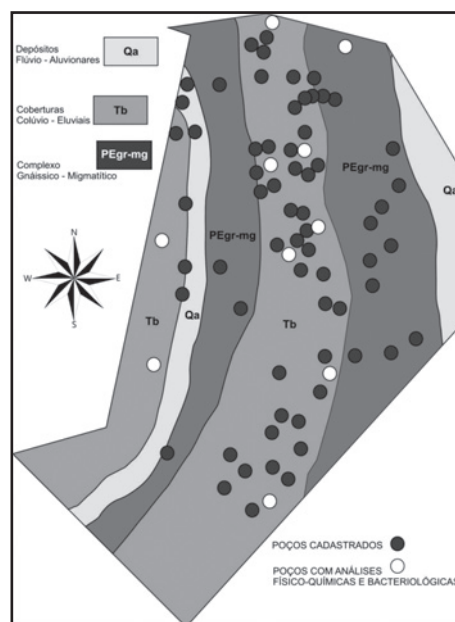


Figura 2 – Localização dos poços cadastrados na área de estudo.

O processo de amostragem apresentou como objetivo principal a determinação em laboratório dos seguintes parâmetros físico-químicos: Na⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻, NO₃⁻, Ca²⁺, CO₃²⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, alcalinidade total, Ferro total, além de pH, SiO₂, CaCO₃, condutividade elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD), todos expressos na unidade mg/L.

As amostras de águas subterrâneas foram coletadas em uma única etapa, realizada

durante o mês de novembro/2005. O procedimento básico adotado nesta campanha de amostragem consistiu na tomada de um volume de cerca de 2,0L de água em recipiente plástico de polietileno, lavado e esterilizado, sendo em seguida fechado, de modo a não acumular o ar atmosférico no seu interior. Tais recipientes foram lavados em campo com as próprias águas a serem coletadas por duas ou três vezes antes da coleta final.

A metodologia utilizada para a análise dos parâmetros citados foi baseada nos métodos padrões para a análise de águas propostos pela *American Public Health Association* (APHA), *American Water Works Association-AWWA* e *Water Environment Federation-WEF* (1998). Após a obtenção dos resultados analíticos para os parâmetros físico-químicos, os mesmos foram submetidos a testes de consistência, através do cálculo da diferença do balanço iônico-DBI, onde adotou-se um erro máximo permissível de 10% (Feitosa & Manoel Filho, 1997). Posteriormente os dados foram tratados através da construção de tabelas comparativas, utilizando-se o *software Excel for Windows*, além da elaboração de diagramas hidrogeoquímicos.

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela presença de íons oriundos da dissolução mineralógica das rochas que constituem os aquíferos por elas percolados. Mas, ela pode vir a sofrer a influência de outros fatores, tais como a composição da água de recarga, o tempo de contato água/meio físico, o clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas.

Os resultados das análises físico-químicas encontram-se sintetizados na Tabela 1. A classificação e comparação de grupos distintos de águas, quanto aos íons dominantes, constitui-se num passo inicial para o entendimento do quimismo das mesmas, o qual determinará os principais usos a que tais águas podem ser destinadas. Para tanto, são utilizados diversos gráficos e diagramas, os quais permitem o manejo e o estudo de diferentes análises químicas simultaneamente.

Tabela 1 – Síntese dos resultados das análises físico-químicas.

ELEMENTOS	IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS										
	VMP	P 02	P 03	P 20	P 26	P 38	P 43	P 51	P 60	P 60	P 77
	mg/L (25°C)										
Na ⁺	200	105.1	68	81	170	62.7	118.4	132.6	92.7	230.4	400
Ca ⁺	—	35.2	32	27.2	27.2	17.6	46.4	33.6	16.0	48	37
Mg ⁺	—	50.9	14.4	19.2	7.7	15.4	29.8	25	16.3	42.2	27.84
K ⁺	10	21.6	11.0	13.7	11.1	9.3	23.9	6.4	20.8	8.1	9.3
Cl ⁻	250	131.6	104	127.5	226	109	172.7	143.9	129.5	285.8	456.5
HCO ₃ ⁻	—	325.3	99	135.5	94	51.8	197	276	74	416.5	532.3
CO ₃ ⁻	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
SO ₄ ²⁻	250	42.2	21	19.2	9.50	38.1	43.4	25	35.1	46.3	22.4
STD	1000	732.3	367.4	432.4	609	315.4	659.3	675.5	394	1108.5	1508.3
N-NO ₂ ⁻	1.0	ND	ND	ND	ND	ND	0.19	0.48	0.04	0.31	0.1
N-NO ₃ ⁻	10	2.8	20.1	0.80	10.7	2.8	25	3.2	13.4	4.5	3.2
N-NH _{3,4}	1.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	1.68	0.12	1.19	1.08	0.6
Dureza	500	300	140	148	100	108	240	188	108	296	208
Alcalinidade Total	—	266.6	81	111.1	77	42.4	162	226.2	61	341.4	436.3
Ferro Total	0.03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.7	0.3
pH	6 - 9.5	8.13	6.21	6.72	5.91	5.97	6.44	7.16	6.13	7.18	7.96
C.E (µS/cm a 25°C)	—	917	623	571	768	501	967	858	659	1472	2050

O Diagrama de Piper é um componente do QualiGraf, programa desenvolvido por Möbus (2003), frequentemente utilizado para classificação e comparação de distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes. Diante do exposto, visando classificar as águas subterrâneas do aquífero Barreiras na área de estudo os resultados foram plotados em um diagrama de Piper, onde observa-se a seguinte relação entre cátions e ânions $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ e $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$, mostrando a predominância dos íons HCO_3^- e Na^+ sobre os demais elementos.

Os valores destes íons foram plotados inicialmente em dois triângulos, de cátions e ânions, sendo posteriormente projetados para um losango, possibilitando a classificação e individualização de eventuais distintos grupos de águas.

A adoção dessa metodologia permitiu classificar 90% das águas analisadas como sendo predominantemente cloretadas sódicas e, 10% bicarbonatadas mistas (Figura 3). A maioria das amostras evidenciou uma homogeneidade quanto à constituição dos cátions e ânions principais. Dentre os aspectos mais marcantes, destaca-se a configuração de uma tendência a enriquecimento dos íons “ Na^+ ” e Cl^- ”, possivelmente associado à proximidade da linha de costa. Neste aspecto, vale ressaltar que a característica cloretada-sódica das amostras está diretamente relacionada com o *spray* salino e a provável presença desses elementos na precipitação pluviométrica local, somado ao fato do Aquífero Barreiras possuir caráter local predominantemente livre (favorecendo a infiltração de tais elementos).

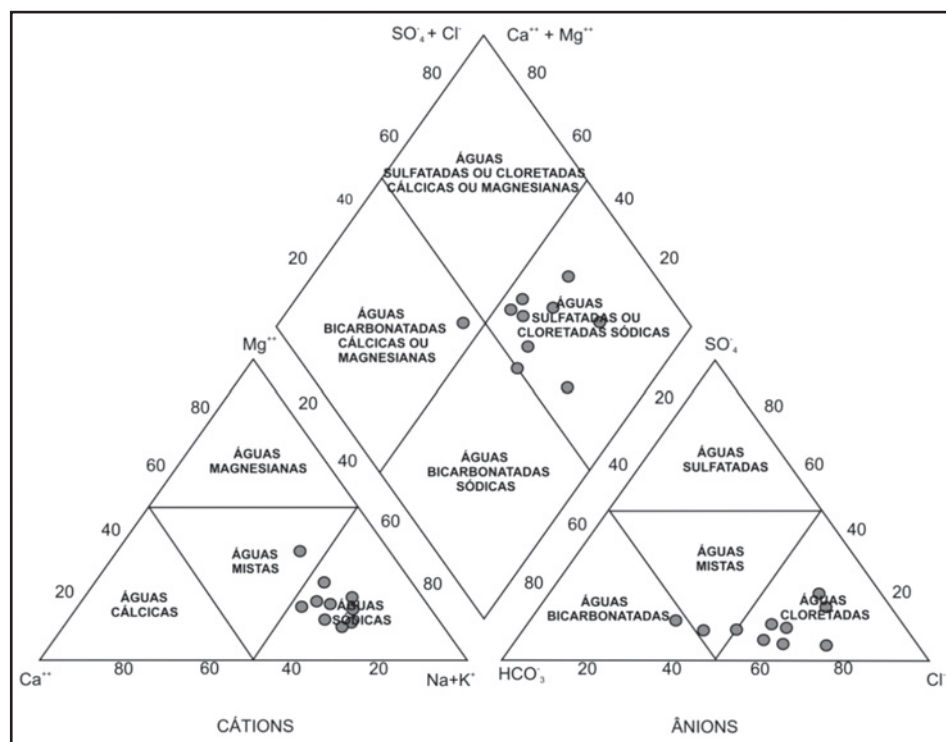


Figura 3 – Diagrama de Piper para as amostras das águas subterrâneas.

USOS E ADEQUAÇÕES DAS ÁGUAS

A composição físico-química permitiu a classificação e a separação de diferentes tipos de águas para usos específicos. No presente trabalho, foi efetuada uma verificação das características físico-químicas das amostras de águas subterrâneas, com ênfase à análise das mesmas para o consumo humano e para a irrigação.

CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS QUANTO AO CONSUMO HUMANO

Para efetuar esta classificação, tomou-se como base a tabela 1 apresentada no tópico 5, a qual compreende os resultados obtidos para os diferentes parâmetros físico-químicos, além do valor máximo permitido (VMP) para consumo humano, de cada parâmetro, segundo a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde (Tabela 2). Dessa forma, foi possível efetuar uma comparação entre os diferentes parâmetros analisados e os valores máximos permitidos pela referida portaria, permitindo a classificação das águas subterrâneas como propícias ou não para o consumo humano.

Tabela 2 - Padrões de potabilidade nacional e internacional das águas para consumo humano.
Fontes: SANTOS (2000, *apud* CPRM, 2000) / Portaria nº 518, de 25/03/2004 do Ministério da Saúde.

	Parâmetro	Unidade	Fonte de Referência	
			1	2
I	Cor	Pt/L	15	5 ^(*)
	Odor	—	Inofensivo	N.O
	Sabor	—	Inofensivo	N.O
	Turbidez	UNT	5	5
	Temperatura	°C	—	—
	pH	—	6,5 — 8,5	6,5 — 8,5
	II	Arsênio	mg/L	0,05
Bário		—		0,7
Cádmio		0,005		0,005
Chumbo		0,05		0,01
Cianetos		0,01		0,07
Cromo		0,05		0,05
Fluoretos		1,5		1,5
Mercúrio		0,001		0,001
Nitratos		10		10
Nitritos		—		1,0
Prata		—		0,05
Selênio		0,01		0,01
III		Alumínio		mg/L
	Surfactante	—	0,5	
	Cloretos	250	250	
	Cobre	1,0	2,0	
	Dureza Total	500	500	
	Ferro Total	0,3	0,3	
	Manganês	0,1	0,1	
	Sódio	200	200	
	STD	1000	1000	
	ST	—	—	
	Sulfatos	400	250	
	Sulfeto de H	N.D	0,05	
	Zinco	5,0	5,0	
	IV	Coliformes Fecais	Nº/100 mL	
Coliformes Totais		0		0
Notas:				
I - Parâmetros físicos e organolépticos			*1 - Cor aparente	
II - parâmetros químicos inorgânicos			*2 - Taxa de diluição	
III - Parâmetros químicos que afetam a qualidade organoléptica			*4 - Valor experimental	
IV - Parâmetros microbiológicos				
1 - Organização Mundial da Saúde (OMS) - recomendado			UNT - Unidade Nefemétrica de Turbidez	
2- Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004			N.O - Não Objetável	

Entretanto, para uma melhor compreensão quanto à potabilidade os dados foram plotados no diagrama de Schöller & Berkalooff (Figura 4). Neste aspecto, o padrão de qualidade ambiental das

águas objetiva, em última análise, a proteção da saúde pública e o controle de substâncias potencialmente prejudiciais à saúde da população (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

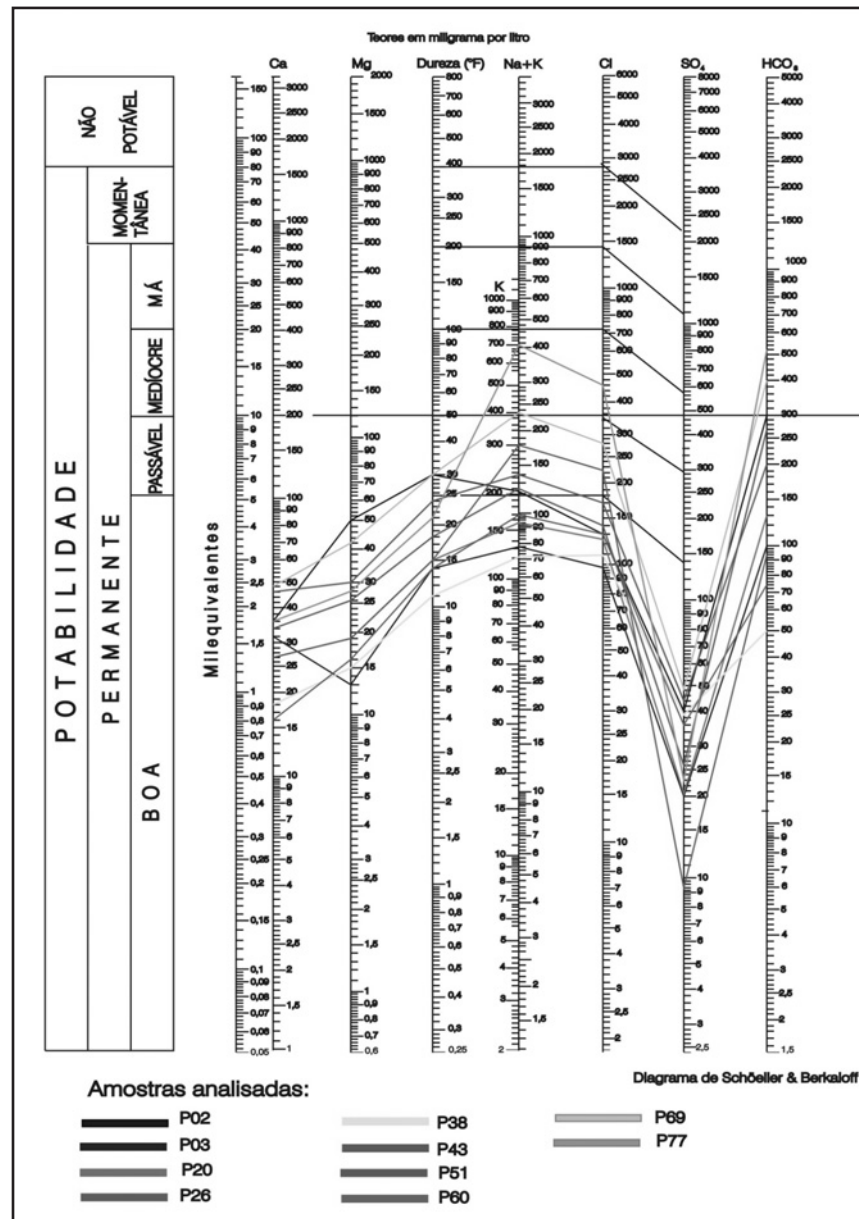


Figura 4 – Potabilidade das águas subterrâneas da área de estudo

De acordo com o diagrama de potabilidade a maioria das amostras avaliadas mostra-se dentro do padrão de aceitação para o consumo humano em suas condições naturais, variando de boa a passável, em função dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, Cl^- , SO_4^{2-} , $(\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-)$, expressos em mg/L, e ainda, dureza expressa em °F. Contudo, os valores de Cl^- obtidos para as águas dos poços 69 e 70, são citados no presente estudo como fora da faixa recomendada para o sistema de distribuição pelo Ministério da Saúde. As amostras relacionadas aos poços 03, 26, 43 e 60 mostraram-se igualmente fora dos padrões para consumo humano, para o N-NO_3^- .

A área de estudo, possui um total de 16.675 residências, dentre as quais, apenas 5.256, ou seja, 31,5% dos imóveis possuem saneamento básico, significando dizer que 68,5% das residências utilizam-se de fossas sépticas para destino final dos esgotos domésticos, que irão servir de fontes de contaminação das águas subterrâneas dos aquíferos livres. Vale ressaltar que as águas dos poços analisados são utilizadas pela população para todos os fins, inclusive no consumo humano, isto segundo informações obtidas junto aos proprietários durante o cadastramento dos poços.

Para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente, a qualidade bacteriológica de uma água é feita através da análise de bactérias do grupo coliformes, sobretudo os coliformes fecais e os *streptococos fecais*. Os coliformes fecais não são patogênicos, mas sua presença indica a existência de fezes que possuem bactérias patogênicas. Os coliformes totais são utilizados como indicadores das condições de higiene, e suas determinações de concentração assumem

importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera.

A análise bacteriológica da água, seja ela subterrânea ou superficial, é fundamental para detectar possível poluição destas por efluentes de esgotos. A maioria das bactérias patogênicas encontradas na água é nativa do aparelho intestinal de animais e do homem, mas é difícil isolá-las das águas naturais em laboratório. Uma vez que as bactérias do grupo coliformes são relativamente fáceis de isolar e identificar, tomam-se ensaios padrões de determinação da sua presença ou ausência, em uma amostra de água, como uma indicação direta da segurança para potabilidade.

No geral, os resultados das análises bacteriológicas são expressos pelo Número Mais Provável – NMP de organismos do grupo coliforme em um dado volume de água. Entretanto, este é um valor estimado obtido através de métodos estatísticos indiretos, hoje amplamente difundidos nos laboratórios.

Análises bacteriológicas das águas dos 10 poços mostram que 90% destas encontram-se poluídas por coliformes Totais e Fecais (Tabela 3), excluindo-se exatamente o poço tubular profundo, isolado em seu nível estático superior e captando águas mais profundas e, portanto, isentas de organismos. O maior problema é que não se sabe a velocidade em que ocorre a migração das bactérias patogênicas e dos vírus, muito menos as distâncias atingidas, como reflexo da vida útil desses contaminantes nas águas subterrâneas e do contexto hidrogeológico.

Tabela 3 – Análises bacteriológicas das águas

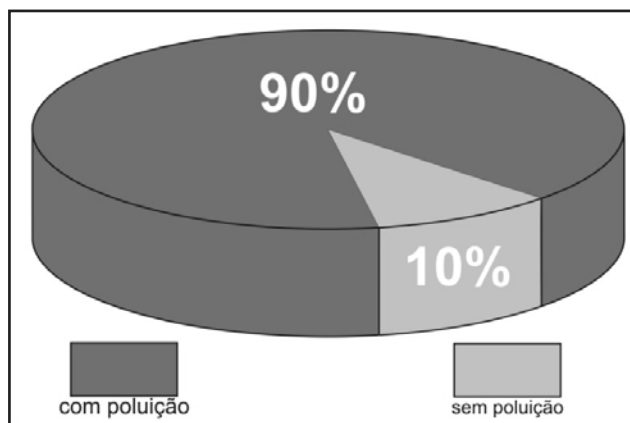
Amostras	Coliformes Totais (Col/ml/37°C)	Coliformes Fecais (Col/ml/45°C)
P 02	240 x 10 ²	240 x 10 ³
P 03	46 x 10 ²	46 x 10 ³
P 20	2,3 x 10 ²	2,3 x 10 ³
P 26	AUSENTE	AUSENTE
P 38	110 x 10 ²	110 x 10 ³
P 43	9,3 x 10 ²	9,3 x 10 ³
P 51	46 x 10 ²	46 x 10 ³
P 60	2,3 x 10 ²	2,3 x 10 ³
P 69	240 x 10 ²	240 x 10 ³
P 77	110 x 10 ²	110 x 10 ³

Dos resultados obtidos observa-se que somente 10%, ou seja, apenas a água do poço nº 26 é potável do ponto de vista bacteriológico; os outros 90% encontram-se fora dos padrões de potabilidade (Figura 5). O poço nº 26 é do tipo tubular profundo e foi construído obedecendo às normas da ABNT enquanto que, os demais poços são do tipo raso (cacimba) e que geralmente, são construídos sem nenhum critério técnico.

O Ministério da Saúde em sua portaria nº518 estabelece que águas utilizadas

no consumo humano, ao serem analisadas bacteriologicamente, devem apresentar ausência para o grupo dos coliformes. Na área de estudo, 90% das águas analisadas encontram-se contaminadas por coliformes, apresentando valores que variam de 2.300 Col/ml a 240.000Col/ml, significando que a ingestão destas águas pela população, pode ser responsável pela transmissão de diversas doenças de veiculação hídrica tais como; febre tifóide e paratifóide, giardíase, hepatite, cólera e diarreias agudas.

Figura 5 – Análise bacteriológica das águas subterrâneas da área



CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PARA IRRIGAÇÃO

Dentre as diversas técnicas de classificação das águas destinadas ao uso na agricultura, uma das mais aceitas internacionalmente corresponde àquela utilizada pelo Laboratório Norte-americano de Salinidade (*United States Salinity Laboratory-USSL, in* Feitosa & Manoel Filho, 1997). Esta técnica é baseada na condutividade elétrica (C.E) e na razão de adsorção de sódio (SAR), as quais

são plotadas em um diagrama contendo as diferentes categorias de águas para irrigação. Estes valores denotam, em última análise, a susceptibilidade do solo à salinização, possibilitando a Agronomia identificar os tipos de cultura mais ou menos compatíveis com estas características físico-químicas.

Para obter a classificação das amostras coletadas quanto à irrigação, foram inicialmente calculados os respectivos valores da SAR (Tabela 4), através da seguinte equação 1 (Figura 6).

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}}$$

Figura 6 - EQUAÇÃO 1

Os valores dos íons sódio, cálcio e magnésio são utilizados na equação acima em unidades de meq/L. Posteriormente, utilizando-se os valores de condutividade elétrica (C.E) e da SAR,

foi plotado um ponto no diagrama acima citado, correspondente a cada amostra, permitindo a obtenção do tipo de classe e os principais usos na irrigação de culturas.

Tabela 4 – Classificação das águas do aquífero Barreiras para fins de irrigação, com base no cálculo da razão de adsorção do sódio (SAR) e condutividade elétrica (C).

Amostra	Na	Ca	Mg	C.E	SAR	Classe
P 02	4.572	1.756	4.186	917	2.652	C ₃ - S ₁
P 03	2.958	1.597	1.184	623	2.508	C ₂ - S ₁
P 20	3.524	1.357	1.579	571	2.908	C ₂ - S ₁
P 26	7.395	1.357	0.633	768	7.413	C ₃ - S ₂
P 38	2.727	0.878	1.266	501	2.634	C ₂ - S ₁
P 43	5.15	2.315	2.451	967	3.336	C ₃ - S ₁
P 51	5.768	1.677	2.056	858	4.222	C ₃ - S ₁
P 60	4.032	0.798	1.341	659	3.899	C ₂ - S ₁
P 69	10.022	2.395	3.471	1472	5.852	C ₃ - S ₂
P 77	17.4	1.846	2.29	2050	12.1	C ₃ - S ₃

Considerando um universo de 10 amostras analisadas, todas apresentaram valores de “C.E” superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o qual corresponde a um risco médio a alto para salinidade, de acordo com o diagrama (Figura 7). Com relação ao risco de sódio, estas mesmas 10 amostras foram classificadas como do tipo “S1” (fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de

troca). Apenas três amostras (poços de número referencial 26,69 e 77), apresentaram risco médio e forte para sódio no referido diagrama. Todavia, as características locais dos solos, neste caso predominantemente siltico-arenosos a areno-argilosos com uma lixiviação relativamente moderada, permite o cultivo de vegetais com baixa tolerância salina (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

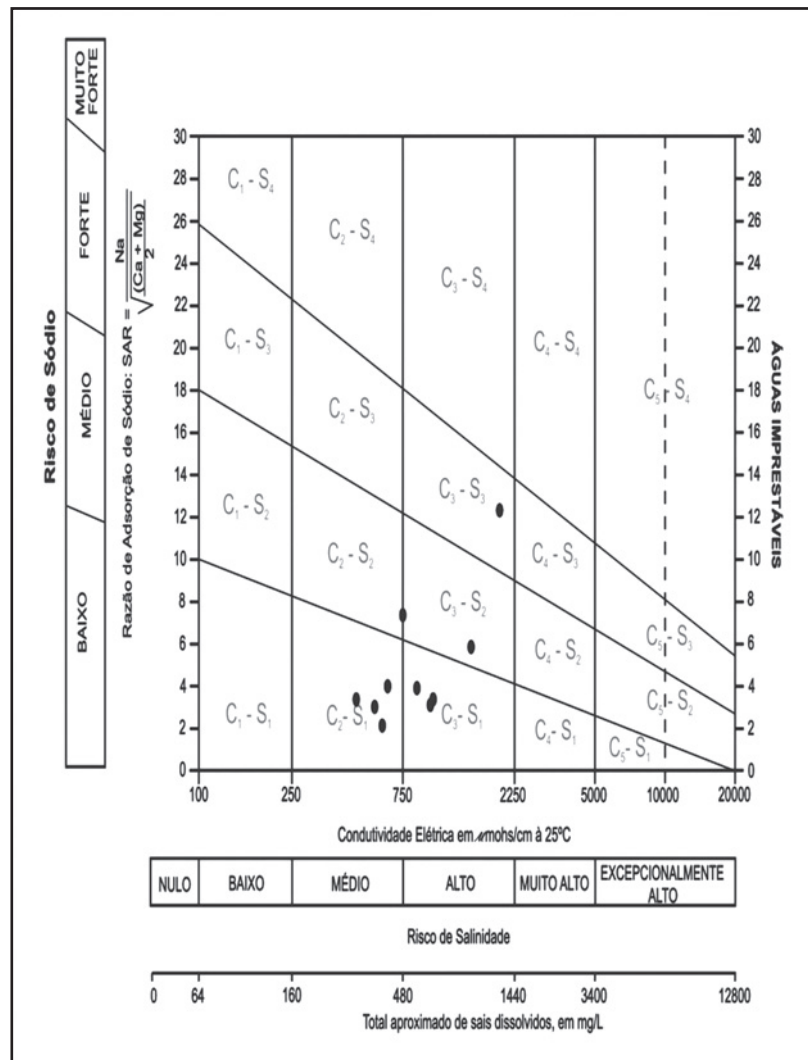


Figura 7 – Diagrama de classificação das águas do aquífero Barreiras na área de estudo, para fins de irrigação.

CONCLUSÕES

Em linhas gerais, as águas do aquífero Barreiras na porção sudoeste do município de Fortaleza foram classificadas como sendo do tipo cloretada-sódica. Quanto ao consumo humano, as águas foram avaliadas como potáveis apesar, de apresentarem valores de Cl⁻ acima dos limites estabelecidos pela portaria nº 518 do Ministério da Saúde para as águas dos poços 69 e 70. As amostras relacionadas aos poços 03, 26, 43 e 60 mostraram-se igualmente fora dos padrões para consumo humano, para o N-NO₃⁻. O resultado da avaliação bacteriológica das águas subterrâneas na área demonstra que somente 10%, ou seja, apenas a água do poço nº 26 que foi construído dentro dos padrões exigidos pelas normas da ABNT não apresenta contaminação fecal, enquanto que os outros 90% dos poços, por serem do tipo raso (cacimba), ou seja, foram construídos sem qualquer critério técnico encontram-se contaminados por bactérias do grupo dos coliformes.

Sob o ponto de vista de utilização das águas do aquífero para fins de irrigação, as amostras analisadas no presente estudo revelam que, no âmbito da área de estudo, este manancial subterrâneo apresenta algumas restrições para determinadas culturas, haja vista, o risco de salinidade ser considerado de médio a alto.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA) & WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA., 1v.
- Bigarella, J. J.; Andrade, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Arquivos do Instituto Ciências da Terra, v. 2, p. 1-14, 1964.
- Piper, A.M. – 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Trans. Amer. Geophysical Union*, vol. **25**: 914-928.
- PROJETO SINFOR – 1998 – SEMACE/SRH. Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Série Ornamental Territorial. Vol 1, 109p.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – 1958. International standards for drinking water. In: LOGAN, J. – 1965 – The interpretation of chemical analyses of water. U.S. Agency for International Development. Recife – PE, 88p.
- Feitosa, F.A.C. & Manoel Filho – 1997. *Hidrogeologia - conceitos e aplicações*. Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID-UFPE. 2ª ed. 391 p.
- Brandão, R. de L.; Cavalcante, I.N.; Sousa, M.N. – 1995. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Projeto SINFOR. Informações Básicas para Gestão territorial. CPRM.Fortaleza-CE. 88p.
- CONAMA. 1986. Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA nº 20, 18 de junho de 1986. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília-DF. 18p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE – 2004. Portaria 518/GM de 25/03/2004. Dispõe sobre padrões de potabilidade das águas para consumo humano. Diário Oficial da União, Brasília, 26 de Março de 2004. Seção I, Página 266/270. www.saude.gov.br, acessado em Novembro, 2005.