

ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MORRO SANTA TEREZINHA, FORTALEZA/CE

Franklin de Andrade Carneiro¹, Sônia Maria Silva Vasconcelos²,

Carla Maria Salgado Vidal Silva³ & Maria Marlúcia Freitas Santiago³

RESUMO

A qualidade da água subterrânea no Morro Santa Terezinha, Fortaleza/Ce, foi estudada através da análise físico-química e bacteriológica de 15 poços localizados nos bairros Vicente Pinzon e Cais do Porto. Na área a água subterrânea está armazenada em sistema aquífero sedimentar, formado pelas unidades do aquífero Barreiras e Dunas/Paleodunas, com elevados índices de porosidade e permeabilidade. As águas são do tipo cloretada-sódica com boa correlação de sódio com cloreto indicando que a proximidade da costa contribui para a presença de aerossóis marinhos. Os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade elétrica, turbidez, cor, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, CO₃⁻ e HCO₃⁻) estão dentro dos limites para as águas potáveis segundo o Ministério da Saúde, mas os parâmetros nitrogenados apresentam valores acima dos permitidos para águas potáveis. Dos 15 poços, um apresentou valor elevado de amônia, 7 valores elevados para nitrito e os 15 poços apresentaram contaminação por nitrato. Em 10 poços foi detectada a presença de coliformes. O índice de carga potencial poluidora nos bairros é elevada, tendo o bairro Vicente Pinzon o dobro da carga do Cais do Porto.

ABSTRACT

The quality of groundwater in Morro Santa Terezinha Fortaleza / Ce was studied by examining physical-chemical and bacteriological of 15 wells located in the neighborhoods Vincent Pinzon and Cais do Porto. In this área, groundwater is stored in an sedimentar aquifer system composed of Barreiras formation and Dunes / Paleodunes, both of elevated permeability and porosity. The chemical type of the waters is Cl/Na⁺, with these ions being highly correlated, indicating the presence of marine aerosol due to the proximity of the sea. The parameters physical-chemical (pH, electric conductivity, turbidity, color, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, CO₃⁻ and HCO₃⁻) are within the limits for drinking water under the Ministry of Health, but the parameters nitrogen apresetam values above the permitted for drinking water. Of the 15 wells, had a high ammonia, 7 high values for nitrite and 15 wells showed contamination by nitrate. On 10 wells was detected the presence of coliform. The index of potential pollution load in the neighborhoods is high, taking the neighborhood Vincent Pinzon twice the load of Cais do Porto.

Palavras-chave

Águas Subterrâneas, Qualidade, Morro Santa Terezinha.

¹ Especialista em Ensino da Geografia/UECE e mestrando do curso de Geologia/UFC. Rua Maranguape 422. Parque Santo Amaro. Fortaleza/CE. (85) 3497-0306; e-mail: frngeo@yahoo.com.br

² Profa. Dra. Adjunta do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, s/n, Pici. Fortaleza/CE. (85) 3366-9875; e-mail: smaria@ufc.br

³ Profa. Dra. Departamento de Física. Cx. Postal 6030. Fortaleza/CE. (85) 3366-9913 e-mail: Carla@fisica.ufc.br; marlucia@fisica.ufc.br

1. INTRODUÇÃO

O Morro Santa Terezinha, situado na zona leste costeira de Fortaleza, integra os bairros Vicente Pinzon e, parcialmente, o bairro Cais do Porto (Grande Mucuripe); é uma ocupação antiga de pescadores e trabalhadores do porto foram, depois dos indígenas, seus primeiros moradores. São bairros populosos, com problemas urbanos relacionados à ocupação desordenada do meio físico, falta de oferta de água tratada, deficiente sistema de esgotamento sanitário e infra-estrutura social.

As águas subterrâneas armazenadas nas dunas do Morro Santa Terezinha vem sendo exploradas através de poços tubulares, cacimbas e chafarizes, onde não existe oferta d'água tratada para abastecimento de residências, escolas, condomínios, lava-jatos, clubes esportivos, indústrias, etc. Estas águas são consumidas pela população de baixa renda pela economia que essa fonte alternativa proporciona, eximindo o usuário do pagamento da conta de água. Além disso, representam fonte adicional de suprimento de água em áreas o abastecimento não é regular.

Os armazenamentos de água subterrânea em dunas apresentam alta vulnerabilidade pelas condições de aquífero livre e de sistema altamente friável. Estas condições tornam estas águas freqüentemente não apropriadas para o consumo humano. O uso e a ocupação desordenada da área de estudo podem alterar significativamente o regime e a qualidade dos ecossistemas subterrâneos, através da contaminação do solo por efluentes domésticos e industriais (coliformes e diversos componentes químicos).

Portanto, é importante a realização de um diagnóstico das condições físico-químicas e sanitárias do aquífero, a partir da análise da água de poços localizados nas proximidades de pontos de poluição, a fim de diagnosticar os parâmetros e teores que possam afetar a saúde da população que a consome.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está localizada na costa leste de domínios territoriais do município de Fortaleza e abrange uma extensão de aproximadamente 3,14 km², compreendendo o bairro Vicente Pinzon e algumas porções do bairro Cais do Porto (Figura 1). Está delimitada ao norte e a leste com o Oceano Atlântico, ao sul com os bairros do Papicú e Praia do Futuro, e à oeste pelo riacho Maceiozinho (Mucuripe) aproximadamente no limite das paleodunas, entre as coordenadas (UTM) 557.750 m E e 9.587.350 m N 559.650 m E e 9.589.000 m N.

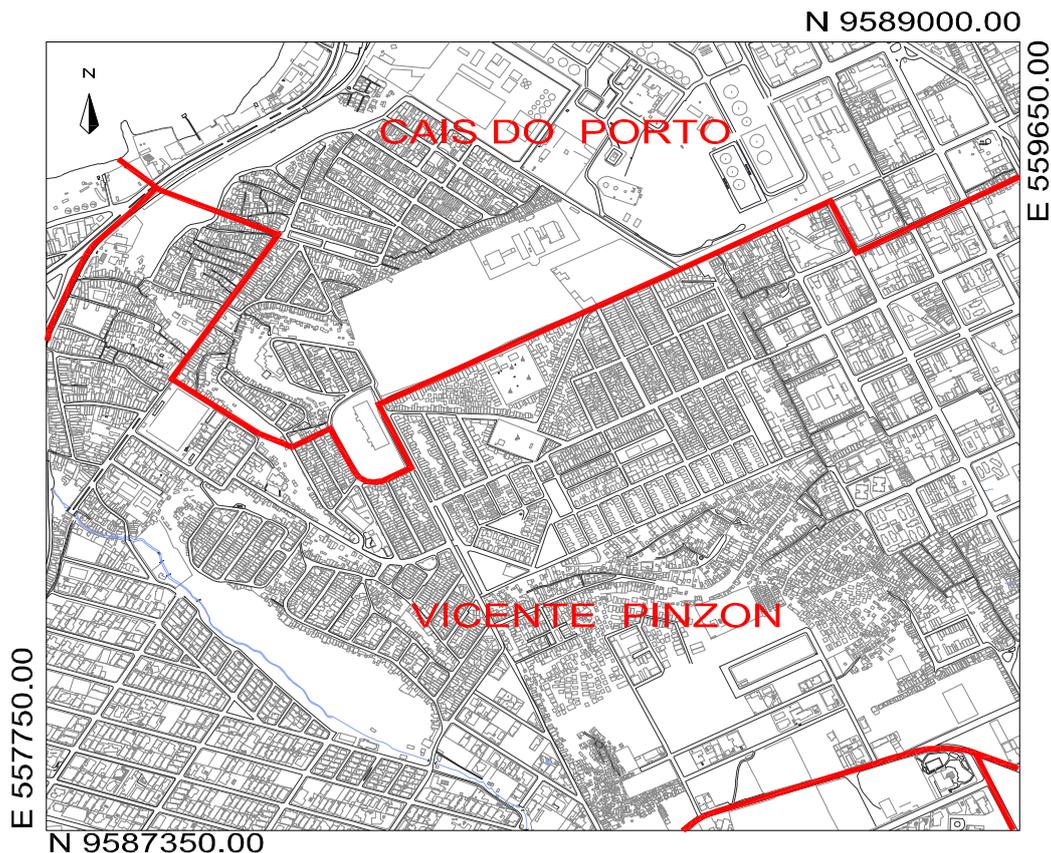


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

2.1. Aspectos Fisiográficos e Geológicos

As feições geomorfológicas da área em estudo podem ser agrupadas em dois domínios principais: os Glacis Pré-litorâneos e a Planície Litorânea. Segundo Ribeiro (2001), essa compartimentação geomorfológica está associada diretamente a litologia e aos fatores eustáticos e morfodinâmicos, podendo essas feições se configurar em área de recarga e de descarga.

De acordo com Brandão *et al.* (1995), os Glacis Pré-litorâneos são formados por sedimentos miopleistocênicos pertencentes à Formação Barreiras que se distribuem em uma faixa de largura

variável, formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar.

A Planície Litorânea apresenta feições geomorfológicas de campos de dunas, de planícies fluviais e flúvio-marinhas e de praias. Apresenta uma estrutura horizontal, característica de planícies, expondo um modelo plano suavemente ondulado que se modifica, um pouco, nas áreas ocupadas pelas formações dunares (Morro Santa Terezinha), cujo relevo mostra-se mais ondulado.

O contexto geológico da área estudada é caracterizado pela ocorrência de coberturas sedimentares cenozóicas sobrepostas a terrenos cristalinos pré-cambrianos, compreendendo a Formação Barreiras; os depósitos recentes são representados pelos sistemas dunares e pelos sedimentos fluviais do Riacho Maceió.

A Formação Barreiras, de idade miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Litologicamente é formada por sedimentos areno-argilosos, pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes, de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos (Brandão *et al.*, 1995).

Na faixa litorânea e sobrepostas aos sedimentos do Barreiras, ocorrem as paleodunas e dunas recentes, que constituem os melhores reservatórios hídricos subterrâneos. As dunas móveis ou recentes formam um cordão contínuo de areias secas que se desenvolvem na porção estudada. São destituídas de vegetação e fornecem sedimentos para os estuários e migram para o interior do continente. Litologicamente são constituídas de areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formada principalmente por grãos de quartzo arredondados, bem classificados e comumente foscas, com raras concentrações de materiais pesados (Vasconcelos, 1999).

As paleodunas são formadas por sedimentos arenosos inconsolidados distribuídos em toda zona costeira, repousando discordantemente sobre o Grupo Barreiras. Apresentam granulação fina à média, por vezes siltosa, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelados, alaranjados ou acinzentados (Brandão *et al.*, 1995).

A área de estudo apresenta clima razoavelmente homogêneo, com pequenas variações ligadas ao regime pluviométrico. Segundo a classificação de Koppen (1948), Fortaleza apresenta clima do tipo Aw' - tropical chuvoso quente-úmido com variação térmica destacada e dois períodos distintos, o chuvoso e o de estiagem.

Segundo dados fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, nos últimos 34 anos (1974 a 2007) os índices pluviométricos variaram, em média, entre o mínimo de 11,2 mm em novembro e o máximo de 357,7 mm em março, comprovando que os meses de maiores precipitações são fevereiro, março, abril, maio e junho. Nos demais meses, as

precipitações são escassas, com chuvas irregulares durante o resto do ano, de acordo com as características do clima semi-árido predominante na área (Figura 2).

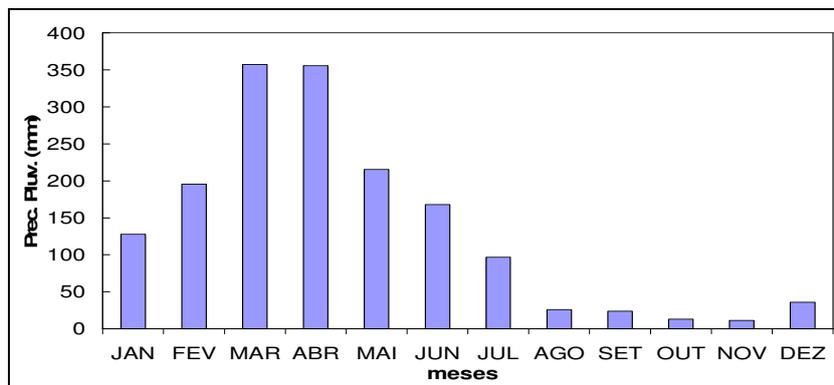


Figura 2 - Médias mensais da precipitação pluviométrica em Fortaleza (1974 a 2007).

Fonte: FUNCEME, 2007.

A temperatura média de Fortaleza se situa no faixa de 27,6 °C (máxima) a 26,0 °C (mínima), tendendo a aumentar no segundo semestre do ano, sendo mais elevada nos meses de novembro e dezembro. No primeiro semestre, as temperaturas são mais elevadas em janeiro e fevereiro (Figura 3).

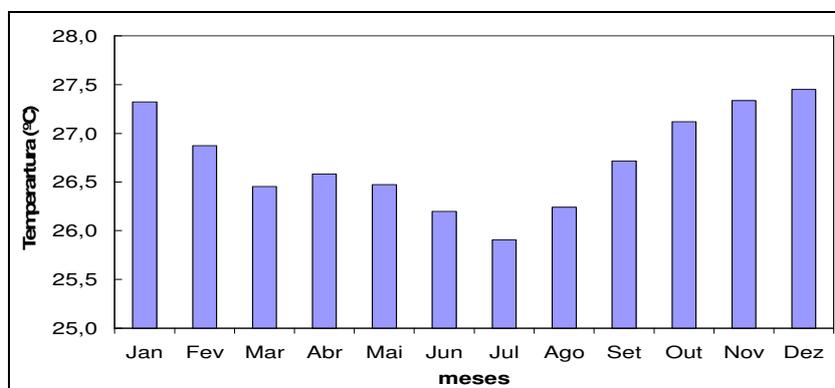


Figura 3 - Médias mensais das temperaturas em Fortaleza (1974 a 2007).

Fonte: FUNCEME, 2007.

2.2. Aspectos Hidrogeológicos

Conforme Gomes (2008), no município de Fortaleza são encontrados dois sistemas aquíferos; o sedimentar constituído de Dunas/Paleodunas (99,4 Km²), Formação Barreiras (120,4 km²) e Aluviões (38,55 km²), e o meio cristalino (55,45 km²). A área de estudo está localizada em sistema aquífero sedimentar, formado pelas unidades do aquífero Barreiras e Dunas/Paleodunas. Esses

aquíferos, apesar de apresentarem semelhanças do ponto de vista físico-químico não apresentam as mesmas condições de armazenamento de água subterrânea (Cavalvante, 1998).

A Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica com intercalação de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos diversificados. Segundo Ribeiro (2001), o sistema aquífero Barreiras possui espessura normalmente inferior a 55 m e suas condutividades hidráulicas, estão em torno de $1,8 \times 10^{-6}$, refletindo mais as características de um aquitarde. Apresenta vazões médias de $2,8 \text{ m}^3/\text{h}$, podendo encontrar valores da ordem de $17,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Em geral, comporta-se como um aquífero livre, podendo localmente apresentar-se como semiconfinado.

Das formações geológicas distribuídas na área de estudo, as Dunas/Paleodunas, dispostas discordante sobre os sedimentos da Formação Barreiras ou sobre manchas aluvionares, constituem os melhores reservatórios hídricos subterrâneos dando importante contribuição para o abastecimento de água.

O sistema Dunas/Paleodunas possui elevados índices de porosidade e permeabilidade, funcionando como aquífero transmissor para a unidade sotoposta (Formação Barreiras). É composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, apresentando características hidrodinâmicas comuns, fazendo parte de um mesmo sistema hidrogeológico.

Classifica-se este sistema, como um aquífero livre, com espessura variando entre 10 e 25 metros. Os valores de condutividade hidráulica e transmissividade variam de $0,73$ a $2,50 \times 10^{-4}$ e de $2,37$ a $6,98 \text{ m}^2/\text{h}$, respectivamente. Registram-se vazões médias de $6,0 \text{ m}^3/\text{h}$, podendo alcançar localmente, até $15 \text{ m}^3/\text{h}$ (op. Cit.).

3. METODOLOGIA

Foram coletadas em Novembro/2007, amostras de águas subterrâneas de um conjunto de 15 poços no Morro Santa Terezinha, para análises físico-químicas e bacteriológicas, com o objetivo de verificar sua potabilidade e identificar a presença de organismos patogênicos que comprometam a qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde do homem. Em cada poço amostrado foram medidas suas coordenadas geográficas (UTM) com GPS e a condutividade elétrica (CE). A localização dos poços amostrados pode ser vista no mapa da Figura 4.

As análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica e Bacteriologia do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará. Nas amostras foram determinados os parâmetros Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , CO_3^- , e HCO_3^- , pelo método titulométrico; Na^+ e K^+ , por fotometria de chama; pH, CE e turbidez utilizando medidores portáteis;

cor, nitrito, nitrato, amônia e sulfato pelo método espectrofotométrico. A análise bacteriológica foi realizada pelo método colilert em cartelas.

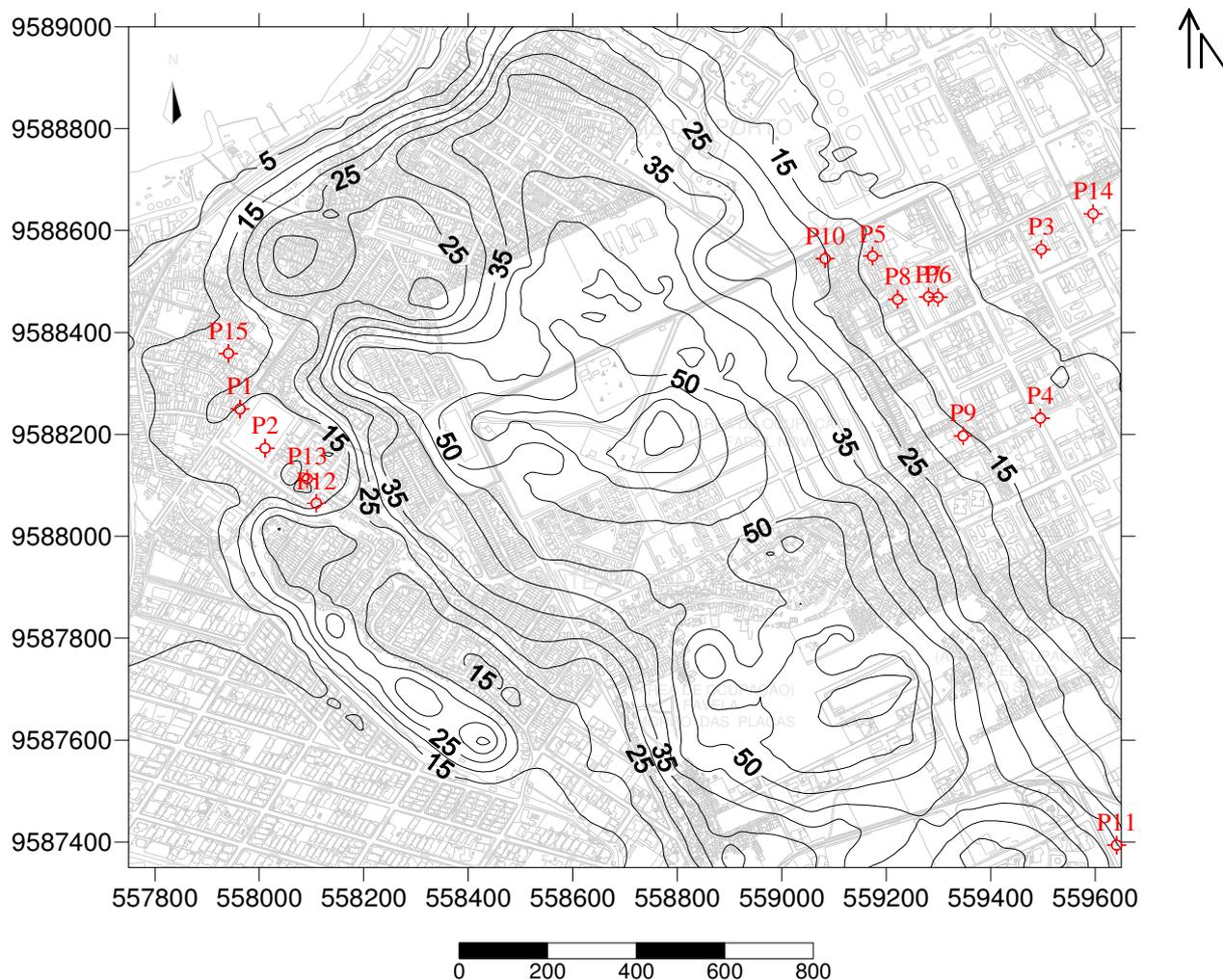


Figura 4 – Mapa de localização dos poços monitorados no Morro Santa Terezinha, Fortaleza/Ce.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o número do poço, suas coordenadas e os parâmetros físico-químicos condutividade elétrica (CE), sódio, potássio, cálcio, magnésio, dureza, cloreto, bicarbonato e sulfato. Segundo o MS (2004), os valores máximos permitidos para água potável são 200 mg/L para sódio, 250 mg/L para cloreto, 400 mg/L para sulfato e 500 mg/L para dureza. Os valores de sólidos totais dissolvidos (STD = 0,64 CE) não devem exceder 1000 mg/L. A Tabela 1 mostra que todas as águas são potáveis quanto aos parâmetros físico-químicos. A Figura 5 apresenta um histograma das condutividades elétricas.

Tabela 1 – Concentrações iônicas dos íons maiores das amostras d'água coletadas em Novembro/2007.

Poço Nº	LAT. (UTM)	LONG. (UTM)	CE (uS/cm)	PH	Concentração (mg/L)							
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Dureza	Cl ⁻	HCO ₃ ⁼	SO ₄ ⁼
P1	9588250	557963	726	5,9	74,0	16,2	45,9	8,66	150,4	100,9	81,6	23,5
P2	9588173	558011	829	5,3	88,4	13,2	44,3	12,5	162,3	171,9	46,6	26,8
P3	9588563	559497	854	5,8	88,4	13,2	57,0	12,5	194,0	121,5	64,1	31,2
P4	9588232	559495	1024	6,0	103,	19,2	63,3	13,4	213,8	160,7	110,8	42,5
P5	9588550	559174	874	6,5	88,4	16,2	66,5	8,66	201,9	134,6	116,6	27,5
P6	9588469	559299	924	5,8	90,6	16,2	64,9	9,62	201,9	121,5	52,4	33,9
P7	9588470	559281	908	6,5	90,6	13,2	69,7	9,62	213,8	136,4	105,0	31,7
P8	9588465	559222	766	5,8	76,0	13,2	52,2	8,66	166,3	114,0	40,8	30,1
P9	9588197	559347	891	6,1	88,4	16,2	64,9	6,74	190,0	115,9	64,1	19,3
P10	9588545	559083	838	5,7	80,1	13,2	55,4	10,5	182,1	119,6	52,4	36,0
P11	9587394	559641	636	5,9	66,2	13,2	42,7	6,7	134,6	97,1	52,4	22,7
P12	9588065	558109	1176	7,2	108,4	13,2	94,2	13,9	293,0	173,8	209,9	36,8
P13	9588113	558092	920	7,0	101,6	13,2	57,0	10,5	186,1	155,1	151,6	21,2
P14	9588633	559596	706	7,1	70,1	10,0	61,7	8,66	190,0	85,9	128,3	20,7
P15	9588359	557941	726	6,3	70,1	16,2	60,1	5,77	174,2	97,1	110,8	30,8

Os valores de pH variam de 5,3 (P2) a 7,2 (P12) como mostra o histograma da Figura 6. Das 15 amostras analisadas, 12 são ácidas, indicando alimentação pelas chuvas locais, facilitada pelo material do aquífero (sedimentar) que tem baixa profundidade do nível da água dos poços (em torno de 3 metros).

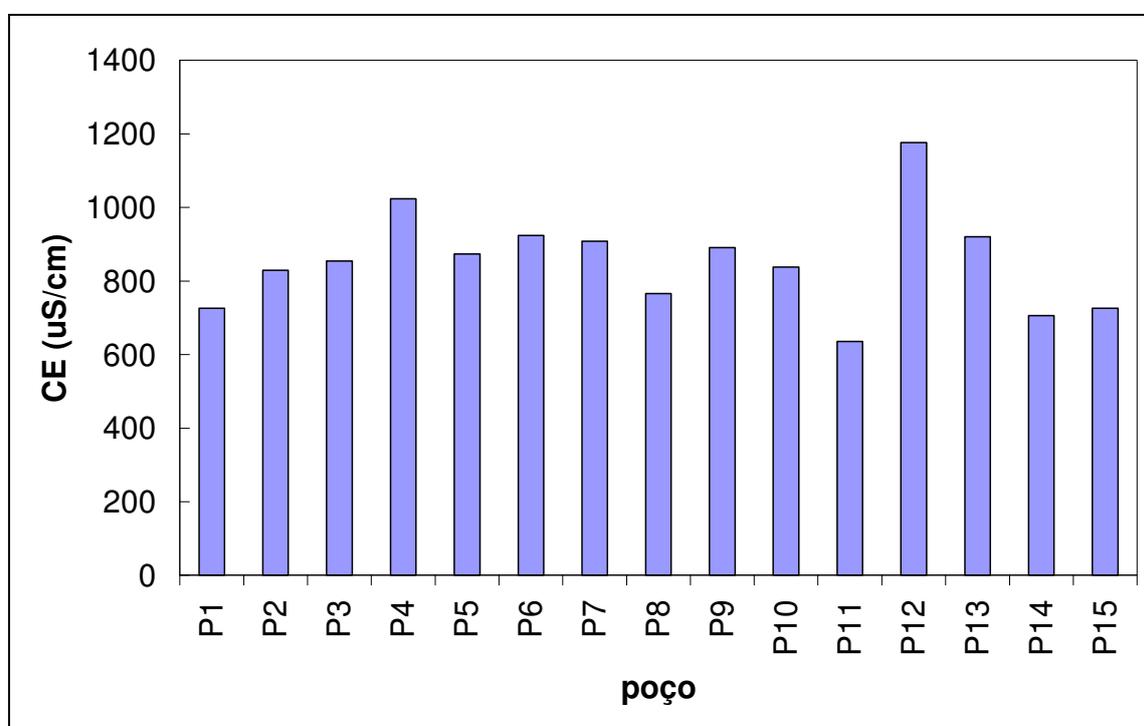


Figura 5 – Distribuição dos valores de condutividade elétrica das águas subterrâneas em poços da área de estudo.

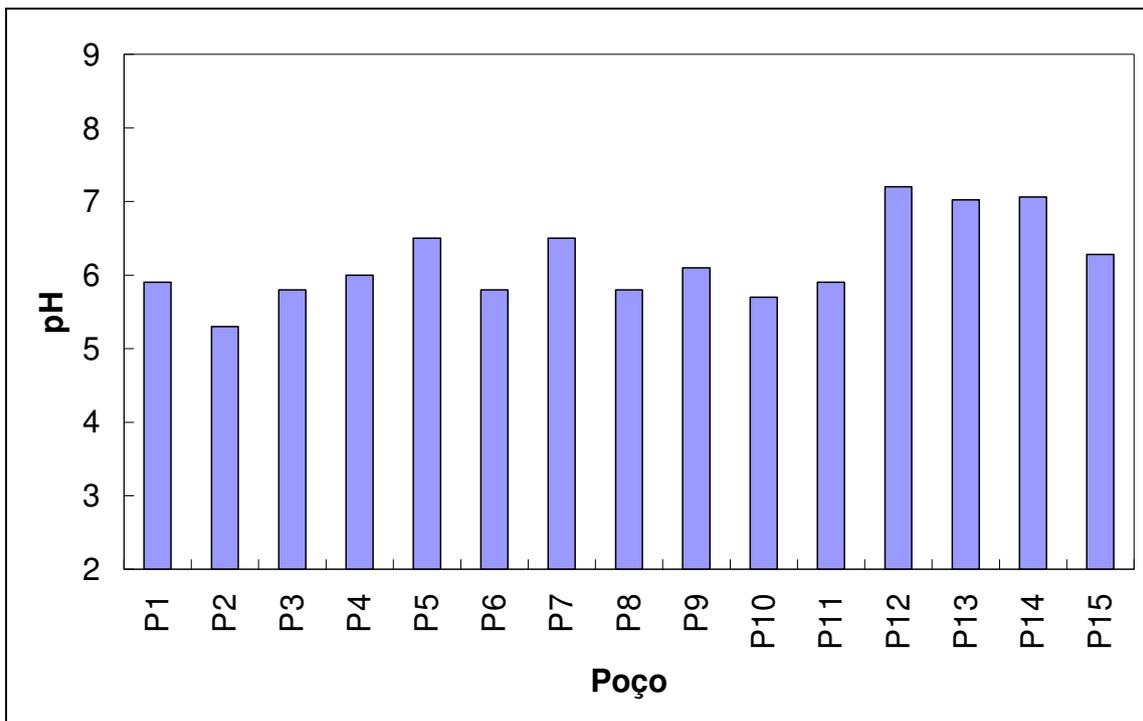


Figura 6 – Distribuição dos valores de pH das águas subterrâneas dos poços da área de estudo.

Para a caracterização hidroquímica das águas foi utilizado o Diagrama de Piper (Figura 7), onde é possível observar os íons dominantes. Predomina a classe cloretada (14 amostras), sendo 12 cloretadas sódicas e 2 cloretadas mistas e uma mista-mista.

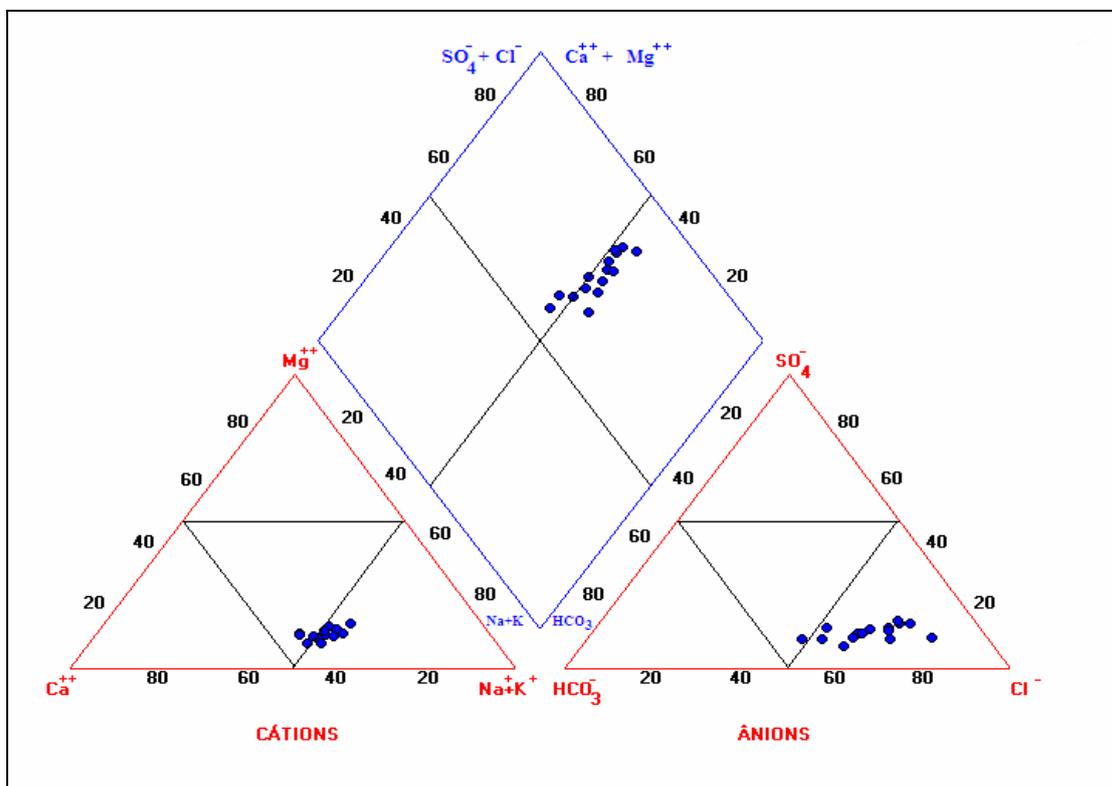


Figura 7 – Diagrama de Piper para classificação iônica das águas da área de estudo.

Os parâmetros que apresentam maiores coeficientes de correlação estão apresentados na Figura 8, Cl^- versus Na^+ e na figura 9, Cl^- versus CE. A relação $r\text{Cl}^-$ versus $r\text{Na}^+$ se afasta da reta $r\text{Na}^+ = r\text{Cl}^-$ que corresponde à dissolução de NaCl ; a entrada de água de chuva do tipo bicarbonatada em cada período chuvoso contribui para as águas apresentarem $r\text{Cl}^- < r\text{Na}^+$ (figura 8). Em 14 amostras, os cloretos estão bem correlacionados com o sódio, a exceção do poço P2. Estes resultados indicam que, a proximidade da costa contribui para a presença de aerossóis marinhos que têm uma composição proporcional à da água do mar.

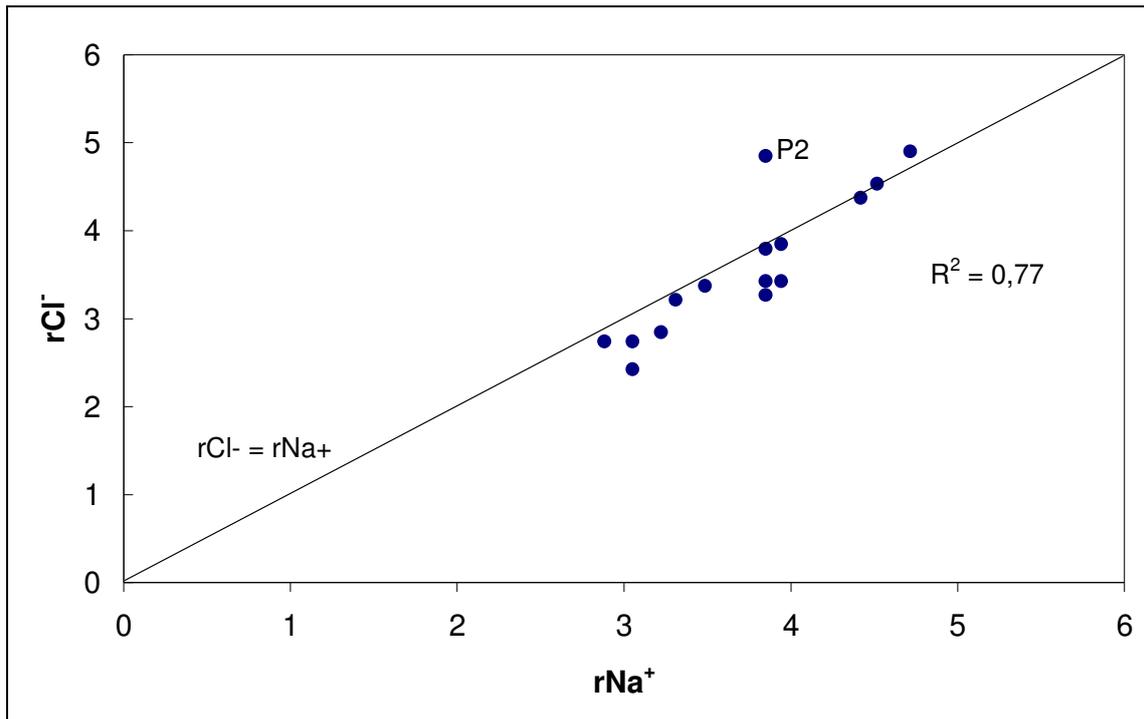


Figura 8- Concentração de sódio em função da concentração dos cloretos das amostras d'água coletadas em Novembro/2007.

Como mostra a Figura 9, em 14 das 15 amostras os cloretos são bem correlacionados com a condutividade elétrica, a exceção do poço P2.

A Figura 10 apresenta um histograma dos compostos nitrogenados; os valores máximos permissíveis (VMP) para o consumo humano são: para o N-NH_4^+ 1,5 mg/L, para o N-NO_2^- 1,0 mg/L e para o N-NO_3^- 10 mg/L (MS, 2004).

As concentrações de nitrato na Figura 10 mostram que as 15 águas analisadas apresentam valores acima do adequado para águas potáveis (10 mg/L N-NO_3^-). Seus valores variam entre o mínimo de 11,53 mg/L (P2) e máximo de 35,64 mg/L (P6). Em áreas urbanas densamente ocupadas com ausência de saneamento básico e disposição inadequada de resíduos sólidos, como o Morro Santa Terezinha (Figura 11), é comum diagnosticar a presença do íon de nitrato (estágio final de

oxidação da matéria orgânica), principalmente nos aquíferos rasos, devido à infiltração de águas contaminadas, tornando o recurso subterrâneo com condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.

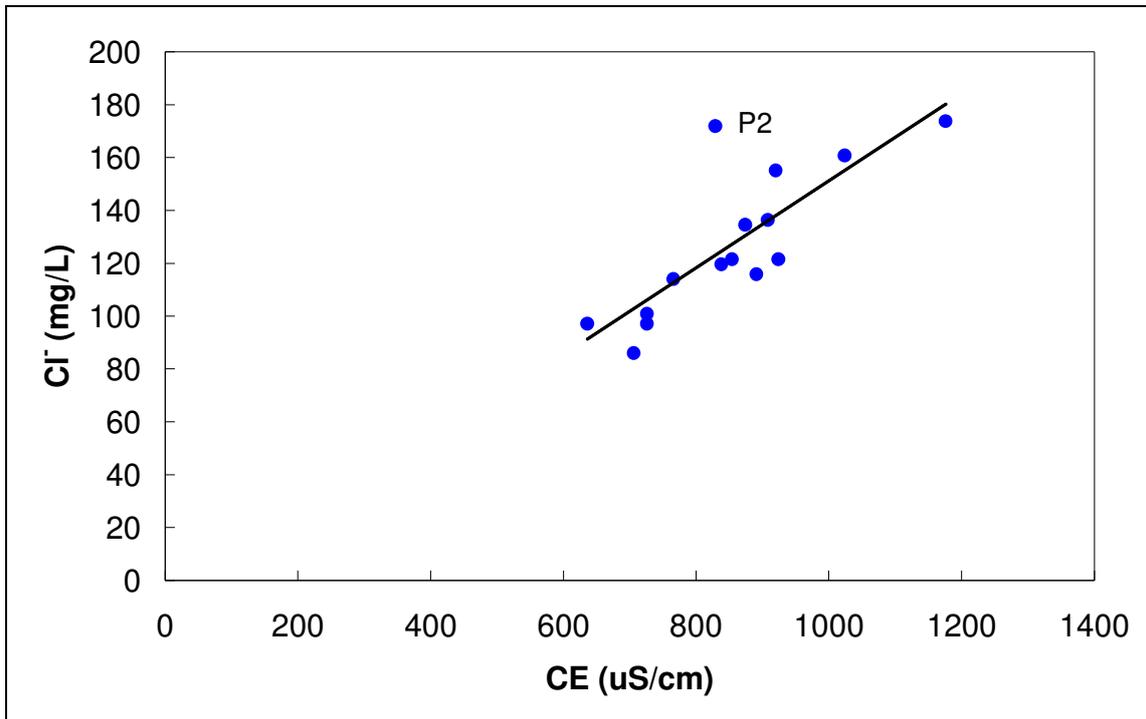


Figura 9- Condutividade elétrica (CE) em função dos cloretos das amostras d'água coletadas em Novembro/2007

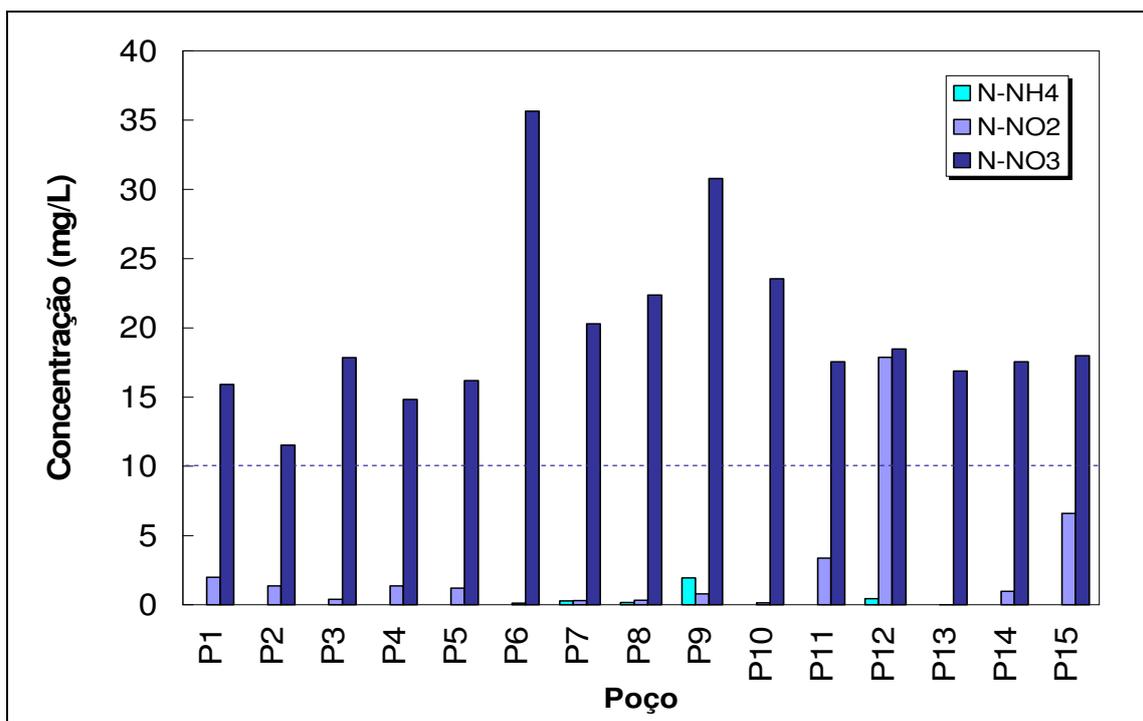


Figura 10 – Distribuição das concentrações dos elementos nitrogenados da área de estudo.

O nitrito foi encontrado em todas as amostras e sete dos poços (P1, P2, P4, P5, P11, P12 e P15), apresentaram valores acima do máximo permitido pelo (MS, 2004). Os valores variam do mínimo de 0,01 mg/L ao máximo de 17,87 mg/L.



Figura 11 – Precariedade de Saneamento básico no Morro Santa Terezinha (Novembro/2007)

Nitrito também é indicador de poluição e de poluição recente; embora nitrato e amônia indiquem poluição, ela ocorreu longe do local de amostragem ou muito antes da amostragem. Isto acontece por que o ciclo do nitrogênio, a partir da degradação da matéria orgânica, obedece a seguinte seqüência: amônia (NH_3), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-).

As altas concentrações de nitrato e nitrito podem produzir intoxicação em crianças ou até levá-las à morte por metahemoglobinemia (cianose) em casos extremos. O nitrato também tem ação na produção de nitrosaminas no estômago do homem provocando doenças carcinógenas (Santos in Feitosa& Manoel Filho, 1997).

A amônia foi encontrada em quatro amostras com mínimo de 0,17 mg/L (P8) e máximo de 1,93 mg/L (P9). No poço P9, foi detectada uma concentração de amônia que ultrapassa 1,3 vezes o VMP, estando certamente ligada à excessiva carga de matéria orgânica, proveniente de excrementos e fezes de animais (Figura 12). A amônia, em geral está presente em águas superficiais e subterrâneas, em concentrações baixas devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação para nitrito e nitrato. Concentrações elevadas podem ser resultantes de fontes de poluição próximas, bem como da redução de nitritos por bactérias ou por íons de ferrosos presentes nos solos.



Figura 12 – Poluição do poço tubular (P9) por altas concentrações de amônia (Janeiro/2008).

O nível de carga poluidora de N-NO_3^- pode ser avaliado, com base na população do município e naquela atendida com saneamento básico. Com o número da população não atendida com saneamento básico, calcula-se a geração anual da carga de N-NO_3 liberada, considerando-se 4 kg $\text{N-NO}_3/\text{hab}/\text{ano}$ (Foster & Hirata, 1993). São utilizados três níveis para a classificação dos índices de carga potenciais poluidoras:

- *reduzido* - para valores menores que 20.000 kg $\text{N-NO}_3/\text{hab}/\text{ano}$;
- *moderado* – para valores entre 20.000 e 50.000 kg $\text{N-NO}_3/\text{hab}/\text{ano}$;
- *elevado* – para valores maiores que 50.000 kg $\text{N-NO}_3/\text{hab}/\text{ano}$.

A Tabela 2 apresenta os dados do sistema de saneamento básico nos bairros que integram a área de estudo, quanto ao nível de carga poluidora das águas subterrâneas associado à poluição urbana.

Tabela 2 – Classificação da carga poluidora das águas subterrâneas por bairro

Bairro	População				Carga de N-NO_3 (kg/ano)	Classificação da Carga
	Urbana	Abastecida pela CAGECE ⁽¹⁾ (hab.)	Sem saneamento			
				(%)		
Vicente Pinzon	39.551	6.524	34.434	87	137.736	Elevada
Cais do Proto	21.529	5.892	17.618	82	70.472	Elevada

Fonte: (1) Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará –CAGECE, 2007.

Os bairros estudados encontram-se em situação preocupante, devido a alta geração de carga poluidora, proveniente da população urbana, inserindo-se numa situação de índice “elevada”. Com grande número de pessoas sem saneamento básico (87%), o bairro Vicente Pinzon, produz uma carga de 137.736 N-NO₃ Kg/ano, enquanto o bairro Cais do Porto, com (82%) da população sem saneamento básico, produz uma carga de 70.472 N-NO₃ Kg/ano.

A contaminação dos poços particulares e cacimbas residenciais, através de esgotos é geralmente detectada pela presença de coliformes, que são todos os bacilos gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos.

A detecção grupo de coliformes apresenta uma série de vantagens como indicadores de poluição fecal da água pela constância e alto número de fezes, facilidade de isolar e identificar, proporcionalidade entre a concentração de coliformes na água e a das bactérias patogênicas intestinais. Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizados são os coliformes totais e os coliformes fecais que não devem estar presentes em águas para o consumo humano.

Os resultados das análises bacteriológicas expressos pelo Número Mais Provável (NMP) quantificados pela presença de coliformes em 100 mL de água estão apresentados na Figura 13. Mostram que águas com valores de 1/100 mL a 2400/100 mL, indicam contaminação. Estas águas são utilizadas para consumo humano; logo sua ingestão pela população, pode ser responsável pela transmissão de doenças tais como febre tifóide e paratifóide, giardíase, hepatite, cólera e diarreias. Somente em cinco pontos analisados tem água potável.

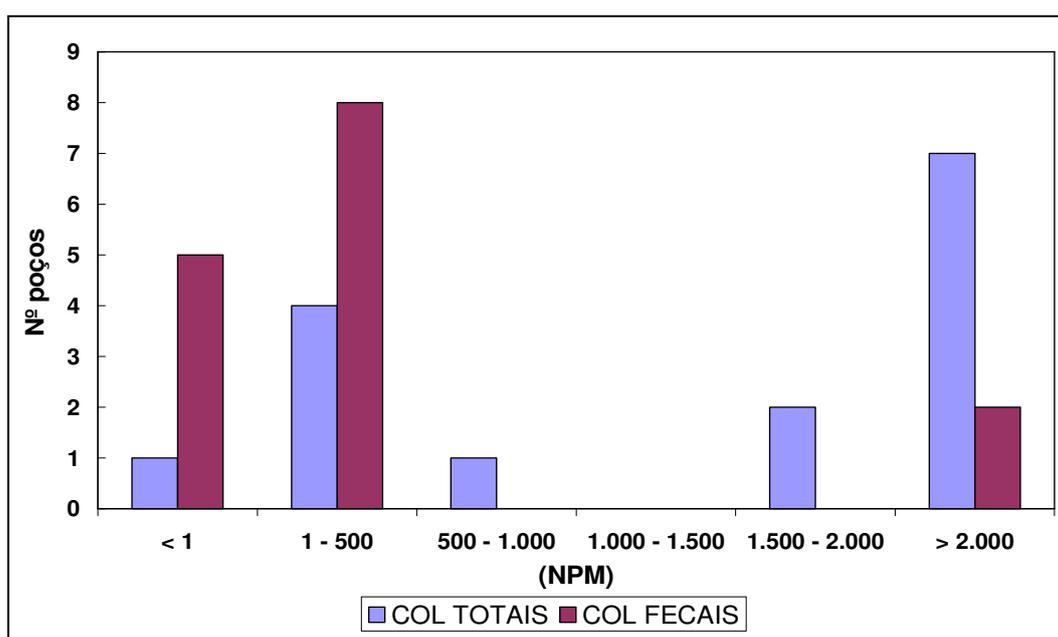


Figura 13 – Análise Bacteriológicas em água dos poços amostrados.

Quesado Júnior (2001) estudou a problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza constatando que mais de 50% das doenças que acometem a população da cidade são oriundas de águas poluídas, a exemplo das epidemias de cólera (24.299 casos no período de 1991 a 1999), surtos de diarreia (331.002 casos no período de 1994 a 1999) e hepatite.

CONCLUSÕES

A qualidade das águas subterrâneas foi definida em função dos resultados obtidos nas análises físico-químicas; de acordo com os resultados as águas predominantes são cloretadas sódicas, sendo 12 cloretadas, 2 cloretadas mistas e 1 mista-mista.

Os parâmetros físico-químicos que mais contribuem para a alteração dos padrões normais da água são os nitratos, nitrito e a amônia oriunda dos esgotos domésticos e urbanos (fossa séptica) e da disposição inadequada dos resíduos sólidos. A presença de coliformes fecais encontradas em dez amostras restringe o uso da água subterrânea na sua forma bruta para fins domésticos.

Os cloretos estão bem correlacionados com o sódio, à exceção de uma amostra. A proximidade da costa contribui para a presença de aerossóis marinhos nas águas subterrâneas da área de estudo.

A poluição das águas subterrâneas é um problema que vem chamando atenção porque pode inviabilizar o uso deste recurso hídrico, diante da contaminação provocada pela expansão das áreas urbanas com deficiente sistema de esgotamento sanitário e coleta de lixo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

BRANDÃO, R. L. 1995. Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. 1ª edição. Fortaleza/CE: SER/REFO/CPRM. Vol.1, 105p.

CAGECE, 2007. www.cagece.com.br

CAVALCANTE, I.N.1998. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese (Doutoramento em Hidrogeologia). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP, São Paulo. 153p.

SANTOS, A. C. 1997. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações, Fortaleza, 1997. 2a edição, 391 p.

FOSTER, S & HIRATA, C. A. R. – 1993. Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: Um método baseado em dados existentes. Tradução de Ricardo Hirata, Sueli Yoshinaga, Seiju Hassuda, Mara Iratini. São Paulo: Instituto Geológico. 90p. Il. (Boletim, 10).

FUCEME, 2007. www.funceme.br

GOMES, M. da C. R. 2008. Aspectos Hidrogeológicos do Município de Fortaleza, Ceará. Monografia. Curso de Especialização em Gestão Hídrica. Universidade Federal do Pará. Belém-PA.

Köppen, W., 1948, Climatologia, com um estudio de los climas de la Tierra. México, FCE.

Ministério da Saúde, 2004 - Portaria N.º 518, de 25 de março de 2004.

QUESADO JÚNIOR, N., 2001. Contribuição da hidrogeologia à problemática das doenças de veiculação hídrica em Fortaleza, Ceará. Dissertação de Mestrado. Centro de Ciências, Departamento de Geologia, UFC.

RIBEIRO, J. A. P., 2001. Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da faixa costeira leste da região metropolitana de Fortaleza – Ceará. Dissertação de mestrado. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza - CE. 122p.

VASCONCELOS, S. M. S. 1999. Recarga do Aquífero Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE. Tese de Doutorado, IG/USP. 100 p.