

INFLUÊNCIA BACTERIOLÓGICA NA POTABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO COSTEIRA DE AQUIRAZ, CEARÁ, BRASIL

Bacteriological - related probability of underground water on the coastal zone of Aquiraz county, Brazil

José Gonzaga Silva ¹, Itabaraci N. Cavalcante ², Napoleão Quesado Júnior ³

RESUMO

Os dados contidos nesse trabalho estão relacionados às análises bacteriológicas das águas subterrâneas da faixa costeira do Município de Aquiraz, Estado do Ceará. As condições geológicas são representadas pelos litotipos sedimentares que compreendem a Formação Barreiras e os depósitos eólicos das dunas e paleodunas, além de manchas aluvionares e de manguezal. A partir daí, são caracterizados sistemas aquíferos, homônimos. Os resultados revelam que, das 11 amostras de água, 63,6% estão contaminadas com bactérias fecais, mostrando uma predominância de 55,4% para *Escherichia coli*, indicadora do grupo coliforme fecal. Foi identificada a presença de nitrato em 99% das amostras, sendo que 36,3% apresentam valores acima do máximo permitido, que é de 10 mg/L de N-NO₃⁻, oscilando entre 15,4 e 29,9 mg/L de N-NO₃⁻, tornando-a não potável para consumo humano e potencialmente causadora de hemoglobinemia. Essas características revelam a vulnerabilidade dos sistemas aquíferos a contaminações bacteriológica e química, principalmente nas zonas onde não há saneamento básico, ocasionando o surgimento de fossas sépticas. A ausência de critérios técnicos de construção e localização de poços e a prática comum de construção de fossas em substituição a obras maiores de saneamento básico, constituem fatores primários que propiciam a contaminação bacteriológica.

Palavras-chaves: águas subterrâneas, bacteriologia, potabilidade, Estado do Ceará.

ABSTRACT

The data dealt with in this paper are related to bacteriological analyses of the underground water found along the coastal zone of Aquiraz County, Ceará State, Brazil. The geological conditions are represented by sedimentary lithotypes which comprise the Barreiras Formation, eolian deposits of dunes and paleodunes, alluvial patches and mangroves, whence from aquiferous, homonymous systems are characterized. The results show that 63.6% of the 11 analyzed samples are contaminated with fecal bacteria, among which *Escherichia coli* predominates with 55.4% as an indicator of the fecal coliform group. The presence of nitrate was spotted in 99% of the samples, with 36.3% of them showing higher values than the allowed maximum, namely 10 mg/L of N-NO₃⁻, varying from 15.4 to 29.9 mg/L of N-NO₃⁻, a condition that renders the water non drinkable and potentially determinant of hemoglobinemia. Those features reveal a vulnerability of the aquiferous systems to bacteriological and chemical contaminations, specially in zones where the sewage disposal system is made out of a network of patent concrete cesspits. The absence of technical criteria for the construction and location of water wells, and the widespread practice of patent concrete cesspit usage in place of major sewage disposal works, make up the basic factors which are likely to bring about bacteriological contamination.

Key words: underground water, bacteriology, potability, Ceará State, Brazil.

¹ Pesquisador do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição, 3207, Fortaleza, CE 60165-081. E-mail: josesgs@labomar.ufc.br

² Professor do Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza. E-mail: ita@fortalnet.com.br

³ Geólogo, COGERH, e-mail: quezado@cogerh.com.br

INTRODUÇÃO

As regiões costeiras, de uma forma geral, reúnem sempre atrativos naturais que levam o homem a se deslocar para esses lugares buscando lazer, fixando residência, ou até mesmo se instalando com outras modalidades de ocupação, através de sítios, condomínios, chácaras etc. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), relacionados ao Censo Demográfico 2000, estimam que mais de 25% da população do Brasil se concentram nos municípios litorâneos, reforçando, portanto a tendência das pessoas de ocuparem a faixa costeira.

O crescimento populacional da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF é contínuo e exposto a migração populacional interiorana que, em épocas

de estiagem, procura os centros urbanos caracterizando um êxodo rural marcante na vida do Nordestino. Segundo o Censo IBGE-2000, 96,5% da população da RMF (2.881.264 pessoas) residem no meio urbano, enquanto somente 4,5% (103.425 pessoas) ocupam o meio rural. Talvez por esse motivo, apenas 277.315 (38,3%) dos domicílios possuem serviço de rede de esgoto, que atende 1.137.000 habitantes, expondo as óbvias deficiências no atendimento do sistema de esgotamento sanitário.

Conforme ilustra a Figura 1, a área de trabalho está inserida no Município de Aquiraz, Estado do Ceará, fazendo parte do setor costeiro da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), coexistindo com um conjunto de praias, a exemplo de Porto das Dunas (*Beach Park*), Prainha e Iguape.

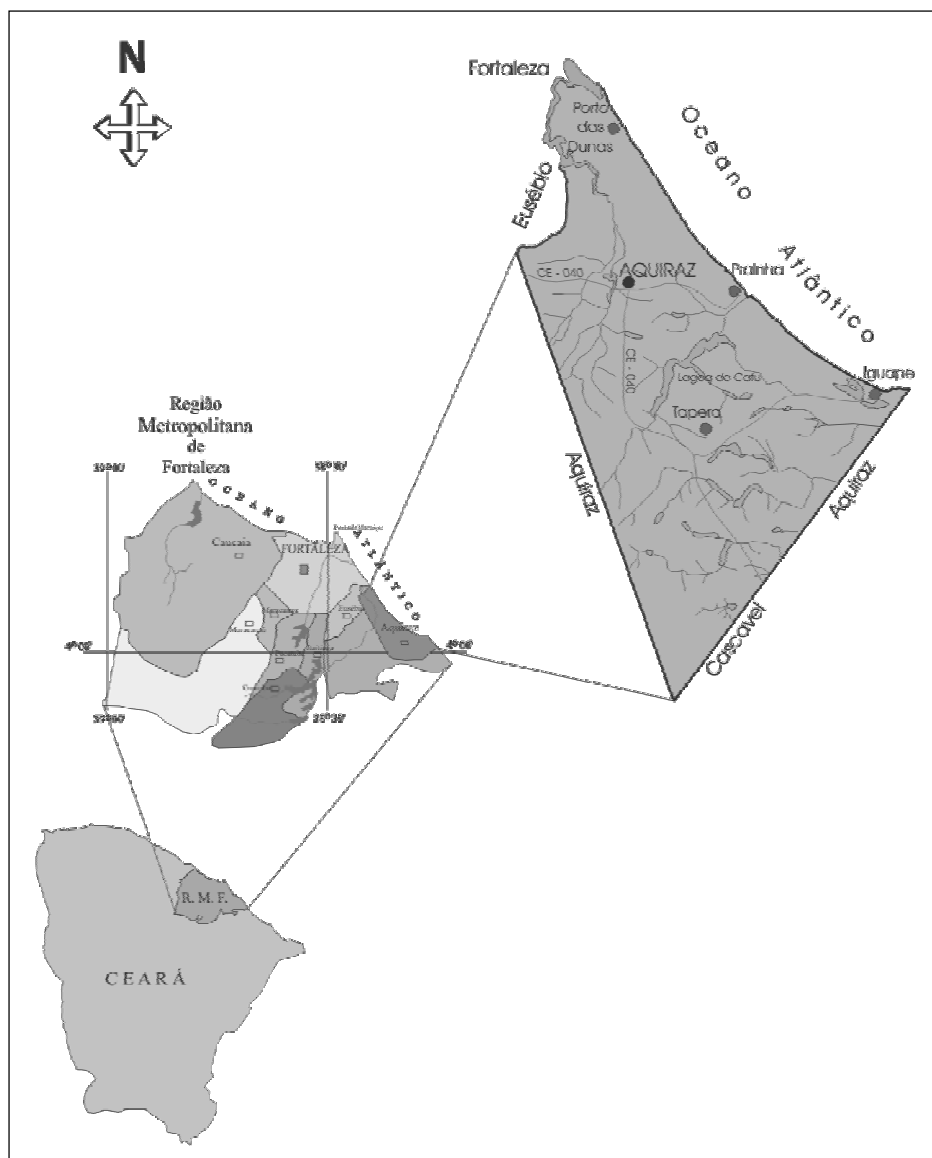


Figura 1 – Localização da área de estudo.

O desenvolvimento deste trabalho está fundamentado em dados e informações obtidas por Silva (2000), relacionadas aos aspectos bacteriológicos pertinentes às águas dos sistemas aquíferos da faixa costeira mencionada. Os aspectos geológicos e hidrogeológicos estão relacionados com as rochas sedimentares clásticas terciárias e quaternárias representadas pela Formação Barreiras e depósitos dunares/aluvionares, respectivamente, além de depósitos de mangue.

As características sedimentares dos litotipos, a pequena profundidade (inferior a 10,0 m) do nível estático na área, a espessura média dos sistemas aquíferos (20,0 m) e elevadas condutividade hidráulica e porosidade efetiva das dunas/paleodunas na área, tornam as águas subterrâneas muito vulneráveis à contaminação bacteriológica, decorrente, particularmente, da intensa ocupação urbana. Ressalta-se a falta de saneamento básico nesta área, onde a população é beneficiada, em mais de 90%, pelo consumo de água subterrânea captada através de poços tubulares, cuja potabilidade é afetada pela presença de fossas sépticas e/ou negras, utilizadas para suprir a ausência de sistema de saneamento básico. A presença de bactérias do grupo coliforme fecal demonstra o efeito do impacto causado, decorrente da ocupação urbana nos setores amostrados.

METODOLOGIA

Os aspectos metodológicos para o desenvolvimento deste trabalho têm como base referencial a Dissertação de Mestrado de Silva (2000), de onde foram extraídos dados e informações. Para a seleção de pontos de água e coleta das amostras a serem analisadas, foram considerados os fatores hidroambientais, envolvendo, principalmente, os aspectos hidrogeológicos, perfis de poços e as condições de uso e ocupação do meio físico representadas pela distribuição das potenciais fontes poluidoras e concentrações populacionais, lazer e industriais da área.

Foram cadastrados 153 pontos de água, representados por poços tubulares, escavados (manuais) e fontes, dos quais foram escolhidos 26 para coleta de água para análises físico-químicas sendo que, destes, 11 foram separados para análises bacteriológicas, inclusive.

As amostras coletadas foram analisadas no Laboratório Central da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), onde foi empregado o método do *Standard for Examination of Water and Wastewater*, para determinação do NMP/100 mL (Número Mais Provável) de bactérias por cada 100 mL de água

coletada). É importante salientar que nas análises físico-químicas está inclusa a identificação do nitrato, componente químico indicador de poluição bacteriológica, sendo considerado necessário na relação e caracterização de bactérias do grupo coliforme fecal, muito comum nos pontos amostrados da área.

CONSIDERAÇÕES GEOAMBIENTAIS

Os aspectos geológicos, geomorfológicos e climáticos, associados à presença antrópica, constituem os parâmetros ambientais de maior relevância no desenvolvimento de processos que possam influir na contaminação bacteriológica dos sistemas aquíferos da área. As características básicas destes elementos estão relacionadas com as feições morfoclimáticas da zona litorânea compreendidas na RMF, cujas considerações para esse estudo estão fundamentadas nos padrões adotados por Brandão *et al.* (1995).

As condições climáticas da área são representadas pelo clima típico da faixa litorânea e da RMF, onde ocorre certa regularidade entre as estações secas e chuvosas. Os índices pluviométricos revelam valores anual que variam entre 1.200 e 1.400 mm, sendo que o período mais chuvoso acontece no período de fevereiro a abril. Já o regime térmico é caracterizado pelas temperaturas amenas da referida zona, que possui valor médio de 26 °C e máximo de 31 °C, com período mais quente ocorrendo entre setembro a dezembro. Esses aspectos climáticos tornam a região bastante atrativa, contribuindo conseqüentemente para o surgimento da imigração populacional, fato que favorece ao mesmo tempo o risco de contaminação bacteriológica dos aquíferos, através do aumento da taxa de ocupação urbana nos setores mais povoados

O relevo da área está constituído por dois segmentos geossistêmicos, representados pelos Glacis Pré-Litorâneos e Planície Litorânea, os quais são amplamente compreendidos pelos sedimentos da Formação Barreiras e campo de dunas, respectivamente. A primeira unidade distribui-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa, enquanto que a segunda são depósitos dunares, em forma de cordões contínuos paralelos à orla costeira, sendo por vezes interrompidos pelas planícies fluviais e flúvio-marinhas. A irregularidade topográfica refletida na modelagem do relevo das dunas contribui de certa forma, para que alguns poços, com nível de água posicionado em cotas mais baixas, venham ser contaminados por efluentes líquidos, provenientes de fossas sépticas, localizadas em pontos mais elevados.

O quadro geológico é basicamente representado pelas rochas sedimentares terciárias da Formação Barreiras e pelos sedimentos quaternários compreendidos pelas dunas e paleodunas, além dos depósitos fluvio-aluvionares e de mangue. A sua caracterização é mostrada de forma mais ampla no item específico a seguir, onde é observada, também a relação com os aspectos hidrogeológicos da área. Do ponto de vista ambiental enfatiza-se, entretanto, que as características areno-argilosas da Formação Barreiras são consideradas mais resistentes à migração de contaminantes do que os sedimentos arenosos das dunas e paleodunas.

ABORDAGEM HIDROGEOLÓGICA

A área é geologicamente constituída por rochas sedimentares clásticas terciárias e quaternárias, representadas pela Formação Barreiras e pelos depósitos de dunas/paleodunas e aluviões, respectivamente. O primeiro segmento corresponde a uma formação geológica mais antiga que se encontra sobreposta ao embasamento cristalino (Complexo Gnaíssico-Migmatítico), distribuindo-se em uma faixa de largura variável ao longo da linha de costa, alargando-se no sentido do continente e aflorando em trechos pontuais ao longo da faixa costeira. É litologicamente composto por sedimentos areno-argilosos, pouco consolidados, de coloração predominantemente avermelhada ou amarelada. Segundo Brandão *et al.* (1995), a espessura sedimentar dessa formação é também bastante variável, oscilando entre 20,0 e 40,0 m e, normalmente, aumenta em direção ao mar, consequência da energia de transporte e modo de deposição.

Os sedimentos eólicos dunares representam os depósitos de areias, sobrepostos a Formação Barreiras, distribuídos de forma aproximadamente contínua e paralela por toda a faixa costeira. Apresentam-se como acumulações arenosas que constituem gerações mais antigas e recentes, denominadas de paleodunas (algumas vezes tidas como dunas fixas) e dunas, respectivamente. Observa-se, no entanto, que as primeiras gerações se comportam topograficamente mais rebaixadas em relação às dunas mais jovens, além de se posicionarem em direção ao continente, formando, praticamente, um mesmo corpo de dunas. A constituição litológica é semelhante para as dunas e paleodunas, caracterizada por areias quartzosas bem selecionadas, esbranquiçadas, de granulação fina a média, sendo que, às vezes, as paleodunas possuem um caráter mais silteoso com cores amareladas ou alaranjadas. A espessura destes corpos é, no geral, inferior a 20,0 m.

O contexto geológico da área é complementado com as presenças dos depósitos fluvio-aluvionares e de mangues, que não apresentam nenhuma importância atual no aproveitamento de água subterrânea, haja vista que a influência da salinidade marinha inviabiliza as condições de potabilidade da água nesses sedimentos.

Os sistemas aquíferos da área são definidos como barreiras e dunas/paleodunas, que representam as formações sedimentares capazes de armazenar e liberar volumes hídricos relativamente significantes, através das condições específicas de cada aquífero. Para Bianchi *et al.* (1984) e Cavalcante (1998), as dunas e paleodunas constituem um só sistema hidráulico, tendo em vista que a similaridade das suas características hidrogeológicas possibilita esta interpretação, permitindo a denominação de Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas.

Apesar de ocupar um menor espaço físico (aproximadamente 25% da área), Dunas/Paleodunas apresenta o maior potencial hidrogeológico, consequência da sua predominante constituição arenosa que resulta em melhor condutividade hidráulica ($1,8 \times 10^{-4}$ m/s) e condições de vazão com valores médios de 6 m³/h. O nível estático confere a este sistema uma condição de aquífero livre e freático, com níveis d'água aflorantes a sub-aflorantes, cujas profundidades são normalmente inferiores a 5,0 m.

O sistema aquífero Barreiras identifica-se por sua maior abrangência física na área, sendo que suas características areno-silto-argilosas o classificam como aquífero de baixa condutividade hidráulica ($1,8 \times 10^{-6}$ m/s), localmente **aquitarde**, e vazão média relativamente pequena (2,0 m³/h). Ambos os sistemas são vulneráveis à poluição por efluentes domésticos, com riscos crescentes, principalmente o Dunas/Paleodunas que, por suas características essencialmente arenosas e nível estático extremamente baixo, está mais exposto à contaminação pelos efluentes sobrejacentes oriundos da forma de uso e ocupação do meio físico.

ASPECTOS BACTERIOLÓGICOS

As amostras analisadas dos dois sistemas aquíferos refletem as condições da qualidade bacteriológica das águas subterrâneas, cujos resultados mostram que 63,6% do material coletado se encontram contaminados por bactérias, principalmente do grupo coliforme fecal, certamente relacionados com a ocorrência de fossas sépticas e/ou negras.

A ausência de saneamento básico nos setores mais povoados, as condições de extrema vulnerabilidade hidrogeológica e alto risco a poluição da área,

e a implementação de fossas como meio alternativo de esgotamento sanitário constituem os elementos mais significativos que contribuem para a poluição/contaminação bacteriológica das águas dos aquíferos investigados. Nesse sentido, é importante considerar que as características locais, a exemplo da composição litológica dos sistemas e posicionamento do nível estático, caracterizam uma situação muito vulnerável à poluição/contaminação bacteriológica, levando a se considerar que Dunas/Paleodunas e Barreiras são, portanto, mais suscetíveis à migração dos germes contaminantes, principalmente na zona saturada.

Na Tabela I observa-se que das 11 amostras analisadas, sete apresentam colimetria com valores variando de 9 a 240 NMP/100 mL, indicando um percentual dominante (63,5%) de contaminação bacteriológica, principalmente por *Escherichia coli* (54,5%) seguido da ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* (9%), conforme ilustração da Figura 2. A ausência de colimetria indica que nem todos os pontos amostrados se encontram contaminados, revelando, portanto, que a contaminação está predominantemente associada às formas de uso do meio físico para suprir a falta de esgotamento sanitário básico, culminando com a construção de fossas adjacentes aos poços sem observação da distância mínima entre obra de captação e disposição de dejetos orgânicos. Os

pontos de água 94 e 98 (Tabela I) destacam esse aspecto, pois a ausência de bactérias demonstra que a contaminação ocorre de forma localizada nos aquíferos devido à presença de ocupação urbana.

Segundo Lewis & Foster (1988), a vulnerabilidade à contaminação microbiana na água subterrânea depende basicamente de três fatores: grau de confinamento do aquífero, espessura da zona não saturada e composição litológica dessa zona. Quanto maior o grau de confinamento, maior a espessura saturada e mais argilosa for a composição litológica da zona saturada, maior será a resistência a contaminação entre a instalação sanitária (fossas sépticas) e o nível da água no aquífero, contribuindo, portanto para atenuação e eliminação de bactérias e vírus. Na área observa-se exatamente o contrário, principalmente para a faixa costeira ocupada pelas dunas/paleodunas, com tipos arenosos, configuração de aquífero livre e pequena zona saturada (normalmente oscilando entre 3,0 e 10,0 m), o que propicia a poluição por germes que migram a partir das fossas, possibilitando a poluição.

Apesar da existência de bactérias do grupo coliforme, não se pode afirmar que ocorra nas águas amostradas a presença de microrganismos patogênicos, devidos talvez, a baixa concentração ou até a inexistência desses germes nos espaços investiga-

Tabela I – Dados bacteriológicos e nitrato das águas dos sistemas aquíferos da área.

Ponto amostrado Nº	Sistema Aquífero	Localidade	Bactéria	Colimetria (NMP/100mL)	Nitrato (mg/L) N-NO ₃ ⁻
142	Dunas	Porto das Dunas	E.C	9	1,26
30	Dunas	Prainha	P.A	93	0,76
98	Dunas	Fonte Iguape	C.T.	Ausência	3,66
147	Dunas	Prainha	E.C	240	24,5
27	Dunas	Porto das Dunas	E.C	23	1,5
94	Dunas	Acqua Ville	C.T.	Ausência	Ausência
26	Dunas	Iguape	C.T.	Ausência	3,66
146	Barreiras	Aquiraz – Sede	E.C	240	11,3
35	Barreiras	Aquiraz – Sede	E.C	23	6,36
143	Barreiras	Tapera	E.C	240	29,9
65	Barreiras	Pau Pombo	C.T.	Ausência	15,43

Fonte: Silva (2000).

Legenda: E.C – *Escherichia coli*; P. A. – *Pseudomonas aeruginosa*; C.T.- coliforme total.

dos. No andamento da pesquisa de campo não foi constatada nenhuma evidência sobre casos de infestação ou doenças típica de germes patogênicos, a exemplo de diarreia, infecção intestinal ou outros problemas entéricos procedentes de água poluída com o referido tipo de microrganismo.

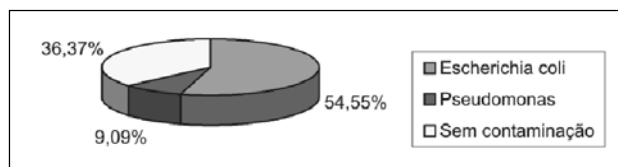


Figura 2 – Configuração dos percentuais de contaminação bacteriológica das amostras coletadas nos pontos de água dos sistemas aquíferos da área.

Os dados da Tabela I e as considerações já abordadas conduzem ao entendimento de que as bactérias indicadoras afetam a potabilidade das águas dos sistemas aquíferos pesquisados, comprometendo as condições de consumo humano das águas que são classificadas como contaminadas ou não potáveis.

Dentro dos problemas gerais que contribuem para alteração da qualidade da água estão incluídos os aspectos hidrogeológicos já abordados, locação do poço e também os fatores de proteção da obra de captação, que consistem da cimentação vertical na faixa de drenagem em torno poço e construção da laje de proteção para impedir a infiltração de efluentes superficiais poluidores.

No quadro geral das bactérias identificadas, observa-se também a presença de *Pseudomonas aeruginosa* como microrganismo de menor incidência no total amostrado. Segundo Pelczar (1981), esse elemento possui um importante papel na transformação do nitrato em nitrogênio gasoso, sendo tal processo chamado de desnitrificação, cuja ocorrência se dá sempre em meios anaeróbicos e saturados com água. Talvez esse fato explique o baixo teor de nitrato no ponto 30 do sistema aquífero Dunas/Paleodunas, numa região densamente povoada e muito suscetível à contaminação.

A presença do nitrato na água subterrânea está relacionada à oxidação da matéria orgânica proveniente de fossas sépticas, bem como de dejetos de animais, ricos em nitrogênio orgânico, os quais são oxidados e transformados em nitratos. No caso específico desse trabalho, os teores de nitrato detectados nos aquíferos da área estão normalmente relacionados à presença de efluentes de esgotos domésticos lançados nos raios de influência das obras de captação.

Conforme a Tabela I, os valores do nitrato detectados para os dois sistemas aquíferos mostram o

Barreiras como o que apresenta maiores concentrações em uma menor quantidade de pontos amostrados, comparativamente ao sistema Dunas/Paleodunas. Além das fossas sépticas, tal fato deve estar associado à influência da matéria orgânica nitrogenada procedente da superfície do terreno, já que nos setores urbanos sobrepostos a esse aquífero existe a disposição de excrementos oriundos da criação de animais e, desta forma, aumentando a possibilidade de produção de nitrato na zona de influência subjacente.

Observa-se que 36,3% das análises indicam águas cujas concentrações de nitrato estão acima dos padrões recomendados, oscilando entre 11,3 a 29,0 mg/L N-NO₃, superiores ao valor máximo permitido de 10 mg/L N-NO₃, segundo a Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde. Este fato serve como alerta em relação aos possíveis problemas para pessoas que venham a ingerir estas águas e contrair doenças de veiculação hídrica, a exemplo da hexaglobinemia ou “doença azul”.

Chapelle (1993) mostra que a existência do nitrato na água subterrânea constitui uma importante questão na saúde pública, sendo que os aspectos mais relevantes destes impactos estão basicamente associados à produção de efluentes de esgotos, a utilização de fertilizantes nitrogenados, aos lançamentos de fezes de animais e resíduos urbanos.

As águas do Sistema Barreiras apresentam as maiores concentrações de nitrato, destacando alguns pontos com valores acima do recomendado para o limite de potabilidade, o que pode estar relacionado com a influência antrópica num maior espaço temporal de ocupação urbana, quando comparado com outras localizações situadas na faixa praianas de instalações mais recentes.

CONCLUSÕES

1. A condição de aquíferos livres e a composição litológica das zonas não saturada/saturada favorecem a contaminação das águas subterrâneas por efluentes domésticos, provenientes da superfície e também de setores adjacentes a entrada de água nos poços pela ausência de cimentação da zona anelar.

2. Em termos bacteriológicos, 54,5% das amostras coletadas se encontram contaminadas com bactérias do grupo coliforme fecal, através de *Escherichia coli*, cuja origem está associada à presença de fossas sépticas. Não existe na área nenhum indício sobre doenças de veiculação hídrica provocadas por esse microrganismo, mas sua presença nas amostras pode comprometer a potabilidade da água.

3. O nitrato está presente em 90,9% das amostras analisadas, sendo que 36,4 % possuem concentrações acima do valor permitido pela OMS, que é de 10 mg/L de N-NO₃, o que caracteriza a poluição dos aquíferos principalmente nos setores atingidos por contaminação bacteriológica.

4. A falta de saneamento básico nas regiões urbanizadas, associada à falta de critérios técnicos de locação e construção de poços, contribui para a contaminação local dos aquíferos. A minimização do problema depende do isolamento da área de influência do poço, através da construção de uma laje de proteção e cimentação vertical de camadas drenantes por onde possa haver infiltração de água contaminada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bianchi, L. & Marques, J. C. S. *Plano de aproveitamento dos recursos hídricos na RMF. Fase I - fatores condicionantes*. AUMEF – SEPLAN/CE, 30 p., Fortaleza, 1984.

Brandão, R. L.; Cavalcante, I. N. & Souza, M. N. *Di-*

agnóstico e os principais problemas de ocupações do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), 88 p., Fortaleza, 1995.

Cavalcante, I. N. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará*. São Paulo-SP. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo, 160 p., 1988.

Chapelle, H. F. *Ground-water microbiology and geochemistry*. John Wiley & Sons, Inc., 384 p., New York, 1993.

Lewis, W. J.; Foster, S. S. D & Drasar, B. S. *Análisis de contaminación de las aguas subterráneas por sistemas de saneamento básico*. CEPIS, 82 p., Lima, 1988.

Pelczar, M.; Reid, R. & Chan, E. C. S. *Microbiologia*. Vol. 2. McGraw-Hill do Brasil, 951 p., São Paulo, 1981.

Silva, J. G. *Hidrogeologia da faixa costeira de Aquiraz-CE*. Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, 90 p., Rio Claro, 2000.