

IMPACTOS CAUSADOS AO AQUIFERO DUNAS PELA AUSÊNCIA DE SANEAMENTO NA ZONA COSTEIRA DE AQUIRAZ, CEARÁ

Karen Vendramini DE ARAÚJO¹
Itabaraci Nazareno CAVALCANTE²
Rafael Mota DE OLIVEIRA³
Mariane Pinto DA SILVA⁴
Inácio Ocinaí de LIMA NETO⁵

¹ Geóloga, Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará (UFC). Geóloga do Depto. de Geologia (DEGEO/UFC). karenvendramini@yahoo.com.br

² Geólogo, Dr. Geociências. Professor Associado na UFC. itabaracicavalcante@gmail.com

³ Geólogo, Mestre em Geologia. rafaelmota20@yahoo.com.br

⁴ Bióloga. Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geologia (UFC). marianepinto@gmail.com

⁵ Geólogo, Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Geologia (UFC). inacioneto20@msn.com

RESUMO. Por toda costa brasileira observa-se o adensamento da ocupação urbana, muitas vezes sem as devidas precauções em relação aos resíduos produzidos pelas atividades antrópicas, principalmente em se tratando dos esgotos domésticos. A falta de saneamento associada ao aumento da ocupação representa um risco para a qualidade dos recursos hídricos. Este estudo foi desenvolvido na zona costeira leste do estado do Ceará com o objetivo de avaliar os impactos causados ao Aquífero Dunas pela ausência de saneamento básico. Foram analisadas amostras de água subterrânea a fim de determinar as concentrações de nitrato, nitrito, cloreto e coliformes. Em 7% das amostras as concentrações de cloreto e nitrato estão acima dos padrões de potabilidade e em 93% foi detectada a presença de coliformes totais ou fecais, indicando comprometimento da qualidade dos recursos hídricos por atividades antrópicas, como a adoção de sistemas precários de saneamento.

Palavras-chave: Aquífero Dunas; Saneamento; Zona Costeira.

ABSTRACT. Impacts caused to Aquifer Dunes for absence of sanitation in Coastal Zone of Aquiraz, Ceará State, Brazil. By the whole Brazilian coast can be observed densification of urban occupation. Many times without proper precautions in respect of waste produced by human activities, especially in the case of domestic sewage. The lack of sanitation associated to the increased occupation represents a risk for the quality of water resources. This study was developed in the east coastal area of Ceara state with the objective of evaluate the impacts caused to the aquifer dunes by the lack of basic sanitation. Groundwater samples were analyzed to determine the concentrations of nitrate, nitrite, chloride and coliforms. In 7% of samples the concentrations of chloride and nitrate are above the potability standards and 93% was detected the presence of total or fecal coliforms, indicating impaired quality of water resources by human activities such as the adoption of poor sanitation systems.

Keywords: Aquifer Dunes; Sanitation; Coastal Zone.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano em muitas regiões costeiras do Brasil tem sido superior ao desenvolvimento da infraestrutura, o que inclui a implantação de sistema de saneamento básico. Isso é observado, em especial, na região nordeste que apresenta baixos índices de saneamento, mas por outro lado uma atividade turística em crescente expansão.

O litoral leste do estado do Ceará possui intensa atividade turística, principalmente, na cidade de Aquiraz, onde existem diversos hotéis, resorts, casas de veraneio e condomínios. No entanto, a região não dispõe de saneamento básico. Logo, o abastecimento é feito apenas por meio da captação

de águas subterrâneas através de poços tubulares ou manuais (cacimbas), e os esgotos são destinados às fossas sépticas e latrinas, compondo o sistema de saneamento *in situ*, muitas vezes implantado de maneira inadequada com manutenção precária ou inexistente.

Em locais onde esse sistema é utilizado o risco de contaminação dos aquíferos por lixiviação de águas residuais é maior do que em locais que dispõem de rede de esgoto. Em zonas costeiras onde predominam aquíferos arenosos, o risco de contaminação é ainda maior devido sua permeabilidade elevada que favorece a percolação de contaminantes, permitindo que atinjam a zona saturada mais facilmente.

O nitrato é um dos contaminantes químicos mais frequentes oriundos do saneamento *in situ*. Geralmente é transportado com a água subterrânea e não sofre completa redução bioquímica para nitrogênio gasoso (N²) (MANOEL FILHO, 2008).

Indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água por resíduos humanos. Tipicamente são utilizados organismos que são encontrados em elevadas concentrações em fezes humanas como, por exemplo coliformes totais e fecais.

A presença destes organismos indica contaminação recente, pois ao serem transportados com a água subterrânea no meio poroso, eles são removidos por filtração e adsorção, dessa maneira seu avanço é limitado. O consumo de águas contaminadas por microrganismos patogênicos pode levar a doenças infecciosas, como a diarreia.

Baseado no exposto, este estudo busca fornecer um diagnóstico da qualidade das águas do Aquífero Dunas na costa leste do estado do Ceará, tomando como base o litoral da cidade de Aquiraz, mais especificamente na localidade do Porto das Dunas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, elaborou-se o cadastro de poços existentes na área a partir do levantamento de dados disponíveis no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2016), do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os dados foram uniformizados e tabelados em planilha, e então processados em programa de Sistema de Informação Geográfica para a análise da distribuição dos poços na área de pesquisa.

Nas etapas de campo foram realizadas a atualização do cadastro de poços, com a inclusão de 27 novos poços, bem como a obtenção *in situ* de nível estático, em 22 poços, e concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) em 32 poços. Também foram coletadas amostras de água subterrânea em 15 poços utilizando garrafas plásticas de 1.000 e 200 ml para as análises físico-químicas e microbiológicas, respectivamente. Após a coleta, as garrafas foram acondicionadas em caixa de material isotérmico contendo cubos de gelo e encaminhadas ao laboratório. Os principais critérios utilizados na seleção dos poços para amostragem foram o uso da água e a distribuição geográfica, buscando a melhor representatividade da área.

A metodologia utilizada nas análises foi baseada no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Os parâmetros físico-químicos analisados foram cloreto e nitrato e

os microbiológicos foram coliformes totais, fecais e bactérias heterotróficas, através do método Membrane filter technique for members of the Coliform Group (APHA, 2012). A avaliação qualitativa das águas subterrâneas foi feita com base nos padrões de potabilidade da Portaria nº 2914 do Ministério da Saúde de 12/12/2011 (BRASIL, 2011).

Os resultados analíticos foram organizados em planilha em função das coordenadas UTM de cada poço amostrado e interpolados através do método de Krigagem (*Geostatistical Analyst*) realizado em programa de Sistema de Informação Geográfica dando origem aos mapas de zoneamento tendencial dos parâmetros analisados.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área possui 9 km² e corresponde à faixa costeira localizada entre a foz o rio Pacoti e o Parque Eólico da Prainha, porção nordeste do município de Aquiraz - CE (Fig. 1).

A ocupação é caracterizada principalmente por empreendimentos turísticos e casas de veraneio, observa-se também a existência de imóveis residenciais, comerciais e alguns sítios, porém, em quantidade bem menor que os primeiros.

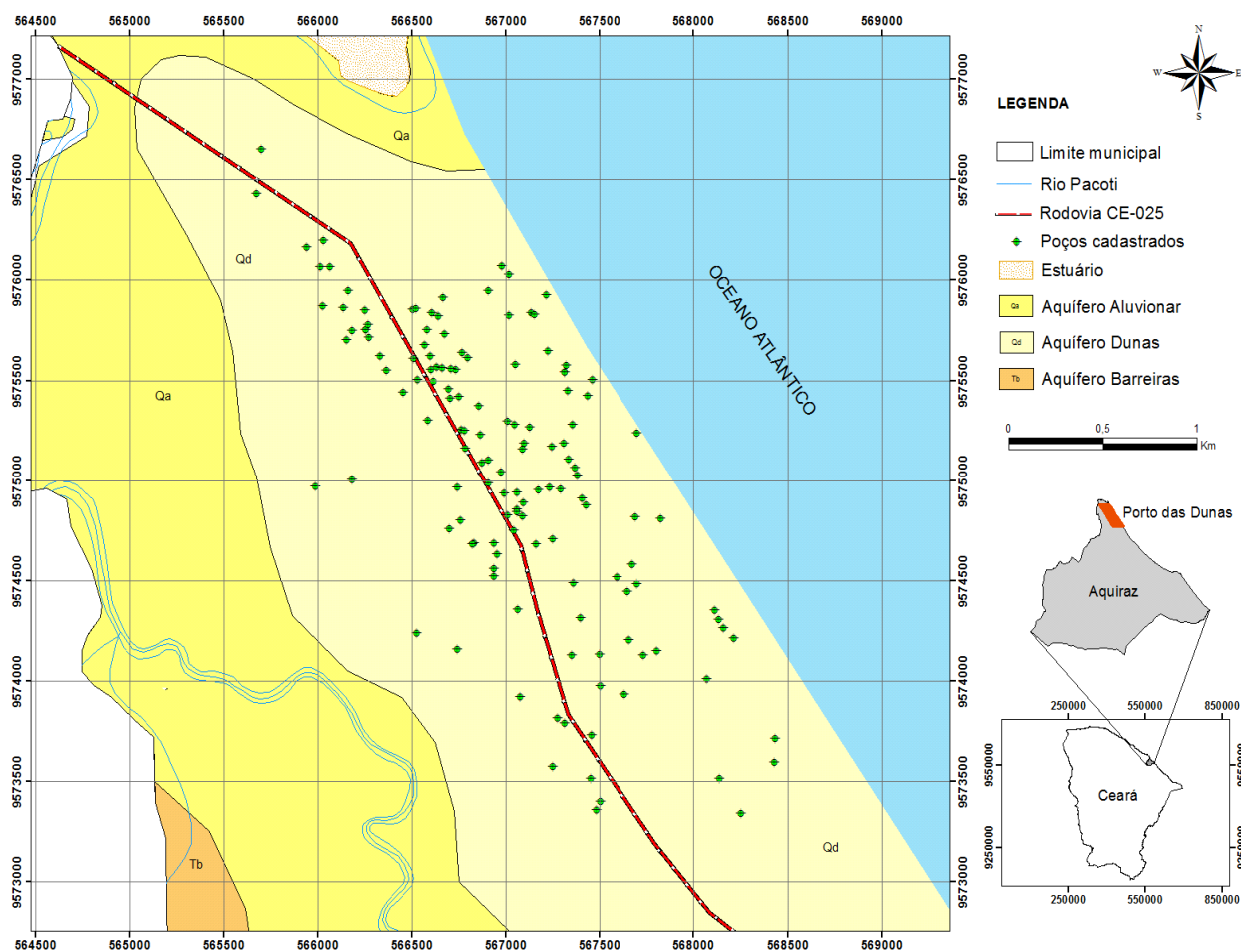
Em 1958 toda a área era coberta por dunas, com ocorrência de vegetação de mangue nas porções norte e oeste, ao longo das margens e próximo ao estuário do Rio Pacoti (Fig. 2). Nos dias atuais cerca de 80% da área anteriormente coberta por dunas encontra-se urbanizada, possuindo arruamentos, habitações, resorts, hotéis, pousadas, estabelecimentos comerciais, entre outros (Fig. 3).

A maior parte dos imóveis possuem fossas. Apenas grandes condomínios, hotéis e resorts, incluindo um parque aquático possuem estações de tratamento de esgotos. Alguns destes estão localizados próximo à faixa de praia.

A ocupação de dunas causa impactos, não somente à qualidade do aquífero, pela contaminação em decorrência das atividades antrópicas, mas também à recarga, tendo em vista que a impermeabilização reduz a infiltração das águas pluviais afetando diretamente a capacidade de recarga do aquífero.

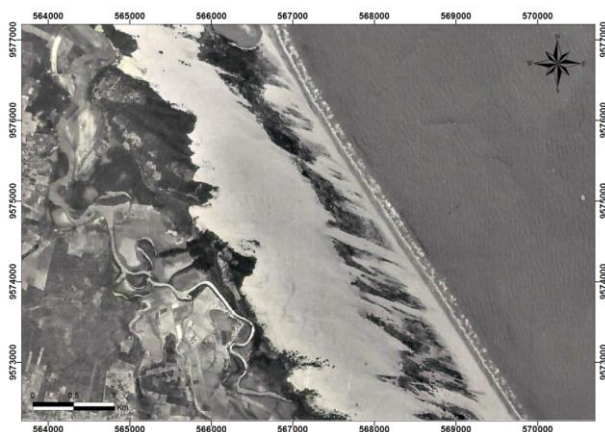
Outro grave problema associado à ocupação de zonas costeiras é a exploração excessiva realizada pelos grandes empreendimentos turísticos, como resorts, hotéis e parques aquáticos, que pode provocar o avanço da cunha salina em direção ao continente, levando a salinização dos poços localizados próximos à costa.

Figura 1. Localização da área de pesquisa e distribuição dos poços cadastrados



Fonte: Adaptado de CPRM (2003).

Figura 2. Área de pesquisa em 1958



Fonte: CPRM (2016).

Figura 3. Área de pesquisa atualmente



Fonte: Google Earth (2016).

Aspectos Hidrogeológicos

O Aquífero Dunas engloba tanto dunas fixas quanto dunas móveis, pois as características litológicas e hidrodinâmicas de ambas são muito semelhantes. Possui dupla função hidrogeológica, como aquífero principal e como aquífero de transferência para os aquíferos sotopostos, a exemplo do Barreiras.

As dunas são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina ou média, dominadas por grãos de quartzo fosco e arredondados e muitas vezes contendo níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita.

Na área apresenta espessuras que variam de 2 a 46 metros, predominando espessuras entre 7 e 16 metros. Os poços apresentam nível estático entre 3 e 32 m e vazões entre 1,5 e 6,7 m³/h, sendo predominante a presença de poços profundos, com profundidades superiores a 50 metros, alcançando, por vezes, o Aquífero Barreiras, sotoposto (Fig. 4).

RESULTADOS

Dos 139 poços cadastrados na área, 93,5% encontram-se em estado ativo de uso; 1,5% desativados/abandonados. A predominância de poços em estado ativo é justificada pela ausência de rede de abastecimento na área.

Com relação ao uso das águas subterrâneas, observou-se que em 68% dos poços as águas são utilizadas apenas para as atividades domésticas e em 17% além das atividades domésticas, também são utilizadas para consumo humano.

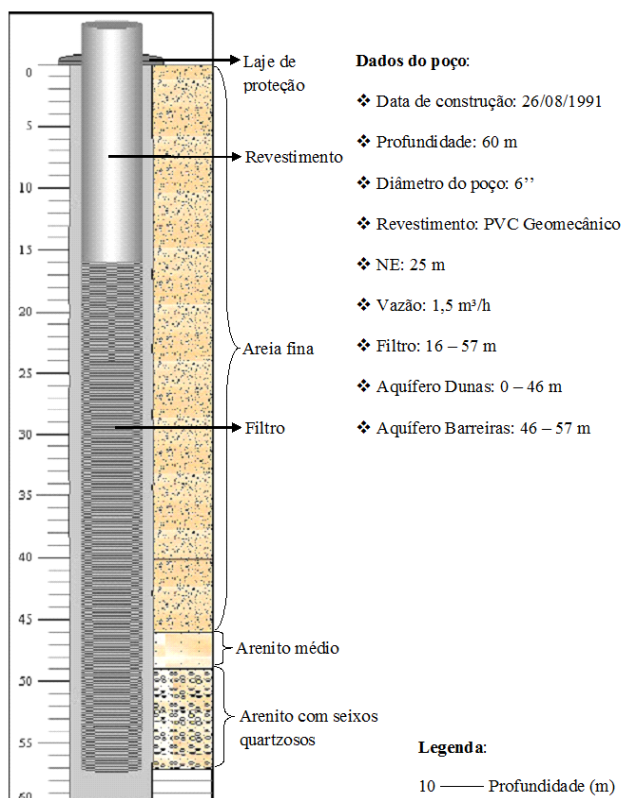
Nível estático

A profundidade em que as águas subterrâneas se encontram, geralmente, reflete o seu nível estático natural, o qual pode ser raso (freático), com profundidade inferior a 15 metros; medianamente profundo com profundidade entre 15 e 30 metros; ou profundo, com profundidade superior a 30 metros (CAVALCANTE; GOMES, 2011).

As profundidades variaram de 2 a 61 metros, com predomínio de medições inferiores a 15 metros. Na Figura 5 observa-se a ocorrência de nível estático raso, ao longo de toda a faixa leste, e de nível mais profundo, na porção oeste, devido a um desnível de aproximadamente 40 metros entre o topo do campo de dunas e a faixa de praia.

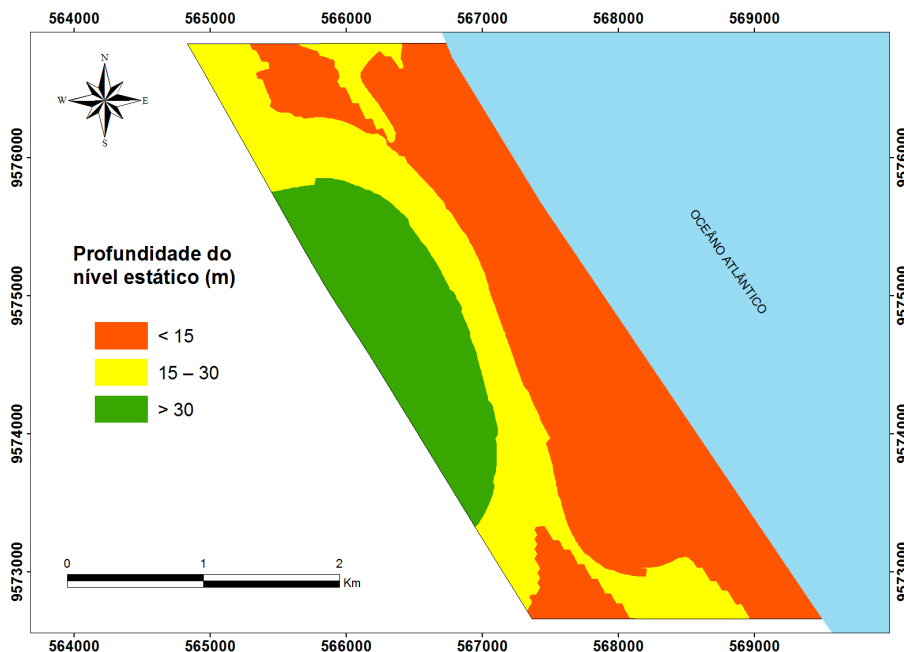
A predominância de poços com nível estático raso na área promove grande preocupação quanto à qualidade das águas subterrâneas captadas, pois estes poços se tornam mais susceptíveis à contaminação tanto por águas superficiais contaminadas quanto por esgotos domésticos.

Figura 4. Perfil construtivo e litológico do poço tubular localizado no Porto das Dunas, Aquiraz, Ceará; Coord.: 9575860mN/566520mE



Fonte: Elaborado a partir dos dados do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS, 2016).

Figura 5. Profundidade do nível estático dos poços cadastrados na área de pesquisa



A porção oeste, mais elevada, constitui a zona predominante de recarga do aquífero e a porção leste, mais baixa, a zona de descarga, esta última estando mais propensa a contaminantes que venham a ser transportados das zonas mais elevadas.

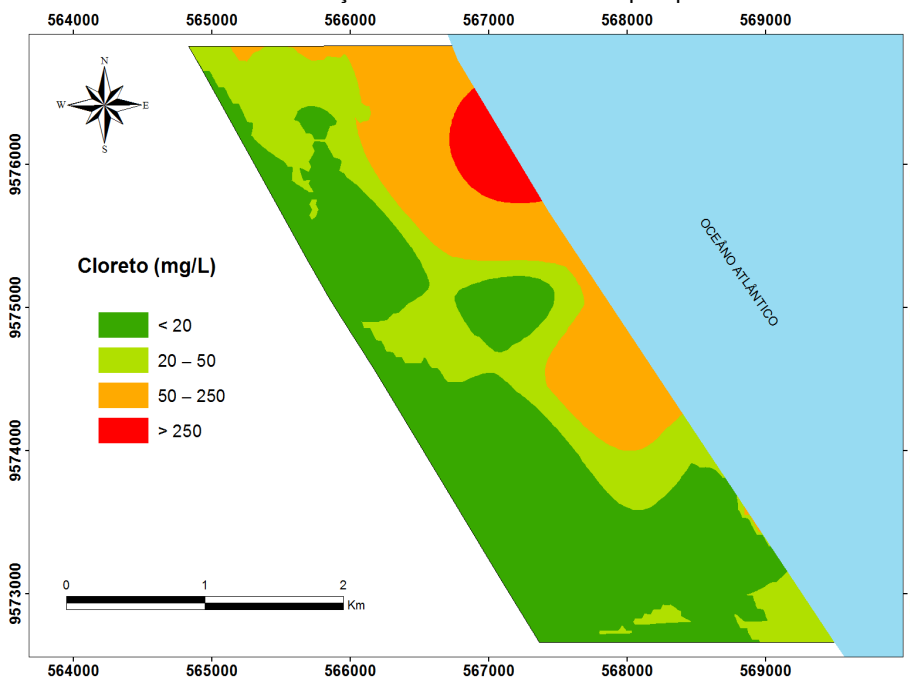
Cloreto e Sólidos Totais Dissolvidos

As concentrações de cloreto nas águas analisadas variaram entre 7,78 e 295,21 mg L⁻¹. Para águas

potáveis, as concentrações não devem ultrapassar 250 mg L⁻¹. Observa-se que os maiores valores ocorrem próximos à costa, chegando a 295,21 mg L⁻¹ (Fig. 6). Essa região corresponde à zona mais habitada da área e conseqüentemente com a maior concentração de fossas domésticas.

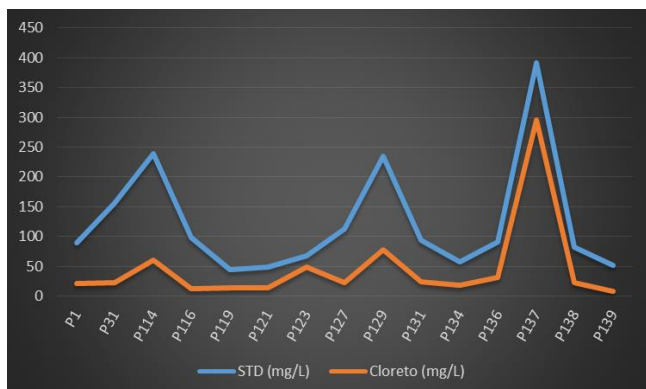
As descargas de esgotos sanitários constituem-se nas principais fontes de cloreto em meio urbano, uma vez que cada pessoa expele através da urina, fezes e suor, cerca de 4g de cloreto por dia (ARGOSS, 2002).

Figura 6. Zoneamento tendencial das concentrações de cloreto na área de pesquisa



A concentração de Sólidos Totais Dissolvidos nas amostras variou de 55,2 a 509,6 mg L⁻¹, estando dentro dos padrões de potabilidade, que estabelece um valor máximo permitido de 1.000 mg L⁻¹. Em geral, as concentrações de cloretos e STD apresentam boa correlação devido à solubilidade elevada do cloreto que promove um aumento nos teores de Sólidos Totais Dissolvidos (Fig. 7).

Figura 7. Correlação entre as concentrações de Sólidos Totais Dissolvidos e Cloreto na área de pesquisa



Nitrato

O nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Por tanto, é um indicativo de contaminação por fontes ricas em compostos orgânicos, como esgotos domésticos.

A concentração máxima permitida em águas potáveis é de 10 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻. Observa-se na figura 8 que os maiores valores ocorrem na porção norte da área, onde foi detectada concentração

duas vezes maior que o máximo permitido para águas potáveis, com 20,87 mg L⁻¹ de N-NO₃⁻.

O excesso de nitrato na água e nos alimentos pode levar a um aumento na incidência de câncer de estômago, devido à produção de nitrosaminas, substâncias carcinogêneas. Crianças com menos de três meses de idade possuem em seu aparelho digestivo bactérias que reduzem nitrato a nitrito, que por sua vez se liga muito fortemente às moléculas de hemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio para as células do organismo. A deficiência de oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração e, em casos mais sérios, à morte por asfixia (metahemoglobinemia).

Coliformes e Bactérias Heterotróficas

De acordo com os padrões de potabilidade vigentes, as águas destinadas ao consumo devem ser isentas de coliformes totais ou fecais, e não devem conter mais de 500 Unidades Formadoras de Colônia (UFC)/mL de bactérias heterotróficas.

Das amostras analisadas, apenas a do poço P119, localizada na porção sul da área, encontra-se dentro dos padrões de potabilidade, estando isenta de coliformes totais ou fecais e contendo apenas 1,0 UFC/mL de bactérias heterotróficas (Tabela 01).

Dentre as amostras que apresentaram contaminação bacteriológica, 14 (93%) possuem coliformes totais com concentrações variando de 8,0 (P127) a > 1.000 UFC/100 mL (P129); 8 (54%) além de coliformes totais, também possuem coliformes fecais em concentrações variando de 2,0 (P137) a > 1.000 UFC/100 mL (P129) e 1 (7%) (P129) possui bactérias heterotróficas em concentração superior a 500 UFC/mL.

Figura 8. Zoneamento tendencial das concentrações de nitrato na área de pesquisa

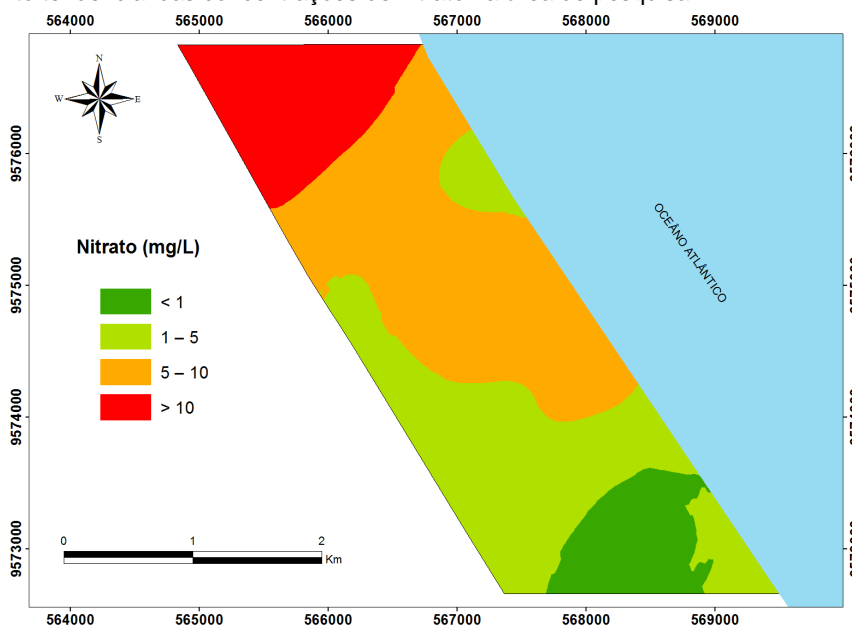


Tabela 1. Parâmetros microbiológicos analisados nas águas subterrâneas da área de pesquisa

Amostra	Coliformes Totais (UFC/100 mL)	Coliformes Fecais (UFC/100 mL)	Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)
P114	16,00	Ausente	4,00
P116	36,00	Ausente	10,00
P119	Ausente	Ausente	1,00
P1	30,00	Ausente	6,00
P31	234,00	14,00	8,00
P121	>200,00	108,00	44,00
P123	256,00	12,00	>200,00
P127	8,00	Ausente	1,00
P129	>1.000,00	>1.000,00	>500,00
P131	360,00	16,00	8,00
P134	>200,00	Ausente	>200,00
P136	16,00	Ausente	>200,00
P137	26,00	2,00	>100,00
P138	38,00	10,00	12,00
P139	>200,00	148,00	16,00

UFC = Unidade Formadora de Colônia.

Os coliformes fecais, subgrupo dos coliformes totais, representados principalmente pela espécie *Escherichia coli*, são indicativos de contaminação por esgotos domésticos, pois, estão restritas ao trato intestinal de animais homeotermos.

A presença de coliformes constitui um importante indicador da existência de microrganismos patogênicos nas águas subterrâneas que, se consumidas sem tratamento prévio podem trazer riscos à saúde.

CONCLUSÕES

A zona costeira de Aquiraz é uma região de turismo intenso, porém sua ocupação ocorreu sem o devido planejamento. A falta de rede de saneamento básico levou a população a buscar outras formas de suprir as demandas de água e disposição de esgotos domésticos, como a construção de poços tubulares e fossas. Muitas vezes, sem seguir as normas técnicas adequadas.

Com base nas análises físico-químicas e microbiológicas realizadas é possível concluir que a ocupação urbana na área está causando impactos ao Aquífero Dunas. As concentrações de nitrato apresentam valores elevados, superiores a 7 mg L⁻¹, em 46% das amostras, chegando a apresentar concentração duas vezes maior que o máximo permitido. O cloreto apresentou concentrações mais baixas, porém, próximo à costa ocorrem valores mais elevados, com concentração acima do máximo permitido.

A presença de coliformes foi detectada em 93% das amostras, o que representa grande risco para a saúde da população que tem nas águas subterrâneas a sua única fonte de abastecimento, utilizando-a para diversos fins, incluindo consumo.

Portanto, recomenda-se a implantação de rede de abastecimento de água e coleta de esgoto na área, bem como um maior controle sobre a construção de poços domésticos, para que estes sejam

construídos de acordo com as normas técnicas. Faz-se necessário também que os grandes empreendimentos da região utilizem de maneira sustentável os recursos hídricos, tendo em vista que o crescimento turístico promove uma demanda cada vez maior desses recursos, o que pode vir a comprometer os aquíferos, tanto em relação à qualidade quanto a disponibilidade hídrica.

REFERÊNCIAS

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington, D.C.: APHA, 2012.

ARGOSS. **Assessing Risk to Groundwater from On-site Sanitation**: Scientific Review and Case Studies. British Geological Survey Commissioned Report, CR/02/079N. 2002.

CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. da C. R. As Águas Subterrâneas do Ceará: ocorrências e Potencialidades. In: MEDEIROS, C. N. DE; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. da (Org.). **Os recursos hídricos do Ceará**: integração, gestão e potencialidades. Fortaleza: IPECE, 2011. Seção III. p. 165-199.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000, Brasil, 2003.

MANOEL FILHO, J. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. (Org.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 3. ed.. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID, 2008. Cap. 05, p. 381-404.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade

da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011.

SIAGAS – SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. **Banco de dados de poços do Ceará**. Disponível em: <<http://www.siagasweb.cprm.gov.br>>. Acesso em: 17 maio 2016.