

ANÁLISE BTEX, TOG E FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA URBANA DA CIDADE DE MOSSORÓ/RN E AS CONDIÇÕES DE APLICABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL

Erbênia Lima de Oliveira¹, Francisco Uberlânio da Silva², Wyllame Carlos Gondim Fernandes³, Regina Célia Pereira Marques⁴

¹Instituto Federal do Ceará, erbenialima@ifce.edu.br

²Universidade Potiguar, uberlanio@gmail.com

³Universidade Feevale, 0232139@feevale.br

⁴Universidade Potiguar, regina.marques@unp.br

RESUMO

A proposta de avaliar as águas subterrâneas por resíduos de postos de Combustíveis no município de Mossoró/RN e sua aplicação na engenharia Civil tem por objetivo propor a troca do uso da água potável, por uma água de menor qualidade encontrada em poços urbanos. Ela é um componente fundamental na produção do concreto, responsável pelas reações de endurecimento e usada na cura, representando 20% de seu volume, portanto, se contiver substâncias danosas em teores acima dos estabelecidos por norma, pode influenciar no seu comportamento e propriedades. Possibilidades do uso de água de qualidade inferior a água potável na construção civil da cidade e para isso foram coletadas três amostras de água de poço em três pontos distintos. Foram determinados TOG, o nível de BTEX, o teor de nitrato, nitrito, amônio, cloreto, alcalinidade, salinidade, dureza, cálcio, magnésio, fosfato e sulfato (ppm). E comparados com a NBR 6118 (2014) bem como foram analisados o nível de hidrocarbonetos aromáticos (BTEX) no solo do município. Os resultados analíticos revelam que a análise BTEX, TOG e físico-química das águas subterrâneas na área urbana e as condições de aplicabilidade na engenharia civil apresentam teores das características analisadas dentro do padrão estabelecido pela NBR 6118 (2014), exceto para o teor de salinidade, isso possibilita que empresas da construção civil utilize uma água de qualidade inferior na sua atividade, apresentando uma alternativa eficiente e econômica no combate à escassez de água, priorizando o uso da água potável para outros fins e com isso a preservação dos mananciais.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas, Postos de combustíveis, TOG, BTEX

1. INTRODUÇÃO

A contaminação das águas subterrâneas gerada pelos postos de combustíveis pode ter sua origem nos tanques de armazenamento que se encontram enterrados no solo sofrendo corrosão ou apresentando vazamentos e com isso os hidrocarbonetos derivados de petróleo contidos nos combustíveis podem permanecer no solo por muito tempo. Nas últimas décadas, com a crescente contaminação das águas superficiais dos meios urbanos, as águas subterrâneas passaram a exercer um importante papel como fonte de abastecimento, constituindo-se em uma grande reserva estratégica de

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

www.conepetro.com.br

água doce do planeta em virtude de sua qualidade e baixo custo de exploração. (ANJOS, 2012).

Algumas das principais fontes potencialmente contaminadoras são: postos de combustíveis, cemitérios, indústrias, aterros sanitários e esgotos. Essas fontes podem poluir a atmosfera, os rios, as águas subterrâneas, entre outros. As águas subterrâneas geralmente possuem ótima qualidade para consumo humano, principalmente em depósitos arenosos. (IRITANI, et al, 2012).

Yamada (2004) considera que os tanques de armazenamentos subterrâneos representam um grande risco, pois podem ocasionar vazamentos, originando plumas de contaminação, que penetram no solo e atingem o lençol freático.

O Ministério do Meio Ambiente (2007) destaca que apesar de dois terços da superfície da Terra ser coberta por água, menos de 1% dessa água é doce, sendo o restante impróprio para consumo ou o custo para sua exploração é fator limitante.

A contaminação de águas subterrâneas por derivados de petróleo tem merecido atenção cada vez mais intensa nos meios acadêmicos e empresariais no Brasil, após ter-se revelado um dos mais graves problemas ambientais em países mais industrializados como a Alemanha, a Inglaterra e, principalmente, os Estados Unidos. Um dos maiores problemas de contaminação da água subterrânea é atribuído aos hidrocarbonetos mono aromáticos, que são os constituintes mais solúveis e mais móveis da fração da gasolina, coletivamente designado por BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), estes compostos são os indicadores específicos usados para se caracterizar a contaminação de áreas por gasolina para a série C6 e C 8 (SILVA, 2002).

2. METODOLOGIA

Área de estudo

As amostras foram coletadas nos seguintes pontos: Amostra 01 (C-1) localizada no bairro Nova Betânia, Amostra 02 (C-2) localizada no centro da cidade e a Amostra 03 (C-3) localizada no bairro Alto de São Manoel, cujas coordenadas geográficas são respectivamente, 5°10'33'' de latitude sul e 37°22'12'' de longitude oeste, 5°11'09'' de latitude sul e 37°20'29'' de longitude oeste, 5°12'33'' de latitude sul e 37°20'47'' de longitude oeste.

Análise do teor de óleo e graxa (TOG)

Para a análise do TOG foi utilizado o procedimento Espectrometria de fluorescência UV, no laboratório de química da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Esta análise apresenta um resultado imediato das amostras de águas oleosas sintéticas, através de extração com n-hexano (MANUAL TURNER DESIGNS, 1997). Uma alíquota de 90 ml de água oleosa foi agitada vigorosamente a 10 ml de n-hexano. A fase orgânica, onde estão os óleos e graxas, foi analisada. As medidas no fluorímetro Turner Designs, modelo TD-360 foram realizadas em microcubetas, previamente rinsadas com n-hexano e em seguida com a fase orgânica. A cubeta contendo a solução orgânica foi colocada no compartimento do fluorímetro, onde o valor de sua concentração em ppm foi obtido imediatamente. A curva de calibração é composta de 2 pontos: um referente ao solvente puro n-hexano (branco) e outro referente à concentração tida como máxima da curva (225 ppm).

Análise de nível de hidrocarbonetos aromáticos (BTEX)

As amostras analisadas foram recolhidas em pontos próximos aos postos de combustível. Todas as amostras foram analisadas em triplicata analisadas no laboratório da Universidade Potiguar.

Foi preparada uma solução padrão para ser utilizar como referência nas análises das amostras. Para os padrões, foram preparados separadamente 25 mL de uma solução padrão estoque de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos em metanol.

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em frasco âmbar e mantidas sob refrigeração. A técnica de pré-concentração utilizada para aumentar o limite de detecção de BTEX foi Headspace (HELENO et al., 2010). O volume injetado de amostra é de 2 μ L. O software ChemStation foi utilizado na aquisição e processamento dos dados. A concentração da amostra foi calculada por interpolação na equação da curva analítica de calibração.

Análises físico-química

As análises dos índices físicos químicos das águas coletadas, foram realizadas conforme suas respectivas características.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisar o teor de óleo e graxa (TOG) das águas subterrâneas do município e o nível de hidrocarbonetos aromáticos (BTEX)

Os resultados obtidos demonstram que a concentração de TOG se encontra em níveis baixos nos três pontos de coleta, apresentando valores médios de 0,4mg/l para o ponto C-3 no bairro São Manoel, UFERSA; 0,01mg/l para o ponto do C-2 no centro, Rebouças e 0,3mg/l para o ponto C-1 no bairro Nova Betânia, UnP. Verificando-se que todos os resultados estão em acordo com a Resolução do CONAMA 273/2003 que normaliza a qualidade da água subterrânea. Os dados sugerem que os tipos de solo predominantes como o cambissolo eutrófico, que possui alto nível de fertilidade, textura de argila e drenagem de boa a moderada; a rendzina, semelhante ao cambissolo, mas com drenagem moderada a imperfeita, possam ter retido os combustíveis em caso de perfuração dos tanques. Outra possibilidade é que caso o solo não tenha retido algum vazamento que possa ter ocorrido nos tanques, possa de ocorrido a remediação *in situ* dos hidrocarbonetos dos derivados do petróleo.

As concentrações de BTEX encontradas nas águas subterrâneas coletadas nos três pontos foram baixas e encontram-se na faixa de 0,15 a 0,6 µg l-1, sendo que todas as amostras coletadas apresentaram valores inferiores aos limites permitidos pela Resolução CONAMA 396/2008, podendo ser considerado possível o consumo dessa água pela população. Vale ressaltar que as amostragens foram realizadas em período chuvoso o que implica no aumento do volume de água no lençol freático, podendo explicar o fato de que nas amostras coletadas a concentração de BTEX encontrada não foi possível quantificar. Quase todos os hidrocarbonetos de petróleo são biodegradáveis sob condições aeróbicas e o oxigênio atua como um co-substrato que pode iniciar o mecanismo de biodegradação, desta forma valores mínimos de oxigênio dissolvido (OD) na água subterrânea explicariam possíveis atenuações naturais destes compostos orgânicos.

Em relação aos contaminantes quantificados, que apresentaram concentrações inferiores aos limites de Prevenção Residencial do CONAMA 420, foram detectados quase todos os compostos que estão presentes na composição da gasolina C e óleo diesel, apresentada por PENNER (2000) e KAIPPER (2003). A Tabela 01 apresenta todos os

resultados analisados.

Tabela 01- Tabela dos resultados das análises da composição dos compostos aromáticos

COMPOSTOS	P1	P2	P3	Prevenção	Investigação
BTEX	mg.Kg⁻¹				
Benzeno	4,503	1,98	1,164	0,03	0,08
Tolueno	5,348	8,488	0,238	0,14	40
Etilbenzeno	6,439	3,128	< LQ	6,2	30
Xilenos	2,908	10,078	0,632	0,13	30
HPA	mg.Kg⁻¹				
Antraceno	0,19	< LQ	0,13	0,039	-
Benzo(a)antraceno	< LQ	< LQ	< LQ	0,025	20
Benzo(k)fluoranteno	< LQ	< LQ	0,06	0,38	-
Benzo(g,h,i)pirileno	< LQ	0,02	0,02	0,57	-
Benzo(a)pireno	0,09	< LQ	< LQ	0,052	1,5
Criseno	< LQ	< LQ	< LQ	8,1	-
Dibenzo(a,h)antraceno	< LQ	< LQ	< LQ	0,08	0,6
Fenantreno	0,21	0,08	0,1	3,3	40
Fluoranteno	79,27	< LQ	0,15	-	-
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	< LQ	< LQ	< LQ	0,031	25
Naftaleno	< LQ	0,05	0,42	0,12	60

O pesquisador Kaipper (2003) em seu estudo observou que os hidrocarbonetos monos aromáticos estão presentes em maior quantidade, em relação aos poli aromáticos, tanto no diesel, como na gasolina comerciais brasileiros. O óleo diesel estudado por Kaipper apresentou aproximadamente 17,7% monos aromáticos e 7,1% policíclicos aromáticos.

As altas concentrações de benzeno observadas nos três pontos podem ter ocorrido pela possível condição de vazamentos de grandes quantidades de combustíveis.

Uma observação importante em relação aos resultados é o fato de encontrar no solo os contaminantes BTEX e não nas águas subterrâneas, o que pode indicar duas possibilidades: a 1ª seria que o tipo de solo estudado poderia absorver os contaminantes e dificultar sua penetração, a segunda seria que microrganismos indígenas poderiam realizar a biodegradação *in situ* dos mesmos.

Para tentar responder a 1ª possibilidade, foi determinado o coeficiente de infiltração dos solos através de testes de absorção determinados previamente *in loco*. Em cada ponto, foi cavado uma cova cúbica de 0,30x0,30x0,30m (comprimento, largura e profundidade), as covas foram completadas com água e mantidas cheias por 4 horas. Após um intervalo de espera para que a

água infiltrasse totalmente após as 4 h, as covas foram cheias novamente até a altura de 15 cm e cronometrado o tempo de rebaixamento de 15 para 14 cm. Este experimento foi repetido 5,0 (cinco) vezes.

A NBR 7229 (1993), apresenta faixas de variação de coeficientes de infiltração de acordo com a constituição provável dos solos e no caso dos solos testados o Coeficiente de Infiltração (l/m².dia) foi de 22, indicado a faixa 2 de classificação, o que representa uma infiltração baixa. Para testar a 2ª possibilidade, microrganismos foram isolados dos solos nos pontos de coleta e os mesmos foram colocados em meio mínimo mineral e com água sintética. Houve crescimento bacteriano, indicando que estes microrganismos são capazes de usar os carbonos da água sintética como única fonte de energia, contudo, estes dados são preliminares e não serão apresentados.

Análise físico-química e viabilidade para uso da água subterrânea para a construção civil.

De acordo com a análise química das características avaliadas no quadro 3.5, como relação se sódio trocável (RST), nitrato, nitrito, amônia, nitrogênio total (N total), cloreto, alcalinidade, salinidade, dureza, cálcio, magnésio, fosfato e sulfato (ppm), mostraram-se baixo. Evidenciando o uso de água potável na construção civil. A tabela 2 mostra os resultados das análises dos parâmetros químicos da qualidade da água subterrânea de três setores onde foram feitas as coletas das amostras.

Tabela 02. Resultado das análises dos parâmetros químicos da qualidade da água subterrânea de três setores onde foram feitas as coletas das amostras. Mossoró-RN, UnP, 2015.

Características avaliadas	Amostra 1 Oeste (Unp)	Amostra 2 Centro (Rebouças)	Amostra 3 Leste (Ufersa)
RST (ppm)	416	924	716
Nitrato (ppm)	12, 182	61, 354	64, 075
Nitrito (ppm)	0, 002	0, 0259	0, 227
Amônia (ppm)	0, 022	0, 0197	0, 143
N total (ppm)	16, 730	62, 928	71, 721
Cloreto (ppm)	84	266	126
Alcalinidade (ppm)	87	158	138
Salinidade (ppm)	138, 43	438,37	207,65
Dureza (ppm)	171, 972	273, 132	384, 400
Cálcio (ppm)	12, 825	14, 430	16, 030
Magnésio (ppm)	2,9	4, 86	7,78
Fosfato (ppm)	0, 0316	0, 040	0, 0306
Sulfato (ppm)	9,13	184,77	55,83

Conforme a análise química verificou-se um comportamento quadrático, atingindo um valor máximo da quantidade de íons de cloreto, na amostra C-2, com 266 ppm. A amostra C-1 apresentou uma menor quantidade de cloreto, com 84 ppm e a amostra C-3 apresentou 126 ppm de cloreto presente na água.

CONCLUSÃO

Diante da crise hídrica em que o Brasil está vivendo é de suma importância à reutilização de água ou o uso de água subterrânea de qualidade inferior à água potável, para atividades de construção civil, proporcionando uma economia e uma gestão ambiental.

Os resultados deste estudo forneceram um indicativo das características: teor de óleo e graxa (TOG), benzeno, tolueno, etileno e xileno (BTEX), análise da composição dos compostos aromáticos no solo assim como uma análise físico-químicas das águas subterrâneas do município de Mossoró e a utilização na construção civil onde constatou-se que as altas concentrações de benzeno observadas nos três pontos podem ter ocorrido pela possível condição de vazamentos de grandes quantidades de combustíveis.

A concentração de sais minerais, cloretos teor de graxas e óleos presente nas águas subterrâneas não foram significantes para influenciar a resistência do concreto a compressão (F_{ck}), onde as características dos mesmos foram semelhantes aos concretos confeccionados com o uso da água tratada, sendo, portanto, satisfatória a sua resistência aos 28 dias de cura.

Por fim, em respeito ao meio ambiente, pode-se fazer uso das águas subterrâneas após a análise e classificação das mesmas, destinando-as a atividades da construção civil, sendo uma alternativa eficiente e econômica no combate à escassez de água.

REFERÊNCIAS

- ANA - **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: Acesso em 04 de agosto de 2015.
- ANP, Associação Nacional do Petróleo – <http://www.anp.gov.br>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Projeto de Estruturas de concreto- Procedimento**, NBR 6118, ABNT, Rio de Janeiro, 170 p, 2014.
- ANJOS, R. BATISTA. **Avaliação de HPA e BTEX no slo e água subterrânea, em posto de revenda de combustíveis: Estudo de caso na cidade de Natal-RN**. Pr. 2012. 2 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo PPGCEP) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Pr, 2012.
- CONAMA/273, Conselho Nacional do Meio Ambiente – <http://www.mma.gov.br/conama>
- HELENO, F. F.; LIMA, A. C.; AFONSO, R. J. C. F.; COUTRIM, M. X. Otimização e validação de métodos analíticos para determinação de BTEX em água utilizando extração por headspace e microextração em fase sólida, Química Nova, v. 33, n. 2, p. 329 - 336, 2010.

- IRITANI, Mara Akie; Ezaki, Sibebe I4a As águas subterrâneas do Estado de São Paulo/Mara Akie Iritani, Sibebe Ezaki. – São Paulo : Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA, 2012. 104p.: il. Color.; 23cm. 3a edição
- KAIPPER, B. I A. Influência do etanol na solubilidade de Hidrocarbonetos aromáticos em aquíferos contaminados por Óleo Diesel, 2003. Universidade Federal de Santa Catarina.
- LORA, Electos. **Prevenção e controle da poluição no setor energético industrial de transporte.** Brasília: ANEEL, 2000.
- MAPA EXPLORATÓRIO-RECONHECIMENTO DE SOLOS DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ, RN». Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1971. Arquivado desde o original (PDF) em 15 de junho de 2014. Consultado em 15 de outubro de 2016.
- OLIVEIRA, M.; MAIA, C.E. **Qualidade físico-química da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.1, p.17-21, 1998.
- OLIVEIRA, E. Contaminação de Aquíferos por Hidrocarbonetos Provenientes de Vazamentos de Tanques de Armazenamento Subterrâneo. 1992. 112 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação: Recursos Minerais e Hidrogeologia – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo.
- PENNER, G.C. **Estudos laboratoriais da contaminação do solo por Gasolina com o Uso de detector de Fotoionização.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos , Universidade de São Paulo, 2000.
- PETROBRÁS – PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. Ficha de Informação de segurança de produto químico – FISPQ. 2011.
- REBOUÇAS, A. C. (1999). Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. (orgs) **Águas doces no Brasil** – Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Ed. Escrituras.
- REZENDE, D. et al. **Avaliação da qualidade da água de diferentes fontes em propriedades rurais na região de Maringá, Paraná, Brasil.** In SIMPÓSIO AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, I, 2010, Campo Mourão – PR, **Anais.** Campo Mourão: UTFPR, Departamento de Engenharia Ambiental, 2010, p. II – IV.
- ROCHA, Aristotelina Pereira Barreto. **Expansão urbana de Mossoró (período de 1980 a 2004): geografia dinâmica e reestruturação do território.** Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005.
- SÁNCHEZ, L.E. A desativação de empreendimentos industriais: um estudo sobre o passivo ambiental. São Paulo, 1998. 178p. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SILVA, Turíbio José da. **Predicción de la vida útil de forjados unidireccionales de hormigón mediante modelos matemáticos de deterioro.** 1998. 290f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola técnica superior d'enginyers de Camins, Universidade Politècnica da Catalunya, Barcelona, 1998.
- SILVA, R. L. B. Contaminação de poços rasos no bairro Brisamar, Itaguai, RJ por derramamento de gasolina: Concentração de BTEX e avaliação da qualidade da água consumida pela população. 2002. 182f. Tese (Doutorado em ciências na Área de saúde Pública), Departametno de Saneamento Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- TÁVORA JR, José Lamartine. Gestão Ambiental. Apostila para Mestrado Acadêmico – Recife, 2003.
- TOMÉ JR., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997.
- YAMADA, D.T. Caracterização Geológico-Geotécnica Aplicada à Instalação de Postos de Combustíveis em Rio Claro – SP. Curso de Pós Graduação em Geociências – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE) – Universidade Estadual Paulista – Rio Claro – SP – 2004.