

IV-095 - ANÁLISE HIDROGEOLÓGICA DAS POSSÍVEIS CONTAMINAÇÕES POR BTEX NO LENÇOL FREÁTICO OCASIONADAS POR POSTO DE COMBUSTÍVEL EM BELÉM-PA

Josiane Alves Coutinho⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Feral do Pará (UFPA).

Bárbara Marcela Gomes de Oliveira⁽²⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Feral do Pará (UFPA).

Cleiton Alves Freitas⁽³⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal do Pará (UFPA).

Endereço⁽¹⁾: Rua Ronaldo Barata, 20 – Parque Verde – Belém - PA- CEP: 66633730- Brasil - Tel: (91) 980874816- e-mail: josianecoutinho93@gmail.com

RESUMO

Com o grande avanço tecnológico atual é muito difícil não fazer uso de algum material ou composto derivado do petróleo, o mesmo se mostrou essencial para o desenvolvimento humano, com bons retornos à tecnologia e principalmente a economia. Infelizmente, esse crescimento no consumo desses derivados não foi acompanhado pela preocupação e preservação do meio ambiente, principalmente do nosso maior bem: a água. Atualmente, com a poluição e/ou contaminação dos corpos hídricos em todo o mundo a alternativa encontrada está sendo a utilização da água subterrânea para consumo humano. Entretanto, a situação é tão drástica que até as águas subterrâneas estão sendo contaminadas principalmente pelos derivados de petróleo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o contexto da contaminação de BTEX, compostos advindos de petróleo presentes nos combustíveis, ocasionada por vazamentos no Tanque de Armazenamento Subterrâneo de um posto de gasolina no aquífero em um Bairro de Belém-PA. Para isso foi feita a caracterização Hidrogeológica da área de estudo, assim como a análise da qualidade da água do aquífero nas residências atingidas pelo vazamento, estas análises foram feitas com o auxílio do Instituto Evandro Chagas de Belém, e por fim avaliação dos efeitos dos contaminantes sobre a população local.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação de Aquíferos, BTEX, Caracterização, Hidrogeológica.

INTRODUÇÃO

Grande parte dos postos de combustíveis retalhistas antigos possuem tanques de aço sem revestimento, que com o tempo e por consequência do processo de oxidação, acabam corroendo e consequentemente contaminando o lençol freático e o solo por substâncias derivadas do petróleo. O solo contaminado pelas substâncias derivadas de hidrocarboneto é considerado um dos maiores potenciais de risco para a qualidade das águas dos aquíferos, devido à formação das várias fases desse produto, quando em contato com o solo. Além disso, a fase vapor da gasolina pode causar explosões e incêndios em construções subterrâneas vizinhas ao vazamento. (SANDRES, 2004).

Os compostos Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX), mesmo em pequenas concentrações são extremamente tóxicos à saúde humana, apresentando toxicidade crônica e podendo levar a lesões do sistema nervoso central. O benzeno é reconhecidamente o mais tóxico deles, pois se trata de uma substância comprovadamente cancerígena (podendo causar leucemia, ou seja, câncer dos tecidos que formam os linfócitos do sangue). E uma exposição excessiva ou ingestão pode levar o indivíduo a óbito. Por isso a grande preocupação com o tema em questão, que se agrava com o fato de o local onde o estudo foi realizado não dispor de água proveniente da concessionária e a população ter como única forma de abastecimento a água subterrânea.

Assim sendo, o presente trabalho teve como objetivo fazer uma caracterização atual da qualidade da água, através de análises laboratoriais de amostras coletadas de poços adjacentes ao posto de combustível localizado no bairro do Parque Verde na região metropolitana de Belém- PA , com o intuito de verificar se ainda há uma

concentração significativa de BTEX, fazer um breve estudo hidrogeológico para uma melhor compreensão do comportamento da pluma de contaminação, avaliar os efeitos dos contaminantes sobre a população local.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Belém (PA) está situada na zona equatorial, às margens da Baía do Guajará e Rio Guamá, distante 120 quilômetros do Oceano Atlântico no estuário do Rio Pará, com coordenadas de latitude 01°26'S e longitude 48°26'W, uma área territorial de 1.059,406 km² e 1.393.399 habitantes, de acordo com o censo de 2010 (IBGE, 2014).

No município, a topografia é pouco variável e baixa, atingindo 25 metros na ilha de Mosqueiro, ponto de altitude máxima. Na área urbana da cidade de Belém, grandes áreas estão abaixo da cota de 4 metros, sofrendo influência das marés altas e tendo dificuldade no escoamento das águas da chuva. O clima é quente e úmido, a temperatura média é de 25°C em fevereiro e 26°C em novembro. A cidade encontra-se na zona climática Af (classificação de Köppen), que representa um clima equatorial chuvoso ou de floresta equatorial, caracterizado por sua grande precipitação anual acumulada, em média acima de 2.000 mm, e por não ter praticamente, um período de seca (Cerqueira, 2006).

A área de estudo localiza-se na Rodovia Augusto Montenegro, no Bairro Parque Verde da cidade de Belém. Esse bairro possui uma área de aproximadamente 509,68 ha (hectares), onde foram escolhidos 5 (cinco) poços próximos ao posto de combustível para realizar análise da água, conforme a Figura 1.



Figura 1: Localização dos Poços

O bairro é dividido por duas Bacias Hidrográficas: a Bacia do Paracuri e a Bacia do Mata Fome, e abastecido pelo principal aquífero da região, o Pirabas.

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA ÁREA DE ESTUDO

O solo da área de estudo apresenta um perfil predominantemente de silto argiloso variado (amarelo, marrom e avermelhado), com fragmentos de rocha alterada e em menor quantidade aterro composto por argila arenosa e entulho, conforme ilustrado na figura 2 e tabela 1.

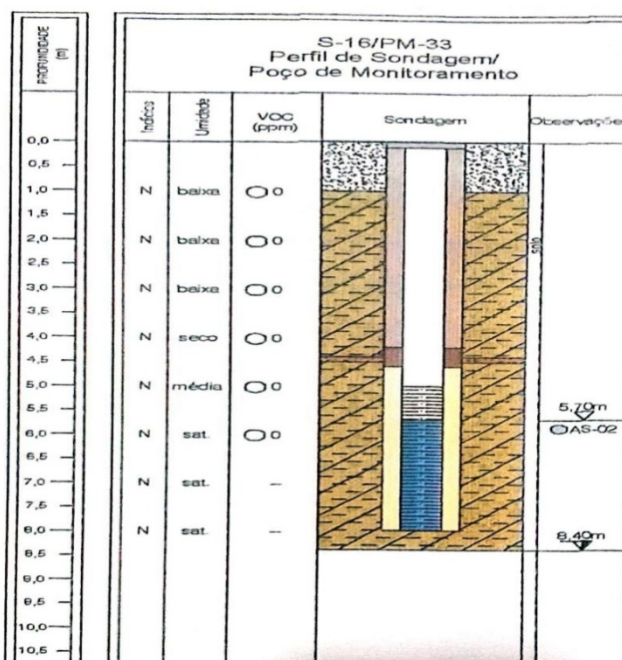


Figura 2: Perfil Geológico do Poço de Monitoramento da Área

Tabela 1: Dados Litológicos de acordo com a profundidade em metros

De (m)	Até (m)	Descrição Litológica
0	1	Aterro composto por argila arenosa e entulho
1	7,70	Solo de alteração Silto argiloso variado

É importante salientar que foram coletados dados dos poços, onde posteriormente será utilizado para calcular a velocidade do fluido:

Tabela 2: Dados dos Poços de Coleta

POÇOS	PROFUNDIDADE	PERFILAGEM	ESPESSURA (cm)	DIÂMETRO (cm)	NÍVEL D'ÁGUA (m)
01	18	Fechado	-	-	5,95
02	-	Aberto	10	139	5,80
03	8	Aberto	8	150	6,17
04	-	Fechado	-	-	--
05	18	Fechado	-	-	-

MATERIAIS E MÉTODOS

CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA

Em 1956, Darcy formulou a primeira teoria referente ao fluxo das águas subterrâneas e mostrou que o escoamento da água através de uma coluna de areia saturada é proporcional a diferença de carga hidráulica nos extremos da coluna, proporcional à seção transversal da área do filtro e inversamente proporcional ao comprimento da coluna. Lei de Darcy:

$$Q = K \times A \times \frac{(h_1 - h_2)}{L} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

K = condutividade hidráulica (L/T);

A = área transversal do cilindro (L²);

h_1 = carga hidráulica do piezômetro 1 (L);
 h_2 = carga hidráulica do piezômetro 2 (L);
 L = distância entre os piezômetros (L).

O coeficiente de proporcionalidade K que aparece na lei de Darcy pode ser chamado de condutividade hidráulica e leva em conta as características do meio, incluindo porosidade, tamanho, distribuição, forma e arranjo das partículas, e as características do fluido que está escoando (viscosidade e massa específica). A condutividade pode ser expressa em função dos parâmetros do meio e do fluido.

$$K = \frac{k \times g}{\nu} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

K = condutividade hidráulica (L/T);
 k = permeabilidade intrínseca do meio poroso (L²);
 ν = viscosidade cinemática (L²/T);
 g = aceleração da gravidade (L/T²).

Em solos saturados a condutividade hidráulica pode ser obtida por métodos diretos ou indiretos. Nos métodos diretos a condutividade hidráulica é medida em laboratório ou em campo (*in situ*). Nos métodos indiretos a condutividade hidráulica é determinada por intermédio de fórmulas.

Tabela 3: Classificação dos Solos de acordo com a sua Condutividade Hidráulica

MATERIAL	PERMEABILIDADE INTRÍNSECA (cm ²)	CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA (cm/s)
Argila	$10^{-14} - 10^{-11}$	$10^{-9} - 10^{-6}$
Silte; silte arenoso	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia argilosa	$10^{-11} - 10^{-9}$	$10^{-6} - 10^{-4}$
Areia siltosa; areia fina	$10^{-10} - 10^{-8}$	$10^{-5} - 10^{-3}$
Areia bem distribuída	$10^{-8} - 10^{-6}$	$10^{-3} - 10^{-1}$
Cascalho bem distribuído	$10^{-7} - 10^{-5}$	$10^{-2} - 10^0$

Fonte: CPRM (2ª edição, ano 2000)

No caso de camadas horizontais equivalentes é obtida pela média ponderada das condutividades, onde o fator de ponderação é a espessura da camada.

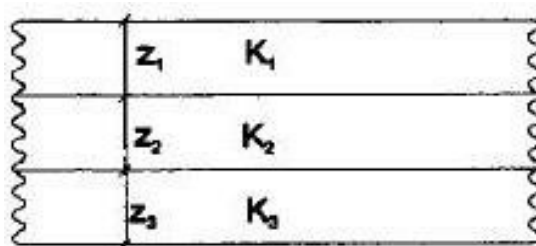


Figura 3: Camadas Equivalentes

$$K_x = \frac{K_1 Z_1 + K_2 Z_2 + K_3 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \quad (\text{Equação 3})$$

A condutividade horizontal equivalente é obtida pela média ponderada das condutividades, onde o fator de ponderação é a espessura da camada. Levando em consideração que o solo na zona saturada, próximo à

área do posto de combustível, apresenta apenas solo de alteração Silto Argiloso e comparando com os dados da Tabela 3, a condutividade hidráulica (K) é aproximadamente 10^{-4} cm/s.

MECANISMO DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

Os BTEX presentes na gasolina apresentam as seguintes características: densidade e viscosidade menor que a da água, baixa solubilidade em água no estado original e alta pressão de vapor, pois são voláteis nas condições atmosféricas.

Em um vazamento de tanque de combustível, os hidrocarbonetos podem ser encontrados em diferentes regiões do solo e em fases distintas. No estudo em questão será de interesse apenas a fase Dissolvida, pois refere-se à zona saturada do solo.

A fase dissolvida é conhecida como a pluma de contaminantes, pois esta é constituída por aditivos polares e fração emulsionada de carbonetos onde estes encontram-se dissolvidos. Esta fase é catalisada por ambiente mais oxigenado e com pH baixo.

O mecanismo de transferência de massa dos contaminantes do solo entre essas fases é a dispersão. A dispersão é o mecanismo de transferência de massa responsável pela diminuição de contaminantes no fluido que escoar através do meio, podendo ocorrer dois processos: dispersão hidrodinâmica (ou mecânica) e difusão molecular.

A dispersão hidrodinâmica ocorre devido à seletividade imposta pelos poros do solo à passagem dos hidrocarbonetos mais viscosos. Já a difusão molecular decorre da existência de um gradiente de concentração, onde a substância nociva migra da região mais concentrada para a de menor concentração.

A predominância da dispersão hidrodinâmica ou da difusão molecular em um processo de contaminação está diretamente ligada à velocidade com que o fluido percola o solo, ou seja, o espalhamento de contaminantes. Se a velocidade foi abaixo de $1,6 \times 10^{-10}$ m/s o mecanismo predominante é a difusão molecular, se for mais elevada predomina a dispersão mecânica.

A velocidade de percolação do fluido no solo pode ser calculada através da chamada velocidade de Darcy ou Velocidade Aparente:

$$q = K \times \frac{\Delta h}{L} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

q = velocidade de Darcy ou Velocidade Aparente (m/dia)

K = condutividade hidráulica

Δh = variação de altura (m)

L = comprimento (m)

Contudo, este parâmetro q não representa a velocidade real do fluxo. Logo, a velocidade real pode ser calculada através da seguinte equação:

$$v = \frac{q}{\eta} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

v = velocidade real (m/dia)

q = velocidade aparente (m/dia)

η = porosidade

Vale citar que o valor da porosidade pode ser determinado através da tabela 4, sendo que o valor varia dependendo do tipo do material do aquífero.

Tabela 4: Porosidade de alguns materiais

MATRIZ DO AQUÍFERO	POROSIDADE EFETIVA
Argila	0,01 – 0,2
Argila arenosa	0,03 – 0,2
Silte	0,01 – 0,3
Areia fina	0,01 – 0,3
Areia média	0,15 – 0,3
Areia grossa	0,2 – 0,35
Cascalho fino	0,15 – 0,25
Cascalho grosso	0,1 – 0,25
Arenito	0,1 – 0,4
Siltito	0,01 – 0,35
Calcário	0,01 – 0,24

Fonte: Melo, 2006.

Por fim para simular o escoamento unidimensional de fluidos e o transporte de massa de contaminantes pelo solo toma-se como base equações de difusividade em aquíferos e equações de advecção-dispersão, como a Lei de Fick:

$$F = - D_o \times \frac{\partial c}{\partial x} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

F = fluxo de massa de soluto por unidade de área por unidade de tempo;

D_o = coeficiente de difusão (cm^2/s);

$\partial c / \partial x$ = gradiente de concentração ($\text{g}/\text{cm}^3/\text{cm}$)

Vale ressaltar que a Lei de Fick é citado apenas para nível de conhecimento pois não foram obtidos os valores de Coeficiente de Difusão (D_o) e Gradiente de Concentração ($\partial c / \partial x$).

ANÁLISE DA PRESENÇA DE BTEX NA ÁGUA

DESCRIÇÃO DA COLETA

Em parceria com o Instituto Evandro Chagas foi feito a análise para verificar a presença de BTEX em cinco poços da localidade, dos quais foram retirados duas amostras em cada poço, assim totalizando dez amostras.

As amostragens foram realizadas através de um bailer descartável (amostrador específico composto de um tubo de PVC transparente equipado com uma válvula de retenção de teflon tipo portinhola na extremidade inferior).

Tabela 5: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

PONTO	LATITUDE	LONGITUDE
P 01	1°21'51.70"S	48°26'59.48"O
P 02	1°21'51.92"S	48°27'0.99"O
P 03	1°22'1.18"S	48°27'10.01"O
P 04	1°21'56.14"S	48°27'2.41"O
P 05	1°21'53.86"S	48°26'59.32"O

DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES

Empregou-se para a separação dos analitos um cromatógrafo a gás, Varian modelo CP-3800 (figura 2), utilizou-se uma coluna CP SIL 08 CB (Varian) composta por 5% de fenil e 95% dimetilsiloxano, com 30m x 0,32mm x 0,25µm de filme. O injetor mantido a 250°C, sem divisão de fluxo (modo splitl) na razão de 1:15. A

temperatura do forno da coluna foi mantida a 40°C por 1min, sem seguida elevada a 70°C, com taxa de aquecimento de 5°Cmin⁻¹ e, finalmente, a 220°C, com alta taxa de aquecimento de 60°C min⁻¹, e mantida assim por 0,5 mL/min-1. Um volume de 1000µL de amostra contida no headspace injetou-se no cromatógrafo.



Figura 4: Cromatógrafo a gás, Varian modelo CP-3800

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas entrevistas informais realizadas próximo ao posto de combustível em estudo, pode-se afirmar que os primeiros vestígios de que houve vazamento de gasolina foi em 1980. Estes vestígios foram diagnosticados primeiramente através do olfato, já que em tempo de estiagem o volume do lençol subterrâneo encontra-se com poucas variações e consequentemente o contaminante se encontra em maior concentração; e principalmente através do diagnóstico de doenças em alguns moradores residentes próximo ao posto de combustível. Em 2010 foi realizada uma perícia no local que confirmou a contaminação, dados estes, que servirão de base para comparação com os resultados das análises apresentados neste trabalho.

Observou-se que com o passar do tempo a pluma de contaminação aumentou de tamanho acompanhando o sentido do fluxo da água subterrânea, e o seu potencial poluidor diminuiu, já que a fonte poluidora foi cessada, conforme ilustrado na figura 5 a seguir:

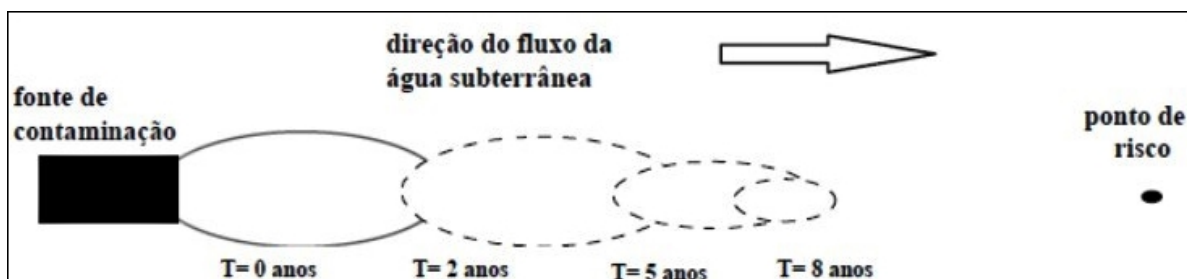


Figura 5: Exemplo de atenuação natural de uma pluma de hidrocarbonetos de petróleo.

No ano de 2014, a concentração desses poluentes nos cinco poços analisados, encontravam-se abaixo do limite de quantificação como mostra a figura 6, com exceção do tolueno no poço 5. Porém, todos encontravam-se abaixo do limite estabelecido pela portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde.

1. IDENTIFICAÇÃO							
Amostra: 05 amostras de água.							
Solicitante: Ronaldo Mendes da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFPA).							
Coletado por: Amilton Gomes.							
Data da coleta: 05/12/2014. Data do recebimento: 05/12/2014.							
Data da análise: 08/12/2014							
Tipo de Ensaio		Determinação de Resíduos Orgânicos.					
Método		Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas com Injeção por Headspace.					
2. RESULTADO							
Variáveis	01	02	03	04	05	Limite de Quantificação (µg/L)	Portaria 2914/11 MS
Benzeno	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,05	5 µg/L
Tolueno	0,08	0,10	0,07	0,09	0,19	0,1	170 µg/L
Etilbenzeno	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,05	200 µg/L
Xileno e isômeros	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,05	300 µg/L
3. OBSERVAÇÕES							
1. O resultado aqui contido refere-se exclusivamente as amostras identificadas acima.							
2. < LQ: Abaixo do limite de quantificação do método.							

Figura 6: Concentrações de Benzenos, Toluenos, Etilbenzenos e Xilenos no ano de 2014, nos 5 poços analisados.

A pluma de contaminação deslocou-se conforme a velocidade da água subterrânea do local, diminuindo assim as concentrações de BTEX na área de estudo. Tal velocidade foi calculada de acordo com a Lei de Darcy como mostrado na equação 4. Para isso utilizou-se dois poços para o cálculo da velocidade, já que o tipo do solo da área de estudo não se altera, logo a velocidade também não varia. Assim, tendo como base os poços 01 e 02, onde estes possuem a altura do nível d'água de 5,95 e 5,80m respectivamente e distância entre eles de 41,80m. Primeiramente calculada a velocidade de Darcy (equação 4) e posteriormente se calculou a velocidade verdadeira (equação 5). Frisando que os valores da condutividade hidráulica (K) e porosidade foram obtidos através das tabelas 3 e 4, respectivamente, vistas anteriormente.

$$K = 10^{-4} \text{ (cm/s)} \times 10^{-2} = 10^{-6} \text{ m/s}$$

$$q = K \times \frac{\Delta h}{L}$$

$$q = 10^{-6} \text{ m/s} \times \frac{(5,95 - 5,80)\text{m}}{41,80\text{m}}$$

$$q = 3,588516746 \times 10^{-9} \text{ m/s} \times 86400 \text{ s/dia}$$

$$q = 3,10047 \times 10^{-4} \text{ m/dia}$$

Cálculo da velocidade real:

$$v = \frac{q}{\eta}$$

$$v = \frac{3,100478469 \times 10^{-4} \text{ m/dia}}{0,3}$$

$$v = \frac{1,033492823 \times 10^{-3} \text{ m/dia}}{86400 \text{ s/dia}}$$

$$v = 1,1961722 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

Assim, o resultado demonstra que tal velocidade caracteriza que o tipo de mecanismo de transporte de contaminantes é dado pela Dispersão Mecânica, já que este se encontra acima de $1,6 \times 10^{-10}$ m/s. Além disso, pode-se afirmar que a velocidade é baixa devido ao solo ser pouco permeável, característica essa do solo Silto Argiloso.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre a forma de dispersão de contaminantes como Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) provocados através de vazamentos ocasionados pela corrosão dos tanques dos postos de combustíveis, além de ressaltar as características hidrogeológicas da área.

Observou-se através dos resultados da análise da água realizadas em 2010 fornecidas por uma moradora local e no ano de 2014, que houve o decréscimo da concentração dos contaminantes. Porém, é válido frisar que as análises feitas em 2010 são mais representativas, pois foram realizadas em tempo de estiagem e cheia. Já as análises feitas em 2014 foram realizadas apenas em tempo de estiagem. Todavia, pode-se concluir que os contaminantes dispersaram-se, pois estes se encontraram em baixas concentrações, aumentando assim a pluma de contaminação.

Por fim, afirma-se que os resultados obtidos encontraram-se abaixo do limite do padrão de potabilidade de água, estabelecido pela Portaria MS N° 2914 de novembro de 2011, ou seja, a quantidade de BTEX presentes no lençol freático não mais podem causar danos à saúde da população local. Não obstante, os responsáveis pelo posto de combustível devem dar uma maior atenção às pessoas que ainda sofrem consequência do vazamento de gasolina, através de atendimento médico e fornecimento de remédios gratuitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, 2012. **Prefeitura de Belém**. Disponível em: < <http://www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=2&conteudo=4485>>. Acesso em: Dezembro de 2014.
2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, MONITORAR É FUNDAMENTAL, 2008. Disponível em:<<http://www.agsolve.com.br/noticias/aguas-subterraneas-monitorar-e-fundamental>>. Acesso em: Dezembro de 2014.
3. BERTÃO, F. N., 2007. **Desenvolvimento de software para projeto e simulação da operação de uma unidade de remediação de águas subterrâneas contaminadas por “BTEX”**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de São Carlos-UFSCar, São Paulo.
4. CERQUEIRA, J.L.R.P.D. **Estudo Radiometeorológico da Região Amazônica**. 2006. 261p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
5. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 273, de 29 de novembro de 2000. Publicada no DOU no 5, de 8 de janeiro de 2001**, Seção 1, páginas 20-23. Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2000_273.pdf>. Acessado em: 04/11/2014.
6. CORSEUIL, H.X., MARINS, M. D.M. **Contaminação de Águas Subterrâneas por Derramamentos de Gasolina: o problema é grave?** Rev. Engen. Sanitária e Ambiental, v.2, n.2, p.50-54, 1997.
7. FENZEL, N. M.; MENDES, R. L. R.; FERNANDES, L. L., 2010. **A sustentabilidade do sistema de abastecimento de água: da captação ao consumo de água em Belém**. Universidade Federal do Pará e Núcleo de Meio Ambiente, Belém-PA, 140p.

8. IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em Dezembro de 2014.
9. MATTA, M.A.S; ALMEIDA, F.M; DIAS, E.R.F; BANDEIRA, I.C.N; FIGUEIREDO, A.B., 2004. **Geometria dos sistemas de aquíferos na bacia hidrográfica do Pacuri-Belém/PA, como base para uma proposta de abastecimento de água subterrânea.** Em: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, Brasil.
10. MELO, C.L. **Evolução da contaminação na área do vazamento de óleo cru na repar (2000): estudo do sistema “banhado 4” e aplicação do método de polarização induzida na investigação dabiodegradação de hidrocarbonetos.**2006. Tese. Disponível em:<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10818/000600681.pdf?sequence=1>>.
11. MINDRISZ, T.H.L.M. **Avaliação da contaminação d água subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à gestão ambiental.** 2006. Tese. Disponível em:<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/.../TESE_AnaCopatMindrisz.pdf> acessado em 03/11/2014.
12. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº 2.914, DE 12 de dezembro de 2011.** Disponível em:< http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acessado em: 04/11/2014.
13. SANDRES, G. C. **Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocadas por vazamento de Gasolina nos Postos de combustíveis, devido à corrosão em tanques enterrados.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal Fluminense– 2004. Disponível em: < <http://www.uff.com.br> >. Acesso em: 03/11/2014.
14. SECRETARIA de Estado de Meio Ambiente- SEMA. Roteiro orientativo para posto revendedor de combustíveis, posto de abastecimento e instalações de sistema retalhista. Disponível em: < <http://www.sema.pa.gov.br>>. Acessado em: 04/11/2014.
15. SILVA, R.L.B. **Contaminação de poços rasos no bairro Brisamar, Ítaquai,RJ, por derramamento de gasolina: concentração de BTEX e avaliação da qualidade da água consumida pela população.** 2002. Tese (doutorado em Ciências na Área da Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Departamento de Saneamento Ambiental. Disponível em:< <http://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/4356/2/148.pdf>>. Acessado em: 05/11/2014.
16. SUGIMOTO, Luiz. **Sensores detectam e monitoram contaminação de águas subterrâneas.** Jornal da Unicamp, Ed. 274, 24 de novembro a 5 de Dezembro, 2004. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju274pag11.pdf>.
17. THOMÉ, A.; KNOP, A. **Movimento de contaminantes no Solo.** Disponível em <[file:///C:/Users/boulevard/Downloads/downloads-artigos-movimento-de-contaminantes-no-solo-antonio-thome%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/boulevard/Downloads/downloads-artigos-movimento-de-contaminantes-no-solo-antonio-thome%20(2).pdf)>.
18. VASCONCELOS, A. **Transporte de contaminantes em meios porosos saturados e não saturados: estudo de caso-vazamento de gasolina.** Dissertação de mestrado em Engenharia Geotécnica. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Núcleo. (Ano: 2008)