

XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII
ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS

**COMPORTAMENTO DO NÍVEL ESTÁTICO E DO FLUXO HÍDRICO SUBTERRÂNEO
DO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO SUPERIOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
MURUCUTU BELÉM-PA.**

Milton Antonio da Silva Matta¹; Jorge Augusto Costa Martins²; Itabaraci Nazareno Cavalcante³;
José Fernando Pina Assis¹; Cesar Guerreiro Diniz⁴; Luiz Carlos Ferreira de Cristo⁵; Renan da Silva
Feitosa⁵; Antonio Francisco Pinheiro Pantoja Júnior⁵ & Yuri Bahia de Vasconcelos⁶

RESUMO - Características hidrogeológicas do aquífero superior da bacia hidrográfica do Murucutu, em Belém-PA são estudadas neste trabalho. A área de estudo inclui os lagos Bolonha e Água Preta, na região metropolitana de Belém, abrangendo parte dos bairros Atalaia, Castanheira, Marambaia, Guanabara, Souza e Curió-Utinga e abrange aproximadamente 22 km. Para caracterização do fluxo subterrâneo do aquífero superior da bacia do Murucutu foram selecionados 41 poços onde foram efetuadas medidas de nível estático. As profundidades desse nível na área variam entre 0.45 e 9.5m, sendo menor que 5m na porção centro-leste, caracterizando o setor da área em que o lençol freático é mais raso, diferente do setor centro-oeste onde é mais profundo, variando de 5 a 9m. O mapa de fluxo subterrâneo mostra que as linhas de fluxo se dirigem do aquífero para os cursos hídricos superficiais. Isso significa que os cursos hídricos superficiais são efluentes ao aquífero. O mapa mostra ainda a existência de duas áreas de recarga desse aquífero. As áreas de descarga coincidem com os lagos Bolonha e Água Preta de onde se interpreta que as águas subterrâneas estão abastecendo esses cursos superficiais.

ABSTRACT - Hydro-geological characteristics of the upper aquifer of the Murucutu basin in Belém-PA are studied in this work. The study area includes lakes Bologna and Agua Preta, in the metropolitan region of Belém, covering part of the neighborhoods Atalaia, Castanheira, Marambaia, Guanabara, Souza and Curio-Utinga and covers approximately 22 km. For the characterization of the underground flow of the aquifer from Murucutu basin 41 wells were selected where measurements of static level were made. The depths of that level in the area vary between 0.45 and 9.5m, being less than 5m in the central-east, featuring the region where the water table is more shallow than the center-west sector where it is deeper, ranging from 5 to 9m. The map of groundwater flow shows that the flux lines are directed from the aquifer to surface water courses. This means that surface water courses are effluent to the aquifer. The map also shows the existence of two areas of aquifer recharge. The unloading areas coincide with the Bolonha and Agua Preta lakes and It can be interpreted that the groundwater is fueling these surface water courses.

PALAVRAS-CHAVE: Mucurutu, hidrogeologia, fluxo hídrico subterrâneo.

1- INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais vêm crescendo no mundo em uma proporção gigantesca, em função da industrialização, crescimento desordenado das cidades, desmatamentos, contaminação de rios e aquíferos, disposição de resíduos sólidos e etc.

Um dos problemas mais preocupantes atualmente é a contaminação dos recursos hídricos subterrâneos por diversas fontes potenciais querem pontuais (poços de combustíveis, lixões ou aterros sanitários, fossas, etc.) ou difusas (cunhas salinas, *runoff* urbanos, etc.).

Essas contaminações, no mundo inteiro estão intimamente associadas com doenças de veiculação hídrica das populações que ocupam essas áreas.

A região metropolitana de Belém vem sendo prioritariamente abastecida de água pelo Complexo do Utinga, formado pelos lagos Bolonha e Água Preta, componentes da bacia do Murucutu.

Dentro desse contexto o trabalho se propõe a estudar o comportamento geométrico do nível estático e dos fluxos hídricos subterrâneos dentro do âmbito desta bacia hidrográfica no sentido de compreender suas relações com os dois lagos que abastecem a cidade de Belém e com a ocupação do meio físico local.

2- LOCALIZAÇÃO E ACESSO DA ÁREA

O município de Belém limita-se ao norte com o rio Pará, e ao sul com o rio Guamá, a leste com o município de Ananindeua, a oeste com a baía do Guajará.

A área de estudo (figura 01) inclui os lagos Bolonha e Água Preta, na região metropolitana de Belém, abrangendo parte dos bairros Atalaia, Castanheira, Marambaia, Guanabara, Souza e Curió-Utinga.

O acesso pode ser feito pelas avenidas Almirante Barroso no sentido Belém - Ananindeua, Augusto Montenegro no sentido Icoaraci-Entroncamento, Pedro Álvares Cabral no sentido Belém-Ananindeua e pela Br-316 no sentido Ananindeua - Belém.

A área é delimitada pelas coordenadas: E 0789500 N 9845750; E 0789500 N 9841500; E 0783500 N 9842000; E 0783500 N 9845750, abrangendo aproximadamente 22 km (figura 01).

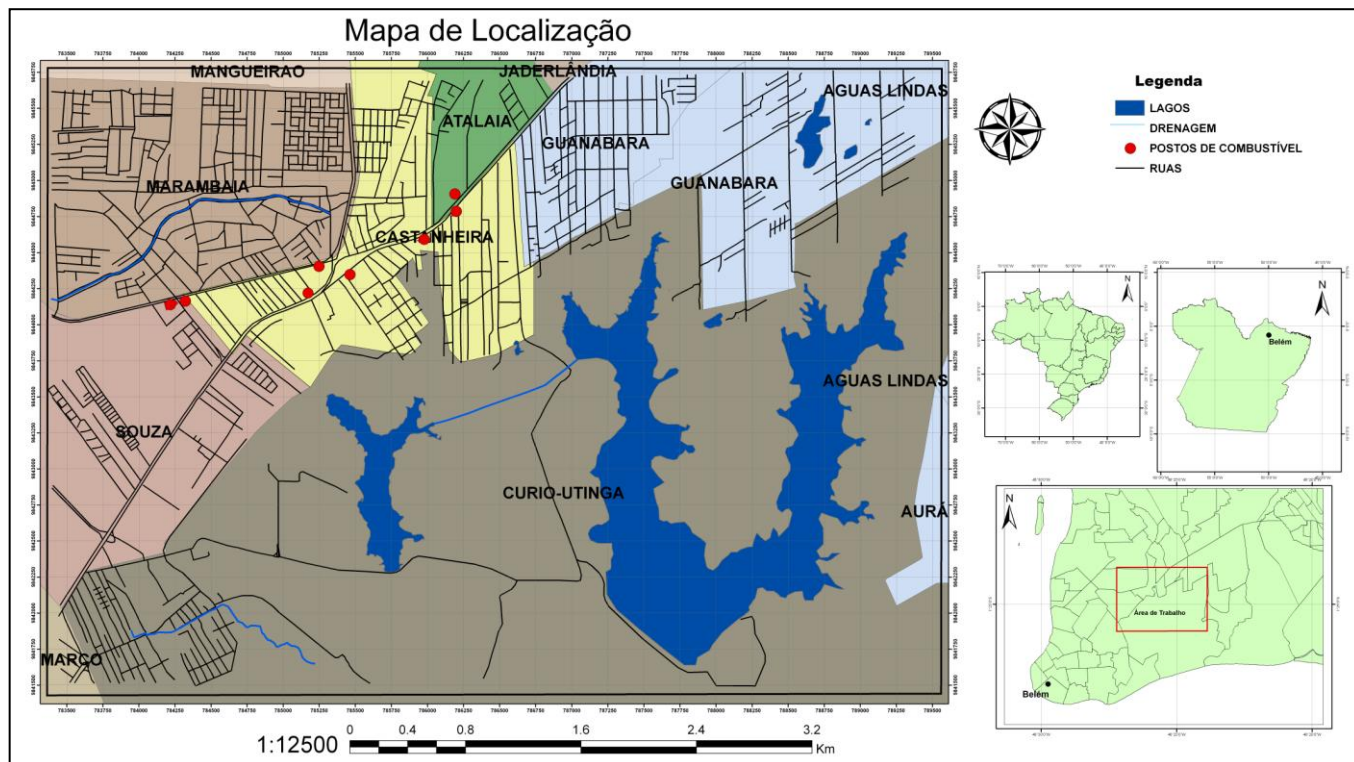


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, baseado em imagens SRTM.

3- OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é a qualidade das águas subterrâneas do sistema hidrogeológico superior ocorrente como parte dos recursos hídricos da área das bacias do Una e Murucutu, Belém-PA, região metropolitana de Belém. Procurou-se, também, examinar a possibilidade de contaminação dessas águas oriunda do vazamento de derivados de hidrocarbonetos dos tanques de armazenamento dos postos de serviço automotivo da região. Especificamente pode-se enumerar, ainda, como objetivos:

- Relacionar a qualidade das águas subterrâneas com as águas superficiais dos lagos que abastecem Belém;
- Contribuir para o levantamento dos possíveis palcos de contaminação por derivados de hidrocarbonetos na região metropolitana de Belém;
- Relacionar os fluxos hídricos subterrâneas com a ocupação do meio físico na área de estudo;
- Mapear as áreas de risco para implantação de postos de serviço automotivo;
- Fornecer aos órgãos de gestão pública subsídios sobre a temática da contaminação dos recursos hídricos subterrâneos por derivados de hidrocarbonetos e sobre outras temáticas de interesse social e relacionadas à preservação do meio ambiente da área.

4- METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho pode ser entendida através das seguintes atividades:

1- PESQUISA BIBLIOGRÁFICA - consistiu em um amplo levantamento bibliográfico sobre contaminação de aquíferos, com ênfase em derivados do petróleo no Brasil e na região de Belém.

2- TRABALHO DE PREPARAÇÃO PARA O CAMPO - nessa etapa foi confeccionada uma base cartográfica da área de estudo, a partir de imagens de satélite RTM utilizando software ARCGIS 9.0, para melhor visualização da mesma e para um melhor planejamento da fase seguinte à fase de campo.

3- FASE DE CAMPO – foi feito o cadastramento de poços de água subterrânea da área, utilizando GPS da marca GARMIM e modelo ETREX de 12 canais, assim como foram feitas medidas de nível estático, com um medidor de nível estático..

4- TRATAMENTO DOS DADOS – a partir dos dados coletados em campo, foram confeccionados os mapas de localização dos poços utilizando o software ARCGIS 9.0, mapa de fluxo subterrâneo e de profundidade do nível estático, utilizando o software SURFER 8.0, além da construção de tabelas e gráficos.

5- INTERPRETAÇÃO DOS DADOS - os resultados obtidos nas etapas anteriores foram interpretados caracterizando o quadro dos recursos hídricos da região em relação a contaminação por derivados do petróleo.

6- CONCLUSÕES - nessa fase foram elaboradas todas as conclusões do estudo e redigido um texto técnico/explicativo para os resultados do estudo.

5- CONDICIONANTES HIDROAMBIENTAIS

Vários aspectos da área de estudo se mostraram relevantes frente aos objetivos do estudo aqui apresentado e serão discutidos nos itens que se seguem.

ASPECTOS CLIMÁTICOS

Pela classificação de Koppen, Belém enquadra-se na categoria climática “equatorial úmido” do tipo Af, (MATTA, 2002) cujas características principais são:

A = clima tropical chuvoso, onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C.

f = chuvas abundantes durante todo o ano, com totais pluviométricos mensais iguais ou superiores a 60 mm, condicionado ao tipo de vegetação conhecida como Floresta Tropical.

A umidade relativa do ar, com média anual de 85%, favorece a formação de chuvas de convecção, cuja precipitação se evidencia após a insolação máxima diurna, ou seja, durante à tarde ou princípio da noite.

Assim sendo, nas horas de maior insolação, a temperatura fica em torno de 30⁰ C (figura 02) e durante a madrugada esta temperatura situa-se em torno de 23⁰ C.

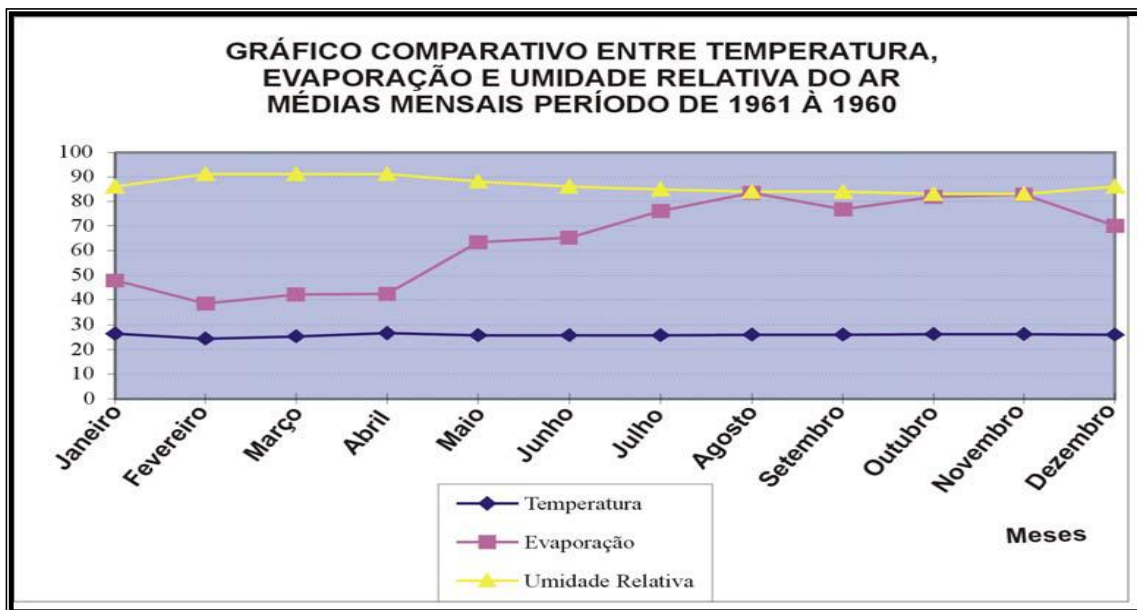


Figura 2 - Distribuição média mensal (anuais) da temperatura do ar, evaporação e umidade relativa do ar (modificado de MORALES, 2002 *apud* BAHIA, 2003).

A coluna pluviométrica alcança cotas elevadas, atingindo uma média total anual de 2500 – 3000 mm, com cerca de 180 dias de chuva, logo possui estações reguladas pela pluviosidade e não pela temperatura; apresentando, neste sentido, duas estações definidas estação chuvosa e seca – segundo a maior ou menor frequência de chuvas (DINIZ, 1986 *apud* BAHIA, 2003), o que pode ser observado nas figura 3.

O mês de maior precipitação é o mês de março com 422,5 mm e o de menor precipitação é novembro com 90,4 mm, seguido de outubro com 99,9 mm (figura 03). Em pesquisa de 96 anos a média anual fica em torno de 2.745 mm. A maior percentagem de ocorrência se dá a tarde e ou início da noite. (MORAES, 1999).

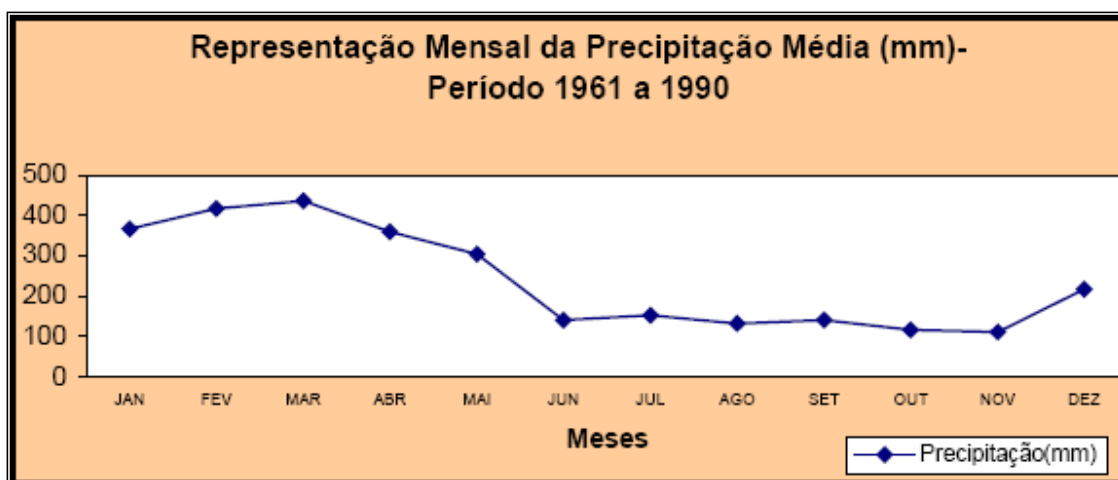


Figura 3 - Distribuição da Precipitação Média Mensal da Região de Belém e Adjacências. Período entre 1961 e 1990. Fonte: Moraes, 1999.

HIDROLOGIA

A região de Belém e Ananindeua localiza-se em uma típica região estuarina, correspondendo ao estuário Guajarino, parte integrante de outro maior, o Golfão Marajoara, situado na foz do Amazonas.

O estuário Guajarino caracteriza-se por ser um ambiente fluvial com influências marinhas e forma-se na confluência dos rios Pará, Acará e Guamá. O rio Guamá, situado ao sul de Belém, apresenta grande interesse no que diz respeito ao abastecimento de água de Belém (MATTA, 2002).

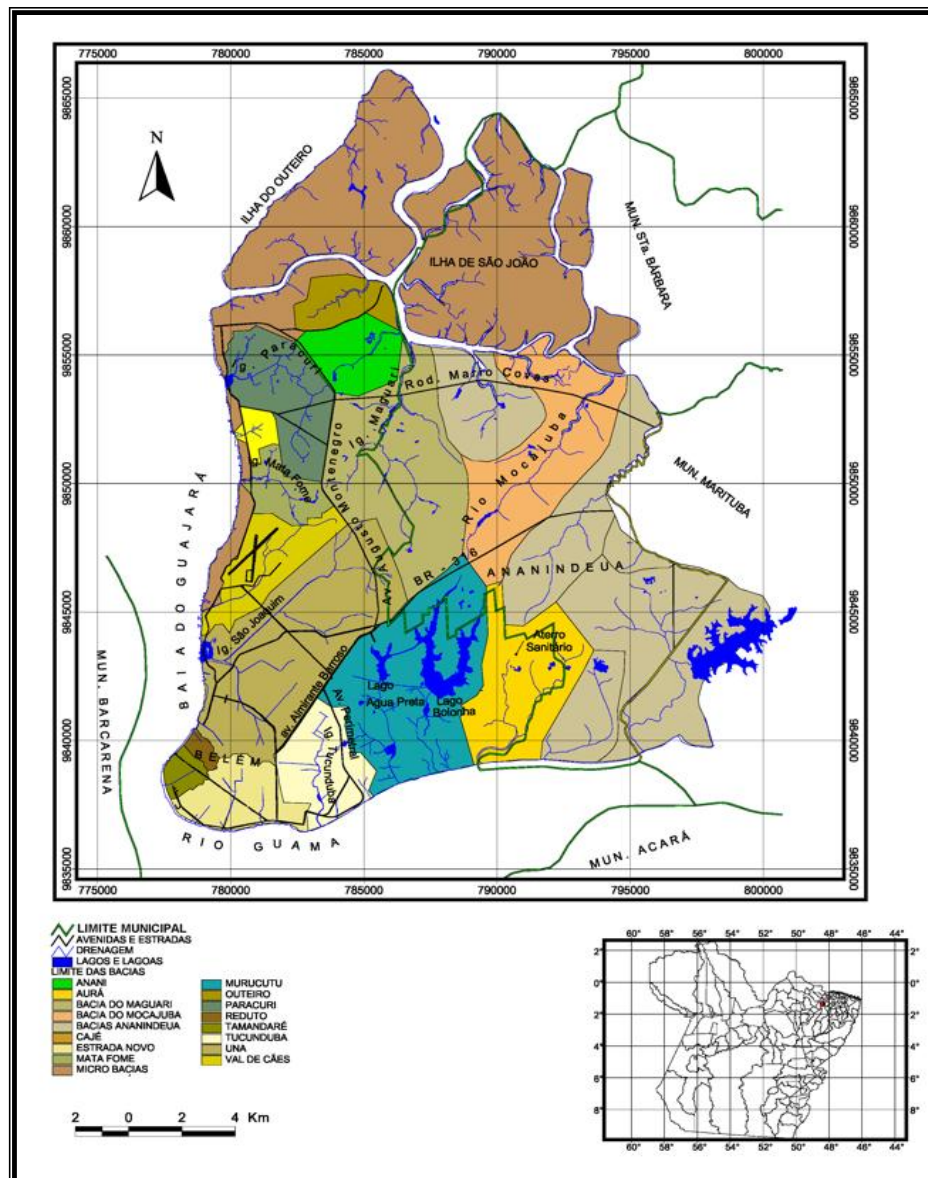


Figura 4- Mapa das bacias urbanas de Belém e Ananindeua.

Fonte: Matta, 2002

O rio Guamá margeia a cidade de Belém ao sul e deságua na baía de Guajará, possui águas pouco transparentes, com grande quantidade de material argiloso em suspensão, proveniente de atividades erosivas em suas margens, tornando suas águas turvas de coloração amarelada. Sua importância se encontra no fato de que a COSANPA posicionou em seu leito uma adutora (agora

duplicada), que direciona a água deste rio para seus reservatórios naturais, compostos pelos lagos Bolonha e Água Preta (BAHIA, 2003), que estão situados na bacia hidrográfica do Murucutu (figura 4).

A água do rio Guamá é captada, recalçada e aduzida até o lago Água Preta, cujo volume de armazenamento é de $10,55 \times 10^6 \text{ m}^3$, escoando por gravidade através do canal Água Preta – Bolonha até o lago Bolonha com um volume de armazenamento de $2,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ (MATTA, 2002)

Os lagos são utilizados com três finalidades básicas: a) armazenar água durante o período de menores precipitações pluviométricas, quando a demanda de água pela população é aproximadamente ao volume distribuído, b) diluir as maiores concentrações de cloreto, quando a composição da água do rio Guamá é afetada pela elevação do nível de água do Oceano Atlântico, e c) melhorar a clarificação da água armazenada, devido à sedimentação.

HIDROGEOLOGIA

Segundo (MATTA, 2002), os sistemas hidrogeológicos da região de Belém incluem aquícludes, aquíftardes e aquíferos, pertencentes às unidades estratigráficas Pirabas, Barreiras e cobertura quaternária. Esses sistemas estão razoavelmente estudados até a profundidade em torno de 280m.

Dessa forma é possível caracterizar os sistemas hidrogeológicos em cinco conjuntos principais, denominados: Aluviões; Pós-Barreiras; Barreiras; Pirabas Superior e Pirabas Inferior (Tabela 1).

Tabela 1 – Os sistemas hidrogeológicos da região de Belém com suas profundidades e vazões. Fonte: Matta, 2002.

SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS	PROFUNDIDADE DE OCORRÊNCIA	VAZÕES
Aluviões	Inferiores a 10m.	Em torno de $10 \text{ m}^3/\text{h}$.
Pós-Barreiras	Desde a superfície até 25m, sendo quase sempre inferior a 25m.	Normalmente abaixo de 5 m^3
Barreiras	Geralmente estão entre 25 e 90m.	Vazões entre 10 e $70 \text{ m}^3/\text{h}$.
Pirabas Superior	Aparecem, geralmente, entre 70 e 180m.	Vazões entre 100 e $200 \text{ m}^3/\text{h}$.
Pirabas Inferior	Aparecem abaixo de 180m.	Vazões da ordem de até $600 \text{ m}^3/\text{h}$.

6- O FLUXO HÍDRICO SUBTERRÂNEO

A água é encontrada na natureza em quantidades que variam aleatoriamente, no tempo e no espaço, podendo ser extremamente vulnerável à deterioração qualitativa. Por ser uma substância fluida, o seu uso incorreto afeta não apenas os usuários neste mesmo local, mas também aqueles situados ao longo da direção de fluxo.(PRADO, 2006).

Dessa forma se torna imprescindível o conhecimento das características do fluxo hídrico subterrâneo para que possamos obter informações importantes como áreas de recarga e descargas dos aquíferos, sentido do fluxo, nível estático, que irão ajudar a revelar a possibilidade de contaminação do aquífero. Podendo assim, tomar medidas preventivas nessas áreas.

Metodologia

Para caracterização do fluxo subterrâneo do aquífero superior da bacia do Murucutu foi implementada a seguinte organização metodologia:

- Foi feito o cadastramento de 260 poços na área de estudo, constando nesse cadastramento a localização (UTM) e tipo de poço;
- Foram selecionados 41 poços nos quais foram feitas as medidas de nível estático, com o auxílio do medidor de nível estático sonoro;
- Para se obter o potencial hidráulico foi necessário diminuir o valor da cota topográfica do valor do nível estático em cada ponto;
- Usando os valores dos potenciais hidráulicos foram construídas as isolinas que caracterizam a superfície potenciométrica de onde foram interpretados a direção e o sentido do fluxo subterrâneo;
- Para a construção do mapa de fluxo foi necessário obter as coordenadas geográficas e o respectivo potencial hidráulico de cada ponto de análise;
- Os dados foram colocados em uma tabela (tabela 2) no programa Excel e importados para o programa SURFER 8.0 onde foi gerado o mapa de fluxo.

Tabela 2 - Dados utilizados para a confecção do mapa de fluxo

N°	UTM-E	UTM-N	Tipo	NE	COTA TOP	CAR HID
01	786152	9844296	Tubular	9	13	4
02	784158	9842054	Amazonas	2	11	9
03	784158	9842052	Tubular	3	9	6
04	784141	9842032	Tubular	0,4	9	8,6
05	784726	9841852	Tubular	1	5	4
06	784987	9843720	Amazonas	2,5	8	5,5
07	786182	9844038	Amazonas	3	5	2
08	786103	9843836	Amazonas	3,5	5	1,5
09	786226	9843732	Amazonas	4,1	8	3,9
10	786216	9844010	Tubular	4	22	18
11	786213	9844220	Amazonas	5,9	17	11,1
12	786185	9844438	Amazonas	3,8	16	12,2
13	786318	9844752	Amazonas	3,5	22	18,5
14	786377	9844336	Tubular	4,2	20	15,8
15	786374	9844282	Amazonas	5,8	26	20,2
16	786388	9844128	Amazonas	4,7	37	32,3
17	786815	9844976	Tubular	5,1	22	16,9
18	786857	9845114	Tubular	5	20	15
19	787082	9844900	Tubular	6,5	11	4,5
20	787285	9844922	Amazonas	5	19	14
21	787255	9844940	Amazonas	6	40	34
22	787272	9845196	Tubular	4,8	15	10,2
23	787578	9845454	Amazonas	6	9	3
24	787603	9845830	Amazonas	6,4	25	18,6
25	788186	9845444	Amazonas	3,8	24	20,2
26	788178	9844536	Amazonas	8,5	16	7,5
27	788189	9844146	Tubular	6	13	7
28	788217	9845566	Amazonas	2,1	12	9,9
29	788269	9845582	Tubular	2	10	8
30	788281	9845586	Tubular	2,8	8	5,2
31	788486	9845066	Amazonas	5,8	29	23,2
32	788557	9844710	Amazonas	9,5	36	26,5
33	788719	9844788	Tubular	9	31	22
34	788891	9845074	Tubular	7,7	16	8,3
35	788910	9845092	Tubular	7,5	21	13,5
36	789102	9845916	Amazonas	7,5	14	6,5
37	784455	9845380	Tubular	3,15	22	18,85
38	784607	9845374	Tubular	3,3	17	13,7
39	784428	9845314	Amazonas	3,4	8	4,6
40	784191	9844882	Tubular	1,5	11	9,5
41	784719	9844930	Tubular	2	20	18

N° = numero da amostra

UTM = coordenadas dos pontos de amostragem

NE = Nível estático

COTA TOP = cota topográfica

CAR HID = carga hidráulica

Interpretação dos Resultados

O mapa de fluxo hídrico subterrâneo gerado com a metodologia exposta apresenta diversos aspectos de relevância para a área estudada. Serão discutidos aqui os principais resultados obtidos.

Comportamento do Nível Estático

O nível estático de uma camada aquífera é a distância retilínea que vai desde a boca do poço até o nível d'água no poço, sem que esteja havendo bombeamento. A figura 5 mostra o comportamento do nível estático da unidade aquífera superior na área estudada. Os maiores valores de nível estático representam profundidades maiores do nível da água subterrânea na área.

De uma maneira geral podem-se tecer os seguintes comentários:

- ✓ A profundidade do nível estático na área de estudo está variando entre 0.45 e 9.5 m;
- ✓ É possível observar que a profundidade do lençol freático é menor que 5m na porção centro-leste da área, caracterizando o setor da área em que o lençol freático é mais raso;
- ✓ O setor onde o lençol freático está mais profundo e a porção centro-oeste, com uma profundidade variando de 5 a 9m;
- ✓ A construção de poços se torna mais barata e fácil na porção centro-leste em função do nível freático estar mais próximo da superfície. Porém esse fato também torna a água subterrânea dessa área mais vulnerável às fontes de poluição;
- ✓ Apesar de existirem variações nas profundidades das águas na área (figura 5), que condicionam a utilização das águas subterrâneas, essas águas devem ser evitadas para consumo humano, pois pertencem à unidade aquífera superior, que é altamente vulnerável à contaminação, como sustentam estudos anteriores (MATTA, 2002). No entanto, se a utilização desse aquífero for inevitável, recomenda-se a extração de água da área centro-oeste onde o lençol freático é mais profundo.

Comportamento do fluxo hídrico subterrâneo

Para caracterizar o fluxo hídrico subterrâneo é preciso analisar o mapa de fluxo subterrâneo que consiste de dois conjuntos de linhas. Um conjunto, referido como *linhas equipotenciais*, conectam pontos de igual potencial hidráulico e representam a altura da superfície freática, ou a superfície potenciométrica de um aquífero confinado, acima de um nível de referencia (*datum*). O segundo conjunto, referido como *linhas de fluxo*, mostra os trajetos idealizados seguidos pelas partículas de água, mostrando como elas se movem através do aquífero (HEATH 1982).

Analisando o mapa de fluxo subterrâneo do aquífero superior da área de estudo (figura 6) pode-se observar que as linhas de fluxo se dirigem do aquífero para os cursos hídricos superficiais,

de uma maneira geral. Há poucas áreas em que esta relação está invertida. Isso significa que os cursos hídricos superficiais são efluentes ao aquífero, causando fluxos da água subterrânea no sentido das águas superficiais.

Com esse comportamento as águas subterrâneas não poderão ser influenciadas por possíveis vetores contaminantes vindos dos lagos. Muito pelo contrário, se elas alimentam os lagos que abastecem Belém, na realidade funcionam como elementos despoluidores dos mesmos. Porém o inverso é verdadeiro também. Águas subterrâneas contaminadas poderão contaminar as águas superficiais, uma vez que estas estão sendo abastecidas pelo aquífero superior.

O mapa mostra ainda a existência de duas áreas de recarga desse aquífero. Estas podem ser definidas como a entrada de água na zona saturada e, no mapa, são caracterizadas pelo padrão divergente dos vetores de fluxo. A primeira área de recarga localiza-se no nordeste da área de estudo, no bairro da Guanabara, e a segunda na porção central da área, no bairro Castanheira.

Sendo assim não é recomendável a instalação de empreendimentos potencialmente poluidores nessas áreas como postos de gasolina, lixões, curtumes e outros, pois o fluxo hídrico subterrâneo parte dessas áreas em todas as direções levando consigo o poluente caso exista.

É importante que se lembre que a oeste dessa área se encontra o aterro sanitário do Aura, constituindo uma fonte potencial de contaminação dessas águas.

No que diz respeito às áreas de descarga, que se caracterizam no mapa pela divergência de vetores, temos duas áreas, que coincidem com os lagos da área.

É possível observar ainda que os postos de gasolina localizados na porção NW da área representam um grande risco a saúde da população, uma vez que se caracterizam como fontes potenciais de poluição, já que se encontram no sentido do fluxo hídrico subterrâneo (figura 6).

Caso haja um vazamento em um dos tanques de armazenamento de combustível de qualquer um dos oito postos da área, o fluxo que vai dos postos em direção aos lagos levará o contaminante pelo aquífero superior até os lagos, prejudicando os cidadãos que utilizam água desse aquífero e do abastecimento público, pois a atual estação de tratamento de água não está preparada para trabalhar com água poluída com hidrocarbonetos.

Mapa de Isovalores de Nível Estático

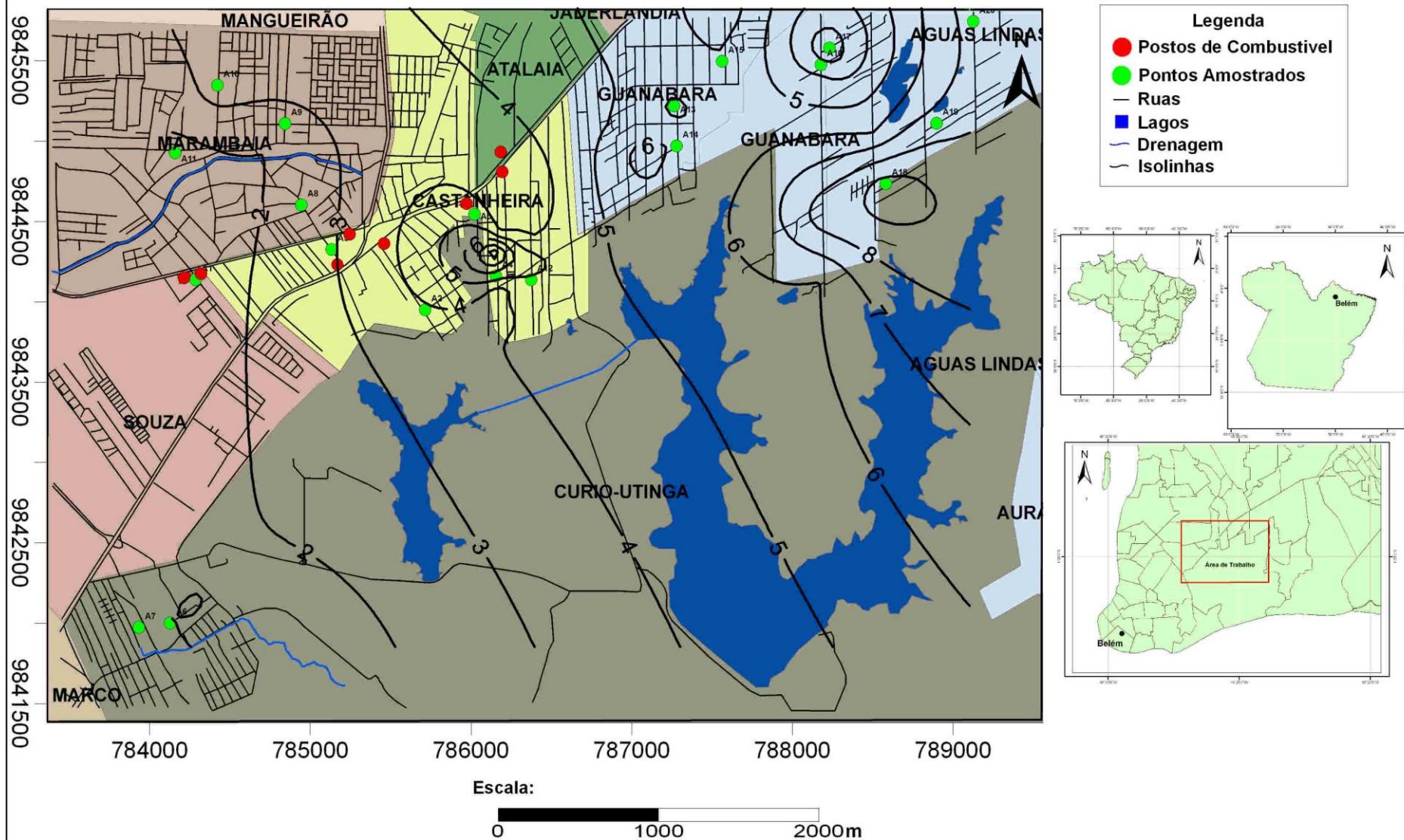


Figura 5 – Comportamento do nível estático da área estudada.

Mapa de Fluxo Hídrico Subterrâneo

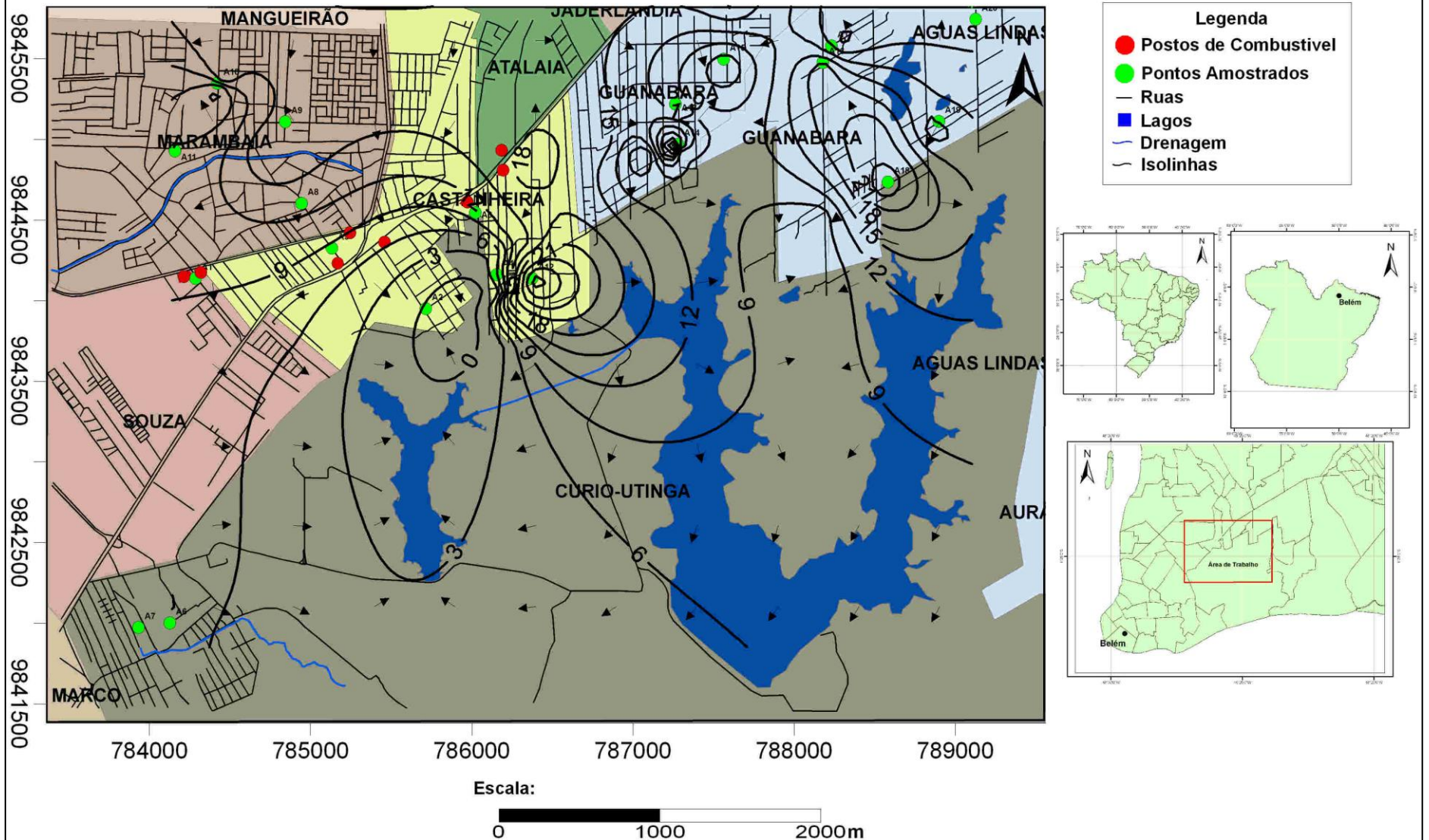


Figura 6 - Mapa do Fluxo Hídrico Subterrâneo da área estudada.

7- CONCLUSÕES

Através dos estudos feitos na área foi possível observar, no que diz respeito à hidrogeologia, que o fluxo subterrâneo da área tem direção predominante NW-SE no sentido SE, ou seja, o fluxo hídrico está se movendo da região urbanizada em direção aos mananciais Bolonha e Água Preta.

Alem disso tem-se duas áreas de recarga do aquífero superior sendo que a primeira está localizada na porção central da área, no bairro do Castanheira, próximo aos mananciais Bolonha e Água Preta e a segunda localiza-se na porção extremo NE da área no bairro da Pratinha. As áreas de descarga desse aquífero são os próprios mananciais o que agrava ainda mais a situação em caso de uma contaminação desse aquífero.

Nos levantamentos de campo ficou bastante evidente a influência da ocupação urbana sobre a qualidade das águas subterrâneas da unidade aquífera superior da área estudada, com o registro de várias fontes potenciais de contaminação dessas águas como fossas sépticas, oficinas de veículos, lixões, poços escavados (amazonas) entre outras..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORTOLUZZI, A.C, 2004. **Gerenciamento Ambiental dos Postos de Revenda de Combustíveis Líquidos: Um Estudo de Caso**. Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 94p.

CABRAL, Joaquim da Silva Pereira. Movimento das Águas Subterrâneas In: FEITOSA Fernando A . C; FILHO João Manuel. (coor). **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**. 2.ed. Fortaleza: 2000.

COSTA, W, D. **Problemas Relacionados com a Investigação da Contaminação Produzida por Hidrocarbonetos do Petróleo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇO, 13; SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 1.; 2003, Petrópolis. Anais... Petrópolis: ABAS, 2003.p.321-331.

DA SILVA, J. A. F, 2002. **Sistematização e Avaliação de técnicas de investigação Aplicadas à Caracterização e Diagnósticos de Área Contaminada por Hidrocarboneto**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, 160p.

DA SILVA, E. F, 2004 **Gestão Ambiental dos Postos Revendedores de Combustíveis no Estado do Rio de Janeiro: Uma Avaliação Crítica na Visão Ocupacional e Ambiental da Presença do Benzeno na Gasolina Automotiva**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 97p.

FORNO, R. G. D, 2006. **Avaliação da Poluição do Solo por Derivados de Petróleo e sua Remediação. Paraná**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Paraná, 89p.

GRUPO EDUCACIONAL DOMBOSCO. 2008. Etilbenzeno. Disponível em: www.dombosco.com.br. Acessado em: 9 de novembro de 2008.

GUIGUER, N. **Poluição de águas subterrâneas e do solo causada por vazamentos em postos de abastecimento**. Ontario: Waterloo Hydrogeologic, 2000. 356p.

HEATH, Ralph C. **Hidrologia Básica de Água Subterrânea**. North Carolina: Dept. of natural Resource and community developmenty. 1982.

LIBÂNO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas,SP. Ed átomo, 2005.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil**. Tese (Doutorado em Geologia. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, 2002. p. 292.

MESTRINHO, Suely Schuartz Pacheco. Qualidade das Águas. In: GONÇALES, Valter Galdiano; GIAMPÁ, Carlos Eduardo Q.(Edit). **Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos**. São Paulo: Signus, 2006

MORAES, M. C. da S. 1999. **Avaliação do regime de precipitação na região de Belém (RMB) e sua relação com a hidrologia subterrânea**. Belém: Universidade Federal do Pará. CG-. Dpt de Meteorologia, 54p /Trabalho de Conclusão de Curso-TCC.

PENNER, G.C, 2000. **Estudos Laboratoriais da Contaminação Contaminação do Solo com o uso de Detector de Fotoionização**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 132p.

PICELI, P, C. 2005. **Quantificação de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno em Ambientes Ocupacionais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 132p.

PRESS, FRANK, *et al.* **Para Entender a Terra**. 4. ed . Porto Alegre:Bookman, 2006. 656 p.

RAMOS, U.M, 2006. **Estudo da biodegradação de gasolina por bactérias presentes no solo da área de armazenamento e de distribuição de combustíveis no município de Ribeirão Preto**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Ribeirão Preto, 108p.

REBOUÇAS, Aldo do C. Águas Subterrâneas. In: GONÇALES, Valter Galdiano; GIAMPÁ, Carlos Eduardo Q.(Edit). **Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos**. São Paulo: Signus, 2006

SALGUEIRO, R. S.; RIBEIRO, R. L. ; BAMPA SAUERBRONN, J. L.; GOMES, O. V. O. **Avaliação de Metodologias para análise de Contaminação em Subsuperfície em Áreas de Armazenamento, Transporte e Aterro por Resíduos Derivados do Petróleo no Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇO, 13; SIMPOSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 1.; 2003, Petrópolis. Anais... Petrópolis: ABAS, 2003.p.198-194.

SANDRES, G.C, 2004. **Contaminação dos solos e águas Subterrâneas Provocada por Vazamentos de Gasolina nos Postos de Combustíveis devido à Corrosão em Tanques Enterrados**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 147p.

SANTOS, Almany Costa. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA Fernando A. C; FILHO João Manuel. (coor). **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**. 2.ed. Fortaleza: 2000.

SANTOS, O. M.; SILVA, P. D. A.; FURTADO, K. G ; COGAN, S. **A Teoria das Restrições no processo de refino de petróleo.** In: Congresso USP Controladoria e Contabilidade, 6, 2006, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: FEA - USP, 2006.

SILVA, R. L. B, 2002. **Contaminação de Poços Rasos no bairro Brisamar, Ítaqui, RJ, por Derramamento de Gasolina: Concentração de BTEX e Avaliação da Qualidade da água Consumida pela População.** Tese de Doutorado, Escola Nacional de Saúde pública da Fundação Osvaldo Cruz, 182p.

SILVEIRA, Andre L.L DA. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org). **Hidrogeologia Ciência e Aplicação.** 2.ed. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade/UFRGS, 2001.

TEIXEIRA, WILSON, *et al.* **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos. 2000. 568 p.

TRIGUEROS, D. E. G, 2008. **Avaliação da Cinética de Biodegradação dos Compostos Tóxicos: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno, Xileno (BTEX) e Fenol.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 179p.

UEHARA, Kokei. Elementos de Hidrologia de Superfície. In: GONÇALES, Valter Galdiano; GIAMPÁ, Carlos Eduardo Q.(Edit). **Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos.** São Paulo: Signus, 2006

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. 2008. Águas subterrâneas: um importante recurso que requer proteção. Disponível em: www.igc.usp.br. Acessado em: 15 de novembro de 2008.

WIKIPÉDIA, A INCICLOPEDIA LIVRE. 2008. Benzeno. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Benzeno>. Acessado em: 29 de outubro de 2008.

WIKIPÉDIA, A INCICLOPEDIA LIVRE. 2008. Tolueno. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Tolueno>. Acessado em: 29 de outubro de 2008.

SIQUEIRA, W.S.; ANJOS, G.C.; SOUZA, E.L. **Avaliação preliminar dos riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas por postos de combustíveis.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., Florianópolis, 2002. Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.