

CONTAMINAÇÃO POR COMPOSTOS DE PETRÓLEO NA ÁREA DO RESIDENCIAL OLIMPUS – BELÉM - PARÁ

Wilson de Oliveira¹; Eduardo Marechal Tagliarini²;
Antonio Carlos F. N. S. Tancredi² & Luís F. C. Pacheco²

RESUMO - A área estudada no Residencial Olympus e adjacências apresenta contaminação por gasolina e óleo diesel na água subterrânea. Este, devido sua elevada viscosidade, encontra-se às proximidades do Posto Senador Lemos, local do vazamento.

A parte superior do terreno é argilosa. Subjacente, uma camada arenosa, constitui-se num aquífero do tipo confinado.

A localização do posto, no interflúvio, contaminou, no sentido do fluxo da água subterrânea, áreas da bacia do Igarapé do Una à leste e da Baía de Guajará à oeste. Os contaminantes na zona insaturada, na fase de vapor, migram lateralmente.

Devido à magnitude da pluma de contaminação até agora verificada, o vazamento de gasolina foi muito grande e ocorreu por um longo período de tempo.

O bombeamento dos poços do Residencial Olympus provocou indução do fluxo da água subterrânea, aumentando a velocidade de migração da pluma contaminante. Através da conexão hidráulica dos aquíferos, a contaminação atingiu partes mais profundas do sistema hidrogeológico. Em diversos locais poços foram abandonados.

Os hidrocarbonetos retidos na fase sorvida, permanecem como fonte de contaminação, com liberação lenta e contínua para a fase dissolvida. Este processo se estenderá por vários anos, mesmo iniciando-se rapidamente a descontaminação da área.

ABSTRACT - Residencial Olympus and its adjacent area is studied for contamination in the groundwater caused by the leakage from gasoline and diesel fuel tanks from the Posto Senador Lemos, leaking place. The contamination of diesel fuel encountered is localised in the proximity of the fuel station due to its high viscosity.

A shallow sandy confined aquifer is present in this área overlain by a clayey layer, in the upper part.

The location of the fuel station in drainage divide of Una stream at east and Guajará bay at west basins spreads the plume in these two basins, in the direction of groundwater flow. The contaminations in the vadose zone, in vapor phase, migrate laterally.

¹ PETEM – Hidrogeologia e Poços Ltda. Trav. Dom Romualdo de Seixas, 1905 . Belém – Pará -Tel (0xx91) 9982-2549

² LUPA – Laboratório Unificado de Pesquisa e Assessoria. Belém – Pará - Tel (0xx91) 222-0983

The greatest magnitude of the contaminant plume, verified so far, shows that a large leakage of gasoline has been occurring for a long time.

Pumping in the wells of Residencial Olympus provoked the higher groundwater flux, consequently the migration velocity of contaminant plume. Contamination has also affected hydrogeologic system even at higher depths do to the recarge boundary among the aquifers; and because of this many wells are abandoned.

The hydrocarbons retained in sorbed phase will be for a long time source of contamination due to its continuous and slow liberation to the dissolved phase. The process will extend for many years even the descontamination of the area

Palavras - chave: contaminação, hidrocarbonetos.

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea é normalmente invisível e como consequência disso torna-se mais difícil compreender sua ocorrência, movimento e problemas de contaminação. A água no subsolo é a principal condicionante para a difusão e o transporte de poluentes. A contaminação do terreno e da água subterrânea por combustíveis a partir de tanques enterrados não é percebida de imediato na maioria das vezes. Geralmente torna-se constatada quando atinge grandes proporções.

Este estudo apresenta a contaminação por hidrocarbonetos derivados de petróleo, dissolvidos na água subterrânea, na área do Residencial Olympus e adjacências.

O Residencial Olympus abriga cerca de 2.000 moradores em sete edifícios, os quais utilizaram água subterrânea captada em sete poços tubulares.

Os combustíveis derivados do petróleo contem uma complexa mistura de compostos orgânicos, sendo os hidrocarbonetos os mais freqüentes.

Os hidrocarbonetos como Benzeno, Tolueno, Etil-Benzeno e Xileno encontrados na água produzida pelos poços, e outros constituintes da gasolina, representam um alto risco à saúde humana, principalmente pelas concentrações acima de 10 µg/L, bem como o período de tempo em que esses compostos foram consumidos.

- Umidade Relativa do Ar 84,0 %
- Insolação Total 2.219,8 h.

A vegetação original foi de uma Floresta Tropical Úmida Perenifolia, com grande heterogeneidade na composição das espécies florestais. Devido à urbanização da área, a floresta primitiva desapareceu completamente.

A pedologia apresenta latossolos amarelos de textura variada e solos concrecionários lateríticos; solos hidromórficos gleizados de textura variada e podzol hidromórfico.

A área tem drenagem para a Baía de Guajará a oeste e para o Igarapé do Una a leste, estando a avenida Senador Lemos, junto do interflúvio dessa drenagem. A drenagem do Igarapé do Una é para a Baía de Guajará e desta para a Baía de Marajó, na parte sul do estuário do Rio Amazonas. O baixo curso do Igarapé do Una, a Baía de Guajará e a Baía de Marajó estão sob a influência da maré.

3. GEOLOGIA

A região nordeste do Pará, onde situa-se a cidade de Belém apresenta uma cobertura sedimentar sobrejacendo a um embasamento cristalino, com rochas de variados graus de metamorfismo, como gnaisses, quartizitos, xistos e filitos.

A cobertura sedimentar é constituída por rochas da Formação Pirabas, do Grupo Barreiras e sedimentos do Quaternário. Há uma certa reserva com essa seqüência na parte inferior, sotoposta ao Grupo Barreiras, que poderia pertencer à outras formações.

Os sedimentos do Quaternário são constituídos por areias, siltes e argilas, transportados e depositados na planície aluvial dos rios da região. Esses depósitos são de idade Holocênica e tem espessura máxima em torno de 30 m, evidenciado por sondagens geotécnicas (GEIPOT, 1978)

Os depósitos areno-argilosos, amarelados, mais antigos, de idade Pleistocênica tem sido referidos como Pós-Barreiras (SILVA & LOWENSTEIN, 1968)

A seqüência sedimentar do Terciário compreende o Grupo Barreira de origem essencialmente continental e a Formação Pirabas, de origem marinha.

O Grupo Barreira é constituído por argilas, siltes, areias, cascalhos, arenitos, siltitos, conglomerados, níveis de concreções ferruginosas, arenito ferruginoso. São de coloração amarelada, marrom, com argilas multicoloridas, variegadas, à vezes claras caoliníticas, às vezes cinzas com matéria orgânica.

Apresenta duas unidades separados por uma inconformidade. A parte superior, regressiva, com fácies fluvial e feições de fluxos gravitacionais. A parte basal mostra a presença de fácies de

planície de lama, de lama/areia e de canais de maré, com zonas próximas e distantes da atual linha de costa (ARAÍ et al, 1992).

A seqüência litológica dos sedimentos clásticos do Grupo Barreiras tem distribuição espacial bastante irregular, com camadas horizontais a sub-horizontais, de espessura e continuidade lateral muito variáveis. A espessura total atinge em torno de 100 m.

Sotoposta ao Grupo Barreira encontra-se a Formação Pirabas, com profundidades a partir de 80 m, não aflorando na área. É constituída por calcários, areias, argilas, margas, arenitos, siltitos, argilitos, depositados em ambiente marinho, durante o Mioceno, sendo ricamente fossilífera.

3. 2 GEOMORFOLOGIA

As principais unidade morfo-estruturais encontradas na região de Belém são constituídas pelo Planalto Rebaixado da Amazônia e pela Planície Amazônica.

O Planalto Rebaixado da Amazônia apresenta um relevo com extensas superfícies planas, suavemente onduladas e dissecadas, tendo se desenvolvido em rochas do Grupo Barreiras e do Quaternário mais antigo.

A Planície Amazônica situa-se acompanhando os baixos cursos da drenagem. Caracteriza-se por uma área plana, com depósitos aluviais, com áreas alagadas e inundáveis periodicamente pela chuvas e pelas marés.

3. 3 GEOLOGIA LOCAL

Na área destas pesquisas, a partir da superfície do terreno, a geologia apresenta na porção mais alta da área entre o Residencial Olimpus e o Posto Senador Lemos, predominância de argilas, com níveis de concreções ferruginosas. Subjacente há uma camada arenosa.

Na área mais baixa, ás proximidades da Baía de Guajará na parte superior do terreno ocorre uma camada de argila negra e areia cinza, sotoposta.

Em maiores profundidades há uma seqüência de estratos arenosos e argilosos.

4. HIDROGEOLOGIA

A hidrolitologia mostra a partir da superfície do terreno, aquícludes, aquíferos e aquípardos em rochas sedimentares do Quaternário e do Grupo Barreiras. Esse sistema hidrogeológico é formado em rochas clásticas arenosas, siltosas, argilosas e lateritos.

Na parte central da área, entre a Avenida Senador Lemos e o Residencial Olimpus a parte superior do terreno é constituída por uma camada de argila arenosa amarelada com espessura de 1,10 m a mais de 3,00 m. Sotoposto ocorre um estrato de argila arenosa vermelha escura com

concreções ferruginosas, com espessura variando de 3,0 m a 5,0 m. Constituem o aquícluíde da parte superior.

Na área mais baixa, às proximidades da Baía de Guajará na parte superior do terreno ocorre uma camada de argila cinza negra, um aquícluíde com espessura de 2,0 m a 8,5 m a qual recobre o aquífero de areia cinza (sem espessura determinada)

Subjacente há um aquícluíde de argila marrom a creme de 2,5 m a 12,0 m de espessura.

Sotoposto ocorre um aquífero, do tipo confinado, de areia cinza Subjacente há um aquícluíde de argila variegada de 2,0 m a 9,0 m de espessura.

Sotoposto ocorre um aquífero, do tipo confinado, de areia média com seixos de espessura compreendida de 7,0 m a 10,0 m.

No poço de observação PO-10 às proximidade da Rua Curuçá, já na bacia do Igarapé do Una há a ocorrência de um aquícluíde de areia siltosa e areia argilosa, a partir da superfície do terreno.

4.1 ZONAS INSATURADA E SATURADA

A zona insaturada é formada por sedimentos argilo-arenosos, lateritos e argilas. Sua espessura varia de 5,60 m na parte mais alta da área a 0,00 m nas margens da Baía de Guajará.

A zona saturada apresenta em sua parte superior camadas argilosas sobrejacendo a estratos arenosos. Em profundidades maiores há uma seqüência de estratos argilosos e arenosos.

Os níveis estáticos referidos foram medidos em 21/05/2001, nos poços de monitoramento. Essa carga hidráulica situa-se no aquícluíde constituído de argilas marron, na parte central da área e argila negra às proximidades da Baía de Guajará, e um aquícluíde de areia silto-argilosa, no poço de monitoramento PO-10.

A localização dos poços de monitoramento (13 poços) e dos poços tubulares (3 poços) utilizados pode ser observada na Figura 2, que apresenta o interflúvio ou divisor de águas, o sentido de fluxo da parte superior da zona saturada, um aquícluíde e o sentido de fluxo na camada aquífera mais rasa.

O Posto Senador Lemos situa-se no interflúvio ou divisor de águas das bacias hidrológica e hidrogeológica com drenagem para a bacia do Igarapé do Una a leste e para a bacia da Baía de Guajará a oeste. Nos trabalhos de topografia desenvolvidos e em mapas detalhados da CODEM Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém, esse fato é visto com precisão.

A Figura 3 mostra o perfil hidrolitológico da área estudada, com base nos poços de monitoramento. A Figura 4 apresenta o bloco topográfico da área.

Figura 5 mostra o mapa potenciométrico, e a Figura 6 o bloco diagrama da potencimetria, da parte superior da zona saturada.

O sentido de fluxo da água subterrânea é do Posto Senador Lemos para o Residencial Olympus continuando para a Baía de Guajará, seu exutório natural. Na outra bacia, situada na parte leste da área, o sentido de fluxo da água subterrânea é do Posto Senador Lemos para o Igarapé do Una.

Entre o Posto Senador Lemos e o Residencial Olympus o gradiente hidráulico determinado foi de 0,00414 ou 4,14 m/km e o sentido de fluxo apresenta um padrão geral de leste para oeste.

4.2 SISTEMA AQÜÍFERO

Os aquíferos dessa área, entre o Posto Senador Lemos e a Baía de Guajará são do tipo confinado e com conexão hidráulica entre os mesmos evidenciado por bombeamento. Com o bombeamento do poço do Edifício Apollo, que capta a camada aquífera de 25,5 m a 35,5 m de profundidade houve rebaixamento no poço PT-2 utilizado como poço de observação e com captação da camada aquífera situada na profundidade de 15,0 m a 21,0 m e com 5 m de cota mais elevada em relação ao poço do Edifício Apollo.

Os aquíferos da área são formados por camadas arenosas lenticulares, com freqüente intercomunicação e conexões hidráulicas entre os mesmos.

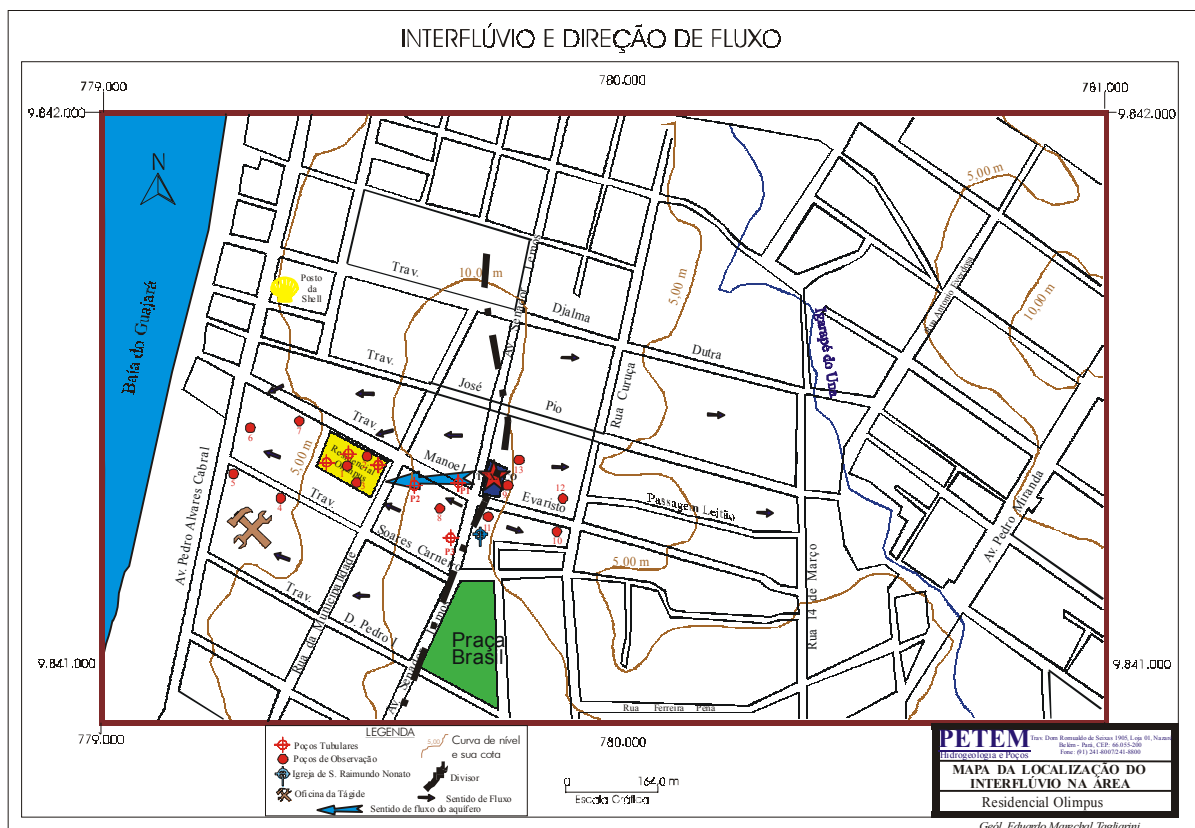


Figura 2 – Mapa de localização dos poços, divisor de águas e sentido de fluxo da água subterrânea.

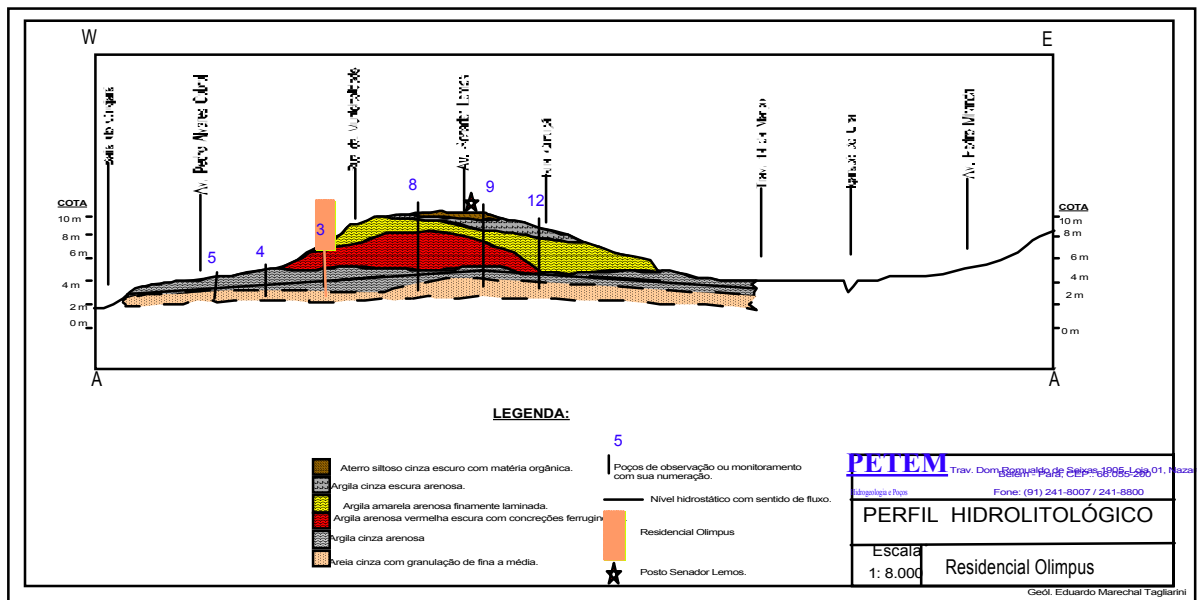


Figura 3 – Perfil hidrolitológico da área.

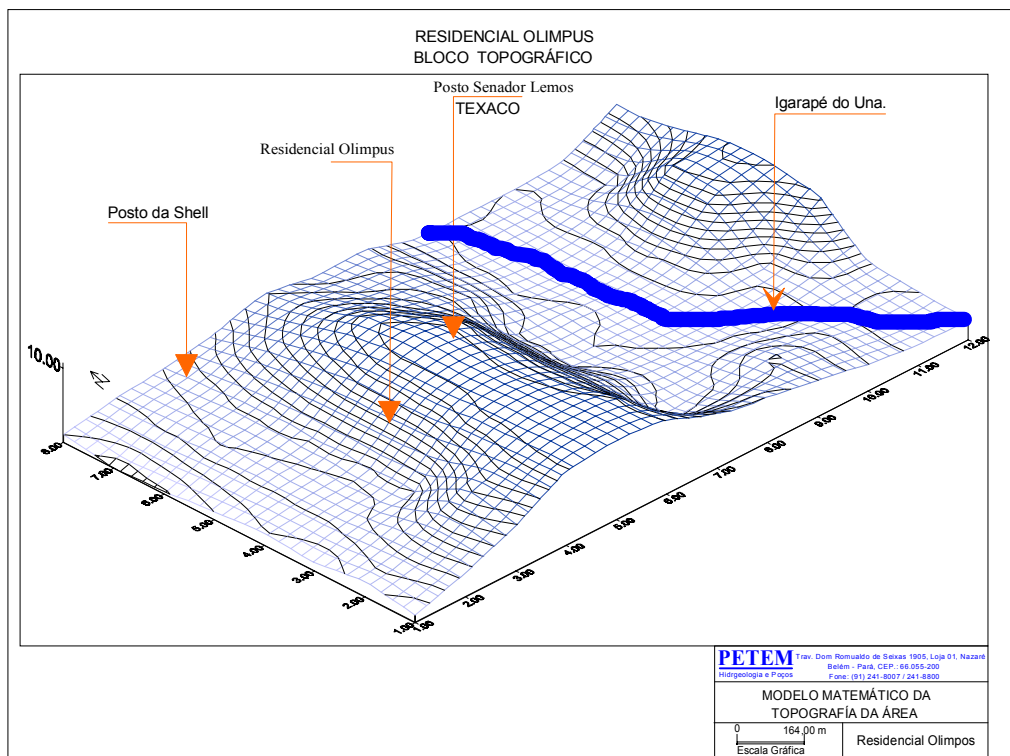


Figura 4.4- Bloco diagrama topográfico

Figura 4- Bloco topográfico da área.

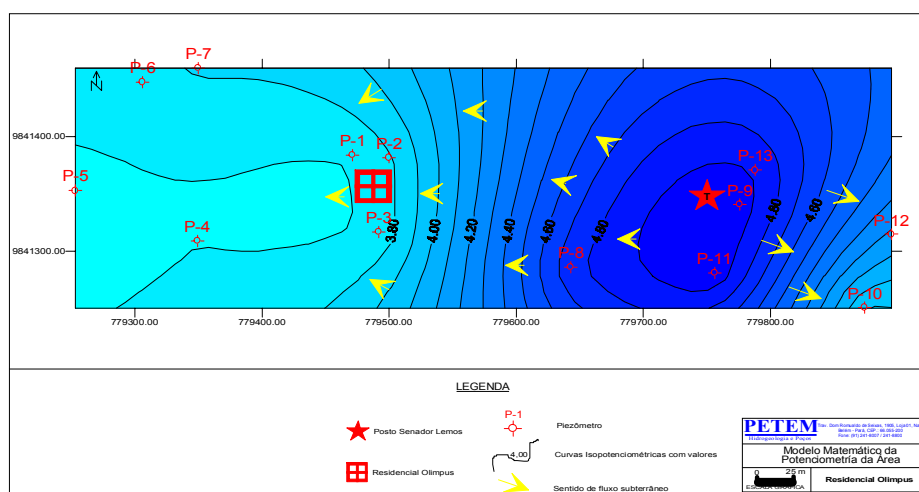


Figura 5- Mapa potenciométrico da área.

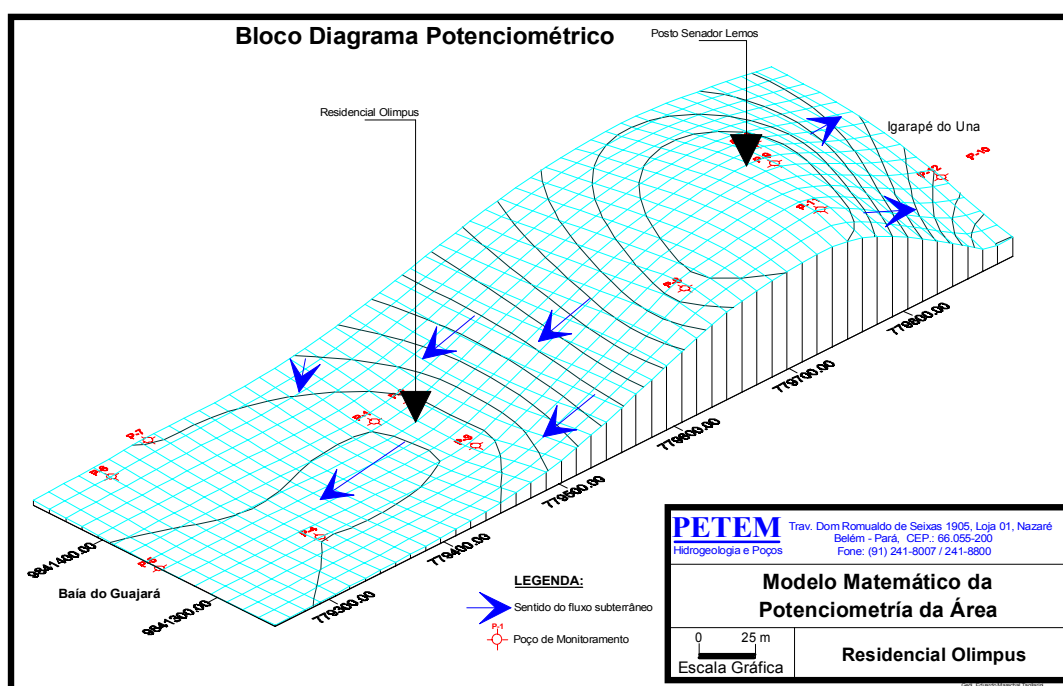


Figura 6 – Blocodiagrama potenciométrico da área.

Para a determinação das características hidrodinâmicas foi realizado um teste de aquífero. Consistiu essencialmente no bombeamento do poço PT-2 a uma vazão constante de $3,8 \text{ m}^3/\text{h}$ com

observação dos potenciais hidráulicos no poço PT-1, utilizado como poço de observação e distante 79,2 m.

Na interpretação do teste de aquífero utilizou-se o método de Theis modificado, de Jacob e Cooper. Comprovou-se a validade de Cooper e Jacob, com o valor de $u = 0,0025$ (menor que 0,05).

A Figura 7 apresenta a evolução do cone de rebaixamento com o tempo, do aquífero, em diagrama semi-logarítmico determinado no poço de observação, possibilitando a determinação das características hidrodinâmicas desse aquífero.

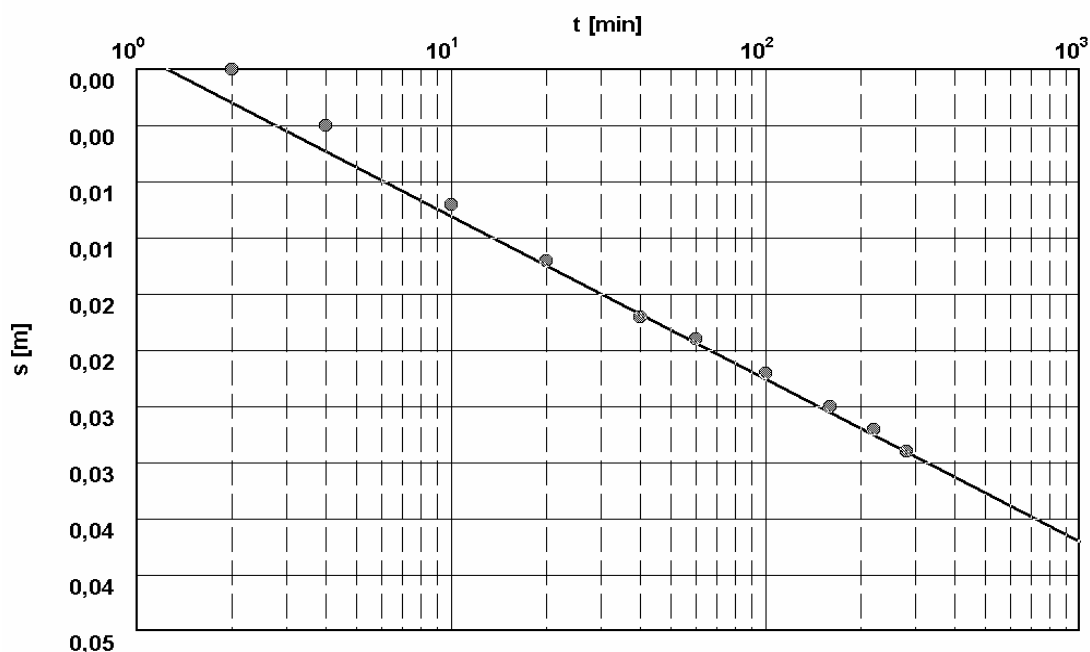


Figura 7 – Evolução do cone de rebaixamento com o tempo no poço de observação (poço PT-1) distante 79,2 m.

O sentido de fluxo e o gradiente hidráulico do aquífero foram determinados a partir dos poços PT-1, PT-2 e PT-3, medidos no dia 16/06/2001. A porosidade específica foi efetuada em uma amostra indeformada da perfuração do poço PT-2.

O aquífero da parte superior, nessa área, apresenta as seguintes características hidrogeológicas:

- tipo de aquífero: confinado
- gradiente hidráulico: 0,00425 ou 4,25 m/km.
- sentido de fluxo da água subterrânea: 82° SW
- velocidade de fluxo: 0,70 m/dia
- velocidade linear média: 3,68 m/dia
- porosidade específica: 0,19 ou 19 %
- transmissividade: $T = 1152 \text{ m}^2/\text{dia}$

- coeficiente de armazenamento: $S = 3,59 \cdot 10^{-4}$
- condutividade hidráulica: $K = 164,5 \text{ m/dia}$.

5. CONTAMINAÇÃO

A contaminação dessa área refere-se neste trabalho a parte dissolvida na água subterrânea.

A contaminação do terreno e da água subterrânea por compostos orgânicos derivados de petróleo, ocorre devido a acidentes ou vazamentos através de orifícios causados pela corrosão no próprio tanque ou na tubulação dos mesmos. Os hidrocarbonetos, principais constituintes dos combustíveis derivados do petróleo são utilizados para caracterização da contaminação.

As análises evidenciaram que o combustível contaminante é a gasolina. A gasolina contém mais de 100 compostos orgânicos. Nos poços de monitoramento próximo ao Posto Senador Lemos (PO-9 e PO-11), as análises evidenciaram também óleo diesel. Devido sua elevada viscosidade a migração de óleo diesel não atingem áreas distantes.

Ao vazarem de tanques enterrados os combustíveis migram verticalmente sob a ação da força da gravidade; são parcialmente retidos pelas partículas do terreno, formando a fase sorvida e a fase de vapor, na zona insaturada. Ao atingirem a zona saturada flutuam sobre a camada saturada de água no contato com a franja capilar, formando a fase livre. Parte desses compostos dissolvem-se na água subterrânea, formando a fase dissolvida. Os contaminantes transitam de uma fase a outra, havendo portanto transferência de fases. Pode-se ainda considerar uma fase residual após a lixiviação da fase livre.

Os compostos em suas diferentes fases se deslocarão com diferentes taxas de migração. Resulta em uma pluma de água contaminada complexa.

Os contaminantes na zona insaturada podem mover-se tanto na fase líquida como na fase de vapor. Os vapores migram lateralmente.

Os vapores derivados desses compostos migrando através da zona insaturada do terreno podem se acumular próximo aos pisos e outros revestimentos do terreno como concreto e asfalto onde podem constituir-se em um perigo para fogo ou explosão, fato verificado no Residencial Olympus. Os gases voláteis impregnaram a zona insaturada na área do Olympus, e em outros locais às proximidades do Posto Senador Lemos.

Os compostos dissolvidos apresentam uma outra parte solúvel na água subterrânea de maior densidade que atinge a base da camada aquífera.

A Figura 8 apresenta a distribuição da concentração de hidrocarboneto total de petróleo entre o posto Senador Lemos e o Residencial Olympus baseada em dados da Analytical Solutions (ELIAS, 2001)

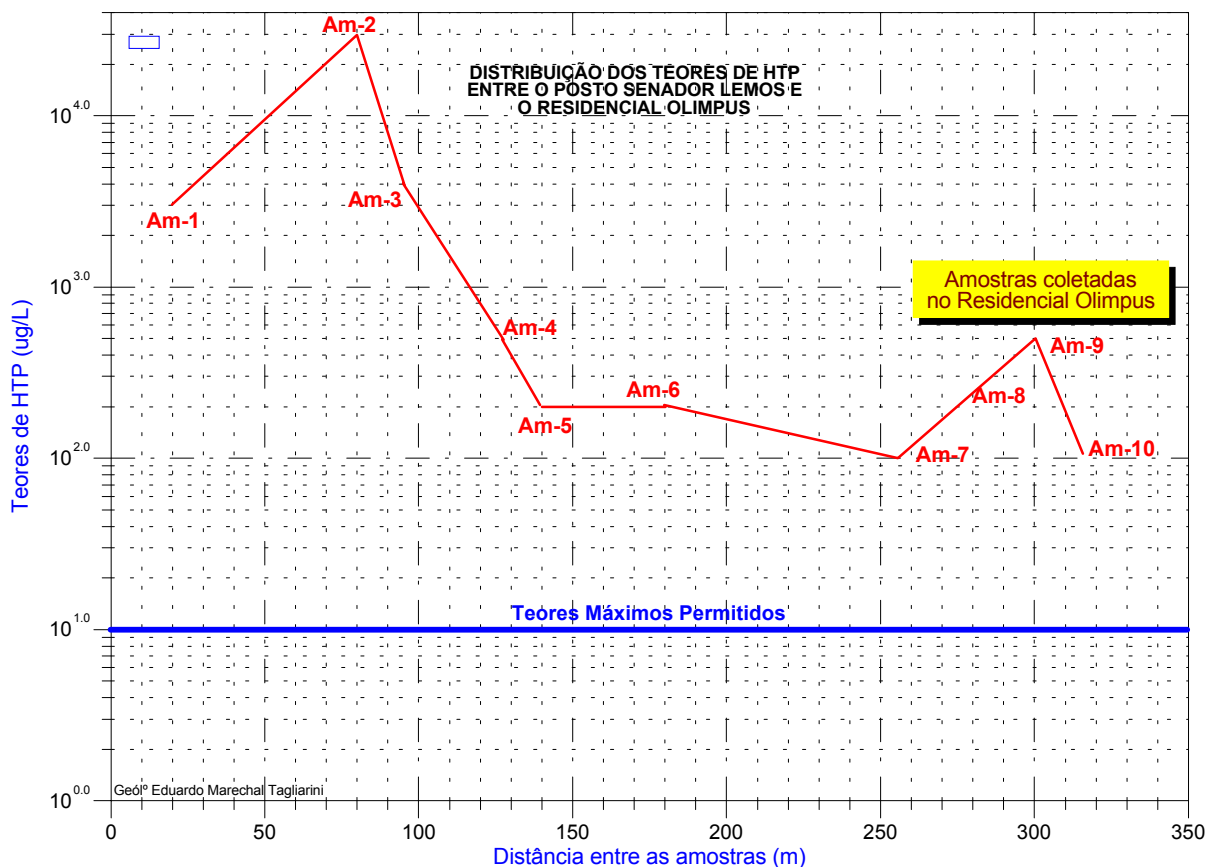


Figura 8 – Distribuição dos teores de hidrocarbonetos totais de petróleo entre o Posto Senador Lemos e o Residencial Olimpus.

Estudos quantificando a distribuição de fases dos contaminantes (GROUNDWATER TECHNOLOGY INC, 1983, in OLIVEIRA, 1992) para um aquífero de areia média, semelhante ao da área estudada, mostram que a contaminação pela fase dissolvida é 79,0 % do volume do terreno contaminado, pois o fluxo da água subterrânea através do aquífero tem maior capacidade de espalhamento da contaminação devido sua elevada mobilidade. A quantidade retida na fase sorvida, com baixa mobilidade permanece como fonte de contaminação da água subterrânea, com liberação lenta e contínua de produtos derivado de petróleo para a fase dissolvida. Este processo, quando ocorre, estende-se por vários anos.

Há muitos casos em que a água contaminada migrou da área de vazamento do combustível, para poços de abastecimento, nas áreas adjacentes.

O vazamento do posto, devido sua localização no interflúvio da drenagem para a bacia da Baía de Guajará e da drenagem para a bacia do Igarapé do Una contaminou áreas dessas duas bacias, no sentido do fluxo da água subterrânea. Os contaminantes na zona insaturada na fase de vapor migram lateralmente.

provocaria uma pluma de contaminação tão extensa. E muito menos contaminando duas bacias de drenagem.

5.1 DESLOCAMENTO DOS CONTAMINANTES ATRAVÉS DO AQÜÍFERO

O transporte do contaminante no aqüífero, na forma de soluto é feita por advecção pelo fluxo da água subterrânea. Durante sua trajetória ocorre um espalhamento da pluma de contaminação, provocada pela dispersão hidrodinâmica. No processo de advecção os contaminantes dissolvidos na água subterrânea se deslocam com a mesma taxa de velocidade da água. Assim, a partir da velocidade da água subterrânea no aqüífero da parte superior, de 0,70 m/dia, o gradiente hidráulico de 0,00425 e considerando a distância de 290 m entre o Posto Senador Lemos e Edifício Apolo, no Residencial Olympus; a contaminação leva, em condições naturais, ou seja sem bombeamento de poços nessa área, 414,3 dias, ou seja 1 ano e 50 dias.

Deve-se ressaltar que os aqüíferos dessa área têm conexão hidráulica entre os mesmos, comprovado com bombeamento, o que espalhou essa contaminação também em profundidade como verificado nos poços do Edifício Apolo e do Edifício Marte, o mais distante do Posto Senador Lemos.

O bombeamento nestes poços, caso típico do Residencial Olympus (com sete poços), provoca uma indução do fluxo da água subterrânea em direção aos mesmos, aumentando a velocidade de propagação da pluma contaminante e conseqüentemente a contaminação da água dos poços.

A contaminação que migrou através do aqüífero confinado da parte superior, estendeu-se para outras áreas e para as camadas dos aqüíferos mais profundos, devendo a mesma ser identificada em toda sua extensão. Ela representa o maior volume do terreno contaminado. Em diversos locais às proximidades do posto, poços tubulares para captação da água subterrânea foram abandonados.

Os vapores de compostos orgânicos são solúveis e movem-se na água subterrânea. A quantidade retida na fase sorvida, principalmente nas áreas próximas ao posto permanece como fonte de contaminação da água subterrânea, com liberação lenta e contínua para a fase dissolvida. Este processo, se estenderá por vários anos, mesmo se for iniciado rapidamente a implementação da descontaminação da área.

6. CONCLUSÕES

Houve vazamento de gasolina e de óleo diesel do Posto Senador Lemos e a área contaminada está no sentido do fluxo da água subterrânea.

Devido à elevada viscosidade do óleo diesel, a migração da contaminação causada pelo mesmo não atingiu áreas distantes.

Devido à localização do Posto Senador Lemos, junto ao divisor de água da drenagem para a bacia hidrográfica e hidrogeológica da Baía de Guajará e do Igarapé do Una, a contaminação atingiu áreas das duas bacias.

Os gases voláteis impregnam a zona insaturada na área do Residencial Olimpus e em outros locais próximo ao posto, podendo se constituir em perigo para fogo ou explosão.

Devido à extensão da área contaminada houve vazamento de grande quantidade de combustível durante um longo período de tempo

A contaminação migrou através do aquífero para áreas mais distantes do posto, de menor potencial hidráulico, devido à elevada mobilidade da água subterrânea no aquífero.

Não há outra fonte potencial de contaminação na área contaminada e um acidente com um vazamento instantâneo não provocaria uma pluma de contaminação tão extensa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÍ, M.; TRUCKENBRODT, W.; NOGUEIRA, C., R.; GÓES, A, M.; ROSSETTI, D., F.; 1992. *Novos Dados sobre a Estratigrafia e Ambiente Depositional dos Sedimentos Barreira, NE do Pará*. Anais do IV Simp. de Geol. da Amazônia, SBG, Belém, 3 p.
- DNMET; 1992. *Normais Climatológicas (1961- 1990)*. DNMET, Brasília, 84 p.
- ELIAS, V., O.; 2001. Análise de Benzeno, Tolueno, Xilenos, Etilbenzeno, Hidrocarbonetos Totais de Petróleo e Hidrocarbonetos Poliaromáticos para o Ministério Público – Belém, Analytical Solutions, Rio de Janeiro, Rel. 49 p.
- GEIPOT; 1978. *Acesso Viário ao Novo Porto do Pará – Sondagens das Travessias*. GEIPOT, Belém, 36 p.
- OLIVEIRA, E de; 1992. *Contaminação de Aquíferos por Hidrocarbonetos Provenientes de Vazamentos de Tanques de Armazenamento Subterrâneo*. São Paulo, USP. 112 p. Tese (Mestrado).
- SILVA, O., F.; LOWENSTEIN, P.; 1968. *Contribuição à Geologia da Folha de São Luiz (SA-23) no Estado do Pará*. MPEG, Bol. n. 13, Belém, p 1-17.
- SUDAM; 1984. *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. SUDAM, PHCA, Belém, 125 p.
- TANCREDI, A., C., F., N., S.; TAGLIARINI, E., M; OLIVEIRA, W de; 2001. *Diagnóstico Ambiental Fase II – Contaminação por Hidrocarbonetos – Área do Residencial Olimpus*. PETEM, Belém, Rel., 27 p.