

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**O VAZAMENTO DO OLEODUTO OLAPA (MORRETES, PARANÁ):
AVALIAÇÃO AMBIENTAL E RECONSTITUIÇÃO DO
COMPORTAMENTO DO ÓLEO, DA SERRA DO MAR AO COMPLEXO
ESTUARINO DE PARANAGUÁ**

LILIAN CRISTIANE ALBARELLO

ORIENTADOR: Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto

PORTO ALEGRE
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

**O VAZAMENTO DO OLEODUTO OLAPA (MORRETES, PARANÁ):
AVALIAÇÃO AMBIENTAL E RECONSTITUIÇÃO DO
COMPORTAMENTO DO ÓLEO, DA SERRA DO MAR AO COMPLEXO
ESTUARINO DE PARANAGUÁ**

LILIAN CRISTIANE ALBARELLO

ORIENTADOR: Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto

BANCA EXAMINADORA: Prof. Dr. Antonio Pedro Viero
Dra. Clarissa Lovato Melo
Prof. Dr. Ricardo Giumelli Marquezan

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Geociências da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, em cumprimento
às exigências para obtenção do título de Mestre.

PORTO ALEGRE
2012

Albarello, Lilian Cristiane

O vazamento do oleoduto Olapar (Morretes, Paraná):
avaliação ambiental e reconstituição do comportamento do óleo,
da Serra do Mar ao Complexo Estuarino de Paranaguá. / Lilian
Cristiane Albarello. - Porto Alegre : IGEO/UFRGS, 2012.

[187 f.] il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-
Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto

1. Avaliação ambiental. 2. Contaminação. 3. Hidrocarbonetos
4. Razões diagnósticas de HPA. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Miriam Alves CRB 10/1947

AGRADECIMENTOS

Ao amor da minha vida, meu marido, meu melhor amigo, Lucas, meu grande motivador, com quem divido esta conquista, pela enorme ajuda na dissertação, pela paciência e carinho nos momentos onde tudo parece dar errado.

Ao Prof. Dr. Artur Cezar Bastos Neto, pela orientação, amizade e dedicação.

À minha mãe e às minhas irmãs, que sempre me incentivaram a continuar estudando e evoluindo, e pelo apoio em todos os momentos da minha vida. Obrigada por confiarem em mim.

À Petrobrás, especialmente à REPAR, pela permissão da utilização dos dados e pelo apoio em campo. À Fabiana Gallotta por me receber no CENPES e me passar um pouco do seu conhecimento em hidrocarbonetos.

Aos bolsistas da equipe NARA, Urso (Arthur), Ana Paula, Marco e Pedro pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório e pela companhia divertida nos campos. E à Taninha por estar sempre pronta a ajudar nos assuntos burocráticos.

RESUMO

Este é o primeiro estudo detalhado do acidente do OLAPA (vazamento de óleo diesel de mistura) ocorrido em 2001. Objetivou avaliar a qualidade ambiental da área afetada, incluindo os pontos de contingência 2, 3 e 4; caracterizar o comportamento do óleo nos 4 diferentes compartimentos geológico-geomorfológicos existentes e identificar se ocorreram outros vazamentos na área. O setor mais contaminado é o Ponto Zero, onde o solo ainda apresenta concentração de TPH acima do Valor de Intervenção (VI) em 8 locais, de fenantreno em 2 locais e de benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e indeno(123-cd)pireno em um local, e a água de 1 poço apresentou TPH acima do VI. Devido aos caminhos preferenciais (raízes de arbustos e árvores), o terreno natural, foi bem mais afetado em profundidade a partir do fluxo superficial de óleo do que a área de domínio do duto; nesta, ocorreu alguma migração de óleo em subsuperfície, pela trincheira. No rio do Meio (Serra do Mar), em somente um local, o solo apresentou TPH acima do VI. Ocorrências de baixas concentrações de hidrocarbonetos, assim como evidências organolépticas, ainda são muito frequentes. Nas partes com maior declividade e vale bem encaixado, elas ocorrem no material argiloso (rocha alterada) que forma barrancos verticais na margem. Nos trechos de menor declividade, com depósitos aluviais mais significativos, o óleo se infiltrou lateralmente, através do freático, por distâncias de até 4 m do canal. Nestes casos, enquadram-se os Pontos de Contingência 2, 3 e 4. No Ponto 3, TPH ultrapassou o VI em 3 amostras de solo e em uma de água subterrânea. Nos Pontos 2 e 4 não ocorrem concentrações de hidrocarbonetos acima de VI. Este último é o local mais a jusante com evidências de contaminação; aparentemente foi bastante contaminado, mas, por ser constituído por aluvião extremamente grosseiro, fortemente aerado, o contaminante foi facilmente degradado. Não existem evidências de contaminação nos compartimentos zona de transição (médio rio Sagrado), planície aluvial (baixo rio Sagrado) e Complexo Estuarino de Paranaguá (rios do Neves e Nhundiaquara). O óleo que eventualmente atingiu o complexo, a partir de um fluxo muito bem canalizado no rio Sagrado, encontrou um ambiente dinâmico, com um tempo de renovação da água de apenas 3,5 dias em média, que tendeu a direcioná-lo para o mar e não a mantê-lo neste sistema. Estudos de quantificação e distribuição de HPA

foram efetuados no solo dos dois locais mais contaminados (Ponto Zero e rio do Meio). As amostras apresentaram predomínio de compostos HPA de 2 e 3 anéis aromáticos, assim como o observado no óleo derramado, destacando-se principalmente, as séries de homólogos alquilados de naftalenos > fenantrenos > fluorenos > pirenos e crisenos, caracterizando aporte petrogênico. Entretanto, em apenas 2 casos (um em cada local) constatou-se a presença de contaminante não proveniente do óleo vazado, pois destacam-se os HPA de 4 a 6 anéis aromáticos, o que configura aporte pirolítico.

Palavras chave: avaliação ambiental, contaminação, hidrocarbonetos, razões diagnósticas de HPA.

ABSTRACT

This is the first detailed study of the accident OLAPA (leakage diesel fuel mixture) occurred in 2001. Aimed to evaluate the environmental quality of the affected area, including points of contingency 2, 3 and 4; characterize the behavior of oil in four different geological and geomorphological compartments existing and identify whether there were other leaks in the area. The sector most contaminated is the Point Zero, where the soil still presents TPH concentration above the value of Intervention (VI) in 8 locations of phenanthrene in two places and benzo (a) anthracene, benzo (a) pyrene and indeno (123-cd) pyrene in one place, and water from a well presented TPH above the VI. Due to preferential ways (roots of shrubs and trees), the natural terrain was much more affected in depth from the surface flow of oil than the domain area of the duct; in this, there was some migration of oil in the subsurface, the trench. In the rio do Meio (Serra do Mar), in only one location, the soil showed TPH above the VI. Occurrences of low concentrations of hydrocarbons, as well as organoleptic evidence, are still very frequent. In parts with greater slope embedded well valley, they occur in the clayey material (weathered rock) that form vertical slope on the margin. In the section with lower slope, with the most significant alluvial deposits, the oil infiltrate laterally through the groundwater, for distances of up to 4 m of the channel. In these cases, fits Contingency Points 2, 3 and 4. In Point 3, TPH exceeded the VI in three soil samples and one of groundwater. In Points 2 and 4 did not occur hydrocarbon concentrations above VI. The latter is the place most the downstream with evidence of contamination; apparently was very polluted, but because it consists of very coarse alluvial, strongly aerated, the contaminant was easily degraded. There are not evidences of contamination in the transition zone compartments (medium Rio Sagrado) alluvial plain (low Rio Sagrado) and Paranagua Estuarine Complex (rio do Neves and Nhundiaquara). The oil which eventually reached the complex, from a well channeled in flow rio Sagrado, found a dynamic environment with a water renewal time of only 3.5 days on average, which tended to direct you to the sea and not keep it in this system. Studies of quantification and distribution of PAHs were made in the soil of two contaminated places most (Point Zero and rio do Meio). The samples showed a predominance of PAH compounds 2

and 3 aromatic rings, as well as observed in the oil spill, highlighting mainly the homologous series of alkylated naphthalenes> phenanthrenes> Fluorenes> pyrene and Chrysenes, featuring petrogenic input. However, in only 2 cases (one in each location) revealed the presence of contaminant not derived from the oil leak out, because highlights are the PAHs from 4 to 6 aromatic rings, which sets pyrolytic input.

Keywords: Environmental assessment, Contamination, Hydrocarbons, diagnostic reasons of HPA.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Histórico, Justificativa e Objetivos	11
1.2. Localização, Acessos e Clima.....	14
1.3. Geologia e Geomorfologia da Área	14
2. METODOLOGIA	19
2.1. Sondagens exploratórias e amostragem do solo	20
2.2. Instalação de Poços de Monitoramento	22
2.3. Amostragem de água subterrânea	23
2.4. Amostragem de Água superficial	25
2.5. Sedimento de canal e de margem.....	26
2.6. Análises Laboratoriais	27
2.7. Tratamento e Interpretação dos Resultados	29
3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁREA.....	31
3.1. Trecho 1	31
3.1.1. <i>Característica da área</i>	31
3.1.2. <i>Distribuição dos hidrocarbonetos no Trecho 1</i>	34
3.1.2.1. Solo	34
3.1.2.2. Água subterrânea.....	38
3.1.2.3. Água Superficial	39
3.1.2.4. Sedimento	41
3.2. Trecho 2	42
3.2.1. <i>Características da Área</i>	42
3.2.2. <i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 2</i>	47
3.2.2.1. Solo	47
3.2.2.2. Água Superficial	48
3.2.2.3. Sedimento	48
3.3. Trecho 3	49
3.3.1. <i>Características da Área</i>	49
3.3.2. <i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 3</i>	51
3.3.2.1. Solo	51
3.3.2.2. Água Superficial	52
3.3.2.3. Sedimento	52

3.4.	Trecho 4.....	53
3.4.1.	<i>Características da Área</i>	53
3.4.2.	<i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 4</i>	56
3.4.2.1.	Solo.....	56
3.4.2.2.	Água Superficial.....	56
3.4.2.3.	Sedimento.....	57
3.5.	Trecho 5.....	57
3.5.1.	<i>Características da Área</i>	57
3.5.2.	<i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 5</i>	60
3.5.2.1.	Solo.....	60
3.5.2.2.	Água Superficial.....	60
3.5.2.3.	Sedimento.....	61
3.6.	Ponto 2.....	61
3.6.1.	<i>Características da Área</i>	61
3.6.2.	<i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Ponto 2</i>	63
3.7.	Ponto 3.....	65
3.7.1.	<i>Características da Área</i>	65
3.7.2.	<i>Distribuição dos Hidrocarbonetos no Ponto 3</i>	67
3.8.	Ponto 4.....	67
3.8.1.	<i>Características da área</i>	67
3.8.2.	<i>Distribuição dos hidrocarbonetos no Ponto 4</i>	72
3.8.2.1.	Solo.....	72
3.8.2.2.	Água Subterrânea.....	73
3.8.2.3.	Água Superficial.....	73
3.8.2.4.	Sedimento.....	74
4.	DISCUSSÃO.....	74
4.1.	Fonte dos contaminantes.....	74
4.1.1.	<i>Razões diagnósticas dos HPA</i>	75
4.1.2.	<i>Identificação da Fonte dos Hidrocarbonetos no Solo dos Trechos 1 e 2</i>	78
4.1.2.1.	Distribuição das Concentrações de HPA	78
4.1.2.2.	Razões Diagnósticas de HPA.....	85
4.1.2.3.	Diagnósticas de HPA do Óleo do Vazamento.....	93
4.2.	Comportamento do óleo nos diferentes ambientes.....	94

4.2.1. Trecho 1	95
4.2.2. Trechos 2 e 3 (Serra do Mar, Zona de Transição e Planície Aluvial).....	98
4.2.3. Complexo Estuarino de Paranaguá	101
5. CONCLUSÕES	102
5.1. Avaliação Ambiental	102
5.2. Fonte dos contaminantes.....	104
5.3. Comportamento do óleo nos diferentes ambientes	105
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107

1. INTRODUÇÃO

1.1. Histórico, Justificativa e Objetivos

No dia 16 de fevereiro de 2001, ocorreu uma ruptura no oleoduto Araucária-Paranaguá (OLAPA), que liga o porto de Paranaguá à Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR) em Araucária no Estado do Paraná. Segundo a PETROBRÁS, o produto vazado foi óleo diesel, num volume total de 145m³ de óleo. O Instituto Ambiental do Paraná (IAP) sempre questionou este número. Mas, devido a uma série de motivos abaixo sintetizada, as reais dimensões do impacto relacionado a este vazamento nunca foram avaliadas, até o presente trabalho.

O vazamento ocorreu na Serra do Mar, em local de difícil acesso. A grande maioria das vias de acesso agora existentes foram abertas após o vazamento, para implementação das primeiras medidas emergenciais. O produto vazado escoou até um córrego sem nome e, deste, atingiu, sucessivamente, os rios do Meio, Sagrado, do Neves e Nhundiaquara. O rio do Meio é uma drenagem típica da Serra do Mar. A parte superior do rio Sagrado afetada pelo vazamento se encontra na zona de transição da Serra do Mar; sua parte média situa-se na planície aluvial e a inferior já se enquadra, juntamente com os rios do Neves e Nhundiaquara, no Complexo Estuarino de Paranaguá (Fig. 1). O óleo percorreu, portanto, ambientes com características geomorfológicas e geológicas muito distintas, nos quais seu comportamento com relação ao transporte e estocagem no meio natural certamente variou bastante, mas isto nunca foi considerado e/ou investigado. Além destes aspectos, o desconhecimento sobre a real extensão do vazamento foi causado também pelo desentendimento entre os órgãos ambientais federal e estadual sobre qual deles deveria exigir da PETROBRAS a realização de um estudo detalhado.

Em 2008, o IAP determinou que a PETROBRAS realizasse um estudo detalhado da área impactada. Para executá-lo, esta empresa contratou diversas equipes da Universidade Federal do Paraná que estudaram a ictiofauna, avifauna, macrobentos, flora e etc. e, para a avaliação da contaminação do solo, água superficial, água subterrânea e sedimento, contratou, através da Fundação de Apoio

da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (FAURGS), o Núcleo de Avaliação e Remediação Ambiental (NARA) do Instituto de Geociências. No início de 2010, foram concluídos os trâmites burocráticos entre a FAURGS e a PETROBRAS, representada pela REPAR, para a realização do trabalho. Neste mesmo ano, o trabalho de campo foi realizado, pela autora desta dissertação, numa única etapa, de junho a dezembro. A forte interação entre o NARA e o Programa de Pós-graduação em Geociências da UFRGS e o incentivo da PETROBRAS para o desenvolvimento de trabalhos acadêmicos criaram as condições para que esta dissertação fosse realizada.

Esta dissertação teve três objetivos principais. O primeiro deles foi efetuar a avaliação da qualidade ambiental do solo, água superficial, água subterrânea e sedimento da área de estudo. O segundo objetivo foi identificar a contaminação que possa ser comprovadamente relacionada ao referido vazamento, um objetivo que para ser alcançado requer bem mais do que a execução de um trabalho técnico convencional de avaliação ambiental, pois, por um lado, o estudo veio a ser efetuado quase uma década depois do acidente e a intervenção de processos de atenuação natural já poderia ter sido muito efetiva. Por outro lado, sabe-se, mas apenas pela imprensa, que as drenagens acima referidas já foram afetadas também por acidentes com caminhões-tanque na BR-277.

O terceiro objetivo relaciona-se à oportunidade que a área oferece para se investigar o comportamento de um vazamento de óleo em trechos/compartimentos com características totalmente distintas do ponto de vista geológico e geomorfológico. Ou seja, neste sentido, o objetivo foi, na medida do possível que o tempo decorrido após o vazamento permitiu, discutir o comportamento do óleo nos 4 compartimentos afetados pelo vazamento do OLAPA – Serra Geral, área de transição, planície aluvial e Complexo Estuarino de Paranaguá.

Cabe registrar que os dois outros casos de grandes vazamentos de oleoduto ocorridos no Brasil afetaram uma planície aluvial (vazamento da REPAR, em 2000) e uma baía (de Guanabara em 2001). Temos, portanto, no caso do OLAPA, 3 ambientes nunca estudados para vazamentos (Serra do Mar, zona de transição e o estuário).

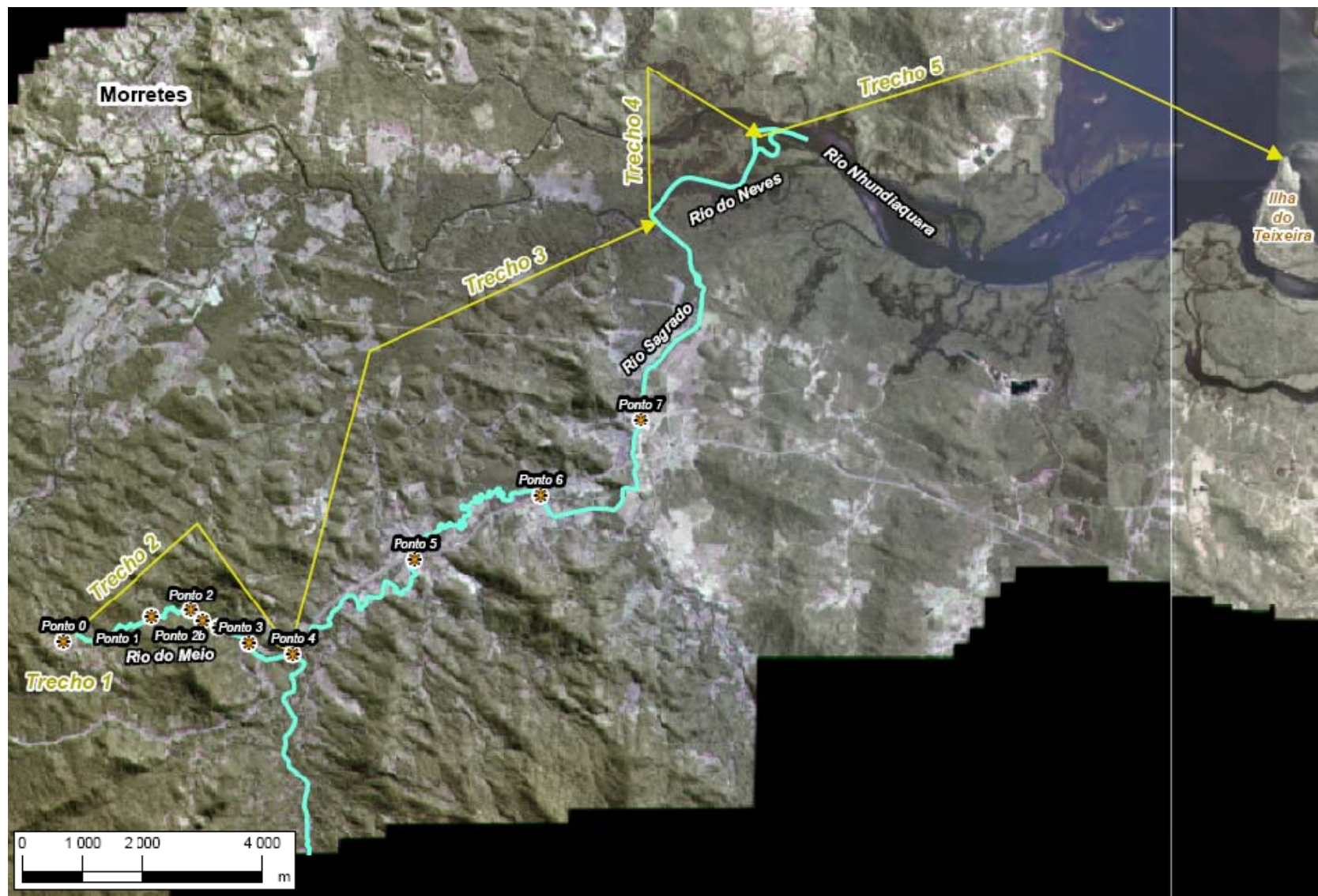


Figura 1. Imagem de satélite da área afetada pelo vazamento do OLAPA e sua divisão em trechos conforme o Plano de Amostragem.

1.2. Localização, Acessos e Clima

A área deste estudo se estende desde o local de ruptura do oleoduto (Ponto Zero) até a ilha do Teixeira (Fig. 1). Toda a área pertence ao município de Morretes, no Estado do Paraná.

Por convenção com as demais equipes que participaram do projeto, a área de estudo (Fig. 1) foi dividida em 5 Trechos.. Os Trechos de 2, 3, 4 e 5 correspondem, respectivamente, aos rios do Meio, Sagrado, do Neves e Nhundiaquara. A designação “Ponto” refere-se aos Pontos de Contingência, locais onde foram efetuados trabalhos de remoção de óleo à época do acidente. No presente trabalho, foram efetuados estudos detalhados nos Pontos 2, 3 e 4, que, além de terem sido locais onde os trabalhos de contingência foram bastante intensos, apresentam características geológicas interessantes para a discussão do comportamento do óleo durante o vazamento.

O acesso para a área é efetuado a partir da rodovia BR-277. O acesso ao Trecho 1 é efetuado por estrada secundária, que parte daquela rodovia. O Trecho 2, entretanto, só pode ser acessado a pé, partindo do Ponto Zero ou do Ponto 4. O acesso ao rio Sagrado, do Ponto 4 ao Ponto 7, é efetuado diretamente a partir daquela rodovia ou de numerosas estradas secundárias que dela partem. Os acessos ao rio Sagrado (a jusante do Ponto 7) e aos rios do Neves e Nhundiaquara é efetuado por barco.

O clima da região é o tropical (quente e úmido), verão é a estação chuvosa. A temperatura média anual é, aproximadamente, 25°C.

1.3. Geologia e Geomorfologia da Área

O primeiro dos 4 domínios geológico-geomorfológicos acima referidos, a Serra do Mar típica, corresponde, neste trabalho, aos Trecho 1 e Trecho 2 ou ao rio do Meio (Fig. 1). Entretanto, os últimos 100m do rio do Meio já se encontram no vale do rio Sagrado, onde a declividade do terreno é muito menor do que a observada no

rio do Meio mais típico. Assim, o domínio da Serra do Mar para o presente trabalho exclui os últimos 100m do rio do Meio. Esta ressalva é importante, pois o Ponto 4, um dos locais que foram estudados detalhadamente, situa-se exatamente nestes últimos metros do rio do Meio, pertencendo, portanto, ao domínio de transição e não ao da Serra do Mar.

Do Ponto Zero até o Ponto 2, o rio do Meio tem forte declividade, o vale é muito bem encaixado; o leito é formado por blocos e matacões (Fig. 2A) ou por lajeados principalmente de gnaisse ou, mais raramente, de diabásio; aluviões de espessuras dessimétricas e comprimentos de poucos metros ocorrem espaçadamente ao longo do canal; as encostas do vale são formadas principalmente por rocha alterada (colúvios) ou, menos frequentemente, por tálus. A partir do Ponto 2 (Fig. 1), começam a ocorrer trechos, com algumas dezenas de metros de comprimento, nos quais a declividade do rio do Meio diminui um pouco, o vale alarga (até 30m) e aparecem os primeiros depósitos aluviais na margem do canal (Fig. 2B e Fig. 3). O Ponto 3 (Fig. 1) situa-se num trecho do rio do Meio com estas mesmas características.



Figura 2. Rio do Meio. (A) leito pedregoso típico do segmento entre o Ponto Zero e o Ponto 2; (B) remanso formado próximo à sua foz no rio Sagrado (Ponto 4).

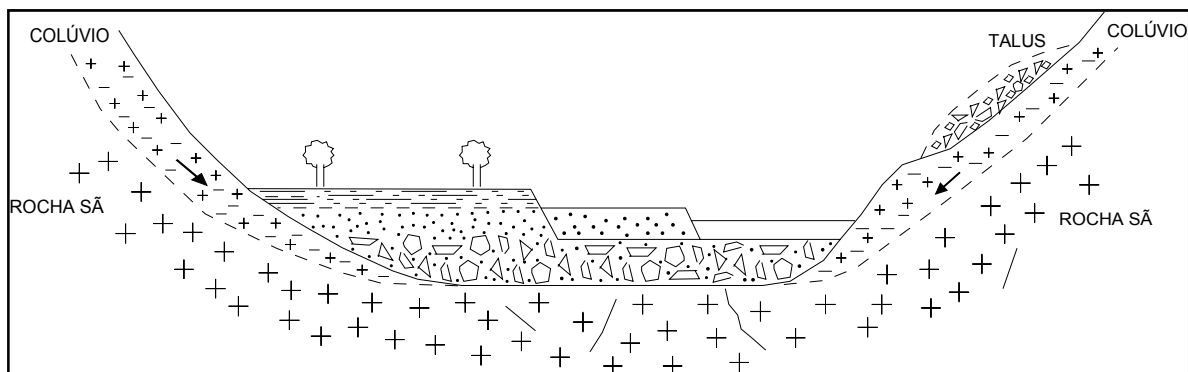


Figura 3. Esboço mostrando um perfil típico do vale do rio do Meio a partir do Ponto 2 (largura do vale da ordem de 30m).

O domínio de transição abrange os últimos metros do rio do Meio, incluindo o Ponto 4, e o rio Sagrado, desde a foz do rio do Meio até o Ponto 6 (Fig. 1). As diferenças deste domínio para o anterior são conferidas pela menor declividade do rio, pelo grande alargamento do vale (atingindo até 200m) e pela formação de

remansos bem maiores (Fig. 2B), nos quais se acumulam sedimentos que podem conter quantidades significativas de matéria orgânica.

O terceiro domínio é o da planície aluvial do rio Sagrado (Fig. 4), com grande quantidade de sedimentos arenosos no leito e nas margens e de concentrações localizadas, mas importantes, de matéria orgânica intercalada no sedimento.

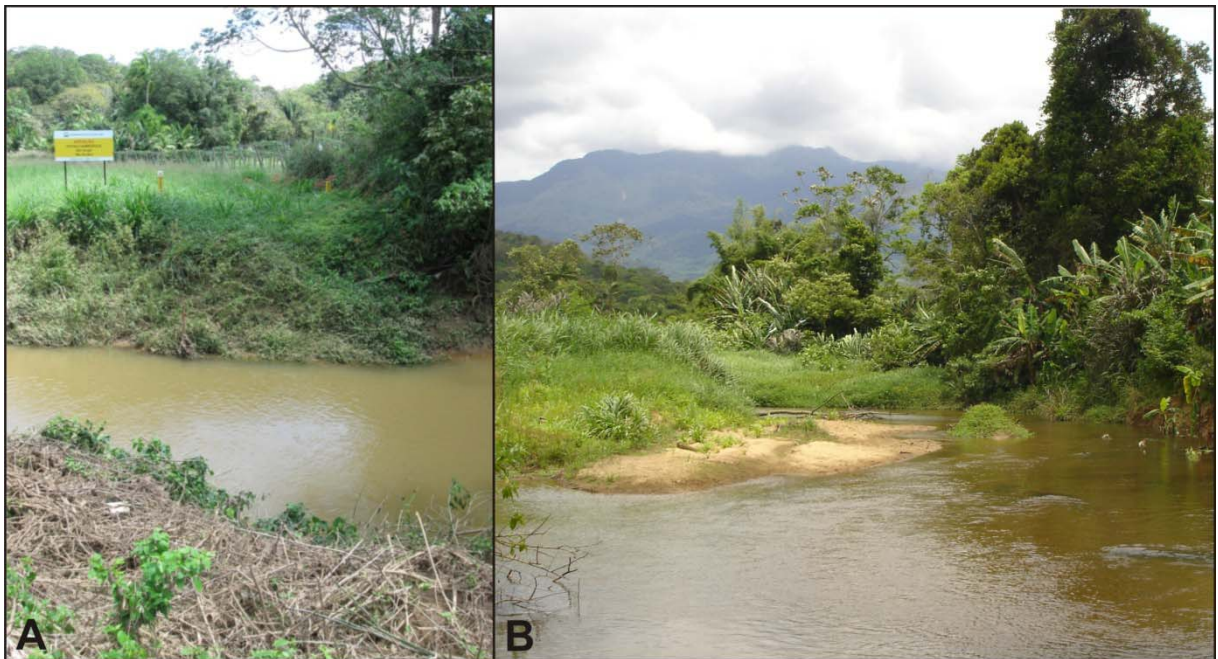


Figura 4. Sedimentos no rio Sagrado no trecho da sua planície aluvial. (A) Nas margens. (B) Formando ilha.

O quarto domínio é constituído pelo Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). Ele engloba (Fig. 1) a parte inferior do rio Sagrado (Fig. 5A), o rio do Neves (Fig. 5B) e o rio Nhundiaquara (Fig. 5C, D). Do ponto de vista da geologia, o limite entre o ambiente fluvial e o estuarino é gradual. Para fins de elaboração de mapa, diversos critérios podem ser utilizados para se traçar uma linha limítrofe, como, por exemplo, o limite superior da área de influência da maré ou a capacidade de transporte de sedimento do rio. Dependendo dos enfoques, critérios baseados na vegetação podem ser mais eficientes do que os geológicos.



Figura 5. (A) Baixo curso do rio Sagrado; (B) foz do rio Sagrado vista do rio do Neves; (C) manguezais da margem do rio Nhundiaquara, próximo à foz do rio do Neves (C); (D) detalhes dos manguezais da margem do rio Nhundiaquara.

2. METODOLOGIA

Todas as amostras foram encaminhadas para o laboratório INNOLAB (do Rio de Janeiro), que foi o contratado diretamente pelo NARA para este projeto. O sistema de numeração das amostras para encaminhamento aos laboratórios seguiu a divisão da área como no Programa de Amostragem, identificando-se inicialmente o Trecho ou o Ponto de Contingência, em seguida foi indicado o ponto exato da coleta. Em cada frasco constaram também a data da coleta, a natureza da amostra (solo, sedimento, água superficial ou subterrânea) e sua especificação (profundidade, margem, etc.), além do tipo de análise a ser efetuada.

Em todos os tipos de amostragem, utilizaram-se luvas cirúrgicas de látex e os equipamentos (trado, espátula, draga, etc.) foram descontaminados com o seguinte procedimento: lavados e escovados com água potável e detergente isento de fosfato e, em seguida, lavados com, na seqüência, água potável, água deionizada, isopropanol, hexano (grau pesticida), isopropanol e água deionizada. No procedimento de descontaminação utilizava-se luva de nitrile e era observado o melhor posicionamento em relação ao vento. Os resíduos gerados eram acondicionados em bombonas e entregues à TRANSPETRO em Paranaguá para destinação final.

Imediatamente após a coleta, os frascos eram acondicionados em sacos plásticos individuais fechados, evitando contaminação. Para serem protegidas da luz e refrigeradas, as amostras eram colocadas em isopores com gelo. Este último, por sua vez, era acondicionado em zip-locks para evitar que seu derretimento gerasse líquido no isopor. Ao fim de cada dia de campo, as amostras eram transferidas para um refrigerador apropriado na base do NARA em Paranaguá.

Para controle da qualidade das análises foram preparadas duplicatas de 10% das amostras (de todas as naturezas), além de brancos de campo e de transporte.

A quantidade de solo e sedimento por amostra solicitada pelo laboratório INNOLAB foi de 2 frascos de 40 mL, sendo um frasco para análise de TPH e HPA, e o outro frasco para análise de BTEX. Localmente, era coletado um frasco adicional para análise de COT. Cerca de 10% das amostras de solo e de sedimento analisadas para hidrocarbonetos foram analisadas também para COT. Os frascos

foram sempre cuidadosamente preenchidos, evitando vazios no seu interior e na parte superior.

As quantidades de amostra de água superficial e subterrânea para análise de hidrocarbonetos, solicitadas pelo laboratório foram: TPH (1L), HPAs (1L) e BTEX (120mL em 3 frascos de 40 mL).

A seguir é apresentada uma breve descrição da metodologia de construção dos poços de monitoramento, amostragem de solo, sedimento, água subterrânea e água superficial empregada no presente trabalho.

2.1. Sondagens exploratórias e amostragem do solo

Os trabalhos nos Trechos 1 e 2, e nos Pontos 2, 3 e 4 foram sempre iniciados por sondagens exploratórias do solo, efetuadas com trado manual (Fig. 6A), designadas “Exp” e numeradas sequencialmente. Sempre que possível, as sondagens atingiram o nível d’água. O perfil do solo e as propriedades organolépticas foram descritos em todas as sondagens. Shake-tests foram efetuados para verificar qualquer evidência de contaminação.

Em todos os furos que apresentaram indícios de contaminação foram coletadas 1 ou mais amostras para análise, sendo sempre escolhido(s) para coleta o(s) intervalo(s) aparentemente mais contaminado(s). Ocorrendo a coleta de amostra, o furo passava a ser designado ponto (**P**), sendo os pontos também numerados sequencialmente. Todos os mapas deste relatório possuem legendas autoexplicativas com informações sobre as designações empregadas.

Quando era observada evidência de contaminação, o trado era limpo com a sequência de produtos anteriormente descrita e, somente então, era reintroduzido no furo para a amostragem. Antes da retirada da amostra do trado, a superfície do material era limpa utilizando espátula (Fig. 6B) para remover o material de níveis superiores do furo recolhido durante a ascensão do trado. Em muitos locais, a presença de conglomerado com pouca matriz e muitos blocos e matacões impediu a perfuração com trado, exigindo a abertura de trincheira com pá, picareta e boca de lobo. Assim como nos furos com trado, as características dos materiais encontrados

nas escavações foram descritas e os critérios para coleta de amostra foram mantidos.

Todas as amostras de solo coletadas foram analisadas para VOC (Fig. 6C) utilizando o aparelho GASTECH-INNOVA SV (soil vapor), que permite a detecção de gases naturais e combustíveis voláteis em percentagem de LEL (lower exposition limit) ou em ppm. Permite, também, que se faça a discriminação das leituras com eliminação do metano (ME - methane elimination) e sem a eliminação do metano (CH_4). Na calibração do aparelho foi empregado o gás padrão com 0.42% de hexano. A frequência de calibração ocorreu na base de uma calibração para cada 3 dias de amostragem. Entre duas medições sucessivas efetuava-se a calibração com ar limpo.



Figura 6. (A) Amostragem de solo com trado manual; (B) limpeza da parte superficial do material antes da coleta da amostra; (C) medição de VOC na amostra de solo acondicionada em ziplock; (D) preenchimento dos frascos para análise.

2.2. Instalação de Poços de Monitoramento

Poços de monitoramento para amostragem da água subterrânea foram instalados no Trecho 1 e nos Pontos 3 e 4. Para maior controle das condições dos locais e melhor avaliação dos resultados das análises da água, pelo menos 1 amostra de solo foi coletada para análise no próprio furo efetuado para instalação de cada um dos poços. Os poços de monitoramento foram instalados nos furos de sondagens de maiores evidências de contaminação. No Trecho 1 foram instalados 8 poços de monitoramento, no Ponto 3 dez poços, e no Ponto 4 foram instalados 6 poços.

A metodologia empregada na instalação é ilustrada na figura 7. Na construção dos poços utiliza-se um trado manual para perfurar o poço até a profundidade desejada, coloca-se um tubo geomecânico ranhurado de 2 polegadas da base até o meio do furo (filtro), do meio até o topo é colocado um cano liso (revestimento geomecânico). O furo é preenchido com areia de pré filtro até 30 cm acima das ranhuras, adiciona-se uma camada selante de bentonita (compactolit), e após uma camada de bentonita misturada com cimento até o topo, por fim é feito um acabamento com cimento.

Após o poço construído, o mesmo foi desenvolvido para posteriormente realizar a amostragem. A seqüência de procedimentos para o desenvolvimento do poço é a seguinte. Mede-se o NA do poço. Conecta-se a válvula D-25 na extremidade do tubo de ½ polegada de polietileno. Depois que o equipamento estiver montado, insere-se o mesmo dentro do poço até pouco abaixo da superfície do NA. Inicia-se, então, o desenvolvimento do poço com movimentos contínuos, procurando sempre iniciá-los na porção superior da coluna d'água, alcançando progressivamente o fundo do poço.

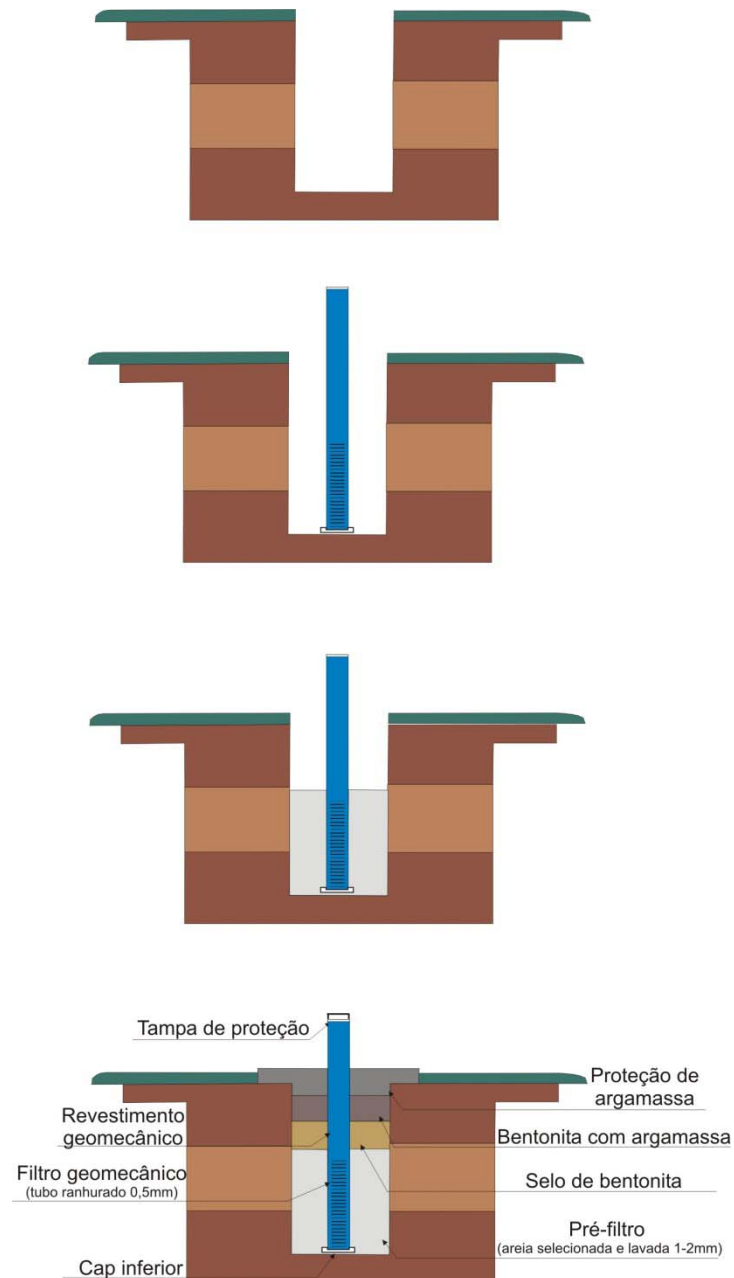


Figura 7. Esquema ilustrando método construtivo de piezômetro.

2.3. Amostragem de água subterrânea

A amostragem de água subterrânea é realizada com sistema de bomba inercial Waterra, que consiste de uma válvula de pé simples (Waterra) e um tubo de polietileno comprido. A amostragem é realizada através da inserção da válvula de pé e do tubo de polietileno até a profundidade desejada, seguida de movimentos ascendentes e descendentes, efetuados manualmente. Os tubos de alta densidade

de polietileno devem ser utilizados com o intuito de minimizar o processo de sorção. Antes da amostragem, os poços foram inicialmente desenvolvidos e purgados. A seqüência de procedimentos adotada é descrita a seguir.

Antes da amostragem, os poços foram purgados. Nos poços com maior vazão utilizou-se o método de 3 a 5 volumes de purga. O método de purga através de dois secamentos foi utilizado nos poços com menor vazão. Este método consiste em retirar toda água existente no poço duas vezes, esperando algumas horas entre as coletas, até o NA retornar ao nível inicial, ou bem próximo dele. A água dos poços foi retirada através do sistema Waterra conectado diretamente à célula de fluxo, não permitindo que a amostra entre em contato direto com a atmosfera, propiciando a situação ideal para efetuar as leituras dos parâmetros físico-químicos com o HORIBA (Fig. 8B). As medidas são efetuadas após a retirada do primeiro volume de purga, após a retirada do segundo volume de purga e, em seguida, a cada 1/3 de volume de purga, até atingir o esgotamento de três volumes de purga para um dado poço. Caso a porcentagem de variação entre duas séries de medidas consecutivas seja inferior a 10%, os três volumes de esgotamento são considerados suficientes. E considera-se que os parâmetros medidos representam as condições da água subterrânea.

Para medição de parâmetros físico-químicos na água subterrânea foram utilizadas as sondas multi-parâmetros HORIBA U10 (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura, salinidade e turbidez) e HORIBA D52 (potencial de oxi-redução). A medição dos parâmetros físico-químicos foi efetuada em célula de fluxo (Fig. 8B). Procedimentos de calibração das sondas foram efetuados a cada 3 dias utilizando as soluções padrões para os parâmetros pH e ORP fornecidas pelos fabricantes: solução padrão 100-4 para pH e as soluções padrões nº 160-51 (257mV a 25⁰C) e nº 160-22 (89mV a 25⁰C) para a calibração do eletrodo de ORP.



Figura 8. Procedimentos da amostragem da água subterrânea. (A) Medição do nível d'água. (B) Utilização da célula de fluxo para medição dos parâmetros físico-químicos: a água retirada do poço pelo sistema de bombeamento WATERRA penetra na célula pela sua parte inferior e sai pelo tubo superior, sendo descartada em balde graduado; o HORIBA (cinza) e o eletrodo ORP, acoplados na parte superior da célula, efetuam as medições dos parâmetros da água dentro da célula. (C) Purgagem do poço. (D) Coleta de amostra para análise de BTEX (frasco de 40mL).

2.4. Amostragem de Água superficial

A água superficial foi amostrada em diversos locais afetados pelo vazamento ao longo do rio do Meio, do rio Sagrado, do rio do Neves e do rio Nhundiaquara. Em todos estes rios também foram coletadas amostras de controle em locais a montante do vazamento.

Em todos os locais de coleta, os parâmetros físico-químicos na água foram medidos (Fig. 9) com as sondas multi-parâmetros HORIBA U10 (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, pH, temperatura, salinidade e turbidez) e HORIBA D52

(potencial de oxi-redução). Sempre que a lâmina d'água permitiu, a água foi amostrada a 6 pol. de profundidade.



Figura 9. Medição de parâmetros físico-químicos e amostragem da água do rio do Meio.

2.5. Sedimento de canal e de margem

A amostragem de sedimento do canal na metade jusante do rio Sagrado e nos rios do Neves e Nhundiaquara foi efetuada com draga VAN-VIN (Fig. 10A). O sedimento de margem foi coletado com trado manual. O material foi inicialmente colocado em bandeja metálica e, em seguida, transferido para os frascos com o auxílio de espátula. Os frascos foram sempre cuidadosamente preenchidos evitando vazios no seu interior e na parte superior (Fig. 10B). Parte do material era separada para descrição sedimentológica e de suas características organolépticas. Outra parte do material era acondicionada em zip-lock para medição de VOC no campo.



Figura 10. (A) Amostragem de sedimento de fundo com draga Van-Vin, transferência do sedimento para bandeja metálica. (B) Acondicionamento do sedimento de fundo no frasco para remessa ao laboratório. A bombona azul é utilizada para acondicionar os produtos químicos utilizados para limpeza dos equipamentos e ferramentas, até serem entregues à PETROBRAS para destinação final.

2.6. Análises Laboratoriais

A seguir é apresentada uma breve descrição da metodologia adotada pelo laboratório INNOLAB do Rio de Janeiro, para determinar TPH, HPAs, BTEX e Metais nas amostras de água subterrânea e solo. As informações foram disponibilizadas via e-mail.

Hidrocarbonetos Totais do Petróleo (TPH)

Para amostra líquida, pegar 900 ml da amostra e adicionar 6 gotas de ácido sulfúrico para baixar o pH, depois adicionar cerca de 3 g de sulfato de magnésio e 10 ml de solvente de extração, agitar vigorosamente por 30 minutos em agitador magnético. Após esta etapa transferir a amostra para um funil de separação para separar o extrato orgânico. Concentrar 5 ml de extrato até volume de 0,8 ml e transferir para vial de 2 ml. A amostra é levada a um Cromatógrafo em fase gasosa equipado com detector de ionização de chama (FID) modelo CP-3800, fabricado pela Varian, possuindo certificado de calibração. Uma alíquota do extrato é injetada diretamente numa coluna CP-SIL8CB do Cromatógrafo com programação de temperatura. A quantificação é feita com a técnica de padronização externa, utilizando-se como padrão de referência certificado o óleo diesel e óleo lubrificante.

Em 20g de amostra *in natura* de solo deve-se adicionar 20 ml de acetona e 10 ml de solvente de extração e levar ao banho ultrassônico por 30 minutos a 45°C, deixar esfriar e colocar 30 ml de água destilada e homogeneizar por 1 minuto. Retirar a fase orgânica para tubo de ensaio e lavar com água destilada. Concentrar 5 ml de extrato até o volume de 0,8 ml e transferir para vial de 2 ml. Depois de preparada a amostra, ela é analisada como a amostra líquida em um Cromatógrafo (FID).

Análise de Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HPAs)

Em 1000 ml da amostra de água subterrânea, em funil de separação, adicionar 30g de cloreto de sódio, colocar padrão Surrogate para determinar a taxa de recuperação do processo e adicionar 60 ml n-hexano e agitar por 5 minutos. Após, filtrar através de sulfato de sódio para separar o extrato orgânico e concentrá-lo utilizando evaporadores rotativos até 0,5 ml e se necessário, para eliminar interferentes, é feito um clean up usando coluna de sílica gel (500mg/3 ml). Transferir o extrato para um vial e adicionar padrão interno. A amostra é levada a um Cromatógrafo em fase gasosa equipado com espectrômetro de massa modelos CP-3800 e Saturn 2200, respectivamente, fabricados pela Varian, possuindo certificado de calibração. Uma alíquota do extrato é injetada diretamente numa coluna CP-SIL8CB-MS do Cromatógrafo com programação de temperatura. A quantificação é feita com a técnica de padronização.

30g da amostra de solo deve ser seca com cal e depois adicionar a 20 ml da mistura n-hexano + tolueno 1:1. Nesta fase, é colocado um padrão Surrogate para determinar a taxa de recuperação do processo. Levar ao banho ultrassônico por 45 minutos a 40°C, esfriar e retirar uma alíquota de 5 ml da fase orgânica para tubo de ensaio graduado e concentrar através de um sistema de concentração com fluxo de nitrogênio (Turbo vap) até 0,5. Transferir o extrato para um vial e adicionar padrão interno. A análise é realizada em Cromatógrafo, como a amostra líquida.

Análise dos Compostos BTEX - Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos

Transferir a amostra para um Headspace, vertendo-a, no caso de líquida, ou transferindo-a, no caso do solo, com espátula de metal, até atingir o peso de 10g de amostra. O método utiliza a técnica de Headspace que é a migração dos compostos voláteis através do equilíbrio, entre a fase líquida ou sólida, com a fase gasosa com

o uso de aquecimento e agitação controlados. Após, adicionar padrão interno e surrogate, e encaminhá-los para o amostrador automático no sistema GC-MS. Uma alíquota dessa fase (vapor) é removida através de uma seringa do tipo “gastight” e injetada diretamente numa coluna DB5-MS do Cromatógrafo com programação de temperatura, acoplado a um espectrômetro de massa, possuindo certificado de calibração. A quantificação é feita com a técnica de padronização interna.

2.7. Tratamento e Interpretação dos Resultados

Os resultados das análises do laboratório, assim como das de campo foram organizados em tabelas para uma melhor visualização. Inicialmente, é avaliada a qualidade das análises. Em seguida, os dados são comparados com valores de referência e observa-se a distribuição espacial das concentrações. Valores de referência são valores de qualidade e neste trabalho foram adotados, preferencialmente, os valores apresentados pelo CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 357 de 2005 para águas doces, CONAMA 420 e Lista Holandesa de 2009 para solo, sedimento e água subterrânea. Os valores de referência podem ser melhor visualizados no quadro 1.

Quadro 1. Padrões de qualidade ambiental.

Parâmetro	Solo/Sedimento ⁽¹⁾		Água Subterrânea		Água Superficial
	CONAMA 420 (2009) ^(2a, b) Valor de Investigação Agrícola	Lista Holandesa (2008) ⁽³⁾ Valor de Intervenção	CONAMA 420 (2009) ^(2a, b) Valor de Investigação	Lista Holandesa (2008) ⁽³⁾ Valor de Intervenção	CONAMA 357/2005 ⁽⁴⁾ (Corpos de Águas doces Classes I e II)
	mg/kg	mg/kg	µg/L	µg/L	µg/L
TPH	-	1.000 ⁽⁶⁾	-	600	⁽⁵⁾
Benzeno	0,06	NA	5	NA	5
Etilbenzeno	35	NA	300	NA	90
Tolueno	30	NA	700	NA	2
Xilenos	25	NA	500	NA	300
Antraceno	-	-	-	5	-
Benzo(a)antraceno	9	-	1,75	NA	0,05
Benzo(b)fluoranteno	-	-	-	-	0,05
Benzo(k)fluoranteno	-	-	-	0,05	0,05
Benzo(g,h,i)perileno	-	-	-	0,05	-
Benzo(a)pireno	0,4	-	0,7	NA	0,05
Criseno	-	-	-	0,2	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	0,15	-	0,18	-	0,05
Fenantreno	15	-	140	NA	-
Fluoranteno	-	-	-	1	-
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	2	-	0,17	NA	0,05
Naftaleno	30	-	140	NA	-

Notas:

NA: não aplicável

- : Não existe

(1) Devido a falta de valores de referência para sedimentos as concentrações foram comparadas aos valores de investigação/intervenção para solo uso agrícola.

(2a) Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2009. Resolução No. 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

(2b) Os valores orientadores da CETESB para solo (uso agrícola) e água subterrânea, utilizados anteriormente foram substituídos pelos valores do CONAMA 420, solo (uso agrícola) e água subterrânea, vale ressaltar que os valores entre as duas referências são idênticos.

(3) Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM). Soil Remediation Circular 2006, as amended 2009.

(4) Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 2005. Resolução No. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes,

(5) O critério da Lista Holandesa para TPH na água subterrânea está sendo usado para águas superficiais, por falta dos critérios nacionais para o critério TPH.

(6) Considerando um conteúdo de 0% de matéria orgânica.

3. RESULTADOS E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DA ÁREA

Para não sobrecarregar este capítulo, são apresentadas aqui somente as tabelas que contém os principais resultados evidenciando contaminação. O conjunto de análises químicas consta nos anexos.

3.1. Trecho 1

3.1.1. Característica da área

A figura 11 apresenta um croqui com os principais elementos do local (duto, ponto de ruptura, estrada, etc.) e com as locações das sondagens exploratórias e pontos de amostragem.

O terreno é constituído por granito alterado e em alguns lugares, como próximo a estrada, ocorrem depósitos antigos de talus, comprovado devido a grande presença de matacões na área e pela dificuldade de realização das sondagens, muitos seixos e matacões foram encontrados em subsuperfície, interrompendo as sondagens.

O óleo vazado escorreu pela área de servidão do duto até a estrada. Desta, passou para a encosta e atingiu a drenagem, pela qual foi canalizada. A amostragem foi efetuada considerando os seguintes objetivos específicos:

- 1) Investigar detalhadamente o trecho entre o local exato do rompimento e a estrada;
- 2) Identificar, a partir da amostragem do solo, qual foi exatamente o trajeto do óleo na encosta, por ser ao longo deste que ocorre a infiltração para o subsolo.
- 3) Investigar o solo e a água subterrânea imediatamente ao lado do duto, a jusante da estrada.
- 4) Investigar detalhadamente os sedimentos e a margem próxima da drenagem, a partir do ponto em que ela foi atingida pelo óleo.
- 5) Investigar a qualidade da água nos drenos.

Toda a área que constitui o Trecho 1 foi investigada, a amostragem de solo foi distribuída ao longo do trajeto identificado com espaçamento aproximado de 20m, e sempre que possível, as sondagens atingiam 2m abaixo do nível d'água e foram distribuídas em linhas diagonais percorrendo toda a extensão lateral entre as canaletas e o duto. Sondagens exploratórias foram efetuadas, sempre que evidências de contaminação eram encontradas era efetuada a amostragem. Quarenta pontos foram amostrados, uma a duas amostras foram coletadas em cada ponto, totalizando 49 amostras.

A figura 12 apresenta fotografias que ilustram diversos aspectos do Trecho 1 e do trabalho lá efetuado.

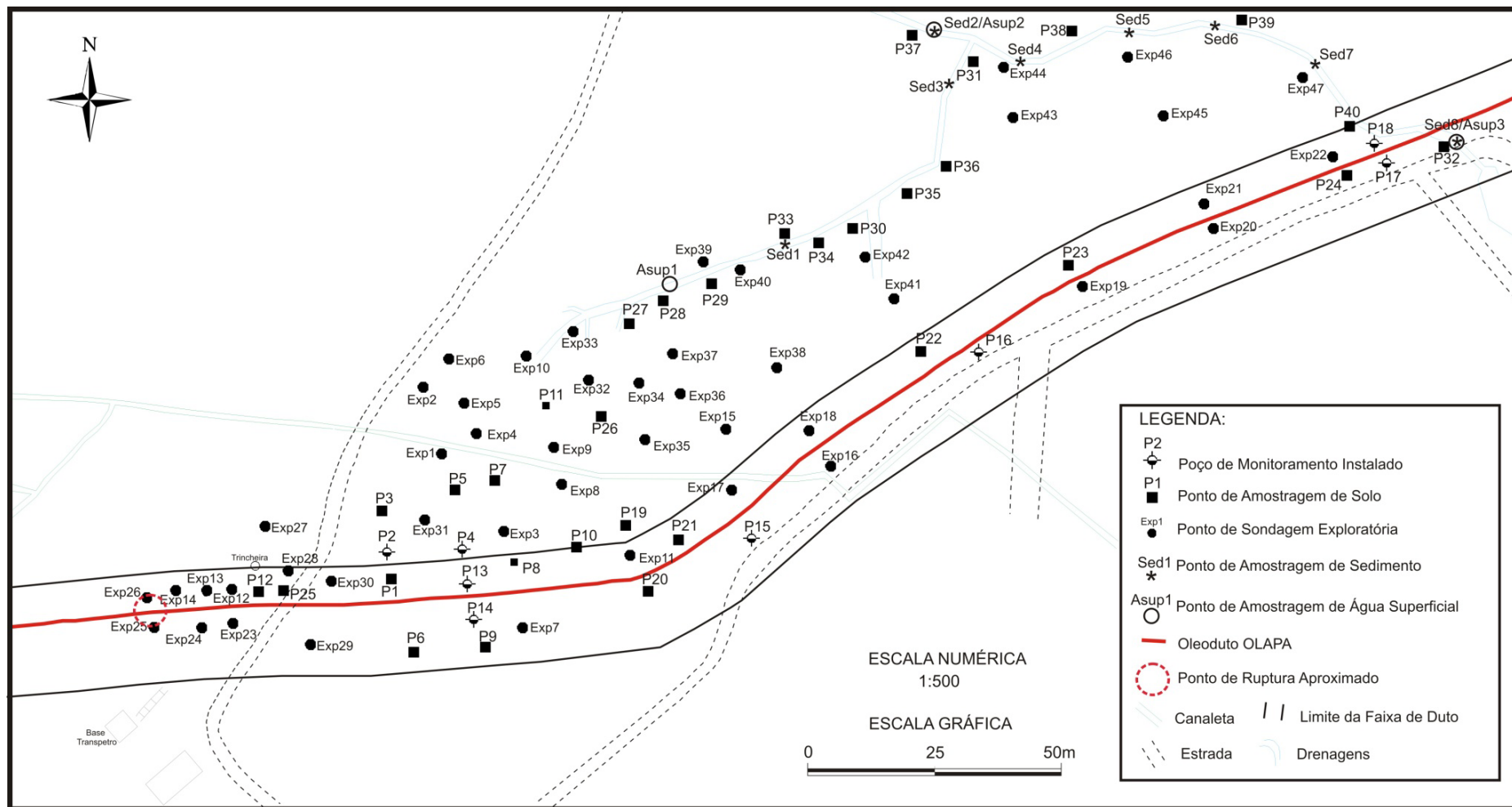


Figura 11. Croqui do Trecho 1 com a localização dos pontos de amostragem.



Figura 12. Fotografias do Trecho 1. (A) Local do ponto de ruptura do duto (onde estão as pessoas) visto da estrada. (B) Visão geral do duto a partir da estrada. (C) Amostragem da água subterrânea no P4. (D) Amostragem do solo na margem da drenagem (P28).

3.1.2. Distribuição dos hidrocarbonetos no Trecho 1

3.1.2.1. Solo

A tabela 1 apresenta os resultados das análises de TPH no solo do Trecho 1, em oito locais as concentrações ficaram acima do valor de intervenção (1.000 mg/kg):

P2 (prof. 1,40m): 5.979 mg/kg

P8 (prof. 2,10m): 3.716 mg/kg

P12 (prof. 0,70m): 1010mg/kg, assim como sua duplicata P62 (1686mg/kg),

P28 (prof. 1,30m): 1.552 mg/kg

P28 (prof. 1,80m): 6.303 mg/kg

P29 (prof. 1,30m): 2.800 mg/kg

P31 (prof. 0,60m): 6.857 mg/kg

P33 (prof. 0,30m): 2.819 mg/kg

Os compostos BTEX (Tab. 1 do anexo A) não foram detectados na maioria dos locais amostrados. Concentrações muito baixas de Tolueno, Etilbenzeno e xilenos foram detectados em alguns locais, mas essas concentrações são inferiores aos respectivos valores de referência. O Tolueno foi detectado nas amostras P13 (profundidade de 1,00m), P28 (profundidade de 1,80m), P29 (profundidades de 1,30m e 1,80m), P31 (profundidade de 0,60m), P33 (profundidade de 0,30m), P39 (profundidade de 0,30m), P40 (profundidade de 0,60m), suas concentrações foram, respectivamente: 0,002mg/kg, 0,004mg/kg, 0,001mg/kg, 0,001mg/kg, 0,014mg/kg, 0,002mg/kg, 0,002mg/kg e 0,002mg/kg. O Etilbenzeno foi detectado nas amostras P2 (profundidade de 1,40m), P8 (profundidade de 2,10m) e P31 (profundidade de 0,60m), suas concentrações foram, respectivamente: 0,005mg/kg, 0,017mg/kg e 0,05mg/kg.

Na maioria das amostras de solo, os HPA não foram detectados ou ocorrem com concentrações inferiores aos valores de referência ambiental. Mas em dois locais (P2 e P8) foram detectadas concentrações acima do valor de intervenção (Tab. 2):

P2 (prof. 1,40m): 15,05 mg/kg de fenantreno (V.I.: 15 mg/kg);

P8 (prof. 2,10m): 20,797 mg/kg de fenatreno,

44,6 mg/kg de benzo(a)antraceno (V.I.: 9 mg/kg),

34,6 mg/kg de benzo(a)pireno (V.I.: 0,4 mg/kg),

13,4 mg/kg de indeno(123-cd)pireno (V.I.: 2mg/kg).

Também no P8 (prof. 2,10m) o indeno(123-cd)pireno foi detectado com uma concentração de 13,4 mg/kg que é bem maior do que o valor de prevenção (2 mg/kg), mas não existe valor de intervenção para este composto. O restante das análises dos HPA pode ser visualizado na tabela 2 do anexo A.

Tabela 1. Resultados das análises de TPH, total BTEX e total 36 HPA no solo do Trecho 1.

SOLO													
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	Trecho 1												
	P1		P2		P3	P4		P5	P6	P7	P8		P9
	1,50	3,30	1,40	3,00	0,70	1,70	2,50	1,70	1,20	1,50	1,30	2,10	0,70
TPH	3	3	5979	<2	5	18	13	<2	18	<2	55	3716	88
BTEX	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,065	<0,001
36-HPA	<0,010	<0,010	872,739	2,807	<0,010	2,532	0,918	<0,010	4,272	<0,010	3,248	913,18	4,966
COT	574		1695			1755			3245				2453

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

SOLO													
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	Trecho 1												
	P11	P12	P13		P14		P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
	1,90	0,70	1,00	1,80	0,90	2,90	1,70	4,10	2,00	1,10	1,10	2,20	2,30
TPH	<2	1010	183	38	163	14	<2	<2	10	3	<2	2	<2
BTEX	<0,001	<0,001	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,010	50,67	22,08	2,18	6,35	0,54	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
COT		1635							1178	1138	983		

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	TRECHO 1														
	P22		P23	P24	P25	P26	P27		P28		P29		P30	P31	P32
	1,20	2,20	2,00	0,60	0,80	0,60	0,80	1,30	1,30	1,80	1,30	1,80	0,50	0,60	0,20
TPH	40	217	2	17	310	<2	7	176	1552	6303	2800	230	215	6857	16
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	<0,001	0,072	<0,001
36-HPA	0,08	21,15	<0,01	0,85	5,71	0,01	0,18	4,41	122,84	129,00	72,77	20,3	5,38	482,80	0,17
COT							1904			1619					

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

SOLO														
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	Trecho 1													
	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P60	P61	P62	P63	P64	
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	1,20	0,70	0,70	1,00	0,90	
TPH	2819	720	674	1148	18	347	178	122	24	213	1686	123	63	
BTEX	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,194	0,004	<0,001	
36-HPA	41,96	69,10	18,16	10,40	0,01	6,43	2,84	2,18	3,288	9,403	103,77	10,96	2,5	
COT									4481					

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

P60-1,20; P61-0,70; P62-0,70; P63-1,00; P64-0,90: Duplicatas das amostras P6-1,20, P9-0,70, P12-0,70, P13-1,00, P14-0,90, respectivamente.

Tabela 2. Resultados das análises de HPA nas amostras de solo do P1 ao P9.

SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	TRECHO 1													CONAMA 420 (2009)	
	P1		P2		P3	P4		P5	P6	P7	P8		P9	Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,50	3,30	1,40	3,00	0,70	1,70	2,50	1,70	1,20	1,50	1,30	2,10	0,70	VP	VI
Naftaleno	<0,010	<0,010	3,498	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,01	<0,010	<0,010	9,997	<0,010	0,12	30
2-MetilNaftaleno	<0,010	<0,010	9,747	0,207	<0,010	0,02	0,022	<0,010	0,095	<0,010	<0,010	10,198	<0,010		
1-MetilNaftaleno	<0,010	<0,010	31,043	0,244	<0,010	0,032	0,017	<0,010	0,115	<0,010	0,012	5,599	<0,010		
C2-Naftalenos	<0,010	<0,010	283,068	1,101	<0,010	0,81	0,313	<0,010	1,309	<0,010	0,427	14,199	0,598		
C3-Naftalenos	<0,010	<0,010	273,939	0,64	<0,010	0,886	0,311	<0,010	1,369	<0,010	1,006	12,6	1,692		
C4-Naftalenos	<0,010	<0,010	148,798	0,233	<0,010	0,351	0,124	<0,010	0,66	<0,010	0,711	5,8	1,284		
Acenaftaleno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Acenafteno	<0,010	<0,010	7,199	0,012	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	0,047	<0,010	0,024	27,596	0,023		
Fluoreno	<0,010	<0,010	4,2	0,012	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	0,052	<0,010	0,034	38,397	0,032		
C1-Fluorenos	<0,010	<0,010	14,6	0,043	<0,010	0,061	0,028	<0,010	0,11	<0,010	0,083	6,6	0,168		
C2-Fluorenos	<0,010	<0,010	23,55	0,081	<0,010	0,078	0,023	<0,010	0,121	<0,010	0,14	<2,000	0,258		
C3-Fluorenos	<0,010	<0,010	14,478	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,036	<0,010	0,072	<2,000	0,141		
Dibenzotiofeno	<0,010	<0,010	0,8	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	5	0,011		
C1-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	18,5	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	0,077	<0,010	0,091	<2,000	0,161		
C2-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	0,6	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
C3-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Fenantreno	<0,010	<0,010	15,05	0,084	<0,010	0,077	0,033	<0,010	0,125	<0,010	0,134	200,797	0,179	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,010	<0,010	12,499	0,059	<0,010	0,086	0,033	<0,010	0,086	<0,010	0,096	24,799	0,159		
C2-Fenantrenos	<0,010	<0,010	6,9	0,028	<0,010	0,031	0,014	<0,010	0,043	<0,010	0,049	8	0,085		
C3-Fenantrenos	<0,010	<0,010	1,85	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	<2,000	0,022		
C4-Fenantrenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Antraceno	<0,010	<0,010	2,15	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	<0,010	0,047	47,799	0,026	0,039	
Fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,129	138	0,026		
Pireno	<0,010	<0,010	<0,100	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,089	105,6	0,021		
C1-Pirenos	<0,010	<0,010	<0,100	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	30,4	<0,010		
C2-Pirenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	6,6	<0,010		
Benzo(a)antraceno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,019	44,6	0,012	0,025	9
Criseno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	33,8	0,013	8,1	
C1-Crisenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	12,2	<0,010		
C2-Crisenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	2,4	<0,010		
Benzo(b)fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,022	38,8	0,019		
Benzo(k)fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	18	<0,010	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015	34,6	0,015	0,052	0,4
Perileno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	4	<0,010		
Indeno(123-cd)pireno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	13,4	0,011	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	13,4	0,01	0,57	

3.1.2.2. Água subterrânea

Para investigar se ainda há contaminação na água subterrânea foram instalados os 9 poços de monitoramento localizados na figura 11.

Os locais para instalação dos poços de monitoramento foram escolhidos levando em consideração as evidências de contaminação detectadas durante as sondagens, e de acordo com o possível caminho percorrido pelo óleo durante o vazamento.

Na tabela 3 podem ser observadas as concentrações de TPH detectadas na água subterrânea do Trecho 1. Em um local (P2) a concentração (640 µg/L) ficou acima do valor de intervenção (600 µg/L), nos demais locais amostrados concentrações de TPH não foram detectadas ou ocorrem muito abaixo do valor de intervenção.

Compostos BTEX não foram detectados na maioria das amostras de água subterrânea (Tab. 3 do anexo A). Apenas o Tolueno foi detectado em três casos no P2 sua concentração foi 1,6µg/L, P70 (duplicata do P2) a concentração foi 4,0 µg/L e no P14 a concentração foi de 4,6 µg/L, mas são inferiores aos valores estabelecidos pelo CONAMA nº 420 (700µg/L).

Não foram detectados HPA nas amostras de água subterrânea (Tab. 4 do anexo A).

Tabela 3. Concentrações de TPH na água subterrânea do Trecho 1.

ÁGUA SUBTERRÂNEA									
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	Trecho 1								
	P2	P4	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P70
TPH	640	140	140	<100	<100	<100	<100	<100	100
BTEX	1,6	<1,0	<1,0	4,6	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4
36-HPA	0,91	0,28	20,38	0,65	0,23	<0,03	3,27	1,05	4

Valor de TPH superior a 0,6mg/L (valor de intervenção lista holandesa in CETESB, 1999)

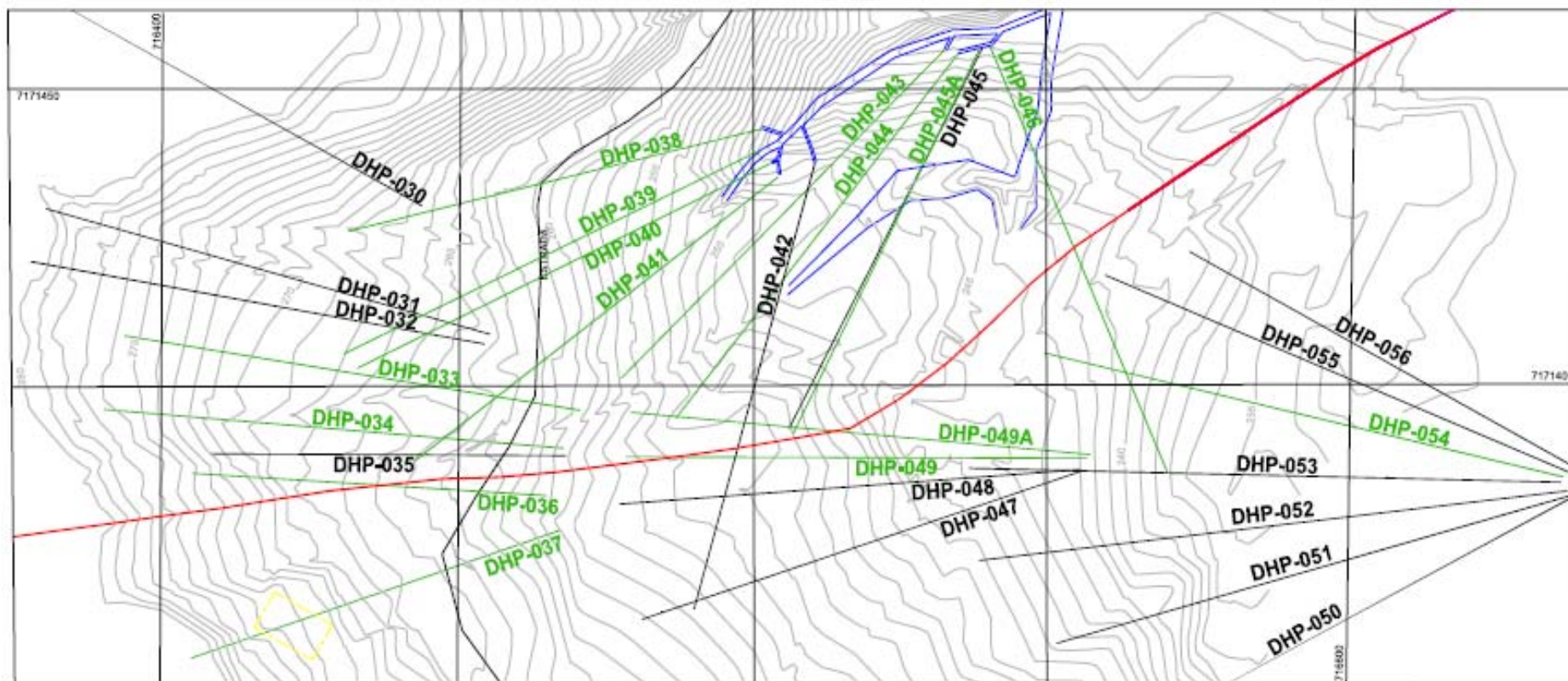
3.1.2.3. Água Superficial

Conforme pode ser observado na figura 11, três amostras de água superficial foram coletadas no Trecho 1. Uma amostra foi coletada no córrego para onde o óleo foi escoado na época do vazamento (ASUP 1). Duas amostras foram coletadas no rio do Meio, uma antes da foz do córrego no rio (ASUP 2) e outra no limite da área do Trecho 1, onde o rio é interceptado pelo oleoduto (ASUP 3).

O sistema de drenagem subterrânea que já existia quando ocorreu o vazamento, após este, foi ampliado. A figura 13 mostra uma parte do sistema. Quinze drenos horizontais profundos (DHP) foram selecionados para amostragem (Fig. 14), sempre na sua extremidade jusante, já que ficam dentro da área possivelmente afetada pelo vazamento.

Os resultados das análises de TPH, BTEX e HPA das amostras de água superficial e dos drenos são apresentados no anexo A nas tabelas 5, 6 e 7, respectivamente. TPH não foi detectado em nenhuma amostra. Compostos BTEX também não foram detectados na maioria das amostras, com uma exceção, no DHP49A o Etilbenzeno foi detectado, porém sua concentração (1,4 µg/L) encontra-se bem abaixo do Valor Máximo Permitido (90 µg/L).

Nenhum composto HPA foi detectado nas amostras de água superficial nem nas amostras de água dos drenos.



Legenda:

- Drenos amostrados
- Duto
- Drenos não amostrados
- Base Transpetro
- Drenagem

Figura 13. Localização dos drenos amostrados no Trecho 1.



Figura 14. Amostragem de água dos drenos.

3.1.2.4. Sedimento

No anexo A são apresentados os resultados das análises de TPH, BTEX e HPA (Tab. 8, 9 e 10, respectivamente) das oito amostras de sedimentos do Trecho 1, coletadas ao longo do córrego e do rio do Meio.

Os resultados das análises de TPH estão muito abaixo do limite de intervenção (1000mg/kg).

Nenhum dos compostos BTEX e HPA foram detectados nas amostras de sedimento.

3.2. Trecho 2

3.2.1. Características da Área

O Trecho 2 corresponde ao rio do Meio, em seu segmento desde imediatamente a jusante do Trecho 1 até a sua foz no rio Sagrado. Inicialmente, o rio do Meio tem forte declividade, o vale é muito bem encaixado; o leito é formado por blocos e matacões (Fig. 15) ou por lajeados; as encostas do vale são formadas por tálus ou colúvios e o fluxo subterrâneo é totalmente direcionado para o rio. Após 2 km de descida, aproximadamente, começam a ocorrer trechos, com algumas dezenas de metros de comprimento, nos quais a declividade do rio do Meio é bem menor, o vale é mais largo (até 30m) e aparecem os primeiros depósitos aluviais mais significativos. A figura 16 mostra a localização dos pontos amostrados.

As centenas de sondagens exploratórias efetuadas no solo e no sedimento mostraram que as evidências organolépticas da presença de óleo ocorrem praticamente só no solo, onde a borda do rio é marcada por um pequeno barranco formado por rocha alterada (Fig. 17); evidências organolépticas de óleo no sedimento foram observadas em apenas dois locais. As evidências foram freqüentes bem no início do trecho. Logo em seguida, elas praticamente desapareceram e voltaram a ser numerosas novamente no segmento onde ocorre uma grande diminuição na declividade da drenagem.

Como na maior parte do Trecho 2 não havia evidências da presença de óleo, se adotou a sistemática de, em intervalos tentativamente regulares, coletar uma amostra em cada margem. Após a investigação geral de todo o Trecho 2, alguns segmentos e pontos foram revisitados para maior detalhamento e coleta de amostras adicionais. Devido à sistemática empregada, em muitos pontos do mapa (Fig. 16) constam 2 números; nos casos em que os 2 números são sucessivos, o menor corresponde à amostra da margem direita e o maior à amostra da margem esquerda. A sequência de numeração das amostras de sedimento é independente daquela dos pontos de amostragem de solo. Para localizar uma amostra de sedimento, deve-se verificar na tabela 4 a qual ponto de amostragem de solo ela

corresponde. No total, 85 amostras de solo foram coletadas no Trecho 2, 39 amostras de sedimento e 5 amostras de água superficial.



Figura 15. Leito do rio do Meio, formado por blocos e matações.

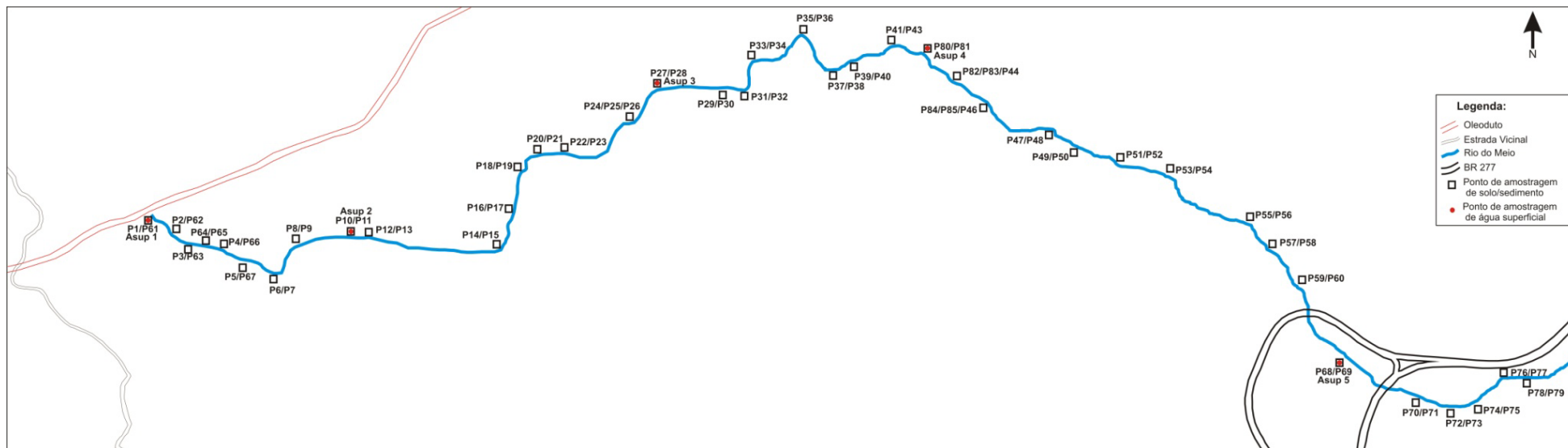


Figura 16. Croquis com a localização dos pontos de amostragem ao longo do Arroio do Meio (Trecho 2).



Figura 17. Borda do rio do Meio marcada por um pequeno barranco formado por rocha alterada.

Tabela 4. Coordenadas dos pontos de exploração e amostragem no Trecho.

TRECHO 2		
Pontos	mE	mN
T2-P1/P61/ASUP1	716688	7171462
T2-SED1	716715	7171449
T2-P2/P62/SED30	716739	7171433
T2-SED2	716760	7171425
T2-P3/P63	716774	7171403
T2-P64/P65/SED3	716813	7171401
T2-P4/P66	716850	7171401
T2-P5/P67/SED29	716902	7171366
T2-P6/P7/SED4	716969	7171334
T2-P8/P9/SED5	717025	7171410
T2-P10/P11/SED6/ASUP2	717155	7171431
T2-P12/P13/SED7	717190	7171434
T2-P14/P15/SED8	a 200m da linha anterior	
T2-P16/P17/SED9	a 200m da linha anterior	
T2-P18/P19/SED10	a 220m da linha anterior	
T2-P20/P21/SED11	717600	7171636
T2-P22/P23/SED12	717659	7171638
T2-P24/P25/P26	717817	7171719
T2-P27/P28/SED13/ASUP3	717883	7171803
T2-P29/P30/SED14	718046	7171795
T2-P31/P32/SED15	718101	7171790
T2-P33/P34/SED16	718121	7171879
T2-P35/P36/SED17	718249	7171944
T2-P37/P38/SED18	718324	7171847
T2-P39/P40/SED19	718375	7171867
T2-P41/P43/SED20	718477	7171907
T2-P42/P45/SED21	718855	7171699
T2-P47/P48/SED22	718888	7171701
T2-P49/P50/SED23	718953	7171654
T2-P51/P52/24	719064	7171627
T2-P53/P54/SED25	719185	7171593
T2-P55/P56/SED26	719407	7171477
T2-P57/P58/SED27	719466	7171408
T2-P59/P60/SED28	719544	7171312
T2-P68/P69/SED31/ASUP5	719687	7171119
T2-P70/P71/SED32	719876	7171014
T2-P72/P73/SED33	719957	7170982
T2-P74/P75/SED34	720014	7171002
T2-P76/P77/SED35	720101	7171074
T2-P78/P79/SED36	720166	7171061
T2-P80/P81/SED37/ASUP4	718557	7171902
T2-P82/P83/SED38/P44	718636	7171833
T2-P84/P85/SED39/P46	718717	7171766

3.2.2. Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 2

3.2.2.1. Solo

A maior concentração de TPH encontrada no solo foi de 1.406 mg/kg (duplicata do P1) (Tab. 5), este resultado ultrapassa o valor intervenção (1.000mg/kg). Valores entre 100 e 800 mg/kg são frequentes nas amostras do início do Trecho 2 e no segmento do Ponto de Contingência 2. Mas na grande maioria das amostras de solo, as concentrações de TPH são mínimas (<10 mg/kg). O restante das análises de TPH pode ser visualizado na tabela 11 no anexo B.

Compostos BTEX não foram detectados na grande maioria das amostras de solo (Tab. 12 do anexo B), apenas o Tolueno foi detectado, porém em concentrações (0,002mg/kg) muito abaixo do valor de prevenção, nas seguintes amostras: P1, P11, P24 e P26.

Os compostos HPA não foram detectados ou ocorrem com concentrações muito abaixo dos valores de referência como é o caso do P1, P2, P7, P11, P18, P19, P38, P46, P57, P80, P81 e P84. Em dois desses (pontos 80 e 84), o antraceno ocorre com concentrações (0,16 mg/kg e 0,67 mg/kg, respectivamente) acima do valor de prevenção (0,039 mg/kg), mas não existe na legislação valor de intervenção para este composto (Tab. 13 no anexo B).

Tabela 5. Resultados das análises de TPH, total BTEX e total 36 HPA no solo do Trecho 2.

ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	SOLO														
	TRECHO 2														
	P1	P1 SOLO 2	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P11 SOLO 2	P12	P13
TPH	187	1406	581	7	4	4	3	122	7	<2	<2	205	179	8	3
BTEX	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001
36-HPA	12,00	25,42	6,43	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	2,29	<0,01	0,04	<0,01	36,91	32,09	<0,01	<0,01
COT	1852	2588	3076	2117		4938						1936	2332		

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

SOLO 2: Duplicata da amostra anterior.

3.2.2.2. Água Superficial

As tabelas 14, 15 e 16 do anexo B, apresentam, respectivamente, os resultados das análises de TPH, BTEX e HPA na água superficial do Trecho 2.

TPH e compostos HPA não foram detectados nas amostras de água do rio do Meio.

A maioria dos compostos BTEX também não foram detectados, com uma única exceção, é o caso do m,p-Xilenos na amostra ASUP4, porém sua concentração (2,8µg/L) está muito abaixo do valor máximo permitido.

3.2.2.3. Sedimento

As concentrações de TPH no sedimento são ínfimas, quase sempre inferiores a 10 mg/kg, com uma única exceção, SED3 onde a concentração de TPH encontrada foi 19mg/kg (Tab. 17 no anexo B).

Compostos HPA não foram detectados ou ocorrem com concentrações muito abaixo dos valores de referência (Tab. 18 no anexo B), com uma única exceção dada pela amostra SED12, na qual antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e indo(1,2,3-cd)pireno ocorrem com concentrações acima dos respectivos valores de prevenção, mas abaixo dos respectivos valores de intervenção.

Em todas as amostras de sedimento do Trecho 2 as análises dos compostos BTEX ficaram abaixo dos limites de detecção (Tab. 19 no anexo B).

3.3. Trecho 3

3.3.1. Características da Área

O Trecho 3 corresponde ao Rio Sagrado. Conforme o plano, a amostragem foi realizada em 12 linhas de amostragem (localização na figura 18, coordenadas na tabela 6). A amostragem prevista em cada linha foi: 4 amostras de solo (duas em cada margem, sendo uma coletada em trincheira a 0,5m do rio e outra, mais afastada, coletada por trado), 2 amostras de sedimento do canal e 1 amostra de água superficial. Por falha de comunicação da equipe de campo, nas duas linhas mais a jusante, só foram coletadas 2 amostras de solo por linha. Todas as demais amostras previstas foram coletadas. Todas as amostras foram analisadas para hidrocarbonetos e 25% das amostras foram encaminhadas para análise de COT.

Não foi encontrada nenhuma evidência de contaminação, destacando-se que, adicionalmente às trincheiras (Fig. 19) e furos de trado previstos, foram efetuadas dezenas de sondagens exploratórias em locais mais afastados do rio.

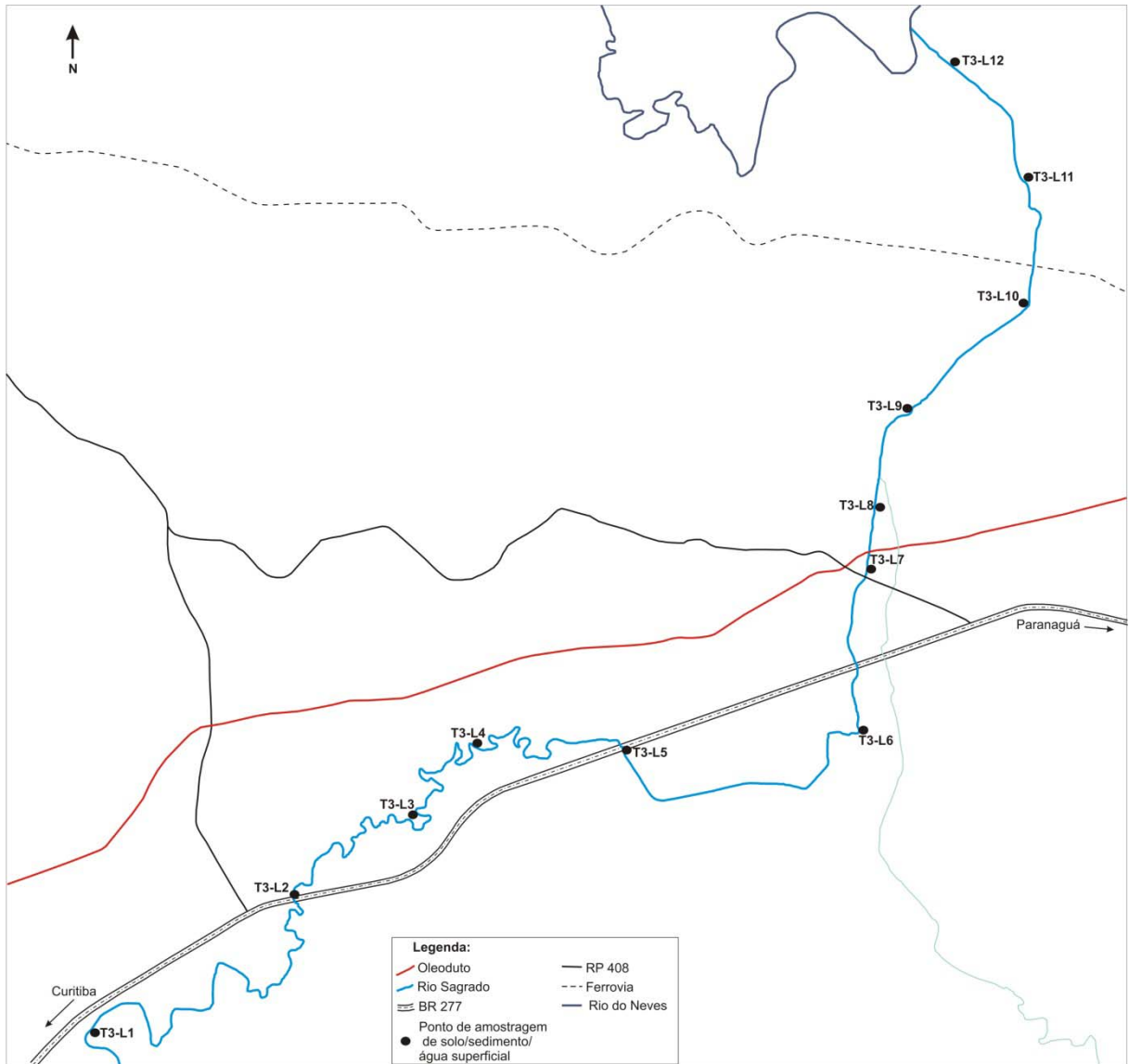


Figura 18. Mapa de localização das linhas de amostragem do Trecho 3.

Tabela 6. Coordenadas das linhas de amostragem do Trecho 3.

Trecho 3		
Ponto	mE	mN
T3-L1	721032	7171827
T3-L2	722355	7172729
T3-L3	723085	7173275
T3-L4	723479	7173729
T3-L5	724455	7173712
T3-L6	726011	7173860
T3-L7	726037	7174907
T3-L8	726113	7175315
T3-L9	726265	7175960
T3-L10	727028	7176616
T3-L11	727043	7177449
T3-L12	726579	7178196



Figura 19. Trincheiras para amostragem do solo na margem do rio Sagrado (Trecho 3).

3.3.2. Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 3

3.3.2.1. Solo

A tabela 20 do anexo C mostra os resultados das análises de TPH, em algumas amostras foram detectados, mas em concentrações baixíssimas, o maior resultado foi de 44mg/kg na amostra Solo 2 da Linha 1.

Dos compostos BTEX o único que foi detectado foi o Tolueno, porém em concentrações muito baixas, 0,001mg/kg (amostra Solo 2 da Linha 1) e 0,002mg/kg (amostra Solo 1 da Linha 3) (Tab. 21 no anexo C).

As análises dos compostos HPA são apresentadas na tabela 22 no anexo C, a grande maioria não foi detectada com exceção do Perileno nas amostras: L1-solo 5 (duplicata da amostra L1-solo 3), L3-solo 1, L5-solo 2, L6-solo 2, L6-solo 4, L6-solo 5 (duplicata da amostra L6-solo 4), L7-solo 1, L10-solo 4, porém suas concentrações (0,02mg/kg, 0,17mg/kg, 0,33mg/kg, 0,02mg/kg, 0,05mg/kg, 0,04mg/kg e 0,03mg/kg, respectivamente) são muito baixas e não existe valor de comparação na legislação. C3-Naftalenos e C4-Naftalenos também foram detectados em três amostras (L8-solo1, L8-solo 2 e L8-solo3) em concentrações baixíssimas.

3.3.2.2. Água Superficial

Os resultados das análises de TPH na água superficial do Trecho 3 são apresentados na tabela 23 no anexo C, nenhuma concentração foi detectada.

Os resultados das análises dos compostos BTEX são apresentados na tabela 24 no anexo C, nenhuma concentração foi detectada com uma única exceção, a amostra coletada na linha 9 (L9) apresentou concentração de Etilbenzeno de 1,3µg/L, porém esse valor está bem abaixo do Valor Máximo Permitido (90µg/L).

O Naftaleno foi o único composto HPA detectado em uma amostra de água superficial do Trecho 3 (0,05 µg/L na amostra L6), no entanto não existe valor para comparação na legislação (Tab. 25 no anexo C).

3.3.2.3. Sedimento

Os resultados das análises de TPH nos sedimentos do Trecho 3 são apresentados na tabela 26 no anexo C. A maior concentração foi detectada na amostra L5-SED 2 (100mg/kg), nas demais amostras as concentrações foram muito baixas.

Os compostos BTEX não foram detectados em nenhuma amostra de sedimento (Tab. 27 no anexo C).

A grande maioria dos compostos HPA não foi detectada nas amostras de sedimento (Tab. 28 no anexo C), o C1-Pirenos e o Perileno foram as únicas exceções. C1-Pirenos foi detectado na amostra L11-SED 2 (0,09mg/kg) e o Perileno foi detectado nas amostras L2-SED 1 (0,023mg/kg) e L11-SED 1 (0,05mg/kg).

3.4. Trecho 4

3.4.1. Características da Área

O Trecho 4 corresponde ao rio do Neves (Fig. 20). O plano de amostragem previu a realização de 4 linhas de amostragem. A amostragem em cada linha compreende: 2 amostras de solo (uma em cada margem), 3 amostras de sedimento do canal (Fig. 21A) e 1 amostra de água superficial (Fig. 21B). Todas as amostras são analisadas para hidrocarbonetos e 25% das amostras são encaminhadas para análise de COT.

A localização das linhas de amostragem pode ser observada na figura 20, as coordenadas são apresentadas na tabela 7. Não foi encontrada nenhuma evidência de contaminação nas linhas, nem nas dezenas de sondagens exploratórias efetuadas em locais mais afastados do rio.

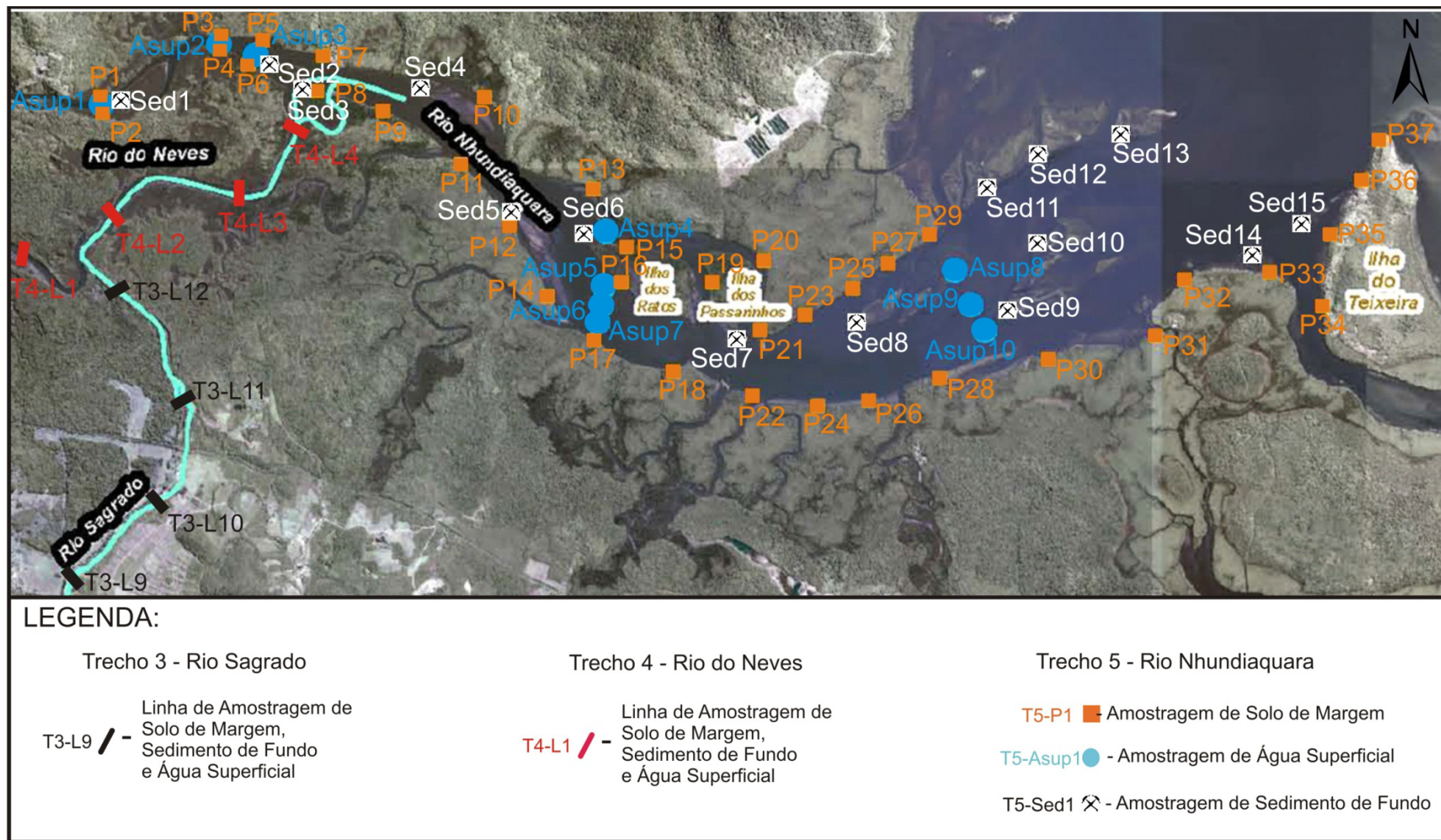


Figura 20. Imagem Google dos Trechos 4 e 5 e parte do Trecho 3, com localização das linhas e pontos de amostragem.



Figura 21. Amostragem de sedimento (A) e medição dos parâmetros físico-químicos da água no rio do Neves (B).

Tabela 7. Coordenadas dos pontos do Trecho 4.

TRECHO 4			
Linha	Ponto	mE	mN
T4-L1	Solo 1(ME)/Sed 1	725413	7178478
	Solo 2(MD)/Sed 3	725438	7178443
	Sed 2/Asup	725435	7178460
T4-L2	Solo 1(ME)/Sed 1	726858	7179142
	Solo 2(MD)/Sed 3	726879	7179085
	Sed 2/Asup	726886	7179111
T4-L3	Solo 1(ME)/Sed 1	727674	7179000
	Solo 2(MD)/Sed 3	727698	7178912
	Sed 2/Asup	727668	7178946
T4-L4	Solo 1(ME)/Sed 1	727933	7179440
	Solo 2(MD)/Sed 3	728011	7179393
	Sed 2/Asup	727971	7179423

ME: margem esquerda; MD: margem direita

3.4.2. Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 4

3.4.2.1. Solo

As análises de TPH são apresentadas na tabela 29 no anexo D, todos os resultados são baixíssimos, o maior valor detectado nas amostras de solo foi 31mg/kg (L1-Solo 2).

Os compostos BTEX não foram detectados nas amostras de solo do Trecho 4 (Tab. 30 no anexo D).

Os compostos HPA também não foram detectados na maioria das amostras (Tab. 31 no anexo D), com duas exceções, C4-Naftalenos foi detectado na amostra L2-Solo 1 (0,02mg/kg), e o Perileno na amostra L3-Solo 2 (0,01mg/kg).

3.4.2.2. Água Superficial

As tabelas 32 e 33 do anexo D apresentam, respectivamente, os resultados das análises de TPH e BTEX. Esses não foram detectados nas amostras de água superficial.

Os compostos HPA não foram detectados na grande maioria das amostras (Tab. 34 no anexo D), apenas nas amostras L3 e L4 foram detectadas concentrações de alguns compostos, porém muito baixas. Na amostra L3 ocorrem 2-MetilNaftaleno (0,23µg/L), 1-MetilNaftaleno (0,39µg/L) e C3-Naftalenos (0,44µg/L), e na amostra L4 ocorrem 2-MetilNaftaleno (0,13µg/L), 1-MetilNaftaleno (0,34µg/L), C2-Naftalenos (0,21µg/L) e C3-Naftalenos (0,36µg/L).

3.4.2.3. Sedimento

As análises de TPH nos sedimentos do Trecho 4 são apresentadas na tabela 35 no anexo D, todos os resultados são baixíssimos, o maior valor detectado nas amostras foi 43mg/kg (L2-SED 2).

Os compostos BTEX não foram detectados na maioria das amostras de sedimento (Tab. 36 no anexo D), com uma única exceção, o Tolueno foi detectado, mas com concentração baixíssima (0,002mg/kg), na amostra L2-SED 1.

Os compostos HPA também não foram detectados na maioria das amostras de sedimento (Tab. 37 no anexo D), apenas na amostra L3-SED 3 alguns compostos foram detectados porém em concentrações muito baixas, C3-Naftalenos (0,03mg/kg), C4-Naftalenos (0,03mg/kg), C3-Fluorenos (0,12mg/kg), C2-Fenantrenos (0,02mg/kg) e C3-Fenantrenos (0,02mg/kg).

3.5. Trecho 5

3.5.1. Características da Área

O Trecho 5 corresponde ao rio Nhundiaquara (Fig. 20). O plano de amostragem compreende: a coleta de amostras de sedimento de margem, distribuídas uniformemente ao longo das margens norte e sul do rio Nhundiaquara, ao longo da costa oeste da ilha do Teixeira, na costa oeste da ilha dos Ratos e na costa oeste da ilha dos Passarinhos; a coleta de amostras de sedimento de fundo (Fig. 22) distribuídas no rio Nhundiaquara focando principalmente os sedimentos aflorantes; a coleta de amostras de água superficial. Todas as amostras são analisadas para hidrocarbonetos e 25% das amostras são encaminhadas para análise de COT.

As localizações dos pontos de amostragem podem ser observadas na figura 20. As coordenadas dos pontos constam na tabela 8. As descrições das amostras de sedimento de margem e de fundo encontram-se em anexo. Não foi encontrada

nenhuma evidência de contaminação, destacando-se que, adicionalmente aos pontos de coleta, foram efetuadas algumas sondagens exploratórias com trado manual em locais mais afastados do rio.



Figura 22. Coleta de sedimento da margem e de sedimento de fundo do rio Nhundiaquara.

Tabela 8. Coordenadas dos pontos de amostragem do Trecho 5.

TRECHO 5					
Água superficial					
Ponto	mE	mN	Ponto	mE	mN
ASUP 1	726437	7179696	ASUP 6	730192	7178265
ASUP 2	727309	7180214	ASUP 7	730078	7178165
ASUP 3	727744	7180054	ASUP 8	733235	7178389
ASUP 4	730483	7178659	ASUP 9	733480	7178044
ASUP 5	730368	7178403	ASUP 10	733540	7177805
Sedimento					
Ponto	mE	mN	Ponto	mE	mN
SED 1	726437	7179696	SED 9	733621	7177988
SED 2	727744	7180054	SED 10	733963	7178667
SED 3	728149	7179823	SED 11	733491	7178837
SED 4	729273	7179781	SED 12	733814	7179133
SED 5	729779	7178936	SED 13	734277	7179615
SED 6	730286	7178696	SED 14	735814	7178353
SED 7	731516	7177804	SED 15	736326	7178456
SED 8	732693	7177984			
Solo					
Ponto	mE	mN	Ponto	mE	mN
P 1	726431	7179746	P 19	731347	7178266
P 2	726460	7179668	P 20	731806	7178380
P 3	727337	7180246	P 21	731719	7178031
P 4	727462	7180118	P 22	731605	7177384
P 5	727819	7180196	P 23	732097	7178088
P 6	727694	7179976	P 24	731962	7177319
P 7	728212	7180076	P 25	732520	7178244
P 8	728149	7179823	P 26	732389	7177308
P 9	728636	7179667	P 27	732739	7178407
P 10	729604	7179664	P 28	733113	7177506
P 11	729274	7179238	P 29	733149	7178661
P 12	729563	7178952	P 30	733872	7177664
P 13	730278	7178979	P 31	734822	7177744
P 14	730041	7178125	P 32	735260	7178016
P 15	730526	7178589	P 33	735800	7178297
P 16	730487	7178390	P 34	736313	7177965
P 17	730276	7177861	P 35	736357	7178447
P 18	730915	7177572	P 36	736566	7178985

3.5.2. Distribuição dos Hidrocarbonetos no Trecho 5

3.5.2.1. Solo

As análises de TPH são apresentadas na tabela 38 do anexo E, todos os resultados estão abaixo do valor de intervenção, o maior valor detectado nas amostras de solo foi 92mg/kg (P27).

Os compostos BTEX não foram detectados nas amostras de solo do Trecho 5 com exceção do Tolueno, ele foi detectado em 6 pontos mas com concentrações muito abaixo do valor de prevenção, P51 que é duplicata do P1 (0,012mg/kg), P13 (0,001mg/kg), P15 (0,001mg/kg), P19 (0,001mg/kg), P27 (0,003mg/kg) e P30 (0,001mg/kg) (Tab. 39 no anexo E).

Os compostos HPA também não foram detectados na sua grande maioria, com poucas exceções, C3-Naftalenos, C2-Dibenzotiofenos, C3-Dibenzotiofenos, C2-Fenantrenos, C3-Fenantrenos, C2-Pirenos, foram detectados em algumas amostras, mas em concentrações muito abaixo dos valores de prevenção (Tab. 40 no anexo E).

3.5.2.2. Água Superficial

A tabela 41 no anexo E apresenta os resultados das análises de TPH, em nenhuma amostra ele foi detectado.

Os compostos BTEX não foram detectados na maioria das amostras de água superficial do Trecho 5, porém em um caso o Tolueno foi detectado acima do Valor Máximo Permitido (2 µg/L), trata-se da amostra ASUP 8 (3,2 µg/L) (Tab. 42 no anexo E).

Os compostos HPA não foram detectados na grande maioria das amostras, apenas na amostra ASUP 54, duplicata da amostra ASUP 4, foram detectadas concentrações dos compostos 2-MetilNaftaleno, 1-MetilNaftaleno, C3-Naftalenos e C4-Naftalenos porém muito baixas (Tab. 43 no anexo E).

3.5.2.3. Sedimento

As análises de TPH nos sedimentos do Trecho 5 são apresentadas na tabela 44 do anexo E, todos os resultados estão muito abaixo do valor de intervenção.

Os compostos BTEX não foram detectados nas amostras de sedimento do Trecho 5 (Tab. 45 no anexo E).

Os compostos HPA não foram detectados na maioria das amostras de sedimento (Tab. 46 no anexo E), apenas na amostra SED 6 alguns compostos foram detectados porém em concentrações muito baixas, Benzo(a)antraceno (0,12mg/kg), Benzo(a)pireno (0,1mg/kg) e Indeno(123-cd)pireno (0,04mg/kg) apresentaram concentrações acima do valor de prevenção, porém muito abaixo dos valores de intervenção.

3.6. Ponto 2

3.6.1. Características da Área

A amostragem detalhada do Ponto 2 não estava prevista no Plano de Amostragem. Mas, em função de informações recolhidas junto aos moradores de que o local estaria bastante contaminado, foi realizado um trabalho detalhado que incluiu o mapeamento geológico, o levantamento topográfico, a perfuração de uma malha de sondagens exploratórias e a análise de amostras de solo.

O local é constituído por gnaiss alterado, tálus, um lugar aluvionar mais antigo (subatual) e aluvião atual conforme pode ser observado na figura 23. No leito do rio do Meio, ocorrem 2 diques de matacões (Fig. 24) supostamente construídos durante os trabalhos de remoção do óleo.

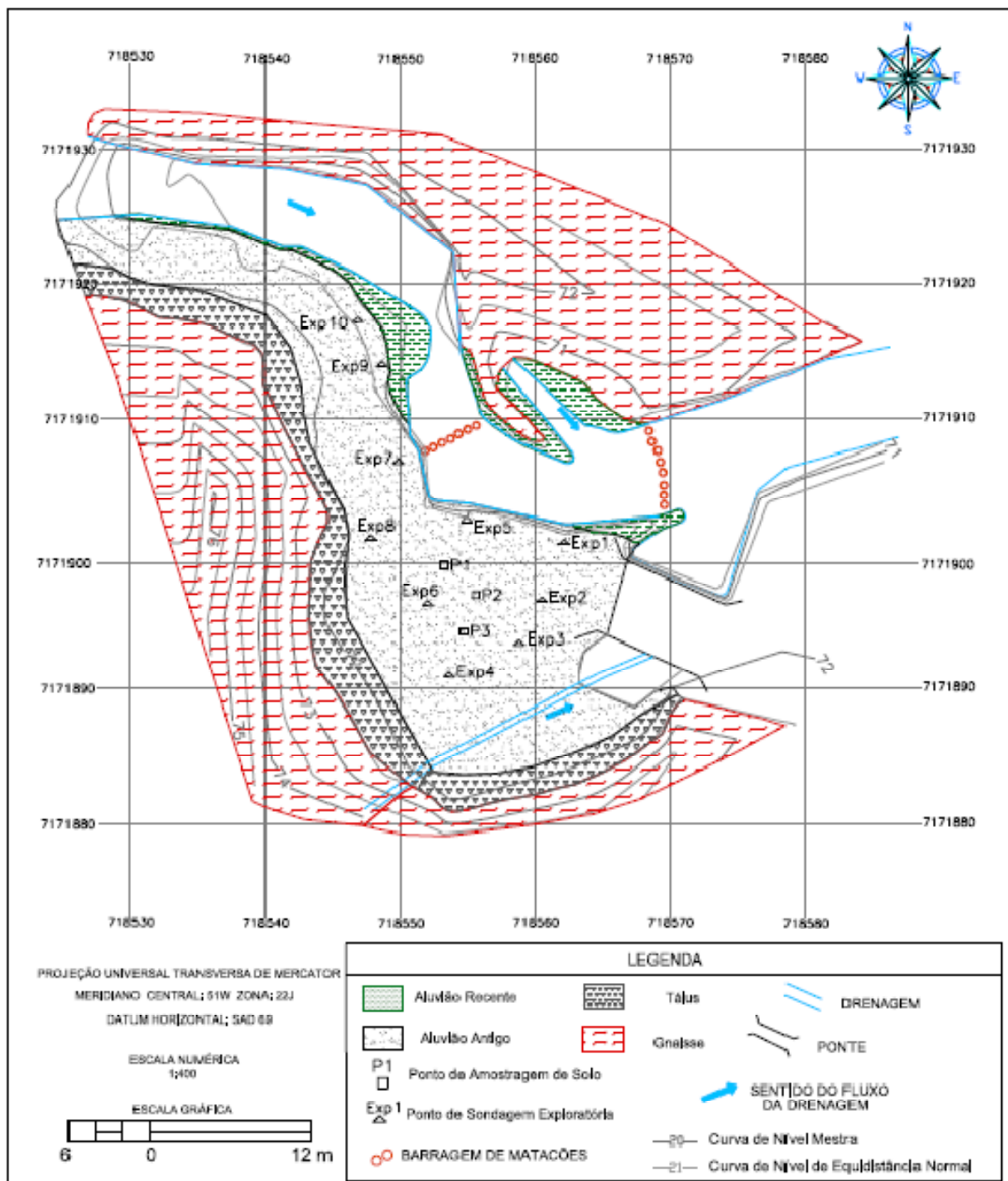


Figura 23, Mapa geológico do Ponto 2,



Figura 24. Diques de matacões no leito do rio do Meio no Ponto.

3.6.2. *Distribuição dos Hidrocarbonetos no Ponto 2*

Indícios de contaminação (odor de óleo) foram encontrados em 3 locais (P1, P2 e P3, Fig. 25). Nenhuma destas 3 amostras apresentou concentração de hidrocarbonetos significativa. O maior valor de TPH foi de 10mg/kg no P2.

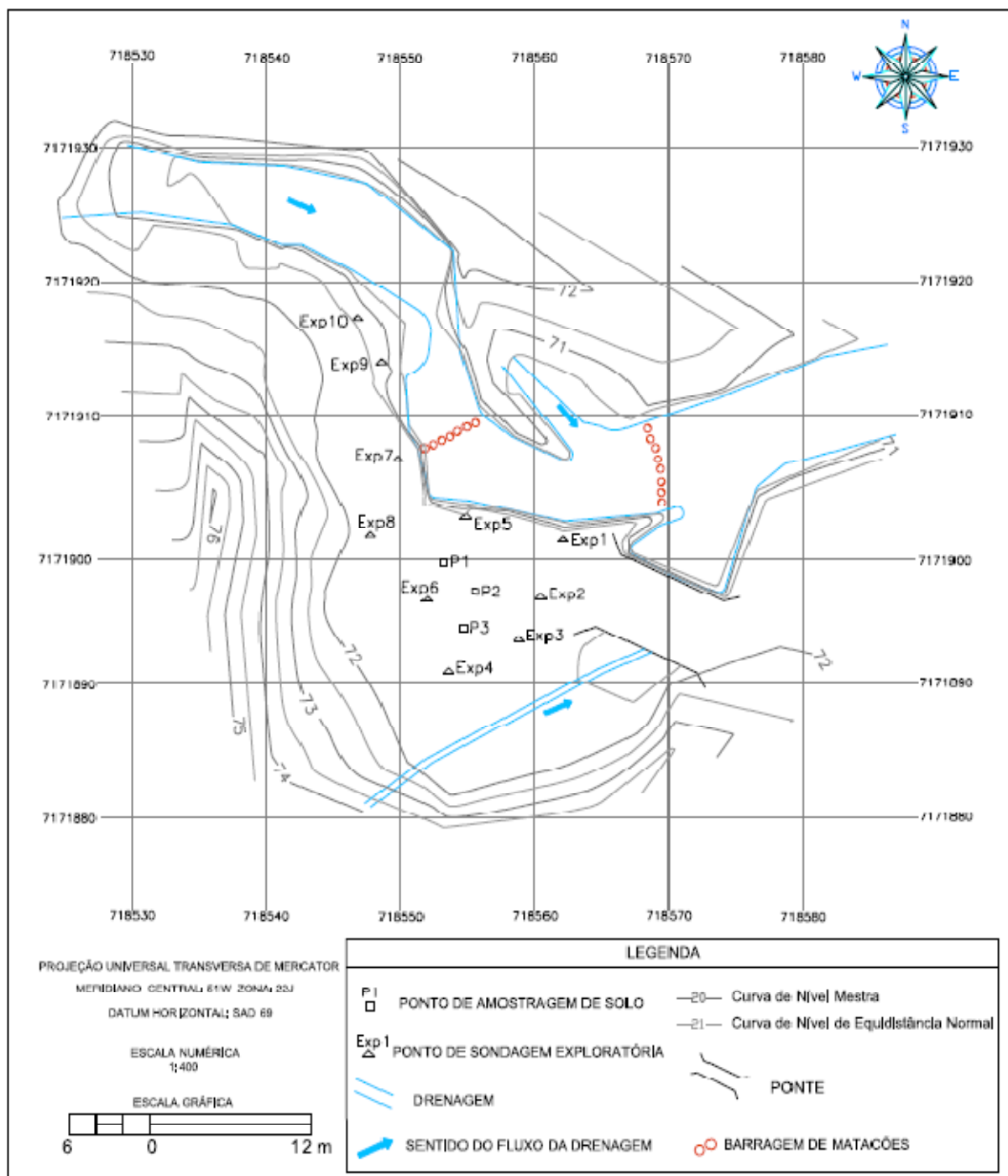


Figura 25. Mapa topográfico do Ponto 2, com a localização dos locais das sondagens para exploração e amostragem do solo.

3.7. Ponto 3

3.7.1. Características da Área

O Ponto 3 compreende uma área de aproximadamente 4266m², num local de fácil acesso bastante utilizado pela Petrobras para remoção de óleo na época do vazamento. Situa-se as margens do rio do Meio e a cerca de 100m da BR 277 numa área alagadiça na estação chuvosa (verão), onde ocorrem depósitos aluviais recentes e antigos.

O estudo detalhado do Ponto 3 é objeto do trabalho de conclusão de curso de graduação em geologia de Ana Paula Franz, realizado sob minha supervisão, e no qual serão apresentados o mapa geológico do local, os perfis de todas as sondagens, perfis construtivos dos poços de monitoramento, além de análises químicas de amostras que a graduanda coletou para delimitar mais precisamente os locais contaminados dentro do Ponto 3.

Os locais de exploração e amostragem podem ser observados no mapa da figura 26. Evidências organolépticas da presença de contaminantes no solo foram observadas em diversos locais. Todos eles tiveram amostras coletadas e analisadas. Poços de monitoramento foram instalados em alguns dos locais com evidências mais fortes de contaminação.

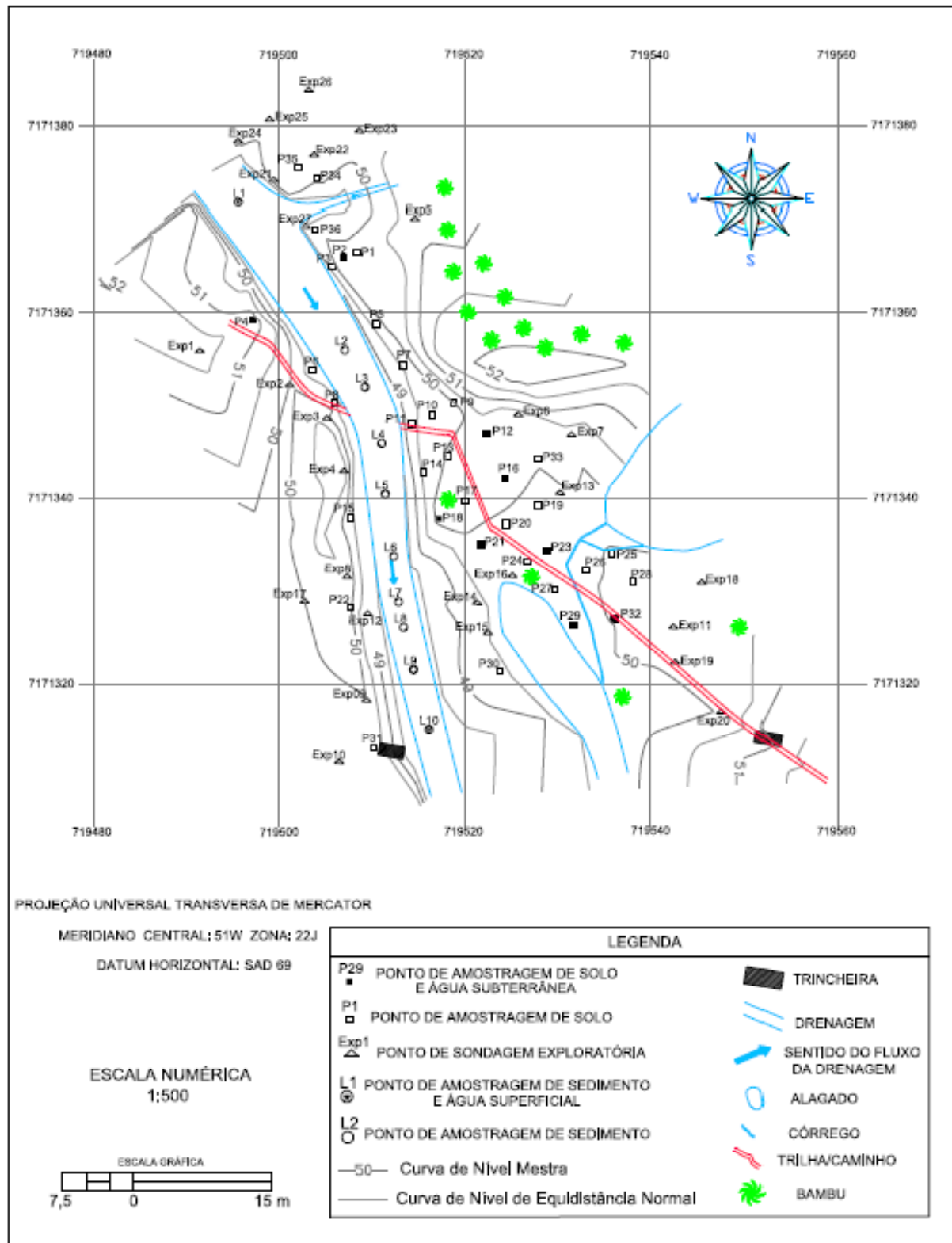


Figura 26. Mapa topográfico do Ponto 3, com a localização das sondagens para exploração e amostragem de solo, dos poços de monitoramento e dos locais de amostragem de água superficial e sedimento.

3.7.2. Distribuição dos Hidrocarbonetos no Ponto 3

Os resultados das análises de hidrocarbonetos no solo, água subterrânea, sedimento e água superficial podem ser observados no anexo G nas tabelas 50 a 61. Em três locais no solo as concentrações de TPH ultrapassaram o valor de intervenção: P2 a 0,70m de profundidade (1950mg/kg), P12 a 0,70m de profundidade e sua duplicata (1072mg/kg e 1114mg/kg, respectivamente) e P16 a 0,20m de profundidade (13011mg/kg). Ainda nesta última amostra a concentração do Fenantreno (21,1mg/kg) ficou acima do valor de intervenção (15mg/kg). Na água subterrânea o TPH ficou acima do valor de intervenção no P16 e na sua duplicata (2980µg/L em ambas as amostras).

Na maioria das amostras de água superficial e sedimento não foi detectada a presença de hidrocarbonetos, ou as concentrações estão muito abaixo dos valores de referência.

3.8. Ponto 4

3.8.1. Características da área

O mapa geológico do Ponto 4 é apresentado na figura 27. O Ponto 4 compreende uma área de aproximadamente 13935m², situa-se na foz do rio do Meio no rio Sagrado, existindo uma pequena ilha no local. O terreno é constituído por granito e por aluviões. Localmente, o granito é pouco alterado, formando afloramentos (Fig. 28A), mas, em geral, ele está muito alterado, observando-se apenas o solo residual.

A maior parte do terreno é constituída por aluvião mais antigo, que é formado tipicamente por uma camada basal de seixos e matacões de granito, coberta por uma camada de areia muito grossa, com espessura de até 50 cm (Fig. 28 C e D). Aluviões atuais ocorrem nos leitos dos dois rios, e em dois locais na margem do rio Sagrado. No primeiro deles, situado na margem esquerda (Fig. 28A), parte dos

sedimentos certamente foi depositada a partir de uma pequena drenagem que provém da BR 277 vizinha ao local. O segundo forma uma praia na ilha do rio Sagrado (Fig. 28B).

Os locais de exploração e amostragem podem ser observados no mapa da figura 29. Para fins da amostragem, a área foi dividida em 5 setores. Os setores 1, 3, 4 e 5 podem ser observados na figura 30; o Setor 2 aparece na figura 28B. Segundo informações dos moradores, as atividades na época de contingência foram mais intensas nos Setores 2, 3 e 5.

No setor 1, o nível da água variou de 0,20m a 1,30m de profundidade, nos setores 2 e 3, o NA médio foi 1,00m. No setor 4, onde a margem do rio do Meio é formado por um talude vertical e mais espesso, o nível da água medido durante as sondagens chegou a 3,30m de profundidade, o talude torna-se menos espesso a medida que se aproxima da foz com o rio Sagrado, sondagens realizadas neste ponto mostram que o NA chega a 1,00m de profundidade. No setor 5, na maioria das sondagens não foi possível atingir o nível da água devido a presença de blocos de rocha, impedindo a perfuração manualmente, o NA medido numa sondagem foi 1,50m de profundidade.

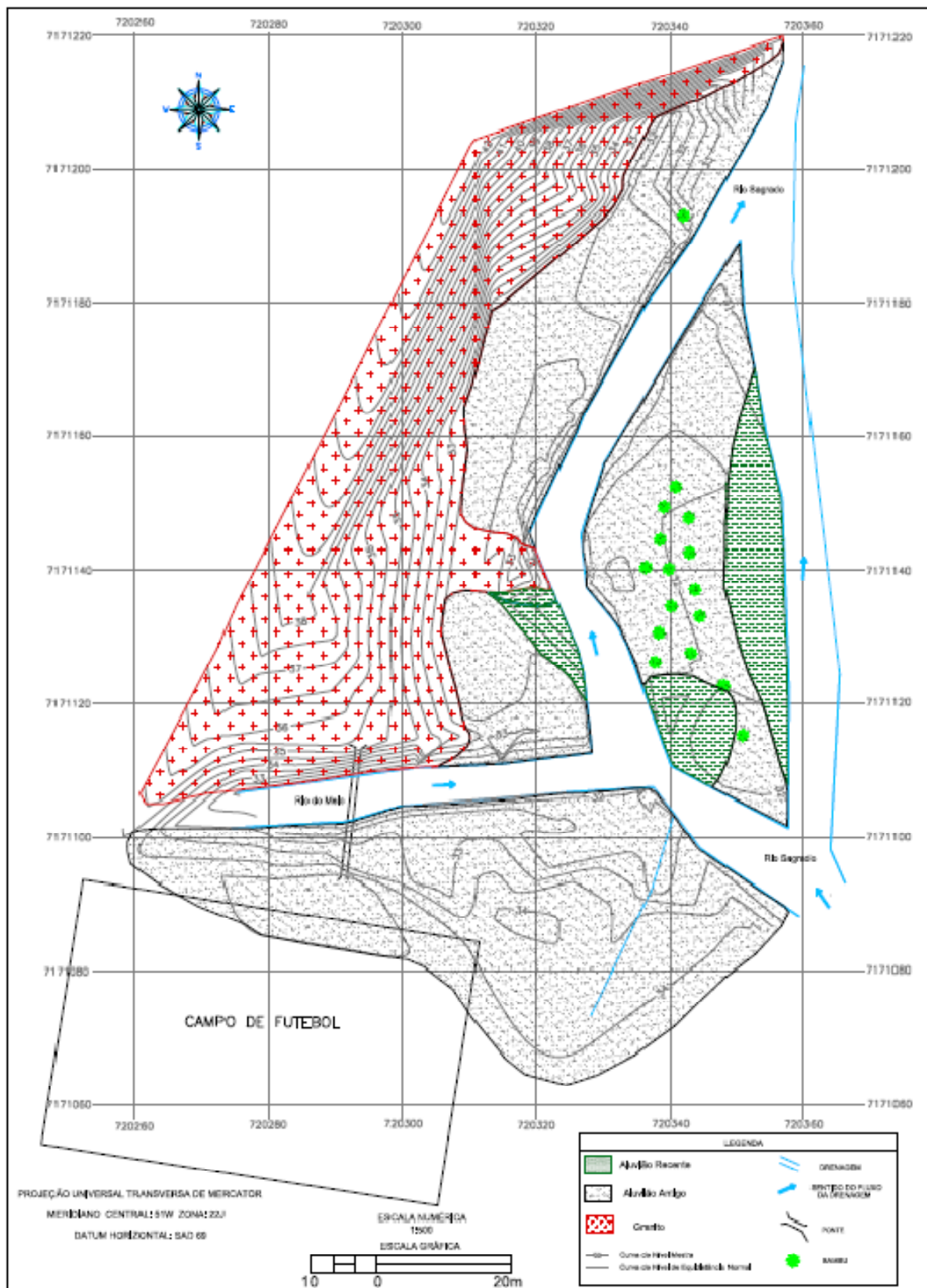


Figura 27. Mapa geológico do Ponto 4.

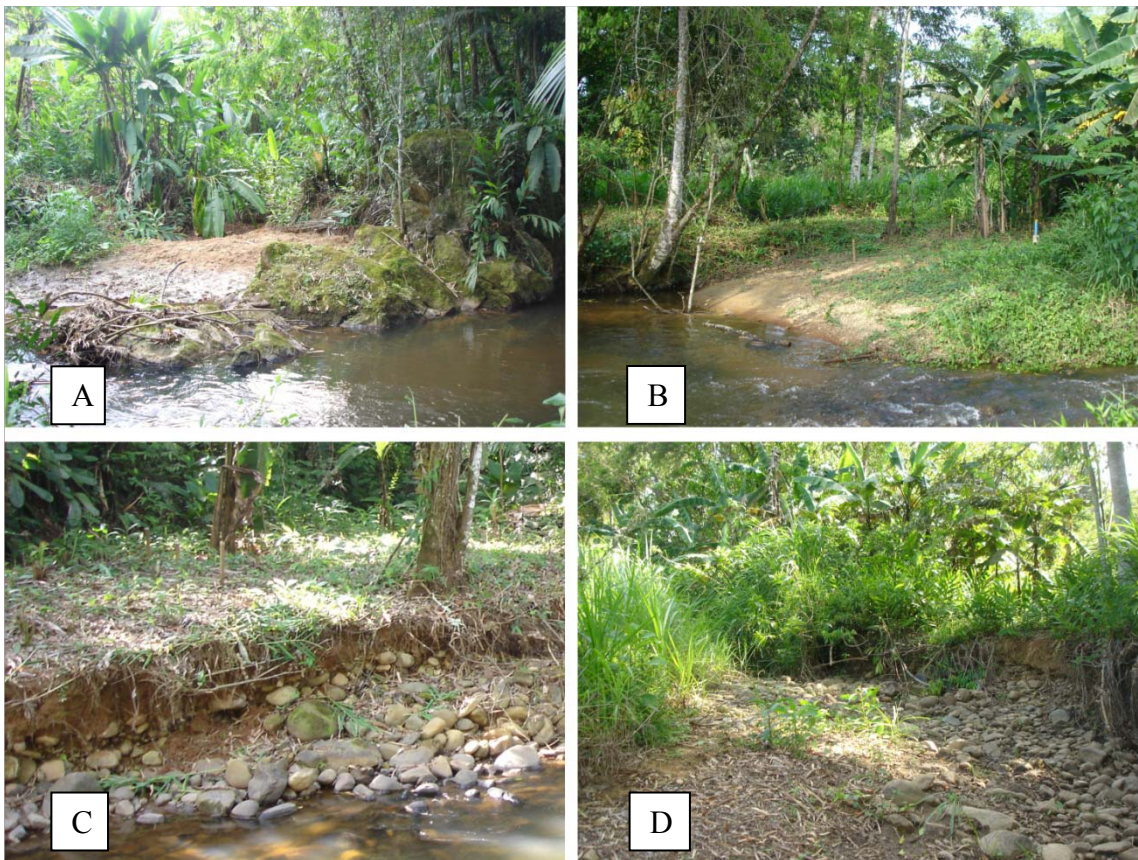


Figura 28. Detalhes da geologia do Ponto 4. (A) Granito aflorante e aluvião recente na margem esquerda do rio Sagrado. (B) Aluvião recente na ilha do rio Sagrado (corresponde ao Setor 2 no mapa de amostragem; observa-se o poço de monitoramento P6). (C) e (D) Perfis típicos do solo aluvial mais antigo no Ponto 4, mostrando uma camada com até 50 cm de espessura de areia muito grossa, sobreposta a uma camada de matacões e blocos de granito.



Figura 30. Fotografias dos setores amostrados no Ponto 4. (A) Setor 1. (B) Setor 4 (observa-se o poço de monitoramento P18). (C) Setor 3 (observa-se o poço de monitoramento P5). (D) Setor 5.

3.8.2. Distribuição dos hidrocarbonetos no Ponto 4

3.8.2.1. Solo

Os resultados das análises de TPH apresentados na tabela 62 do anexo H mostram que não há contaminação do solo no Ponto 4, as concentrações são mínimas em todas as amostras, o maior valor ocorre na amostra P13 na profundidades 0,40m (62mg/kg).

Os compostos BTEX não foram detectados na maioria das amostras, apenas na amostra P6, Benzeno e Tolueno foram detectados (0,002mg/kg e 0,005mg/kg, respectivamente) numa profundidade de 0,80m, mas estão abaixo dos respectivos valores de prevenção (0,03mg/kg e 0,14mg/kg) (Tab. 63 no anexo H).

Os compostos HPA também não foram detectados na maioria das amostras de solo do Ponto 4, apenas nas amostras P13 (0,80m de profundidade) e P17 (0,40m de profundidade) alguns compostos ocorrem acima dos limites de detecção, porém muito abaixo dos valores de prevenção (Tab. 64 no anexo H).

3.8.2.2. Água Subterrânea

Os resultados apresentados nas tabelas 65 e 66 no anexo H para TPH e BTEX na água subterrânea mostram que esses compostos não ocorrem na maioria das amostras, apenas o Etilbenzeno foi detectado na amostra do poço de monitoramento P6, mas sua concentração (1,3µg/L) está muito abaixo do valor máximo permitido (300µg/L).

Os resultados das análises dos compostos HPA mostram um panorama bem parecido, poucos compostos foram detectados, mas em concentrações bem abaixo dos valores máximos estabelecidos (Tab. 67 no anexo H).

3.8.2.3. Água Superficial

As tabelas 68, 69 e 70 no anexo H, apresentam respectivamente os resultados das análises de TPH, BTEX e HPA na água superficial. TPH não foi detectado em nenhum local amostrado.

Dos compostos BTEX, apenas o tolueno foi detectado numa amostra, ASUP4, mas sua concentração está abaixo do valor máximo permitido.

Compostos HPA não foram detectados na maioria das amostras de água superficial, com exceção do naftaleno que foi detectado em cinco das seis amostras (incluindo a amostra ASUP10 duplicata da amostra ASUP2), porém sua concentração é baixíssima em todas as amostras (ASUP1 = 0,08µg/L, ASUP2 = 0,04µg/L, ASUP4 = 0,04µg/L, ASUP5 = 0,03µg/L e ASUP10 = 0,03µg/L).

3.8.2.4. Sedimento

Os resultados das análises de TPH, BTEX e HPA são apresentados respectivamente nas tabelas 71, 72 e 73 do anexo H. TPH foi detectado nas amostras SED4 (2mg/kg), SED6 (4mg/kg), SED11 (2mg/kg), SED13 (12mg/kg), SED14 (8mg/kg), SED16 (4mg/kg), SED18 (2mg/kg), SED19 (11mg/kg) e SED20 (18mg/kg), porém muito abaixo do valor de intervenção (1000mg/kg).

Dos compostos BTEX, apenas o tolueno foi detectado em quatro amostras, SED6 (0,005mg/kg), SED14 (0,002mg/kg), SED16 (0,001mg/kg) e SED19 (0,001mg/kg), porém esses valores estão muito abaixo do valor de prevenção (0,14mg/kg).

A maioria dos compostos HPA não foram detectados no sedimento do Ponto 4, com exceção dos seguintes compostos: Fenantreno, Fluoranteno e Pireno na amostra SED4 (0,02mg/kg, 0,02mg/kg e 0,01mg/kg, respectivamente), C2-Crisenos na amostra SED3 (0,03mg/kg), Perileno na amostra SED16 (0,01mg/kg), C1-Crisenos, C2-Crisenos, C2-Fenantrenos, C3-Fenantrenos e C4-Fenantrenos na amostra SED20, porém essas concentrações estão muito abaixo dos valores de prevenção.

4. DISCUSSÃO

4.1. Fonte dos contaminantes

Os hidrocarbonetos saturados são os maiores constituintes do petróleo, embora possam também ser sintetizados por organismos terrestres ou marinhos (Silva, 2005). Estes compostos podem ser empregados como marcadores da presença de petróleo e derivados no ambiente, na identificação do tipo de óleo, como indicador do destino do óleo e no monitoramento de variações da composição química do óleo devido ao intemperismo e/ou biodegradação (Wang e Fingas,

1997). As fontes petrogênicas, no entanto, são mais significativas do que as biogênicas (Bouloubassi e Saliot, 1993).

Existem vários mecanismos diferentes pelos quais os HPA podem ser introduzidos no meio ambiente, incluindo processos naturais.

Dentre as fontes antropogênicas de HPA pode-se citar: aportes petrogênicos (efluentes da indústria petrolífera, derrames acidentais de óleo e derivados); aportes pirolíticos (combustão incompleta de óleo e derivados, tanto para fins automotivos quanto industriais e queima intencional de madeira e plantações) e aportes mistos (despejos domésticos e industriais e drenagens pluviais urbanas) (Neff, 1979; Laflamme e Hites, 1978). As fontes naturais incluem as películas de plantas superiores, algas, plânctons e exsudações naturais de petróleo no oceano.

Portanto, principalmente em centros urbanos e industriais, a contaminação das amostras ambientais por estes agentes retratam, inevitavelmente, a coexistência de múltiplas fontes de hidrocarbonetos. Além disso, quando presentes no meio ambiente, os hidrocarbonetos estão sujeitos a processos físicos, químicos e biológicos que alteram de sua composição química, tornando um grande desafio sua identificação.

Diante deste cenário complexo, os estudos de caracterização de áreas contaminadas por hidrocarbonetos demandam, portanto, a aplicação de uma estratégia de avaliação na qual o uso de técnicas de identificação e diferenciação das múltiplas fontes destes compostos no meio ambiente é requisito imprescindível. Dentre as técnicas existentes para determinação das fontes de hidrocarbonetos, neste estudo serão utilizadas as razões diagnósticas (índices composicionais) dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) (Wang et al., 1999; Yunker et al., 2002).

4.1.1. Razões diagnósticas dos HPA

Razões diagnósticas de HPA têm sido amplamente utilizadas para auxiliar na identificação e diferenciação de fontes (petrogênicas, pirogênicas e naturais) destes compostos em amostras ambientais. Estas razões evidenciam as proporções relativas entre diferentes massas molares HPA, facilitando a interpretação do padrão

de distribuição, e podem conter HPA parentais, HPA alquilados ou ambos. As razões mais utilizadas encontram-se no quadro 2, associadas às suas faixas limítrofes de identificação de fontes.

A interpretação dos dados através de diagramas cruzados possibilita obter uma melhor estimativa das fontes (Budizinski et al., 1997, Yunker et al., 2002). Além disso, como algumas razões permitem uma melhor diferenciação de fontes do que outras, a análise das razões de HPA de amostras conhecidas de óleo em conjunto com os dados das demais amostras em estudo é imprescindível. Isto permite decidir quais as razões mais eficientes para um determinado estudo de avaliação ambiental, ou seja, razões que enquadrem corretamente amostras de óleo, por exemplo, dentro das faixas reservadas para amostras com características predominantemente petrogênicas são promissoras. Por outro lado, as razões que identificam as amostras de óleo fora da faixa petrogênica mostram-se ineficientes e devem ser descartadas.

O padrão de distribuição dos HPA em petróleos ou seus derivados se caracteriza pela maior abundância relativa dos HPA alquilados em relação ao HPA parental de cada série homóloga destes compostos, portanto o uso de razões diagnósticas com HPA alquilados é o que melhor representa a contribuição de fontes petrogênicas de hidrocarbonetos (Blummer and Youngblood, 1975, Boehm and Farrington 1984, Sauer and Boehm, 1991, Sauer and Uhler, 1994-1995, Page et al., 1995, Wang et al., 1999, *Apud* Meniconi, 2007).

Quadro 2. Razões diagnósticas para identificação de fonte de HPA.

Razão	Faixa limítrofe	Classificação de Origem	Referência
HPA parentais			
Fe/Na	>15	Petrogênica	Soclo, 1986
	<10	Pirolítica	
Fl/Pi	<1	Petrogênica	Sicre et al., 1987
	>1	Pirolítica	
An/(An+Fe)	<0,1	Petrogênica	Yunker et al., 2002
	>0,1	Pirolítica	
Fl/(Fl+Pi)	<0,4	Petrogênica	Yunker et al., 2002
	>0,4 e <0,5	Combustão de petróleo	
	>0,5	Combustão de carvão	
BaAn/C	<0,4	Petrogênica	Parlanti, 1990
	>0,9	Pirolítica	
BaAn/BaAn+C	<0,2	Petrogênica	Yunker et al., 2002
	>0,35	Pirolítica	
Ipi/(Ipi+Bpe)	<0,2	Petrogênica	Yunker et al., 2002
	>0,2 e <0,5	Combustão de petróleo	
	>0,5	Combustão de carvão	
HPA Alquilados			
Σ MetilFe/Fe	>2	Petrogênica	Prah and Carpenter, 1983; Garrigues et al., 1995
	<2	Pirolítica	
Σ MetilDBT/DBT	Alto	Petrogênica	Blummer and Younglood, 1975
	Baixo	Pirolítica	
Fe+An/(Fe+An+C1Fe)	<0,5	Petrogênica ou Pirolítica	Yunker et al., 2002
	>0,5	Pirolítica	
Σ (Outros HPA 3-6 anéis)* / Σ 5séries HPA aquilados)**	<0,08	Petrogênica	Wang et al., 1999
	>0,50	Pirolítica	
Pe/ Σ (HPA com 5 anéis)***	>10	Biogênica	Baumard et al., 1998b
C3DBT/C3Fe <i>versus</i> C2DBT/C2Fe	agrupamento	Mesma origem	Page et al., 1995

* Outros HPA 3-6 anéis= todos os HPA analisados menos as 5 séries de HPAs alquilados.

**5 séries HPAs alquilados+ Naftalenos, Dibenzotiofenos, Fenantrenos and Crisenos.

*** Σ (HPA com 5 anéis)= Benzo(b)fluoranteno + Benzo(k)fluoranteno + Benzo(a)pireno + Benzo(e)pireno + Dibenzo(a,h)antraceno (abundância relativa do perileno).

Abreviaturas:

Fe/An: Fenantreno/Antraceno; **Fl/Pi:** Fluoranteno/Pireno; **An/(An+Fe):** Antraceno/Antraceno + Fenantreno; **Fl/(Fl+Pi)** Fluoranteno/(Fluoranteno+Pireno); **BaAn/C:** Benzo(a)antraceno/Criseno; **BaAn/BaAn+C** Benzo(a)antraceno/Benzo(a)antraceno+Criseno; **BePi/BaPi:** Benzo(e)pireno/Benzo(a)pireno; **IPI/(IPI+BPE):** Indeno 1,2,3(cd)pireno/(Indeno 1,2,3(cd)pireno+Benzo(ghi)perileno); **MetilFe/Fe:** Metilfenantreno/Fenantreno; **MetilDBT/DBT** MetilDibenzotiofenos/Dibenzotiofenos; **Fe+An/(Fe+An+C1Fe):** Fenantreno+Antraceno/(Fenantreno + Antraceno + C1Fenantreno); **C2DBT/C2Fe:** C2Dibenzotiofenos/C2Fenantrenos; **C3DBT/C3Fe:** C3Dibenzotiofenos/C3Fenantrenos; **Pe:** Perileno.

4.1.2. *Identificação da Fonte dos Hidrocarbonetos no Solo dos Trechos 1 e 2*

4.1.2.1. Distribuição das Concentrações de HPA

Em muitas amostras de solo do Trecho 1 as concentrações dos hidrocarbonetos são baixas em relação a padrões de qualidade ambiental, porém há casos com valores bem significativos, chegando a ultrapassar os limites estabelecidos pela legislação em alguns locais. Já no solo do Trecho 2 o número de amostras com concentrações dos HPA acima dos valores de referência é bem menor. Cabe investigar se essas concentrações de HPA do Trecho 1 e Trecho 2 estão relacionadas ao vazamento.

No scraper do DTSUL, em Paranaguá, foi coletada uma amostra do óleo vazado (denominado óleo A neste relatório) para comparação com as análises das amostras coletadas em campo. A concentração de HPA no óleo A, resultante do somatório dos compostos analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, foi 277 mg/g. O quadro 3 apresenta a distribuição dos HPA individuais onde verifica-se a predominância relativa dos naftalenos (23% massa no óleo), seguida dos fenantrenos (2,7% massa no óleo) e fluorenos (1,1% massa no óleo). Não foi verificada a presença de Benzo(a)pireno no óleo.

Quadro 3. Resultados de HPA individuais no óleo A.

Composto	Óleo A (µg/g)	% massa no óleo
Naftaleno	2434,4	
2 metil naftaleno	33726,7	
1 metil naftaleno	22265,8	
C2 naftaleno	69391	
C3 naftaleno	68837,2	
C4 naftaleno	38180,6	
S naftalenos	234836	23%
Acenafteno	2012,4	
Acenaftileno	522,6	
Fluoreno	2086,2	
C1 fluoreno	2709,8	
C2 fluoreno	4227,8	
C3 fluoreno	2212,1	
S fluorenos	11236	1,10%
Fenantreno	4431,3	
C1 fenantrenos	13729,7	
C2 fenantrenos	6364,8	
C3 fenantrenos	2111,3	
C4 fenantrenos	427,8	
S fenantrenos	27065	2,70%
Antraceno	818	
Fluoranteno	79,8	
Pireno	164,1	
C1 pirenos	145,1	
C2 pirenos	23,3	
Benzo(a)antraceno	0,9	
Criseno	1	
C1 criseno	1,4	
C2 criseno	0,3	
Benzo(b)fluoranteno	nd	
Benzo(k)fluoranteno	nd	
Benzo(a)pireno	nd	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	nd	
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	
Benzo(ghi)perileno	nd	
S HPAs	276906	28%

Neste sentido, foram efetuadas comparações utilizando especialmente os compostos HPA devido à sua maior capacidade de permanecerem aderidos a

partículas. Para isso foram confeccionados histogramas correlacionando os resultados das análises dos compostos HPA normatizados mais significativos do Trecho 1 com os dados de hidrocarbonetos do óleo A. A grande maioria das amostras (Fig. 31 e 32) apresenta uma configuração percentual parecida com a do óleo derramado (A) predominando os compostos HPA de 2 e 3 anéis aromáticos, destacando-se principalmente, as séries de homólogos alquilados de naftalenos > fenantrenos > fluorenos > pirenos e crisenos, o que caracteriza um perfil de distribuição de HPA de fonte petrogênica em função da abundância relativa dos HPA parentais e seus respectivos alquilados (Stout et al., 2002) (Fig. 33). A forma de sino do HPA parental e seus homólogos alquilados também configuram um padrão de distribuição característico de aporte petrogênico e pode ser observado nos histogramas elaborados.

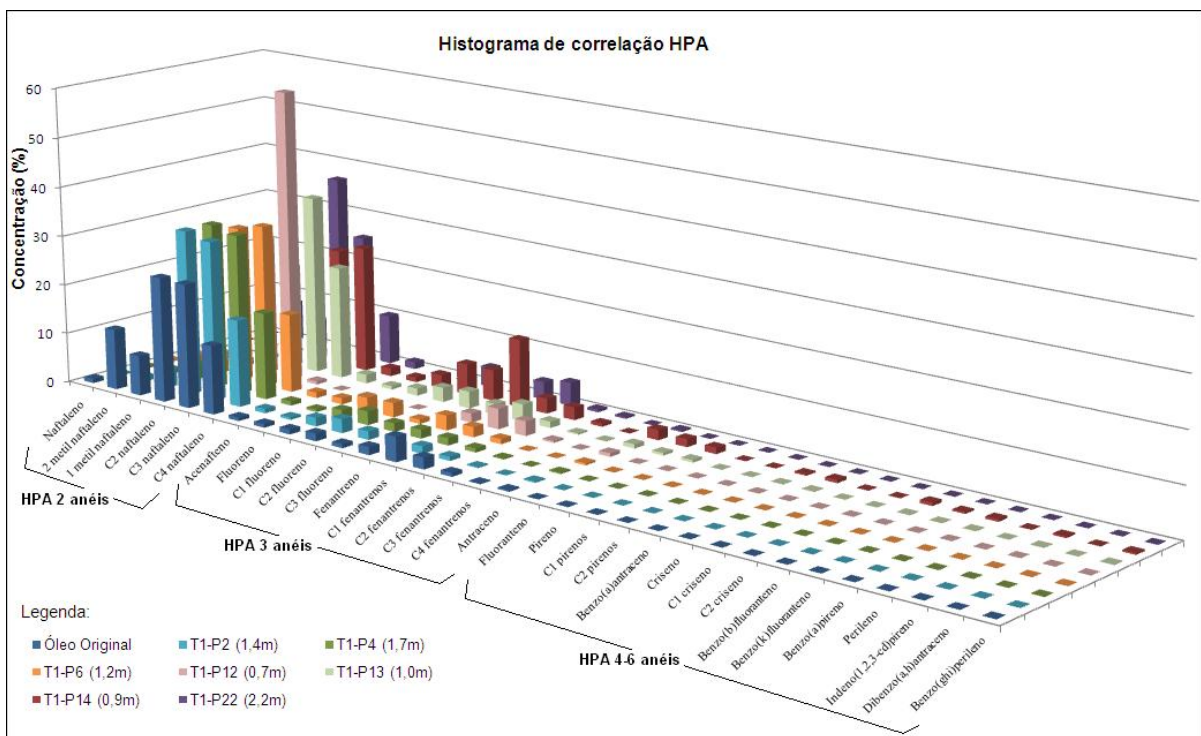


Figura 31. Perfil de distribuição dos HPA das amostras P2, P4, P6, P12, P13, P14 e P22 do Trecho 1 correlacionados com o óleo original.

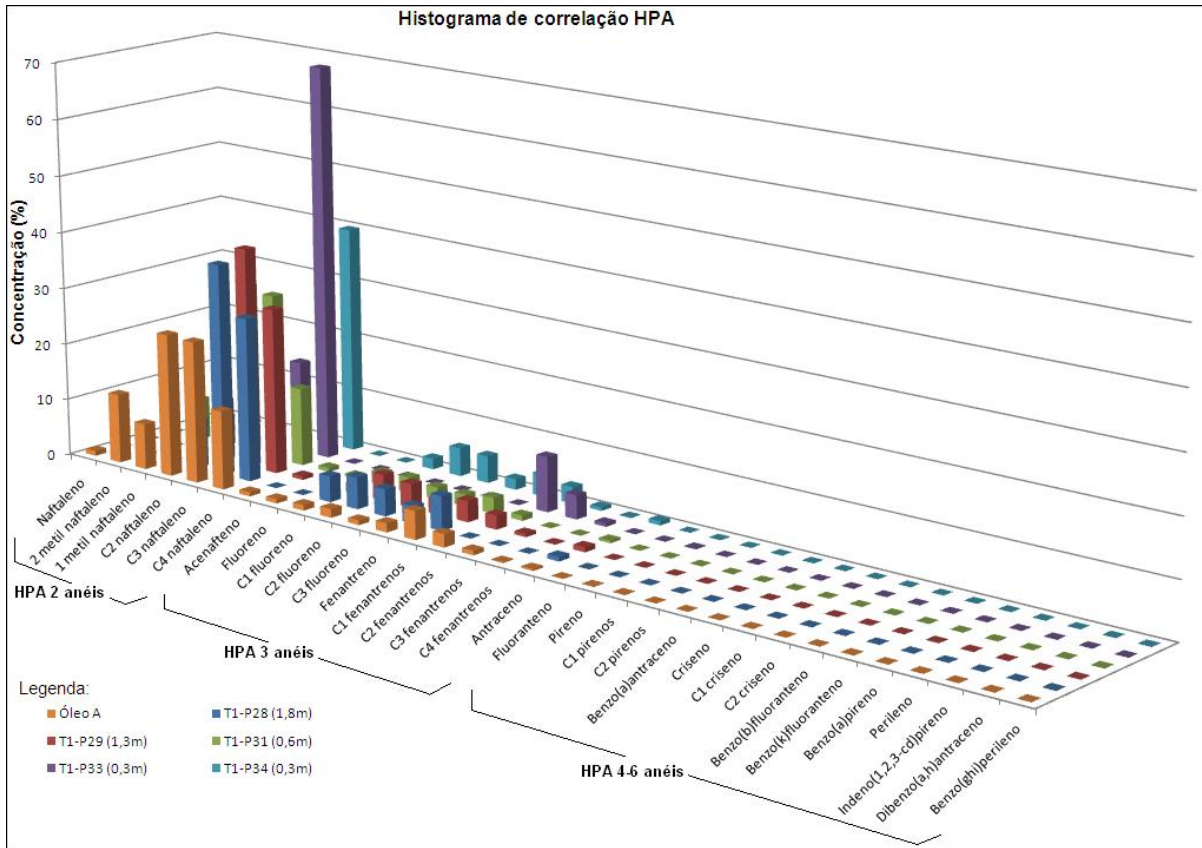


Figura 32. Perfil de distribuição dos HPA das amostras P28, P29, P31, P33 e P34 do Trecho 1 correlacionados com o óleo original.

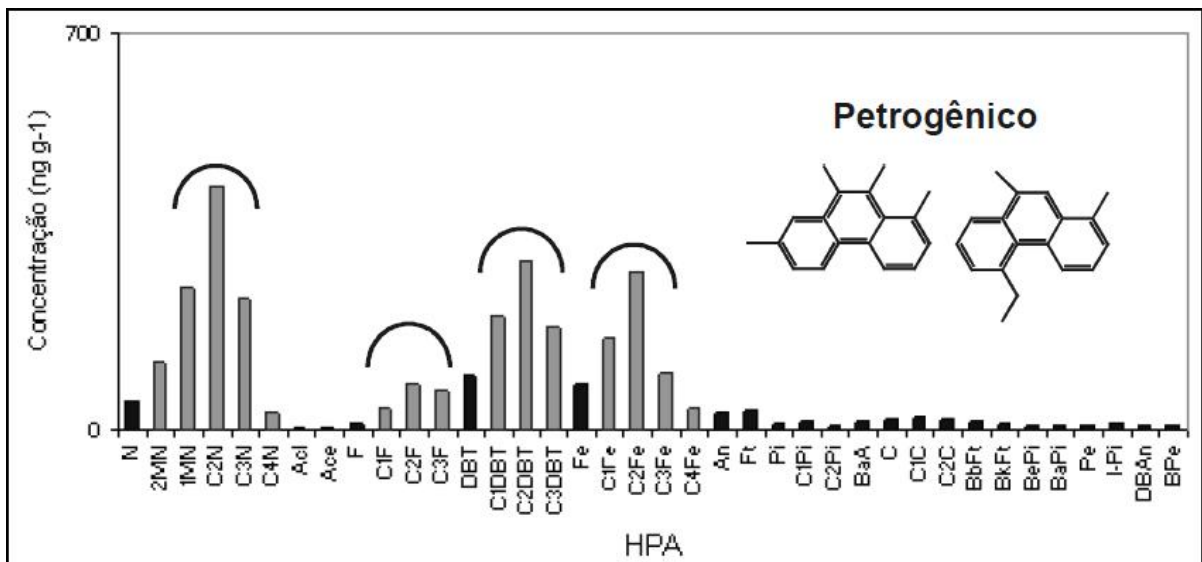


Figura 33. Perfil de distribuição de alguns HPA de fonte petrogênica em função da abundância relativa dos HPA parentais (cor preta) e seus respectivos alquilados (cor cinza) (adaptado de Stout et al. 2002).

Nos pontos T1-P8 (2,1m), T1-P9 (0,7m) e T1-P24 (0,6m) (Fig. 34) os HPA de 4 a 6 anéis aromáticos foram detectados, e no caso do T1-P8 e do T1-P24 eles se destacam com concentrações bem elevadas, segundo Meniconi et al., 2010 essa configuração é típica de origem pirolítica (Fig. 35). O T1-P8 apresentou um valor de TPH bastante elevado (3716mg/kg) e nesse local assim como no T1-P9 as características organolépticas eram bastante distintas das demais, o odor não era característico de hidrocarbonetos.

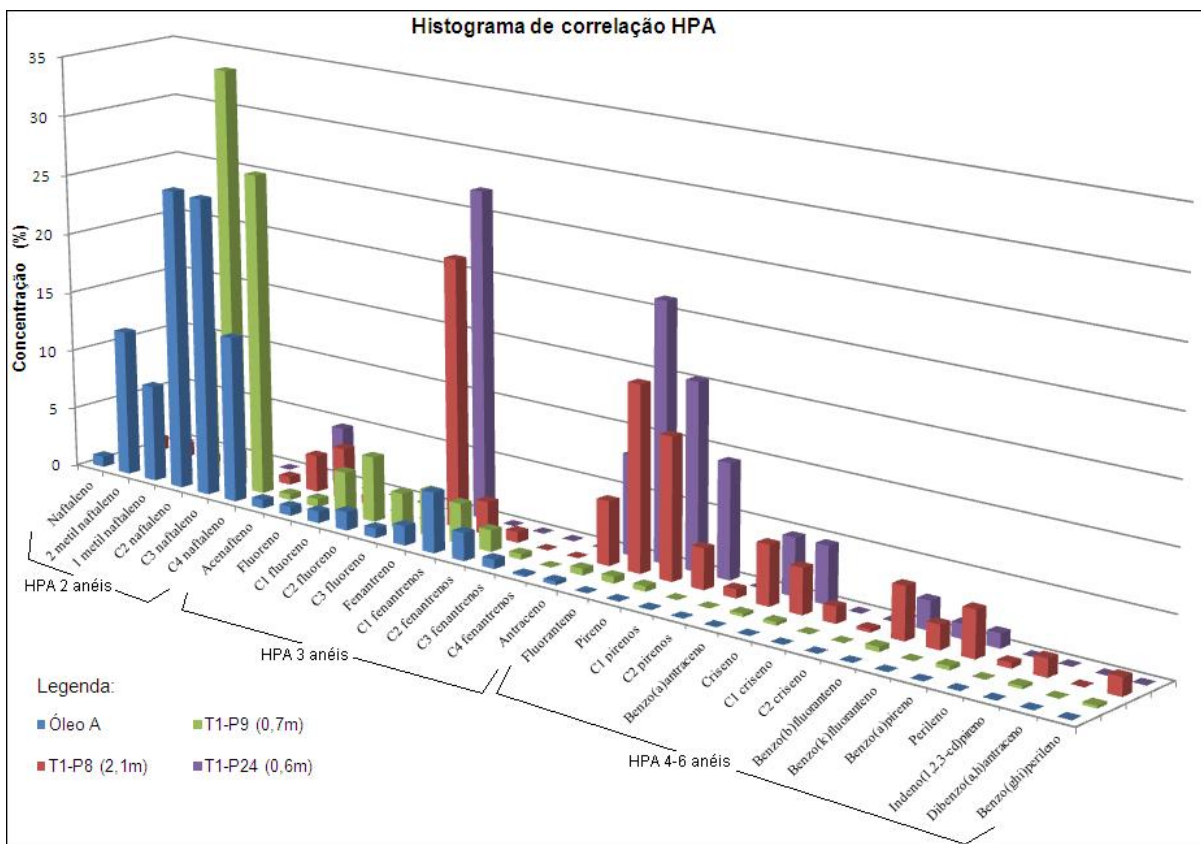


Figura 34. Perfil de distribuição dos HPA das amostras P8, P9, P24 do Trecho 1 correlacionados com o óleo original.

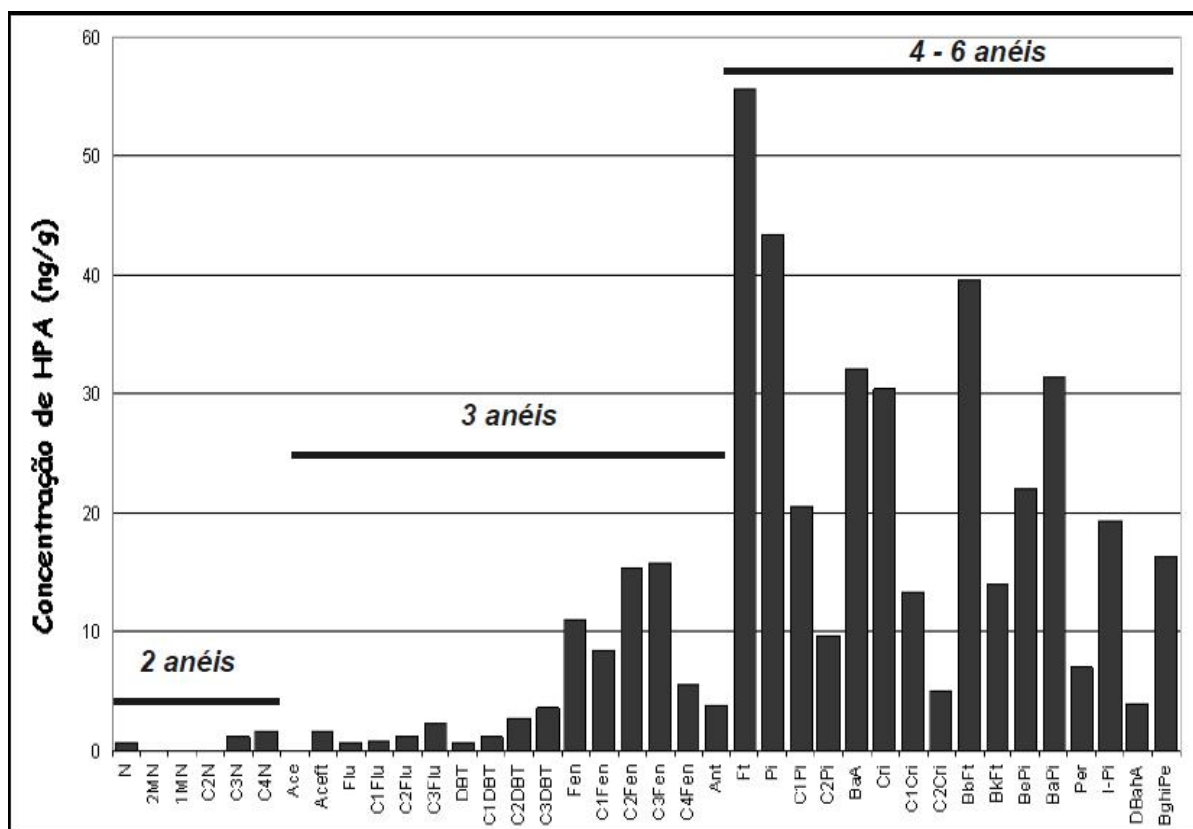


Figura 35. Exemplo de predominância de aporte pirolítico (Meniconi et al., 2010).

As figuras 36 e 37 mostram os padrões de distribuição das análises de HPA normatizadas do solo do Trecho 2 correlacionando com os HPA do óleo A. Foram selecionados para correlação somente os resultados mais relevantes. Na primeira figura percebe-se o predomínio dos naftalenos, HPA de 2 anéis aromáticos, seguido pelos fenantrenos e fluorenos, HPA de 3 anéis aromáticos. Esse padrão de distribuição dos hidrocarbonetos caracteriza um aporte petrogênico, a forma em sino também pode ser observada no histograma.

Já na figura 37, um padrão de distribuição diferente do óleo A é observado, principalmente no P1, onde predominam os HPA de 4-6 anéis, destacando o fluoranteno, pirenos, Benzo(a)antraceno, Crisenos, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(a)pireno, o que significa que a origem da contaminação é pirolítica. Nesse ponto o valor de TPH na duplicata da amostra foi de 1406mg/kg, um valor acima do limite de intervenção adotado neste trabalho (1000mg/kg). No ponto 38, mesmo que os fenantrenos sejam predominantes, ainda é possível observar uma distribuição característica de aporte pirolítico, com os HPA de 4-6 se fazendo presente em grande percentual, em relação aos demais HPA.

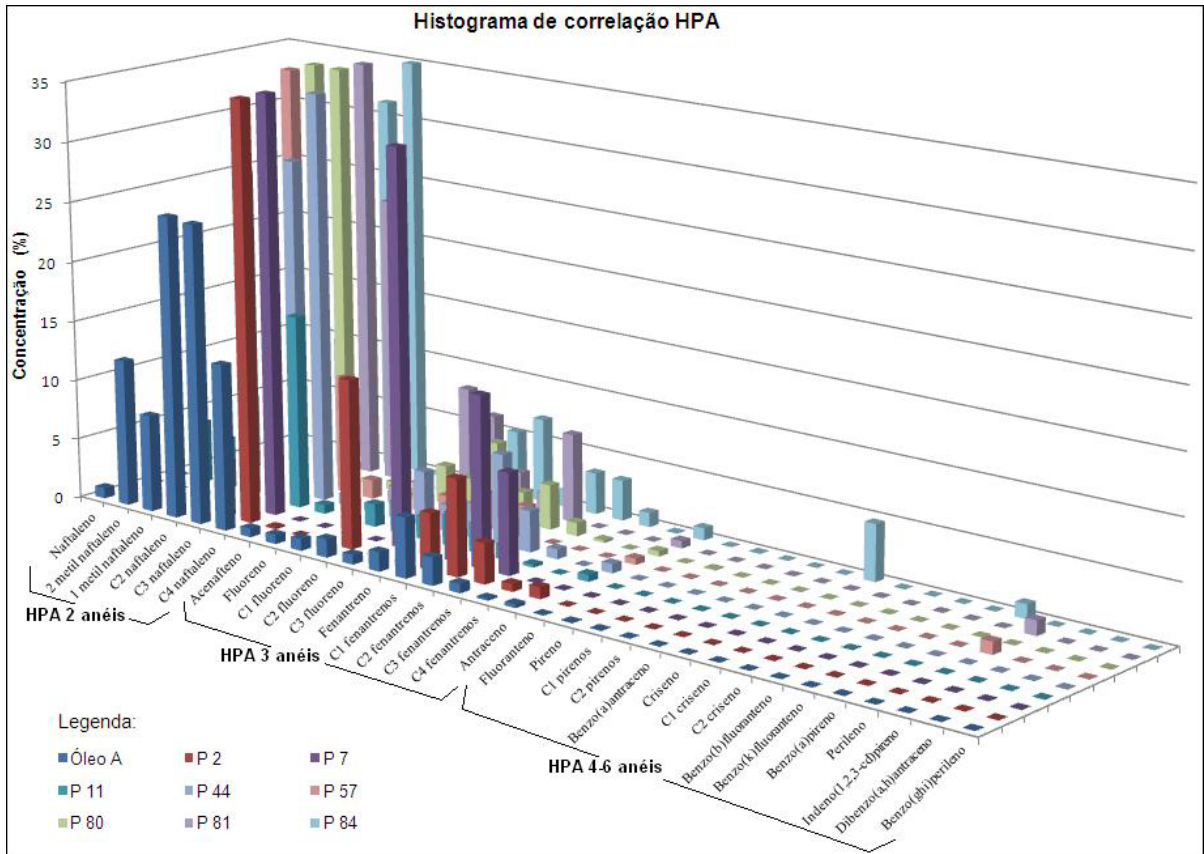


Figura 36. Perfil de distribuição dos HPA das amostras P2, P7, P11, P44, P57, P80, P81 e P84 do Trecho 2 correlacionados com o óleo original.

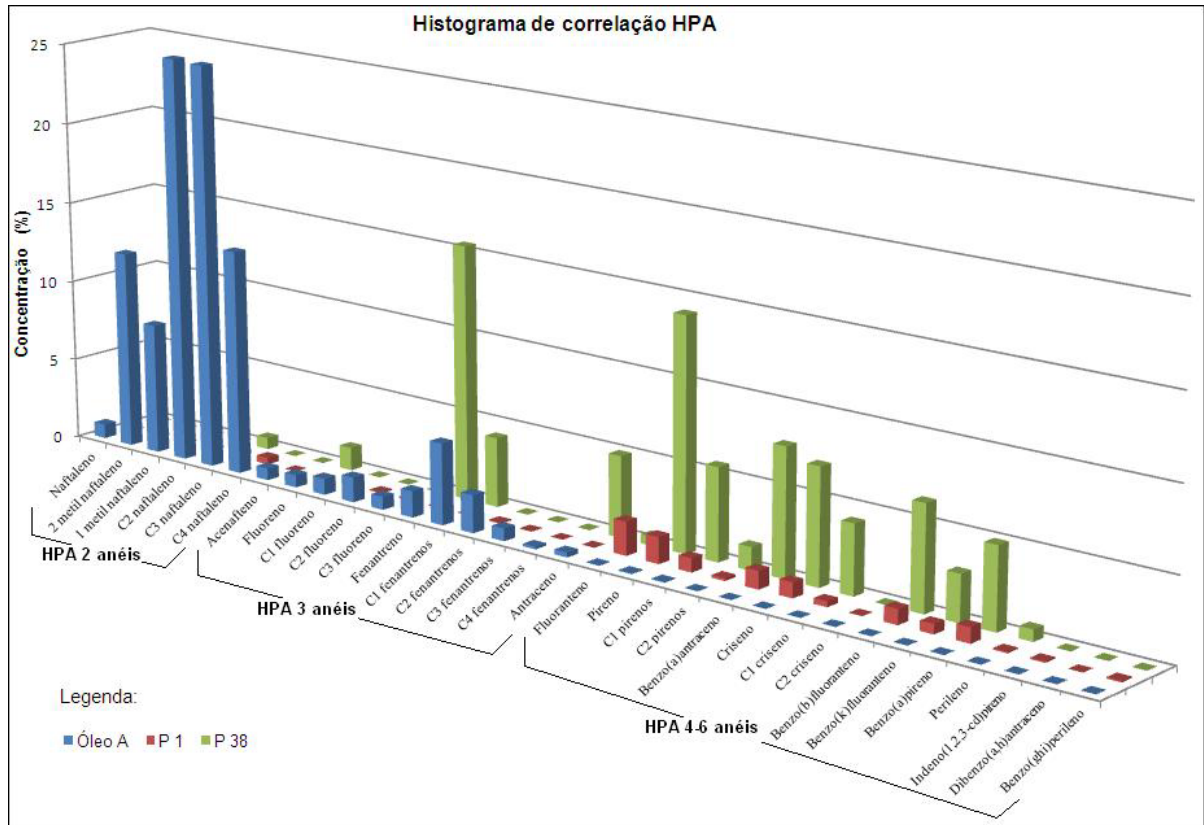


Figura 37. Perfil de distribuição dos HPA das amostras P1 e P38 do Trecho 2 correlacionados com o óleo original.

4.1.2.2. Razões Diagnósticas de HPA

A interpretação dos dados foi realizada através de comparações direta das razões diagnósticas de HPA obtida do solo amostrado nos Trechos 1 e 2 com as faixas limítrofes de referências da literatura.

Algumas das razões presentes na literatura não foram passíveis de utilização para as amostras deste estudo, visto que estas não possuíam os respectivos compostos de HPA no resultado de suas análises, ou estes eram menores que o limite de detecção. A razão $\text{Perileno} / \sum(\text{HPA com 5 anéis (Benzo(b)fluoranteno + Benzo(k)fluoranteno + Benzo(a)pireno + Benzo(e)pireno + Dibenzo(a,h)antraceno)})$ não pode ser utilizada, visto que o isômero benzo(e)pireno não foi analisado, se a razão fosse usada sem o resultado desse composto, a abundância do perileno estaria sendo superestimada. Em geral, para petróleos, a concentração de benzo(e)pireno é maior que a de benzo(a)pireno.

As razões de HPA Parentais Fe/An, FI/Pi, BaAn/C, IPI/(IPI+BPe), FI/(FI+Pi), BaAn/(BaAn+C) apresentaram baixa eficiência para determinar fontes de HPA, como pode ser visto nas tabelas 9 a 14, respectivamente. As amostras que puderam ser utilizadas ficaram dentro da faixa limítrofe de origem pirolítica, ou os valores estão entre os limites de origem da combustão de petróleo e a combustão de carvão, madeira e vegetação, não sendo possível definir a origem certa.

A razão Antraceno/Antraceno+Fenantreno (An/An + Fe) apresentou melhor habilidade apenas para uma amostra, P22 (2,2m), com razão menor que 0,1, portanto de características petrogênicas (Tab. 15).

Tabela 9. Resultado da razão Fe/An e suas respectivas fontes de origem, para HPA Parentais, para o solo do Trecho 1.

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	Fe/An	Fonte de Origem
P2 (1,4m)	7	Pirolítica
P6 (1,2m)	7,353	
P8 (1,3m)	2,851	
P8 (2,1m)	4,201	
P9 (0,7m)	6,885	
P12 (0,7m)	2,629	
P13 (1,0m)	2,611	
P13 (1,8m)	5,333	
P14 (0,9m)	6,615	
P22 (2,2m)	10,714	
P24 (0,6m)	3,286	
P25 (0,8m)	6,5	
P27 (1,3m)	5,2	
P28 (1,3m)	3,523	
P28 (1,8m)	3,9	
P29 (1,3m)	3,063	
P29 (1,8m)	5,857	
P30 (0,5m)	3,333	
P31 (0,6m)	4,714	
P34 (0,3m)	2,644	
P38 (0,3m)	1,333	
P40 (0,6m)	10	

Tabela 10. Resultado da razão FI/Pi e suas respectivas fontes de origem, para HPA Parentais, para o solo do Trecho 1.

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	FI/Pi	Fonte de Origem
P8 (1,3m)	1,449	Pirólítica
P8 (2,1m)	1,307	
P9 (0,7m)	1,238	
P13 (1,0m)	1	
P14 (0,9m)	1,25	
P22 (1,2m)	1	
P24 (0,6m)	1,385	

Tabela 11. Identificação de fonte dos hidrocarbonetos no solo do Trecho 1, através da razão BaAn/C.

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	BaAn/C	Fonte de Origem
P8 (1,3m)	1,118	Pirólítica
P8 (2,1m)	1,320	
P9 (0,7m)	0,923	
P24 (0,6m)	1,0	

Tabela 12. Identificação de fonte dos hidrocarbonetos no solo do Trecho 1, através da razão IPI/(IPI+BPe).

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	IPI/(IPI+BPe)	Fonte de Origem
P8 (2,1m)	0,5	Combustão de carvão, madeira, vegetação
P9 (0,7m)	0,524	
P13 (1,0m)	0,5	
P14 (0,9m)	0,5	

Tabela 13. Identificação de fonte dos hidrocarbonetos no solo do Trecho 1, através da razão FI/(FI+Pi).

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	FI/(FI+Pi)	Fonte de Origem
P8 (1,3m)	0,592	Combustão de carvão, madeira, vegetação
P8 (2,1m)	0,567	
P9 (0,7m)	0,553	
P13 (1,0m)	0,5	
P14 (0,9m)	0,556	Combustão de carvão, madeira, vegetação
P22 (1,2m)	0,5	
P24 (0,6m)	0,581	Combustão de carvão, madeira, vegetação
P40 (0,6m)	0,5	

Tabela 14. Resultado da razão BaAn/(BaAn+C) e suas respectivas fontes de origem, para HPA Parentais, para o solo do Trecho 1.

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	BaAn/(BaAn+C)	Fonte de Origem
P8 (1,3m)	0,528	Pirólítica
P8 (2,1m)	0,569	
P9 (0,7m)	0,480	
P13 (1,0m)	0,4	
P24 (0,6m)	0,5	

Tabela 15. Valores da razão An/(An+Fe) e as respectivas indicações de fonte dos hidrocarbonetos do solo do Trecho 1.

Trecho 1 - Solo		
Ponto amostrado	An/ (An+Fe)	Fonte de Origem
P2 (1,4m)	0,125	Pirólítica
P6 (1,2m)	0,120	
P8 (1,3m)	0,260	
P8 (2,1m)	0,192	
P9 (0,7m)	0,127	
P12 (0,7m)	0,276	
P13 (1,0m)	0,277	
P13 (1,8m)	0,158	
P14 (0,9m)	0,131	
P22 (2,2m)	0,085	Petrogênica
P24 (0,6m)	0,233	Pirólítica
P25 (0,8m)	0,133	
P27 (1,3m)	0,161	
P28 (1,3m)	0,221	
P28 (1,8m)	0,204	
P29 (1,3m)	0,246	
P29 (1,8m)	0,146	
P30 (0,5m)	0,231	
P31 (0,6m)	0,175	
P34 (0,3m)	0,274	
P38 (0,3m)	0,429	

A tabela 16 demonstra os resultados da razão $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5\text{séries HPA aquilados})$ e suas respectivas indicações de fonte, nos pontos do Trecho 1 onde foi possível calcular. As 5 séries de HPA aquilados são os naftalenos, fluorenos, Dibenzotiofenos, Fenantrenos e Crisenos. Os HPA parentais de 3 a 6 anéis aromáticos são todos os outros HPA analisados.

O índice pirolítico definido por Wang et al. (1999) como a razão entre os HPA parentais de 3 a 6 anéis aromáticos e as 5 séries de HPA aquilados [$\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5\text{ séries de HPA aquilados})$] foi a razão usada que apresentou os melhores resultados para diferenciar os HPA pirolíticos e petrogênicos. Esta razão fornece alta exatidão e consistência uma vez que a interferência de flutuações de concentração de um composto para outro é minimizada. As razões com valores até 0,08 para o índice pirolítico indicaram categoricamente a contribuição de petróleo e produtos refinados enquanto valores superiores a 0,5 indicaram fontes derivadas de

combustão. Algumas amostras apresentaram razão entre os valores 0,08 a 0,5 (P8-1,3m, P14-0,9m, P40-0,6m) não sendo possível identificar sua fonte de origem, apresentando características de mistura de aportes de HPA.

A interpretação desta razão apresentou estreita relação com a distribuição dos HPA individuais das amostras analisadas. A indicação de fonte pirolítica para as amostras P8 (2,1m) e P24 (0,6m) coincide com a interpretação do histograma apresentado na figura 34. A amostra P9 (0,7m) não teve a origem pirolítica identificada através desta razão, mas sim de fonte petrogênica.

As demais amostras constantes na tabela 16 foram caracterizadas como sendo de origem petrogênica, confirmando o que havia sido observado no histograma nas figuras 31 e 32.

Tabela 16. Valores da razão $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$ e as respectivas indicações de fonte dos hidrocarbonetos do solo do Trecho 1.

Trecho 1 - Solo		
Pontos	$\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$	
P2-1,4m	0,011	Petrogênica
P6-1,2m	0,015	Petrogênica
P8-1,3m	0,125	Mista
P8-2,1m	1,339	Pirolítica
P9-0,7m	0,034	Petrogênica
P12-0,7m	0,007	Petrogênica
P13-1,0m	0,042	Petrogênica
P13-1,8m	0,053	Petrogênica
P14-0,9m	0,097	Mista
P22-2,2m	0,017	Petrogênica
P24-0,6m	2,148	Pirolítica
P25-0,8m	0,004	Petrogênica
P27-1,3m	0,033	Petrogênica
P28-1,3m	0,017	Petrogênica
P28-1,8m	0,008	Petrogênica
P29-1,3m	0,016	Petrogênica
P29-1,8m	0,018	Petrogênica
P30-0,5m	0,011	Petrogênica
P31-0,6m	0,012	Petrogênica
P33-0,3m	0,001	Petrogênica
P34-0,3m	0,007	Petrogênica
P35-0,3m	0,001	Petrogênica
P36-0,3m	0,001	Petrogênica
P38-0,3m	0,011	Petrogênica
P40-0,6m	0,192	Mista

Nas tabelas 17, 18, 19 e 20 são observadas as razões FI/Pi , $BaAn/(BaAn+C)$, $BaAn/C$, Fe/Na , $An/(An+Fe)$, $FI/(FI+Pi)$ e $IPI/(IPI+BPe)$ para o solo do Trecho 2. Assim como observado nas amostras do Trecho 1 essas razões não obtiveram êxito na identificação de fontes de origem. O índice pirolítico $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$ apresentou boa resolução no Trecho 2 para as amostras de onde foi possível calcular esta razão (Tab. 21). Os pontos P1 e P38 foram caracterizados como fonte pirolítica, comprovando mais uma vez o que foi observado no histograma da figura 37. Nas demais amostras as fontes foram identificadas como sendo de origem petrogênica.

Tabela 17. Valores das razões FI/Pi, BaAn/(BaAn+C) e BaAn/C, e as respectivas indicações de fonte dos hidrocarbonetos do solo do Trecho 2.

Trecho 2 - Solo				
Pontos	FI/Pi	BaAn/(BaAn+C)	BaAn/C	Fonte de Origem
P 1	1,263	0,542	1,182	Pirólítica
P 38	1,3	0,524	1,1	

Tabela 18. Valores das razões Fe/An e An/(An+Fe) e as respectivas indicações de fonte dos hidrocarbonetos do solo do Trecho 2.

Trecho 2 - Solo			
Pontos	Fe/An	An/ (An+Fe)	Fonte de Origem
P 1	3,100	0,244	Pirólítica
P 11	4,381	0,186	
P 38	3,143	0,241	
P 44	3,818	0,208	
P 57	6,000	0,143	
P 80	5,750	0,148	
P 81	3,000	0,250	
P 84	1,403	0,416	

Tabela 19. . Identificação de fonte dos hidrocarbonetos no solo do Trecho 2, através da razão FI/(FI+Pi).

Trecho 2 - Solo		
Pontos	FI/(FI+Pi)	Fonte de Origem
P 1	0,558	Combustão de carvão, madeira, vegetação
P 38	0,565	

Tabela 20. Identificação de fonte dos hidrocarbonetos no solo do Trecho 2, através da razão IPI/(IPI+BPe).

Trecho 2 - Solo		
Pontos	IPI/(IPI+BPe)	Fonte de Origem
P 1	0,5	

Tabela 21. Valores da razão $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$ e as respectivas indicações de fonte dos hidrocarbonetos do solo do Trecho 2.

Trecho 2 - Solo		
Pontos	$\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$	Fonte de Origem
P 1	0,104	Pirolítica
P 2	0,011	Petrogênica
P 11	0,013	Petrogênica
P 38	2,021	Pirolítica
P 44	0,017	Petrogênica
P 57	0,032	Petrogênica
P 80	0,013	Petrogênica
P 81	0,018	Petrogênica
P 84	0,013	Petrogênica

Em síntese, a ligação entre os hidrocarbonetos presentes no solo dos Trechos 1 e 2 com o vazamento de óleo diesel de mistura ocorrido na ruptura do oleoduto OLAPA só é permitida quando aplicado o índice pirolítico $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$. Os resultados indicam predominantemente fonte petrogênica. Das razões com HPA parentais apenas a $An/(An+Fe)$ para a amostra P22 (2,2m) indicou aporte petrogênico.

4.1.2.3. Diagnósticas de HPA do Óleo do Vazamento

Nas análises das razões diagnósticas de HPA do óleo derramado no acidente (Tab. 22) observou-se que algumas razões são aplicáveis e outras não, mostrando que algumas razões não devem ser usadas dependendo das características do óleo. No caso em estudo, os índices Fe/An , $BaAn/C$ e $Fe+An/(Fe+An+C1Fe)$ não são aplicáveis ao óleo, pois fornecem valores que classificam a origem como pirolítica.

O índice pirolítico, $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA aquilados})$, definido por Wang *et al.* (1999), e as razões Fl/Pi , $An/(An+Fe)$ e $Fl/(Fl+Pi)$ forneceram valores de fonte petrogênica. Esta razão parece ser a única confiável de todas as testadas, pois, além de ter fornecido indicação de fonte petrogênica no óleo derramado, manteve esta indicação em quase todas as amostras dos Trechos 1 e 2.

Tabela 22. Resultados das razões diagnósticas de HPA, para o óleo derramado, e suas respectivas classificações de origem de acordo com suas faixas limítrofes baseadas na literatura.

HPA parentais		
Razões	Óleo vazado	Classificação de Origem
Fe/An	5,417	Pirolítica
FI/Pi	0,486	Petrogênica
An/ (An+Fe)	0,156	Petrogênica
FI/(FI+Pi)	0,327	Petrogênica
BaAn/C	0,900	Pirolítica
BaAn/(BaAn+C)	0,474	Pirolítica
HPA Alquilados		
HPA Alquilados		
Fe+An/(Fe+An+C1Fe)	13730	Pirolítica
$\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(5\text{séries HPA aquilados})$	0,0138	Petrogênica

4.2. Comportamento do óleo nos diferentes ambientes

O nível de contaminação atual da área como um todo é baixo se considerarmos os resultados diante dos valores da legislação ambiental. Mas, por outro lado, é fato que a presença de hidrocarbonetos foi diagnosticada a partir de propriedades organolépticas num número muito grande amostras em todo o segmento que vai desde o Ponto Zero até o Ponto 4. Na totalidade das amostras com evidências organolépticas que foram analisadas, a presença de hidrocarbonetos foi confirmada. Outro aspecto importante é que o estudo acima apresentado demonstra que o óleo existente na área é praticamente todo relacionado ao acidente do OLAPA. Ou seja, mesmo que as concentrações encontradas sejam muito baixas, a distribuição destas amostras/evidências fornece informações importantes sobre o comportamento do óleo no meio ambiente em relação a um evento. Esta discussão sobre o comportamento do óleo não se refere apenas ao seu transporte. Ela abrange também a maior ou menor capacidade do ambiente (seja ele natural ou modificado pelo homem) para estocá-lo ou para promover a sua degradação natural, ou facilitar a sua remoção por processos naturais e inclui também a vulnerabilidade dos aquíferos a um vazamento de óleo.

4.2.1. Trecho 1

O Trecho 1 representa o único caso na área de estudo onde o ambiente foi fortemente modificado pelo homem, no caso, pela própria construção do oleoduto. O primeiro aspecto que chamou a atenção aqui foi a baixa contaminação do lençol freático na área de domínio do duto, onde o óleo escoou livremente pela superfície do terreno e poder-se-ia esperar uma infiltração considerável.

A experiência adquirida nos trabalhos efetuados no vazamento do oleoduto OSPAR (REPAR, Araucária, Paraná) conduz imediatamente a uma comparação com este caso, onde o óleo, logo após vazar, também escoou por uma encosta, a qual tem inclinação muito semelhante à do Ponto Zero do OLAPA na faixa de domínio do duto.

A figura 38 mostra o óleo em macroporos no solo na REPAR. Estes são relacionados a raízes e atividade de organismos neste local onde a vegetação à época do vazamento era constituída por arbustos e árvores de portes variados. Estes macroporos representaram caminhos preferenciais para o óleo, que permitiram a forte contaminação do lençol freático observada na REPAR, inclusive com a presença de grande quantidade de óleo em fase livre. Arbustos e árvores não existem na faixa de domínio do duto no OLAPA (Fig. 39, a seta amarela indica o local exato do vazamento), onde só se encontram gramíneas cujas raízes tem comprimentos de até cerca de 20cm. Assim, a pouca contaminação do lençol freático e a inexistência de qualquer indício de fase livre no Ponto Zero do OLAPA só podem ser atribuídas à ausência de caminhos preferenciais, fruto da existência apenas de gramíneas na área de domínio do duto.

Coerentemente com o acima exposto, constata-se que, do ponto onde o óleo deixou a área de domínio do duto e escoou até o arroio, através de terreno natural com a cobertura vegetação natural típica, o solo apresenta concentrações de hidrocarbonetos acima do valor de intervenção em diversos locais (P28, P29, P31 e P33) e em profundidades de até 1,80m. Concentrações de TPH no solo da ordem de 6.000mg/kg, como as verificadas nos pontos P28 e P33, sugerem que o lençol freático deve ter sido afetado nestes locais, onde, entretanto, não foram instalados poços de monitoramento.



Figura 38. Trincheira aberta em silte na encosta da área do scraper da REPAR. Os escuros são o óleo dentro dos macroporos criados pelas raízes das árvores e arbustos.



Figura 39. Área do duto, onde só existem gramíneas.

Um segundo aspecto importante observado no Ponto Zero do OLAPA é como a movimentação de óleo ao longo do duto (externamente ao mesmo) - seguindo pela trincheira na qual o duto está enterrado – foi capaz de afetar o lençol freático a uma distância considerável do ponto de ruptura. A possibilidade deste tipo de movimentação de contaminante ter ocorrido foi investigada por 3 poços (P4, P13 e P14, Fig. 40) alinhados transversalmente ao duto e por uma série de poços de monitoramento instalados bem ao lado do duto (Fig. 11). Os poços P4 e P13 apresentaram concentrações de TPH na água de 140 µg/L (Tab. 3). A presença de TPH em poços a jusante (P15 e P16) foi detectada, mas não foi passível de quantificação. Entretanto, as concentrações de HPA (Tab. 4 do anexo A) mostram bem que o óleo foi transportado até os poços P17 e P18.



Figura 40. Detalhe dos poços P4, P13 e P14.

Por questão de redução dos custos, o material que preenche a trincheira onde o duto é colocado é invariavelmente o próprio solo removido para abertura da trincheira. Este solo é desagregado pela sua remoção, mas, ao ser recolocado, não pode ser compactado, devido à presença do próprio duto que poderia ser avariado durante a operação. Assim, mesmo em locais de solo argiloso, o material no entorno do duto pode apresentar porosidade e permeabilidade relativamente altas. E em locais de solo arenoso, o material no entorno do duto também pode apresentar permeabilidade e porosidade extremamente altas. No caso do vazamento estudado,

a movimentação do talude expôs o próprio duto, de modo que a maior parte do óleo escorreu para a superfície do terreno. Entretanto, pelo que foi observado no presente caso, se um vazamento maior ocorresse num duto enterrado, e num terreno semelhante ao do OLAPA (declividade de Serra do Mar e material poroso e permeável na trincheira) a migração do óleo pela trincheira poderia ser muito grande, da ordem de algumas centenas de metros.

Para evitar a migração do óleo na trincheira em terreno de declividade média a alta, deveriam ser construídas barreiras com material impermeável nas trincheiras onde o duto é instalado. Construídas transversalmente dentro das trincheiras, as barreiras teriam comprimentos da ordem de 5m a 7m e espessuras da ordem de 30cm, e poderiam ser feitas de materiais como, por exemplo, a bentonita que é utilizada em poços de monitoramento e que não necessita ser compactada por máquinas para se tornar impermeável. Dependendo das características de cada local, estas barreiras poderiam ser instaladas com espaçamentos da ordem de 2 centenas de metros. Elas minimizariam o fluxo de óleo ao longo da trincheira e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático sob o duto a grandes distâncias do ponto de ruptura. O custo de instalação de uma barreira destas certamente é ínfimo comparativamente ao orçamento de instalação e manutenção de um oleoduto e ao custo de remediação de um aquífero contaminado ao longo de uma grande extensão.

4.2.2. Trechos 2 e 3 (Serra do Mar, Zona de Transição e Planície Aluvial)

O Trecho 2 corresponde ao rio do Meio e representa a Serra do Mar típica. No que tange às suas características com relação a um vazamento de óleo, constatou-se que há dois tipos de configuração do rio nas quais o óleo comporta-se distintamente. Ambas são função da declividade do rio.

Nas partes com maior declividade, o vale é muito bem encaixado, restringindo totalmente o espalhamento lateral de óleo; o leito é formado por blocos e matacões ou por lajes; as encostas do vale são formadas por tálus ou por rocha alterada. No canal, observa-se sedimento de corrente e acumulações de sedimento arenoso em pequenos remansos.

Segundo técnicos (engenheiros, biólogos e químicos) da PETROBRAS, que percorreram o rio do Meio durante a fase de elaboração e contratação do projeto de avaliação da área afetada pelo acidente do OLAPA, ou seja, poucos meses antes do início do presente estudo, ainda existiam frequentes evidências de óleo no sedimento do rio do Meio que, ao ser perfurado pelo trado, exalava o odor típico de óleo. Esta informação não foi confirmada por este estudo. Não foram encontradas evidências organolépticas de óleo no sedimento, seja no sedimento de corrente, seja nas pequenas acumulações em remansos no trecho 2. Entretanto, as evidências são bastante frequentes na rocha alterada existente na margem do rio. Certamente os técnicos da empresa, não geólogos, confundiram rocha alterada com sedimento.

A ausência de evidências da presença do óleo no sedimento não foi surpreendente, pois, embora as acumulações de sedimento em remansos acima referidas possam parecer “estáticas” para não geólogos, trata-se, na realidade de material facilmente removível por qualquer enxurrada. A presença de óleo no material argiloso, formado por alteração da rocha granito-gnáissica, que forma barrancos verticais a subverticais na margem do rio do Meio deve-se claramente a uma combinação de dois fatores que são (1) a presença de caminhos preferenciais representados pelas raízes de plantas e (2) a exposição parcial destas raízes no barranco, devido à erosão. Este tipo de estocagem do óleo certamente não envolveu grande quantidade do produto, mas a combinação de material argiloso (alteração do gnaiss) com matéria orgânica criou condições redutoras que, por sua vez, permitiram a preservação do óleo durante todos estes anos após o vazamento.

Exatamente no Ponto 2 (Fig. 1), começam a ocorrer os primeiros trechos, com algumas dezenas de metros de comprimento, nos quais a declividade do rio do Meio é bem menor, o vale é mais largo (até 30m) e aparecem os primeiros depósitos aluviais mais significativos. A figura 3 ilustra a configuração destes locais, nos quais, dependendo das condições sazonais à época de um vazamento, o óleo pode se espalhar e encontrar material poroso para permanecer estocado, assim como pode contaminar o lençol freático. O Ponto 3 (Fig. 1) situa-se num trecho do Meio com estas mesmas características. O que se pode verificar em locais deste tipo foi que a migração do óleo a partir do rio, penetrando sob a margem, não parece ter atingido distâncias maiores do que 1 ou 2 metros do leito, o que se deve, sem dúvida, à forte inclinação da margem que condiciona o movimento da água subterrânea na direção do rio (Fig. 3). Os casos onde evidências organolépticas foram encontradas a maior

distância do leito são claramente ligados aos trabalhos de remoção do óleo na fase de contingência, como indicam suas localizações nos caminhos e a associação com níveis mais argilosos, muito próximos à superfície.

O Ponto 4 situa-se exatamente na foz do rio do Meio no rio Sagrado. O setor também é formado por aluviões, mas com duas características distintas em relação aos Pontos 2 e 3 e demais aluviões do rio do Meio. A primeira é representada pela granulometria do sedimento ser exclusivamente grossa (seixos e matacões, predominantes, e areia grossa) e a segunda pela ausência de margem alta próxima ao leito. Estas diferenças foram as causas do óleo ter penetrado sob a margem, a partir do canal, ter atingido locais situados a até uma dezena ou mais de metros da água. O Ponto 4 é o local mais a jusante do acidente que ainda apresenta evidências de contaminação. As evidências são relativamente numerosas, se considerada a distância ao Ponto Zero, e isto se deve à fácil penetração do óleo sob a margem. Por outro lado, as análises mostram concentrações extremamente baixas de hidrocarbonetos e isto só pode ser atribuído também às altíssimas permeabilidade e porosidade do terreno as quais implicam altíssima aeração e consequente degradação dos hidrocarbonetos no solo. O Ponto 4 pode ter sido, portanto, um local que foi fortemente contaminado, mas é certo que, sob as condições de aeração que lá ocorrem, qualquer contaminação por hidrocarbonetos seria rapidamente reduzida às concentrações baixíssimas que lá são atualmente verificadas.

No rio Sagrado, a declividade do terreno diminui muito, caracterizando uma zona de transição entre a Serra do Mar típica e a Planície Aluvial deste mesmo rio. Neste trecho, formam-se remansos bem maiores, nos quais se acumulam sedimentos que podem conter quantidades significativas de matéria orgânica que, por sua vez, podem gerar micro-ambientes redutores que favorecem bastante a preservação do óleo. Mas não foram encontradas evidências da presença de óleo nestes pontos.

Na planície aluvial do rio Sagrado (Fig. 4), ocorrem condições favoráveis para estocagem e preservação de óleo em função da grande quantidade de sedimentos arenosos no leito e nas margens e de concentrações localizadas, mas importantes, de matéria orgânica intercalada no sedimento. A possibilidade de contaminação do aquífero nas margens dependeria de uma série de fatores; conforme as características específicas dos trechos e as condições sazonais, o rio pode estar

sendo abastecido ou abastecer o aquífero. Mas também não foram encontradas evidências de contaminação pelo vazamento do OLAPA.

4.2.3. Complexo Estuarino de Paranaguá

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) engloba a parte mais inferior do rio Sagrado (Fig. 5A, B), o rio do Neves (Fig. 5B) e o rio Nhundiaquara (Fig. 5C, D). Do ponto de vista da geologia, o limite entre o ambiente fluvial e o estuarino é gradual. Para fins de elaboração de mapa, diversos critérios podem ser utilizados para se traçar uma linha limítrofe, como, por exemplo, o limite superior da área de influência da maré ou a capacidade de transporte de sedimento do rio. Dependendo dos enfoques, critérios baseados na vegetação podem ser mais eficientes do que os geológicos.

A ausência de evidências de contaminação ao longo do rio Sagrado não foi interpretada como uma indicação de que o óleo não atingiu este rio, ficando retido no rio do Meio. Muito pelo contrário, a hipótese de trabalho considerada foi a de que o óleo poderia ter sido bem canalizado no rio Sagrado e, mais a jusante, ter se espalhado ao atingir o domínio do complexo. Esta hipótese não é simplesmente teórica. No caso do vazamento do OSPAR, existe um trecho do arroio Saldanha, o único onde o vale é bem encaixado, no qual, um mês após o acidente, já não se observava absolutamente nenhuma evidência da presença de óleo. Entretanto, a jusante deste trecho, ocorreu o espalhamento do óleo e a forte contaminação do Banhado 4, no qual, 10 anos após o vazamento, ainda se observa indícios da contaminação (Albarello, 2008). Assim, não se esperava encontrar óleo nos canais do sistema estuarino, mas se acreditava que as áreas de manguezais, devido às grandes quantidades de matéria orgânica e argila, ainda poderiam conter vestígios do óleo. Estes foram exaustivamente procurados, mas não foram encontrados.

Estudos efetuados por pesquisadores da UFPR (Lamour, 2007; Machado *et al.*, 1997; Marone *et al.* 1995) mostram que o CEP tem uma série de características que devem ser consideradas no presente trabalho. Existe uma circulação gravitacional importante, causada por diferenças de densidade entre água doce e marinha. Ocorrem importantes gradientes de densidade, verticais e longitudinais nos

corpos de água. O tempo de renovação da água doce é de 3 a 10 dias, com média de 3,5 dias. É ainda menor no verão (época do vazamento). Em frente à Ilha do Teixeira, há uma zona de máxima turbidez, com concentrações de material em suspensão 100 vezes maior do que a montante e a jusante. Assim, contrariamente ao que aparentam os manguezais do rio do Neves e do rio Nhundiaquara, trata-se de um ambiente com bastante energia. Neste sentido, o óleo que eventualmente atingiu o CEP encontrou um ambiente dinâmico que tendeu a direcioná-lo para o mar e não a mantê-lo neste sistema.

5. CONCLUSÕES

5.1. Avaliação Ambiental

Trecho 1

No Trecho 1, foram encontradas concentrações de hidrocarbonetos acima dos padrões ambientais somente no solo e na água subterrânea. No solo, o TPH ocorre acima do valor de intervenção em 8 locais: P2 (prof. 1,40m): 5.979 mg/kg; P8 (prof. 2,10m): 3.716 mg/kg; P12 (prof. 0,70m): 1010mg/kg, assim como sua duplicata P62 (1686mg/kg); P28 (prof. 1,30m): 1.552 mg/kg; P28 (prof. 1,80m): 6.303 mg/kg; P29 (prof. 1,30m): 2.800 mg/kg; P31 (prof. 0,60m): 6.857 mg/kg; P33 (prof. 0,30m): 2.819 mg/kg. Em dois locais (P2 e P8) foram detectadas concentrações de alguns compostos HPA acima do valor de intervenção: P2 (prof. 1,40m): 15,05 mg/kg de fenantreno (V.I.: 15 mg/kg); P8 (prof. 2,10m): 20,797 mg/kg de fenatreno, 44,6 mg/kg de benzo(a)antraceno (V.I.: 9 mg/kg), 34,6 mg/kg de benzo(a)pireno (V.I.: 0,4 mg/kg), 13,4 mg/kg de indeno(123-cd)pireno (V.I.: 2mg/kg). Na água subterrânea a concentração de TPH ficou acima do valor de intervenção (600 µg/L) somente no P2 (640 µg/L).

Trecho 2

Apenas a amostra de solo duplicata do P1 apresentou concentração de TPH (1.406 mg/kg) acima do valor de intervenção. Nas demais amostras de solo, água superficial e sedimento, TPH, BTEX e HPA não foram detectados ou ocorrem em concentrações baixíssimas, com exceção da amostra de sedimento SED12, na qual antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)pireno e indo(1,2,3-cd)pireno ocorrem com concentrações acima dos respectivos valores de prevenção, mas abaixo dos respectivos valores de intervenção.

Trecho 3

TPH, BTEX e HPA não foram detectados na maioria das amostras de solo, sedimento e água superficial do Trecho 3, ou suas concentrações estão muito abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação.

Trecho 4

No Trecho 4, as concentrações de TPH, BTEX e HPA, quando ocorrem, estão muito abaixo dos valores de intervenção tanto no solo, como no sedimento e água superficial.

Trecho 5

Na amostra ASUP 8 de água superficial do Trecho 5 foi detectada concentração de Tolueno (3,2 µg/L) acima do Valor Máximo Permitido (2 µg/L). Nas demais amostras de água superficial, solo e sedimento as concentrações, quando ocorrem, estão muito abaixo dos valores permitidos pela legislação.

Pontos de Contingência

Os resultados das análises mostraram que na grande maioria das amostras de solo, sedimento, água subterrânea e água superficial dos Pontos 2, 3 e 4 as concentrações de hidrocarbonetos são mínimas ou não foram detectadas.

No Ponto 3 existem alguns locais onde ainda há solo e água subterrânea com concentrações de hidrocarbonetos elevadas. As concentrações de TPH ficaram acima do valor de intervenção em 3 locais (P2, P12 e P16). Fenantreno foi detectado acima do valor de intervenção no P16 e em algumas amostras outros compostos HPA ficaram acima dos respectivos valores prevenção. Na água subterrânea apenas o P16 apresentou concentrações de TPH acima do valor de intervenção (2980µg/L).

5.2. Fonte dos contaminantes

Os estudos de quantificação e distribuição de HPA no solo do Trecho 1 e do Trecho 2 permitiram inferir que os contaminantes presentes nestes dois locais estão, na quase totalidade dos casos, diretamente relacionados com o evento de derramamento de óleo ocorrido em fevereiro de 2001. A grande maioria das amostras apresenta uma configuração percentual parecida com a do óleo derramado (A) predominando os compostos HPA de 2 e 3 anéis aromáticos, destacando-se principalmente, as séries de homólogos alquilados de naftalenos > fenantrenos > fluorenos > pirenos e crisenos, o que caracteriza um perfil de distribuição de HPA de fonte petrogênica em função da abundância relativa dos HPA parentais e seus respectivos alquilados. Em apenas dois casos no Trecho 1 (P8-2,1m e P24-0,6m) e dois no Trecho 2 (P1 e P38) ficou claro que a contaminação não é proveniente do óleo do vazamento. Nestes pontos se destacam os HPA de 4 a 6 anéis aromáticos, o que configura amostras de origem pirolítica. A distribuição dos HPA no restante das amostras (exceto o T1-P9 onde os dados não são conclusivos) é a mesma observada para o óleo derramado.

A única razão diagnóstica de HPA que pode ser utilizada para diferenciar as suas fontes no solo dos Trechos 1 e 2 foi a $\Sigma(\text{Outros HPA 3-6 anéis})/\Sigma(\text{5séries HPA alquilados})$. A aplicação desta razão corroborou com os resultados obtidos na distribuição de HPA, separando as amostras em grupos de características petrogênicas e pirolíticas.

5.3. Comportamento do óleo nos diferentes ambientes

Trecho 1

Na faixa de domínio do duto há pouca contaminação do lençol freático e inexistente qualquer indício de fase livre, o que é atribuído à ausência de caminhos preferenciais (raízes de árvores e arbustos) que pudessem ter facilitado a infiltração do óleo. Entretanto, onde o fluxo superficial de óleo deixou a faixa de domínio e escorreu até o arroio, através de terreno natural com a cobertura vegetal natural típica, conseqüentemente, o solo apresenta concentrações de hidrocarbonetos acima do valor de intervenção em diversos locais (P28, P29, P31 e P33) e em profundidades de até 1,80m.

Na água subterrânea de poços instalados a jusante do vazamento, ao longo do oleoduto e imediatamente ao lado deste, foram detectadas concentrações de HPA que, embora estejam muito abaixo dos valores aceitos pela legislação, demonstram que o óleo movimentou-se pela trincheira onde o duto está enterrado, afetando o lençol freático a uma distância considerável do ponto de ruptura. Este fato conduz a sugerir que, quando da instalação de um duto em locais de forte declividade, barreiras com material impermeável deveriam ser construídas nas trincheiras para minimizar o fluxo de óleo através das mesmas.

Trechos 2 e 3 (Serra do Mar, Zona de Transição e Planície Aluvionar)

Nas partes do rio do Meio com maior declividade, o vale muito bem encaixado restringiu o espalhamento lateral de óleo. No sedimento de corrente e no sedimento arenoso acumulado em pequenos remansos do canal não há evidências da presença de óleo. Já no material argiloso, formado por alteração da rocha granito-gnáissica, que forma barrancos verticais e subverticais na margem do rio do Meio, a presença de óleo foi constatada sistematicamente através de observações organolépticas e confirmada pelas análises devido à presença de caminhos preferenciais representados pelas raízes de plantas e a exposição parcial destas raízes no barranco, devido à erosão.

Nos trechos onde a declividade do rio do Meio é menor, o vale é mais largo (até 30m) e aparecem os primeiros depósitos aluviais mais significativos. Nestes locais, o óleo pôde infiltrar-se a partir do rio para a margem, migrando lateralmente através do freático. Porém não parece ter atingido distâncias maiores do que 2 ou 3 metros do leito, o que se deve provavelmente, à forte inclinação da encosta do vale que, embora mais afastada do leito do rio nestes locais, ainda deve exercer algum controle sobre o fluxo da água subterrânea limitando um espalhamento maior do óleo.

No Ponto 4, situado na confluência do arroio do Meio com o rio Sagrado, onde o vale alarga-se bastante e o aluvião é constituído por material muito grosseiro e, portanto, muito poroso e permeável, evidências organolépticas foram encontradas a distâncias bem maiores do leito do rio. É provável que o nível de contaminação do lençol freático e do pacote sedimentar em subsuperfície tenham sido bastante altos. Entretanto, as altíssimas permeabilidade e porosidade do terreno implicam, em contra partida, uma altíssima aeração e, conseqüentemente, na rápida degradação dos hidrocarbonetos. Assim, a contaminação por hidrocarbonetos foi rapidamente reduzida às concentrações baixíssimas que são atualmente verificadas.

Não foram encontradas evidências de contaminação pelo vazamento OLAPA na zona de transição entre a Serra do Mar típica e a Planície Aluvial do rio Sagrado e também na Planície Aluvial deste rio.

Complexo Estuarino de Paranaguá

O óleo que eventualmente atingiu o CEP, a partir de um fluxo muito bem canalizado no rio Sagrado, encontrou no rio do Neves e no rio Nhundiaquara, que fazem parte do CEP, um ambiente dinâmico, com um tempo de renovação da água de apenas 3,5 dias em média, que tendeu a direcioná-lo para o mar e não a mantê-lo neste sistema.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBARELLO, L. C. Avaliação Ambiental da Área do Banhado 4 Afetada por Vazamento de Petróleo – Repar, Araucária, PR. 2008. 111f. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BAUMARD, P.; BUDZINSKI, H.; MCHON, Q.; GARRIGUES, P.; BURGEOT, T.; BELLOCQ, J., Origin and bioavailability of PAH in Mediterranean Sea from mussel and sediment records. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 47, p. 77-90, 1998b.

BLUMER, M.; YOUNGBLOOD, W.W., Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and recent sediments. **Science**, v. 188, (4183), p. 53-55, 1975.

BOEHM, P.D.; FARRINGTON, J.W., aspects of the polycyclic aromatic hydrocarbons geochemistry of the recent sediments in the Georges Bank region. **Environmental Science and Technology**, v. 18, p. 840-845, 1984.

Bouloubassi, I.; Saliot, A., Investigation of anthropogenic and natural organic inputs in estuarine sediments using hydrocarbon markers (NAH, LAB, PAH). **Oceanologica Acta**, v. 16, n. 2, p. 145-161, 1993.

BUDZINKI, H.; JONES, I.; BELLOCQ, J.; PIÉRARD, C.; GARRIGUES, P., Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde Estuary. **Marine Chemistry**, v. 48, p. 85-97, 1997.

CONAMA 357 (2005). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, 17 de março de 2005.

CONAMA 420 (2009). Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e água subterrânea quanto à presença de substâncias químicas, 28 de dezembro de 2009

GARRIDES, P.; BUDZINSKI, H.; MANITZ, M.P.; WISE, S.A., Pyrolytic and Petrogenic inputs in recent sediments: a definitive signature through phenanthrene and chrysene compounds distribution. **Polycyclic Aromatic Compounds**, v. 7, p. 275-284, 1995.

INNOLAB DO BRASIL LTDA. (laudos.lilia@innolab.com.br). **Publicação eletrônica** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <lilialbarello@hotmail.com> em 23 mai. 2008.

LAFHAMME, R.E.; HITES, R.A., The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments. **Geochimica et Cosmochemica Acta**, v. 42, p. 289-303, 1978.

LAMOUR, M.R., **Morfodinâmica Sedimentar da Desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá**. 2007. 161f. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

Lista holandesa de valores de qualidade do solo e da água subterrânea (2009).

MACHADO, E. C.; DANIEL, C. B.; BRANDINI, N.; QUEIROZ, R. L. V., Temporal and spatial dynamics of nutrients and particulate suspended matter in Paranaguá Bay, PR, Brasil. **Nerítica**, v. 27, p. 17 – 36, 1997.

MARONE, E; GUIMARÃES, M.R.F.; CAMARGO, R.; PRATA JUNIO, V. P.; KLINGEFUSS, M. S., Caracterização física das condições oceanográficas, meteorológicas e costeiras das zonas estuarinas da Baía de Paranaguá. In: CONGRESSO LATINO – AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 6., Mar del Plata, Argentina. Resumos. p. 129, 1995.

MENICONI, Maria de Fátima Guadalupe. 2007. **Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos no Meio Ambiente: Diferenciação de Fontes em Sedimentos e Metabólitos em Bile de Peixes**. Tese (Doutorado-Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Centro de Ciências Exatas e da Terra. Natal, 2007.

Meniconi, M.F.G.; Portella, D. B.; Gabardo, I.T.; Paes, J.E.S.; Freitas, L.R.; Carneiro, M.E.R.; Silva, P.R.; Lima, S.O.F.; Silva, T.A.; Politano, A.T.; Massone, C.G.; Silva, G.C.; Guzzo, J.V.P., **Avaliação Ambiental da Baía de Guanabara**. Relatório Final RT AMA 004/10. 14 volumes, 2010.

NEFF, J. M., **Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment sources, fates and biological effects**. Applied Science Publishers, Barking, Exxes. England, 262p., 1979.

PAGE, D.S.; BOEHM, P.D.; DOUGLAS, G.S.; BENCE, A.E., Identification of

hydrocarbon sources in the benthic sediments of Prince William Sound and the Gulf of Alaska following the Exxon Valdez oil spill. In: WELLS, PETER G., BUTLER, JAMES N., HUGHES, JANE S. **Exxon Valdez Oil Spill: Fate and Effects in Alaskan Waters**. Ann Arbor, MI, EUA, ASTM Publication STP 1219, p.41-83, 1995.

PRAHL, F.G.; CARPENTER, R. Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH)-phase associations in Washington coastal sediment. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 47, p.1013-23, 1983.

SAUER, T.C.; BOEHM, P.D., The use of defensible analytical chemical measurements for oil spill natural resources damage assessment. **Anais do International Oil spill Conference**, p. 363, Washington, DC, API, 1991.

SAUER, T.C.; UHLER, A.D., Pollutant source identification and allocation: advances in hydrocarbon fingerprinting. **Remediation**, v. winter, p. 25-50, 1994-1995.

Silva, D.A.M., **Avaliação da contaminação por petróleo no Canal de São Sebastião: marcadores geoquímicos e metabólitos de compostos aromáticos**. 2005. 213 f. Tese (Doutorado em Oceanografia) - Departamento de Oceanografia Física, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP), São Paulo, 2005.

SICRE, M.A.; MARTY, J.C.; SALIOT, A.; APARICIO, X.; GRIMALT, J.; ALBAIGE, J. 1987. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in different sized aerosols over the Mediterranean Sea: occurrence and origin. **Atmosphere Environment**, v. 21, p. 2247-2259.

SOCLO, H., 1986. Étude de la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments marins récents, identification des sources [Ph. D. dissert.]. Bordeaux I Univ., Talence, France.

STOUT, S.A.; UHLER, A.D.; MCCARTHY, K.J.; EMSBO-MATTINGLY, S., Chemical fingerprinting of hydrocarbons. In **Introduction to Environmental Forensics**, Editores: Murphy, B.L., Morrison, R.D., Academic Press, San Diego, Califórnia, EUA, 2002.

Wang, Z., Fingas, M., Review: Developments in the analysis of petroleum hydrocarbons in oils, petroleum products and oil-spill-related environmental samples by gas chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 774, p. 51-78, 1997.

WANG, Z.; FINGAS, M.; PAGE, D.S., Oil spill identification, **Journal of Chromatography A**, v. 843, p. 369-411, 1999.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; BREWER, R.; VINGARZAN, R.; MITCHELL, R.H.; GOYETTE, D.; SYLVESTRE, S., PAHs in the Fraser River Basin: A Critical Appraisal of PAH Ratios as Indicators of PAH source and Composition, **Organic Geochemistry**, v. 33, p. 489-515, 2002.

ANEXOS

**ANEXO A – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA, ÁGUA SUPERFICIAL E
SEDIMENTO DO TRECHO 1**

TRECHO 1

Tabela 1. Resultados das análises de BTEX no solo do Trecho 1.

TRECHO 1 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1		P2		P3	P4		P5	P6	P7	P8		P9	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,50	3,30	1,40	3,00	0,70	1,70	2,50	1,70	1,20	1,50	1,30	2,10	0,70	VP	VI
Benzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	0,06
Tolueno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,14	30
Etilbenzeno	<0,001	<0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,017	<0,001	6,2	35
m,p-Xilenos	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,029	<0,001	0,13	25
o-Xileno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,019	<0,001		

TRECHO 1 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P11	P12	P13		P14		P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,90	0,70	1,00	1,80	0,90	2,90	1,70	4,10	2,00	1,10	1,10	2,20	2,30	VP	VI
Benzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	0,06
Tolueno	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,14	30
Etilbenzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	6,2	35
m,p-Xilenos	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,13	25
o-Xileno	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		

TRECHO 1 - SOLO																	
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P22		P23	P24	P25	P26	P27		P28		P29		P30	P31	P32	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,20	2,20	2,00	0,60	0,80	0,60	0,80	1,30	1,30	1,80	1,30	1,80	0,50	0,60	0,20	VP	VI
Benzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	0,06
Tolueno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,001	0,001	<0,001	0,014	<0,001	0,14	30
Etilbenzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,05	<0,001	6,2	35
m,p-Xilenos	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	<0,001	0,13	25
o-Xileno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001			

TRECHO 1 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P60	P61	P62	P63	P64	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	1,20	0,70	0,70	1,00	0,90	VP	VI
Benzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	0,06
Tolueno	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001	0,003	0,004	<0,001	0,14	30
Etilbenzeno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,017	<0,001	<0,001	6,2	35
m,p-Xilenos	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,098	<0,001	<0,001	0,13	25
o-Xileno	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,077	<0,001	<0,001		

Tabela 2. Resultados das análises de 36 HPA no solo do Trecho 1.

TRECHO 1 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1		P2		P3	P4		P5	P6	P7	P8		P9	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,50	3,30	1,40	3,00	0,70	1,70	2,50	1,70	1,20	1,50	1,30	2,10	0,70	VP	VI
Naftaleno	<0,010	<0,010	3,498	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,01	<0,010	<0,010	9,997	<0,010	0,12	30
2-MetilNaftaleno	<0,010	<0,010	9,747	0,207	<0,010	0,02	0,022	<0,010	0,095	<0,010	<0,010	10,198	<0,010		
1-MetilNaftaleno	<0,010	<0,010	31,043	0,244	<0,010	0,032	0,017	<0,010	0,115	<0,010	0,012	5,599	<0,010		
C2-Naftalenos	<0,010	<0,010	283,07	1,101	<0,010	0,81	0,313	<0,010	1,309	<0,010	0,427	14,199	0,598		
C3-Naftalenos	<0,010	<0,010	273,94	0,64	<0,010	0,886	0,311	<0,010	1,369	<0,010	1,006	12,6	1,692		
C4-Naftalenos	<0,010	<0,010	148,8	0,233	<0,010	0,351	0,124	<0,010	0,66	<0,010	0,711	5,8	1,284		
Acenaftaleno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Acenafteno	<0,010	<0,010	7,199	0,012	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	0,047	<0,010	0,024	27,596	0,023		
Fluoreno	<0,010	<0,010	4,2	0,012	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	0,052	<0,010	0,034	38,397	0,032		
C1-Fluorenos	<0,010	<0,010	14,6	0,043	<0,010	0,061	0,028	<0,010	0,11	<0,010	0,083	6,6	0,168		
C2-Fluorenos	<0,010	<0,010	23,55	0,081	<0,010	0,078	0,023	<0,010	0,121	<0,010	0,14	<2,000	0,258		
C3-Fluorenos	<0,010	<0,010	14,478	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,036	<0,010	0,072	<2,000	0,141		
Dibenzotiofeno	<0,010	<0,010	0,8	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	5	0,011		
C1-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	18,5	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	0,077	<0,010	0,091	<2,000	0,161		
C2-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	0,6	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
C3-Dibenzotiofenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Fenantreno	<0,010	<0,010	15,05	0,084	<0,010	0,077	0,033	<0,010	0,125	<0,010	0,134	200,8	0,179	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,010	<0,010	12,499	0,059	<0,010	0,086	0,033	<0,010	0,086	<0,010	0,096	24,799	0,159		
C2-Fenantrenos	<0,010	<0,010	6,9	0,028	<0,010	0,031	0,014	<0,010	0,043	<0,010	0,049	8	0,085		
C3-Fenantrenos	<0,010	<0,010	1,85	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,014	<2,000	0,022		
C4-Fenantrenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010		
Antraceno	<0,010	<0,010	2,15	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	<0,010	0,047	47,799	0,026	0,039	
Fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,129	138	0,026		
Pireno	<0,010	<0,010	<0,100	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,089	105,6	0,021		
C1-Pirenos	<0,010	<0,010	<0,100	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	30,4	<0,010		
C2-Pirenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	6,6	<0,010		
Benzo(a)antraceno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,019	44,6	0,012	0,025	9
Criseno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	33,8	0,013	8,1	
C1-Crisenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	12,2	<0,010		
C2-Crisenos	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	2,4	<0,010		
Benzo(b)fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,022	38,8	0,019		
Benzo(k)fluoranteno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	18	<0,010	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015	34,6	0,015	0,052	0,4
Perileno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	4	<0,010		
Indeno(123-cd)pireno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	13,4	0,011	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<2,000	<0,010	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,010	<0,010	<0,500	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	13,4	0,01	0,57	

Tabela 2. Resultados das análises de 36 HPA no solo do Trecho 1. (Continuação)

ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	TRECHO 1 - SOLO															CONAMA 420 (2009)	
	P22		P23	P24	P25	P26	P27		P28		P29		P30	P31	P32	Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	1,20	2,20	2,00	0,60	0,80	0,60	0,80	1,30	1,30	1,80	1,30	1,80	0,50	0,60	0,20	VP	VI
Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<1	0,02	<0,01	<1	<0,01			
2-MetilNaftaleno	<0,01	1,69	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,85	<1	<0,01	0,03	0,01	35,2	<0,01		
1-MetilNaftaleno	<0,01	1,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,36	1,1	<0,01	0,06	0,02	25,3	<0,01		
C2-Naftalenos	<0,01	7,64	<0,01	<0,01	0,36	<0,01	<0,01	0,23	30,61	10,8	7,77	2,59	0,52	144,5	<0,01		
C3-Naftalenos	<0,01	5,28	<0,01	<0,01	2,13	<0,01	0,03	1,38	40,4	47,6	27,97	7,43	1,49	141	0,04		
C4-Naftalenos	<0,01	2,08	<0,01	<0,01	1,98	0,01	0,06	0,94	26,95	36,8	20,99	4,72	1,62	65,9	0,06		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<1	<0,01			
Acenafteno	<0,01	0,29	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	1,1	<1	0,48	0,22	0,03	3,4	<0,01		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<1	<0,01	0,15	0,02	2,3	<0,01		
C1-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,37	1,95	5,8	1,11	0,78	0,1	10,8	0,02		
C2-Fluorenos	<0,01	0,83	<0,01	<0,01	0,46	<0,01	0,02	0,26	3,99	7,1	3,26	0,91	0,33	12,5	0,02		
C3-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	3,47	6	3	0,69	0,29	10,1	<0,01		
Dibenzotiofeno	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,09	<1	0,04	0,04	nd	<1	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,51	1,2	0,48	0,14	0,06	2,1	<0,01		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,16	<1	0,13	0,06	0,03	<1	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<1	0,05	0,01	0,02	<1	<0,01		
Fenantreno	<0,01	0,75	<0,01	0,23	0,13	<0,01	0,01	0,26	3,1	3,9	1,93	0,82	0,1	9,9	<0,01	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	0,98	<0,01	<0,01	0,52	<0,01	0,02	0,48	3,62	7,7	2,65	0,83	0,28	13,3	0,03		
C2-Fenantrenos	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	0,12	2,2	<1	1,77	0,52	0,29	4,4	<0,01		
C3-Fenantrenos	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,41	<1	0,42	0,14	0,14	<1	<0,01		
C4-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<1	0,05	0,02	<0,01	<1	<0,01		
Antraceno	<0,01	0,07	<0,01	0,07	0,02	<0,01	<0,01	0,05	0,88	1	0,63	0,14	0,03	2,1	<0,01	0,039	
Fluoranteno	0,04	<0,01	<0,01	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
Pireno	0,04	<0,01	<0,01	0,13	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<1	0,02	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
C1-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,025	9
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	<0,01	<0,01	<1	<0,01	0,57	

Tabela 2. Resultados das análises de 36 HPA no solo do Trecho 1. (Continuação)

TRECHO 1 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P 33	P 34	P 35	P 36	P 37	P 38	P 39	P 40	P60	P61	P62	P63	P64	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60	1,20	0,70	0,70	1,00	0,90	VP	VI
Naftaleno	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	0,12	30
2-MetilNaftaleno	<0,01	0,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	9,46	0,02	<0,01		
1-MetilNaftaleno	<0,01	0,22	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,088	0,01	6,61	0,09	<0,01		
C2-Naftalenos	<0,01	4,43	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	1,017	1,124	32,62	2,05	0,11		
C3-Naftalenos	6,5	24,43	2,21	0,59	<0,01	0,51	0,1	0,69	1,095	3,272	30,08	4,15	0,6		
C4-Naftalenos	28,2	25,28	9,83	6,06	<0,01	3,01	1,39	0,41	0,452	2,726	14,44	2,6	0,67		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,33	0,062	0,024	0,6	0,34	0,07		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,046	0,035	0,36	<0,01	0,04		
C1-Fluorenos	<0,01	1,2	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13	0,097	0,11	<0,01	<0,01	0,07		
C2-Fluorenos	<0,01	3,17	<0,01	<0,01	<0,01	0,79	<0,01	0,1	0,1	0,503	2,09	<0,01	0,18		
C3-Fluorenos	<0,01	3,01	3,1	2,31	<0,01	0,74	0,65	0,04	<0,01	0,375	1,58	<0,01	0,21		
Dibenzotiofeno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,011	<0,01	0,02	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	1,16	0,43	0,29	0,2	<0,01	0,08	0,05	<0,01	0,047	0,382	<0,01	0,08	0,02		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	0,25	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,02	<0,01	<0,01	0,017	0,11	0,03	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	0,19	0,05	0,08	0,04	<0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01		
Fenantreno	<0,01	1,19	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	0,1	0,127	0,246	1,87	0,32	0,22	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	2,45	0,57	<0,01	<0,01	0,42	0,06	0,14	0,067	0,283	2,43	0,57	0,11		
C2-Fenantrenos	3,91	1,87	1,31	0,64	<0,01	0,51	0,33	0,03	0,024	0,171	1,11	0,23	0,05		
C3-Fenantrenos	1,72	0,38	0,62	0,45	<0,01	0,16	0,18	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	0,02		
C4-Fenantrenos	0,24	0,05	0,13	0,1	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	<0,01	0,45	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,01	0,016	0,04	0,28	0,26	0,03	0,039	
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,013	<0,01	0,08	0,03		
Pireno	0,04	0,02	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,011	<0,01	0,09	0,02		
C1-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,025	9
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,57	

Tabela 3. Resultados das análises de BTEX na água subterrânea do Trecho 1.

TRECHO 1 - ÁGUA SUBTERRÂNEA												
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	P2	P4	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P70	PC	PT	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação (µg/L)
Benzeno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5
Tolueno	1,6	<1,0	<1,0	4,6	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	4	1,1	<1,0	700
Etilbenzeno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1	<1,0	300
m,p-Xilenos	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	500
o-Xileno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	

**ANEXO B – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUPERFICIAL E SEDIMENTO DO TRECHO 2**

Tabela 11. Resultados das análises de TPH, total BTEX e total 36 HPA no solo do Trecho 2.

TRECHO 2 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1	P1 SOLO 2	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P11 SOLO 2	P12	P13
TPH	187	1406	581	7	4	4	3	122	7	<2	<2	205	179	8	3
BTEX	0,002	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	<0,001	<0,001
36-HPA	12,00	25,42	6,43	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	2,29	<0,01	0,04	<0,01	36,91	32,09	<0,01	<0,01
COT	1852	2588	3076	2117		4938						1936	2332		

TRECHO 2 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28
TPH	8	11	9	<2	14	6	<2	49	3	2	22	10	4	3	7
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	0,002	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,10	0,27	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
COT															

TRECHO 2 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P29	P30	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P42 SOLO 2
TPH	3	6	<2	8	10	<2	3	3	7	3	6	<2	3	4	5
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	0,01	<0,01	0,01	0,030	<0,01	0,03	0,01	<0,01	0,06	1,42	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
COT											7251	7947		1484	

TRECHO 2 - SOLO																	
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P43	P44	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P56 SOLO 2	P57	P57 SOLO 2
TPH	3	812	11	11	6	13	3	19	<2	2	3	<2	13	23	20	80	42
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,01	14,75	0,05	0,01	0,19	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,9	4,88
COT	9708												11640	10703		4602	

TRECHO 2 - SOLO																
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P58	P59	P60	P61	P61 SOLO 2	P62	P63	P64	P65	P65 SOLO 2	P66	P67	P68	P68 SOLO 2	P69	P70
TPH	8	2	4	11	3	<2	7	3	8	13	9	10	<2	5	4	4
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	0,03	<0,01	<0,01	0,08	0,02	0,02	0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,03	<0,01	0,05	0,08	0,03	0,07
COT			4861				5185		4822				4494		5021	3424

TRECHO 2 - SOLO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P71	P72	P73	P74	P75	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83	P84	P85
TPH	6	<2	2	<2	<2	6	3	<2	8	162	21	3	10	662	13
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	0,13	0,03	0,04	0,06	0,07	0,04	0,07	0,02	0,03	36,29	1,69	0,05	0,2	67,6	0,04
COT	3268			6185	516	2567									

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

SOLO 2: Duplicata da amostra anterior.

Tabela 19. Resultados das análises de 36 HPA no sedimento do Trecho 2.

ANÁLISES DE LABORATÓRIO 36-HPA (mg/kg)	TRECHO 2 - SEDIMENTO															CONAMA 420 (2009)	
	SED 1	SED 101	SED 2	SED 3	SED 103	SED 4	SED 5	SED 6	SED 7	SED 8	SED 9	SED 10	SED 11	SED 12	SED 13	Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	VP	VI														VP	VI
Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	0,12	30
2-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01		
1-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
C2-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
C3-Naftalenos	0,02	0,01	<0,01	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,01		
C4-Naftalenos	0,01	<0,01	<0,01	0,21	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	<0,01		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2	<0,01		
C1-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
C2-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Dibenzotiofeno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Fenantreno	0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,85	<0,01	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,23	<0,01		
C2-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,01		
C3-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C4-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,4	<0,01	0,039	
Fluoranteno	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	0,76	<0,01		
Pireno	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	0,72	<0,01		
C1-Pirenos	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,34	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,49	<0,01	0,025	9
Criseno	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,33	<0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,21	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	<0,01		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,31	<0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,14	<0,01	0,57	

**ANEXO C – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUPERFICIAL E SEDIMENTO DO TRECHO 3**

**ANEXO D – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUPERFICIAL E SEDIMENTO DO TRECHO 4**

Tabela 31. Resultados das análises 36 HPA no solo do Trecho 4.

TRECHO 4 - SOLO												
ANÁLISES DE LABORATÓRIO 36-HPA (mg/kg)	L1		L2		L3			L4			CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	SOLO 1	SOLO 2	SOLO 1	SOLO 2	SOLO 1	SOLO 2	SOLO 3	SOLO 1	SOLO 2	SOLO 3	VP	VI
	Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12
2-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
1-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C4-Naftalenos	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Dibenzotiofeno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C4-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,039	
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	9
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,57	

Tabela 32. Resultados das análises de TPH, total de BTEX, total de HPA e parâmetros físico-químicos na água superficial do Trecho 4.

TRECHO 4 - ÁGUA SUPERFICIAL											
Pontos de Amostragem	ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)			Parâmetros Físicos-Químicos							
	TPH	BTEX	36-HPA	pH	Cond (µS)	Turb	OD (mg/L)	Temp (°C)	Sal	ORP (mV)	
L1	ASUP 1	<100	<1	<0,03	6,61	0,067	74	n.a.	16,9	0	2,12
L2	ASUP 1	<100	<1	<0,03	6,1	0,098	9	n.a.	17,5	0	153
	ASUP 2	<100	<1	<0,03							
L3	ASUP 1	<100	<1	1,06	6,07	0,079	50	n.a.	17	0	3,58
L4	ASUP 1	<100	<1	1,04	6,21	2,25	10	n.a.	19	0,11	2,92

ASUP 2: Duplicata da amostra anterior; n.a.: não analisado; quadros em branco: não previsto

Tabela 33. Resultados das análises de BTEX na água superficial do Trecho 4.

TRECHO 4 - ÁGUA SUPERFICIAL						
ANÁLISES DE LABORATÓRIO BTEX (µg/L)	L1	L2	L2	L3	L4	CONAMA 357/2005 (Corpos de Águas doces Classes I e II)
	ASUP 1	ASUP 1	ASUP 2	ASUP 1	ASUP 1	
Benzeno	<1	<1	<1	<1	<1	5
Tolueno	<1	<1	<1	<1	<1	2
Etilbenzeno	<1	<1	<1	<1	<1	90
m,p-Xilenos	<1	<1	<1	<1	<1	300
o-Xileno	<1	<1	<1	<1	<1	

Tabela 34. Resultados das análises de 36 HPA na água superficial do Trecho 4.

TRECHO 4 - ÁGUA SUPERFICIAL						
ANÁLISES DE LABORATÓRIO 36-HPA (µg/L)	L1	L2		L3	L4	CONAMA 357/2005 (Corpos de Águas doces Classes I e II) (µg/L)
	ASUP 1	ASUP 1	ASUP 2	ASUP 1	ASUP 1	
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
2-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	0,23	0,13	
1-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	0,39	0,34	
C2-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,21	
C3-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	0,44	0,36	
C4-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Acenaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Dibenzotiofeno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fenantreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C4-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(a)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Criseno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(k)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(a)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Benzo(ghi)perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05

**ANEXO E – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUPERFICIAL E SEDIMENTO DO TRECHO 5**

Tabela 40. Resultados das análises de 36 HPA no solo do Trecho 5.

ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	TRECHO 5 - SOLO														CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	P1	P51	P2	P52	P3	P53	P4	P5	P55	P6	P7	P57	P8	P9	VP	VI
	Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12
2-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
1-MetilNaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C4-Naftalenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Dibenzotiofeno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	<0,01	<0,01	<0,01		
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Fenantrenos	<0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01		
C4-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,039	
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	9
Críseno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,57	

P51, P52, P53, P55, P57: Duplicata das amostras P1, P2, P3, P5 e P7, respectivamente.

Tabela 43. Resultados das análises de 36 HPA na água superficial do Trecho 5.

TRECHO 5 - ÁGUA SUPERFICIAL												CONAMA 357/2005 (Corpos de Águas doces Classes I e II) (µg/L)
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	ASUP 1	ASUP 2	ASUP 3	ASUP 4	ASUP 54	ASUP 5	ASUP 6	ASUP 7	ASUP 8	ASUP 9	ASUP 10	
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
2-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
1-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,2	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,36	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C4-Naftalenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,13	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Acenaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Dibenzotiofeno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fenantreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C3-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C4-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C1-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Benzo(a)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Criseno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
C1-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
C2-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(k)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(a)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(ghi)perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	

Tabela 44. Resultados das análises de TPH, total de BTEX e HPA no sedimento do Trecho 5.

TRECHO 5 - SEDIMENTO															
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	SED 1	SED 2	SED 3	SED 4	SED 5	SED 6	SED 7	SED 8	SED 9	SED 10	SED 11	SED 12	SED 13	SED 14	SED 15
TPH	<2	<2	2	7	<2	4	<2	9	6	<2	2	5	5	5	6
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,44	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
COT				14956					11120						

**ANEXO F – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO DO PONTO 2**

Tabela 47. Resultados das análises de TPH, total de BTEX e HPA no solo do Ponto 2.

PONTO 2 - SOLO			
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1	P2	P3
	0,60	1,00	0,80
TPH	10	6	7
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,01	0,46	0,23

Tabela 48. Resultados das análises de BTEX no solo do Ponto 2.

PONTO 2 - SOLO					
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1	P2	P3	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	0,60	1,00	0,80	VP	VI
Benzeno	<0,001	<0,001	<0,001	0,03	0,06
Tolueno	<0,001	<0,001	<0,001	0,14	30
Etilbenzeno	<0,001	<0,001	<0,001	6,2	35
m,p-Xilenos	<0,001	<0,001	<0,001	0,13	25
o-Xileno	<0,001	<0,001	<0,001		

Tabela 49. Resultados das análises de 36 HPA no solo do Ponto 2.

PONTO 2 - SOLO					
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P1	P2	P3	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação Agrícola (mg/kg)	
	0,60	1,00	0,80	VP	VI
	Naftaleno	<0,01	<0,01	<0,01	0,12
2-MetilNaftaleno	<0,01	0,02	0,02		
1-MetilNaftaleno	<0,01	0,02	0,02		
C2-Naftalenos	<0,01	0,15	0,11		
C3-Naftalenos	<0,01	0,13	0,06		
C4-Naftalenos	<0,01	0,07	0,02		
Acenaftaleno	<0,01	<0,01	<0,01		
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01		
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Fluorenos	<0,01	0,01	<0,01		
C2-Fluorenos	<0,01	0,01	<0,01		
C3-Fluorenos	<0,01	<0,01	<0,01		
Dibenzotiofeno	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01		
C3-Dibenzotiofenos	<0,01	<0,01	<0,01		
Fenantreno	<0,01	<0,01	<0,01	3,3	15
C1-Fenantrenos	<0,01	0,01	<0,01		
C2-Fenantrenos	<0,01	0,01	<0,01		
C3-Fenantrenos	<0,01	0,01	<0,01		
C4-Fenantrenos	<0,01	<0,01	<0,01		
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	0,039	
Fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01		
Pireno	<0,01	<0,01	<0,01		
C1-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Pirenos	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(a)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	0,025	9
Criseno	<0,01	<0,01	<0,01	8,1	
C1-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01		
C2-Crisenos	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(b)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01		
Benzo(k)fluoranteno	<0,01	<0,01	<0,01	0,38	
Benzo(a)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	0,052	0,4
Perileno	<0,01	0,02	0,08		
Indeno(123-cd)pireno	<0,01	<0,01	<0,01	0,031	2
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,15
Benzo(ghi)perileno	<0,01	<0,01	<0,01	0,57	

**ANEXO G – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA , ÁGUA SUPERFICIAL E
SEDIMENTO DO PONTO 3**

Tabela 50. Resultados das análises de TPH, total de BTEX e HPA no solo do Ponto 3.

PONTO 3 - SOLO														
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P2		P3	P4			P6	P7	P8	P9	P10		P11	P11 Dup
	0,30	0,70	1,00	0,20	0,90	1,10	0,30	1,00	0,50	0,80	0,50	1,30	0,50	0,50
TPH	69	1950	5	12	7	7	17	21	3	<2	7	23	42	9
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	0,19	96,80	<0,01	<0,01	<0,01	0,64	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,11	0,04	<0,002	0,02
COT													<0,003	

P11 Dup: Duplicata da amostra P11

PONTO 3 - SOLO																	
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P12			P12 Dup		P13		P14	P15	P16			P17		P117	P18	
	0,50	0,70	1,30	0,70	1,30	0,70	1,30	0,50	0,70	0,20	0,90	1,40	0,50	1,00	1,00	0,60	1,40
TPH	462	1072	11	1114	4	73	13	9	3	13011	675	8	5	4	11	10	14
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,095	0,006	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	3,47	14,51	0,26	37,4	0,2	0,61	1,06	<0,01	<0,01	1435,7	2,04	0,85	0,03	0,18	0,19	0,04	0,13
COT		6119	1684											2074			12

P12 Dup 0,70 e 1,30: Duplicatas das amostras P12 0,70 e 1,30

PONTO 3 - SOLO														
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P20			P21		P22		P23	P24	P26		P27		P28
	0,40	0,80	1,50	0,60	0,90	0,40	1,10	1,60	1,50	0,30	0,80	0,60	1,30	0,60
TPH	9	5	11	10	15	9	<2	22	4	3	<2	12	12	5
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
36-HPA	<0,01	0,05	0,08	0,02	0,22	<0,01	<0,01	0,11	0,05	<0,01	<0,01	0,08	0,03	<0,01
COT														

PONTO 3 - SOLO														
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	P29		P129	P30	P31		P32			P33	P34	P35		P36
	0,50	1,50	0,50	1,20	0,70	1,50	0,90	1,50	2,90	1,10	1,20	0,70	1,60	0,20
TPH	15	5	19	<2	5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	4	4
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
36-HPA	0,08	0,2	0,12	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
COT	11500													

Valor de TPH superior a 1.000mg/kg (valor de intervenção lista holandesa 2009)

P129-0,50: Duplicata da amostra P29-0,50

Tabela 53. Resultados das análises de TPH, total de BTEX, total de HPA e parâmetros físico-químicos na água subterrânea do Ponto 3.

PONTO 3 - ÁGUA SUBTERRÂNEA										
Pontos	ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)			Parâmetros Físicos-Químicos						
	TPH	BTEX	36-HPA	pH	Cond (uS)	Turb	OD (mg/L)	Temp (°C)	Sal	ORP (mV)
P2	110	<1,0	93,49	6,58	0,39	365	n.a.	18,8	0	126
P4	<100	<1,0	<0,03	6,6	0,059	837	n.a.	19,5	0	188
P12	<100	<1,0	<0,03	6,48	0,025	-10	n.a.	19,2	0	16,3
P16	2980	1,3	429,04	6,55	0,184	-10	n.a.	18,8	0	-66
P18	<100	<1,0	8,66	6,39	0,156	116	n.a.	19,3	0	-62
P21	<100	<1,0	<0,03	6,31	0,138	194	n.a.	18,6	0	194
P23	<100	<1,0	<0,03	6,34	0,132	-10	n.a.	18,3	0	-67
P29	<100	3,7	<0,03	6,35	0,124	999	n.a.	18,4	0	-65
P32	<100	<1,0	<0,03	6,04	0,054	464	n.a.	18,5	0	253
P35	<100	<1,0	<0,03	6,42	0,076	-10	n.a.	19,3	0	-86
P50	2980	1,2	356,79							

Valor de TPH superior a 600µg/L (valor de intervenção lista holandesa 2009)

n.a.: não analisado; quadros em branco: não previsto; P50: Duplicata da amostra P16

Tabela 54. Resultados das análises de BTEX na água subterrânea do Ponto 3.

Ponto 3 - ÁGUA SUBTERRÂNEA												
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	P2	P4	P12	P16	P18	P21	P23	P29	P32	P35	P50	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação (µg/L)
Benzeno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	5
Tolueno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	700
Etilbenzeno	<1,0	<1,0	<1,0	1,3	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1,2	300
m,p-Xilenos	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	500
o-Xileno	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	3,7	<1,0	<1,0	<1,0	

Tabela 55. Resultados das análises de 36 HPA na água subterrânea do Ponto 3.

PONTO 3 - ÁGUA SUBTERRÂNEA													
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	P2	P4	P12	P16	P18	P21	P23	P29	P32	P35	P50	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação (µg/L)	Lista Holandesa (2009) Valor de Intervenção (µg/L)
Naftaleno	0,16	<0,03	<0,03	<3	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	140	
2-MetilNaftaleno	0,57	<0,03	<0,03	45,59	0,55	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	34,59		
1-MetilNaftaleno	2,67	<0,03	<0,03	59,59	0,65	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	49,59		
C2-Naftalenos	21,66	<0,03	<0,03	192,2	4,52	0,06	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	161		
C3-Naftalenos	31,49	<0,03	<0,03	76,54	2,19	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	68,94		
C4-Naftalenos	27,55	<0,03	<0,03	17,59	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	16,99		
Acenaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Acenafeno	2,13	<0,03	<0,03	12,5	0,22	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	12,1		
Fluoreno	0,78	<0,03	<0,03	6,3	0,12	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	5,8		
C1-Fluorenos	<0,03	<0,03	<0,03	8,87	0,23	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	7,77		
C2-Fluorenos	3,15	<0,03	<0,03	3,14	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C3-Fluorenos	0,89	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Dibenzotiofeno	0,07	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C1-Dibenzotiofenos	0,17	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C2-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C3-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Fenantreno	0,14	<0,03	<0,03	3,48	0,12	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	140	
C1-Fenantrenos	0,93	<0,03	<0,03	3,23	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C2-Fenantrenos	0,8	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C3-Fenantrenos	0,06	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C4-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Antraceno	0,27	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		5
Fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		1
Pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C1-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C2-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Benzo(a)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	1,75	
Criseno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		0,2
C1-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
C2-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Benzo(k)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		0,05
Benzo(a)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	0,7	
Perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	0,17	
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3	0,18	
Benzo(ghi)perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<3	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<3		0,05

Tabela 56. Resultados das análises de TPH, total de BTEX e HPA no sedimento do Ponto 3.

PONTO 3 - SEDIMENTO												
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (mg/kg)	L1	L2	L3	L4	L4 Dup	L5	L6	L7	L8	L9	L10	
TPH	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
BTEX	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
36-HPA	0,02	<0,01	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02	0,02	<0,01	0,02	0,02	
COT	2951			1134							1885	

L4 Dup: Duplicata da amostra L4

Tabela 59. Resultados das análises de TPH, total de BTEX, total de HPA e parâmetros físico-químicos na água superficial do Ponto 3.

Ponto 3 - ÁGUA SUPERFICIAL										
PONTOS	ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)			Parâmetros Físicos-Químicos						
	TPH	BTEX	36-HPA	pH	Cond (uS)	Turb	OD (mg/L)	Temp (°C)	Sal	ORP (mV)
L 1	<0,10	1,2	<0,03	6,36	0,071	2	9,40	18,4	0	203
L10	<0,10	1,1	<0,03	5,67	0,070	1	9,22	18,4	0	109

Tabela 60. Resultados das análises de BTEX na água superficial do Ponto 3.

Ponto 3 - ÁGUA SUPERFICIAL			
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	L 1	L 10	CONAMA 357/2005 (Corpos de Águas doces Classes I e II) (µg/L)
Benzeno	<1,0	<1,0	5
Tolueno	<1,0	<1,0	2
Etilbenzeno	1,2	1,1	90
m,p-Xilenos	<1,0	<1,0	300
o-Xileno	<1,0	<1,0	

Tabela 61. Resultados das análises de 36 HPA na água superficial do Ponto 3.

Ponto 3 - ÁGUA SUPERFICIAL			
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	L1	L 10	CONAMA 357/2005 (Corpos de Águas doces Classes I e II) (µg/L)
Naftaleno	<0,03	<0,03	
2-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	
1-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	
C2-Naftalenos	<0,03	<0,03	
C3-Naftalenos	<0,03	<0,03	
C4-Naftalenos	<0,03	<0,03	
Acenaftaleno	<0,03	<0,03	
Acenafteno	<0,03	<0,03	
Fluoreno	<0,03	<0,03	
C1-Fluorenos	<0,03	<0,03	
C2-Fluorenos	<0,03	<0,03	
C3-Fluorenos	<0,03	<0,03	
Dibenzotiofeno	<0,03	<0,03	
C1-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	
C2-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	
C3-Dibenzotiofenos	<0,03	<0,03	
Fenantreno	<0,03	<0,03	
C1-Fenantrenos	<0,03	<0,03	
C2-Fenantrenos	<0,03	<0,03	
C3-Fenantrenos	<0,03	<0,03	
C4-Fenantrenos	<0,03	<0,03	
Antraceno	<0,03	<0,03	
Fluoranteno	<0,03	<0,03	
Pireno	<0,03	<0,03	
C1-Pirenos	<0,03	<0,03	
C2-Pirenos	<0,03	<0,03	
Benzo(a)antraceno	<0,03	<0,03	0,05
Criseno	<0,03	<0,03	0,05
C1-Crisenos	<0,03	<0,03	
C2-Crisenos	<0,03	<0,03	
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(k)fluoranteno	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(a)pireno	<0,03	<0,03	0,05
Perileno	<0,03	<0,03	
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	<0,03	0,05
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	<0,03	0,05
Benzo(ghi)perileno	<0,03	<0,03	

**ANEXO H – TABELAS DE RESULTADOS DAS ANÁLISES QUÍMICAS DAS
AMOSTRAS DE SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA , ÁGUA SUPERFICIAL E
SEDIMENTO DO PONTO 4**

Tabela 67. Resultados das análises de BTEX na água subterrânea do Ponto 4.

Ponto 4 - ÁGUA SUBTERRÂNEA									
ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)	P1	P5	P6	P12	P18	P22	P40	CONAMA 420 (2009) Valor de Investigação (µg/L)	Lista Holandesa (2009) Valor de Intervenção (µg/L)
Naftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	140	
2-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
1-MetilNaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Naftalenos	<0,03	0,085	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C3-Naftalenos	<0,03	0,187	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C4-Naftalenos	<0,03	0,164	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Acenaftaleno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Acenafteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Fluoreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C1-Fluorenos	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Fluorenos	<0,03	0,052	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C3-Fluorenos	<0,03	0,073	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Dibenzotiofeno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C1-Dibenzotiofenos	<0,03	0,032	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Dibenzotiofenos	<0,03	0,073	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C3-Dibenzotiofenos	<0,03	0,054	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Fenantreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	140	
C1-Fenantrenos	<0,03	0,049	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Fenantrenos	<0,03	0,072	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C3-Fenantrenos	<0,03	0,044	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C4-Fenantrenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		5
Fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		1
Pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C1-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Pirenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Benzo(a)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	1,75	
Criseno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		0,2
C1-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
C2-Crisenos	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Benzo(k)fluoranteno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		0,05
Benzo(a)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,7	
Perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,17	
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,18	
Benzo(ghi)perileno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03		0,05

Tabela 68. Resultados das análises de TPH, total de BTEX, total de HPA e parâmetros físico-químicos na água superficial do Ponto 4.

PONTO 4 - ÁGUA SUPERFICIAL										
PONTOS	ANÁLISES DE LABORATÓRIO (µg/L)			Parâmetros Físicos-Químicos						
	TPH	BTEX	36-HPA	pH	Cond (uS)	Turb	OD (mg/L)	Temp (°C)	Sal	ORP (mV)
ASUP 1	<100	<1	0,08	6,35	0,086	3	n.a.	16,4	0	159
ASUP 2	<100	<1	0,04	6,44	0,085	30	n.a.	16,6	0	124
ASUP 3	<100	<1	<0,01	6,21	0,070	4	n.a.	16,1	0	149
ASUP 4	<100	1,2	0,04	6,03	0,058	21	n.a.	15,9	0	264
ASUP 5	<100	<1	0,03	6,67	0,049	51	n.a.	16,9	0	234
ASUP 10	<100	<1	0,03							

n.a.: não analisado; quadros em branco: não previsto; ASUP 10: Duplicata da amostra ASUP 2

