

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE LNAPL UTILIZANDO
DOIS SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL**

Renata Vasconcellos de Sá

Fevereiro de 2011

ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE LNAPL UTILIZANDO DOIS SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL

Renata Vasconcellos de Sá

Projeto de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental da
Escola Politécnica, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como parte
dos requisitos necessários à obtenção
do título de Engenheiro.

Orientadora : Maria Claudia Barbosa
Co-orientadora: Michelle Matos de
Souza

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2011

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE LNAPL UTILIZANDO
DOIS SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL**

Renata Vasconcellos de Sá

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof. Maria Claudia Barbosa, DSc. COPPE – UFRJ

Michelle Matos de Souza, MSc. PUC-RIO

Prof. Maurício Ehrlich, DSc. COPPE – UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
FEVEREIRO de 2011

Sá, Renata Vasconcellos de

Estudo Comparativo da Eficiência de Remoção de LNAPL
utilizando dois Sistemas de Remediação Ambiental / Renata
Vasconcellos de Sá - Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica,
2011.

XI, 106 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadoras: Maria Cláudia Barbosa

Michelle Matos de Sousa

Projeto de Graduação - UFRJ / Escola Politécnica / Curso
de Engenharia Ambiental, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 48-50.

1. Contaminação. 2. Hidrocarbonetos. 3. LNAPL. 4. Estudo
de Caso. 5. *Pump and Treat*. 6. MPE. 7. Eficiência. 8. Tempo de
bombeamento. 9. Produto removido. I. Barbosa, Maria Cláudia *et*
al. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola
Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por sempre me incentivarem a querer ser maior e melhor.

Ao meu querido avô (in memorium), cuja sabedoria e história de vida sempre me comoveram.

À minha irmã, minha melhor amiga e companheira de todas as horas.

Ao meu namorado André, pela amizade, paciência e companheirismo.

Ao Guga, pelo carinho incondicional em todas as horas.

Aos meus colegas de faculdade, por fazerem minha vida acadêmica mais leve e divertida.

Aos meus amigos e amigas, cuja compania me fez ser a pessoa que sou hoje.

Aos funcionários da CONTROLLAB Estudos Ambientais, por me ajudarem a amadurecer na vida profissional e me orientarem em meu projeto, principalmente meu chefe Raphael Rieboldt, cujo trabalho final de graduação me inspirou em diversos momentos de meu estudo.

À minha Orientadora Maria Claudia Barbosa pela paciência e dedicação perante minha atuação como orientada.

À minha Co-Orientadora Michelle Matos de Souza, pela dedicação em me ajudar a coletar informações e juntar as peças deste quebra-cabeça.

À vida em si, por me deixar aproveitá-la da melhor maneira possível.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE LNAPL UTILIZANDO DOIS SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL

Renata Vasconcellos de Sá

Fevereiro / 2011

Orientadora: Maria Claudia Barbosa

Co-orientadora: Michelle Matos de Souza

Curso: Engenharia Ambiental

As contaminações por hidrocarbonetos derivados de petróleo em solo e água subterrânea têm sido alvo de inúmeras pesquisas e constitui um desafio para os profissionais que atuam na geotecnica, em função da complexidade dos fenômenos envolvidos em sua dispersão e da falta de informações sobre a eficiência dos sistemas já implantados. Assim, o presente trabalho visa demonstrar como escolher a melhor técnica para tratar casos de contaminação por LNAPL, através do cálculo da eficiência do tratamento pelo tempo estimado de tratamento e quantidade de produto removido do *site*. Para isso, foram selecionados dois sistemas de Remediação Ambiental, denominados *Pump and Treat* e *Multi-Phase Extraction* (MPE), e montada base de equações numéricas para cálculo dos parâmetros requeridos para sua comparação. Em seguida, foram recolhidos dados hidrogeológicos reais investigados *in situ* a partir de um estudo de caso, que foram então aplicados nos tais modelos teóricos para melhor aproximação dos resultados obtidos com uma situação real. O cenário utilizado para o estudo de caso foi o de contaminação em um terreno comprado por uma construtora onde anteriormente funcionava um posto de gasolina, na região do bairro da Tijuca, no RJ.

Palavras-chave: contaminação, hidrocarbonetos, LNAPL, estudo de caso, *Pump and Treat*, MPE, eficiência, tempo de bombeamento, produto removido

**Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial
fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.**

**COMPARATIVE STUDY OF THE LNAPL REMOVAL EFFICIENCY USING TWO
ENVIRONMENTAL REMEDIATION SYSTEMS**

Renata Vasconcellos de Sá

February / 2011

Advisor: Maria Claudia Barbosa

Course: Environmental Engineering

The contamination by hydrocarbons derived from petroleum in soil and groundwater have been the target of numerous studies and constitutes a challenge for professionals working in geotechnical industry, due to the complexity of the phenomena involved in its dispersal and the lack of information about the efficiency of the already existing systems. This paper demonstrates how to choose the best technique for treating cases of contamination by LNAPL, by calculating the efficiency of treatment by the estimated time of treatment and quantity of product removed from the site. To make it possible, It was selected two systems of Environmental Remediation, called Pump and Treat and Multi-Phase Extraction (MPE), and chose some numerical equations to calculate the required parameters for their comparison. Then, real in situ hydrogeological data were collected from a case study investigation, which were then applied in those theoretical models to better approximation of the results obtained with a real situation. The scenario used for the case study was the contaminated land purchased by a construction company where previously operated a gas station, in the region of Tijuca, in Rio de Janeiro.

Keywords: contamination, hydrocarbon, LNAPL, case study, Pump and Treat, MPE, efficiency, pumping time, product removal

ÍNDICE

Lista de Figurasx
Lista de Tabelas.....	xi
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. REVISÃO DA LITERATURA	4
III.1. Projeto de Remediação	4
III.2. Classificação das Técnicas de Remediação	5
III.3. Tecnologias de Remediação.....	6
III.3.1. Bombeamento e Tratamento - <i>Pump and Treat</i>	6
III.3.2. Extração Multifásica - <i>Multi-Phase Extraction (MPE)</i>	7
III.3.3. Extração de Vapores do Solo - <i>Soil Vapor Extraction (SVE)</i>	7
III.3.4. <i>Air Sparging</i>	8
III.3.5. Biorremediação	9
III.4. Bases para seleção da tecnologia de tratamento	9
IV. METODOLOGIA DO ESTUDO	12
IV.1. Apresentação do Estudo de Caso	12
IV.1.1. Histórico.....	12
IV.1.2. Caracterização das Cercanias	15
IV.1.3. Hidrogeologia.....	15
IV.1.4. Contaminação identificada	18
IV.2. Sistemas de Remediação estudados	19
IV.2.1. <i>Pump and Treat</i>	20
IV.2.2. <i>MPE – Multi Phase Extraction</i>	22
IV.3. Métodos para o cálculo da eficiência de cada sistema.....	25
IV.3.1. Sistema <i>Pump and Treat</i>	25
IV.3.1. Sistema <i>MPE</i>	31
V. APLICAÇÃO DOS MODELOS NO ESTUDO DE CASO.....	35
V.1. Sistema <i>MPE</i>.....	35

V.1.1. Cálculo da Taxa de Bombeamento	35
V.1.2. Cálculo do Volume de Contaminação Removido	36
V.2. Sistema <i>Pump and Treat</i>	39
V.2.1. Cálculo da Taxa de Bombeamento	39
V.2.2. Cálculo do Tempo de Bombeamento.....	41
V.2.3. Cálculo da Taxa de Extração de Ar.....	43
VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
VII. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXO 1: Perfis das Sondagens.....	51
ANEXO 2: Ensaio de permeabilidade.....	55
ANEXO 3: Laudos das análises Químicas - Fase de Investigação.....	57
ANEXO 4: Laudos das análises Químicas - Fase de Pós-Remediação.....	91

Lista de Figuras

Figura 01: Esquema simplificado de um sistema <i>Pump and Treat</i>	6
Figura 02: Esquema simplificado de um sistema <i>MPE</i>	7
Figura 03: Sistema <i>SVE</i> típico.....	8
Figura 04: Esquema de um sistema <i>AS</i> combinado ao <i>SVE</i>	9
Figura 05: Pluma de Contaminação e Localização dos poços na área estudada.....	14
Figura 06: Planta potenciométrica, indicando o sentido do fluxo das águas.....	17
Figura 07: Desenho esquemático do Sistema <i>Pump and Treat</i>	22
Figura 08: Desenho esquemático do Sistema <i>MPE</i>	24
Figura 09: Localização do Sistema <i>MPE</i> e linhas de extração.....	33
Figura 10: Pluma de Contaminação após o período de remediação.....	38

Lista de Tabelas

Tabela 01:	Classificação da relativa facilidade de limpeza de águas subterrâneas contaminadas.....	11
Tabela 02:	Características construtivas dos Poços instalados.....	15
Tabela 03:	Cargas Hidráulicas.....	16
Tabela 04:	Índices Físicos da Amostras de Solo Indeformada, Saturada e Não saturada.....	18
Tabela 05:	Concentrações de BTEX, HPA e TPH nas amostras de água ($\mu\text{g}/\text{L}$).....	37
Tabela 06:	Cálculo da taxa de bombeamento (Q) do sistema Pump and Treat para os poços de monitoramento.....	41

I. INTRODUÇÃO

As contaminações por hidrocarbonetos derivados de petróleo em solo e água subterrânea têm sido alvo de inúmeras pesquisas e constitui um desafio para os profissionais que atuam na área de geotecnologia, em função da complexidade dos fenômenos geoquímicos e bioquímicos que são catalisados a partir de sua inserção no subsolo (AZAMBUJA *et al.*, 2000).

A água subterrânea representa, em termos globais, mais de 97% da água doce do mundo que está disponível para uso do homem, sendo de fundamental importância que se evite a poluição deste tipo de recurso hídrico. A poluição nos aquíferos encontra-se presente, principalmente, em lençóis mais rasos que ficam próximos de redes de esgoto ou devido à presença de fontes potenciais de contaminação na superfície/subsuperfície do terreno, como por exemplo a presença de postos de gasolina, que costumam possuir tanques subterrâneos de armazenamento de combustíveis passíveis de vazamentos, que podem contaminar as águas subterrâneas próximas.

Em um derramamento de gasolina ou óleo diesel, por exemplo, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que são utilizados para o abastecimento humano. Após atingir a água subterrânea, os contaminantes derivados do petróleo podem ser transportados como fase livre e/ou dissolvida, e podem atingir os rios e as captações através de poços rasos ou profundos. Os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são os que primeiro atingem o lençol freático, pois são os constituintes que possuem maior solubilidade em água (COUTINHO e GOMES, 2007).

Os vazamentos em postos de abastecimento de combustíveis constituem as fontes mais expressivas, não pelo volume individual da contaminação, mas pelo caráter sistêmico que representam e pela repercussão que geram sobre a qualidade dos aquíferos. Entender a dinâmica dessas contaminações (seguidamente referidas como *LNAPL - light non-aqueous phase liquids*) é fundamental para orientar as atividades de prospecção e diagnóstico dos impactos gerados pelos vazamentos de combustíveis, bem como para desenvolver uma técnica de remediação econômica e ambientalmente viável (AZAMBUJA *et al.*, 2000).

Existem muitos processos de tratamento para tal contaminação, que podem ser de diferentes tipos dependendo da concentração e tipo de contaminante, por exemplo. Porém as propostas de técnicas para novos tratamentos ou aprimoramento dos já existentes carecem ainda de maturidade, em virtude da escassez de informações sobre a eficiência dos sistemas já implantados (AZAMBUJA *et al.*, 2000)

No sentido de colaborar com a discussão sobre qual a melhor técnica a ser utilizada em um caso real de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo, em especial aquelas mais difundidas pelo mercado atual, serão abordadas neste estudo as eficiências de dois sistemas de remediação voltados para este tipo de contaminação.

II. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são os seguintes:

- ❖ Abordar a temática da escolha de sistemas de Remediação Ambiental no tratamento de casos de contaminação por *LNAPL*;
- ❖ Fazer um breve levantamento das técnicas de remediação utilizadas com maior frequência, dando ênfase às técnicas *Pump and Treat* e *Multi Phase Extraction (MPE)*;
- ❖ Apresentar os modelos de cálculo utilizados para obter as eficiências decorrentes da aplicação de ambas as técnicas escolhidas;
- ❖ Aplicar os modelos de cálculo a um estudo de caso de forma a verificar se os resultados encontrados com o uso desses modelos se assemelham aos resultados reais de campo;
- ❖ Analisar os resultados encontrados e compará-los entre as duas técnicas, para então verificar se eles são suficientes na escolha da melhor técnica de remediação a ser utilizada no caso estudado.

III. REVISÃO DA LITERATURA

Ao se constatar a possível existência de uma área contaminada, inicia-se a fase de Gerenciamento do Sítio Contaminado, processo que envolve uma série de etapas e ações, desde a fase inicial da Investigação Ambiental detalhada no local até a conclusão da aplicação de um processo de Remediação como etapa final (BARBOSA, 2010).

As etapas do Gerenciamento são:

- Caracterização do problema - investigação
- Estudo da regulamentação e normas técnicas pertinentes ao problema
- Definição das responsabilidades e punições legais
- Análise de Risco – define a gravidade do problema
- Escolha da estratégia de ação – contenção, remoção ou tratamento?
- Projeto de Remediação – que tipo, como, quando

De acordo com a CETESB (2001), o responsável pela área contaminada ou seus representantes legais propõe um plano de remediação, descrevendo as ações remediadoras que consideram adequadas (plano proposto) e o órgão ambiental competente avalia, revê (caso necessário) e aprova o plano (plano harmonizado).

A comparação entre diferentes alternativas de remediação muitas vezes tende a se restringir, na prática, a uma mera discussão sobre as vantagens e desvantagens técnicas de cada uma, associada a um confronto de custos. Na maioria das vezes as alternativas remediadoras são comparadas sem avaliação e contemplação do benefício de cada uma delas. Além disso, muitas vezes são comparados unicamente os custos iniciais, sendo desconsiderados os custos correntes e futuros, decorrentes da operação, manutenção e monitoramento pós-tratamento (CETESB, 2001).

A seguir serão abordadas as tecnologias mais utilizadas para remediação de aquíferos contaminados por derramamento em postos de combustível, sua classificação, e como escolher a melhor tecnologia para um caso específico de contaminação.

III.1. PROJETO DE REMEDIAÇÃO

As diversas etapas de decisão de um projeto de remediação devem envolver não só a escolha da técnica, mas a caracterização do local e do tipo de contaminação, até porque não se escolhe uma técnica antes de se saber para que e onde ela será utilizada.

Por isso, deve haver uma compilação dos dados existentes para que se possa montar um modelo conceitual preliminar do problema, e em seguida avaliar as técnicas disponíveis a fim de selecionar a melhor alternativa. Com este objetivo, é feito um estudo de viabilidade das alternativas escolhidas, onde são avaliados critérios como viabilidade técnica, compatibilidade com órgãos reguladores, uso futuro do local, tempo de aplicação, custos envolvidos e resultados esperados (BARBOSA, 2010).

Este estudo visa fornecer exatamente uma visão sobre esta etapa do projeto de um sistema de remediação, onde serão identificados e determinados diversos parâmetros que servirão como critério para escolha de uma técnica antes de investir em seu dimensionamento, implantação e operação.

III.2. CLASSIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO

As técnicas de tratamento são classificadas de duas maneiras: *in-situ* ou *ex-situ*. O tratamento *ex-situ* remove o solo contaminado para tratamento, que pode ser realizado no próprio local de ocorrência da contaminação (*on-site*) ou transportado para uma unidade de tratamento externa (*off-site*). Já no tratamento *in-situ*, as técnicas são aplicadas no próprio local de contaminação, sem que haja remoção de solo (BARBOSA, 2010).

Quando a água subterrânea é captada para tratamento e depois retornada, diz-se que o tratamento é *in-situ*, pois não há remoção de solo (BARBOSA, 2010). Portanto, para o caso analisado, o tratamento utilizado é basicamente *in-situ* para tratamento da água subterrânea.

Vale ressaltar que a contaminação é por *LNAPL*, pois tanto a gasolina quanto o óleo diesel, que são contaminantes comuns oriundos de vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneo, possuem densidade média de 0,73 e 0,83 g/cm³, respectivamente, ou seja, estes contaminantes são mais leves que a água e portanto flutuam sobre a mesma.

III.3. TECNOLOGIAS DE REMEDIAÇÃO

De todas as tecnologias existentes para remediar áreas contaminadas, somente algumas podem ser aplicadas para remoção de LNAPL derivado de derramamento ou vazamento de combustível. Elas podem ser, por exemplo: Barreira Hidráulica, *Pump and Treat*, Extração Multifásica (*MPE*), Oxidação Química, Extração de Vapores do Solo (*SVE*), *Air Sparging*, *Air Stripping*, Biopilhas, Biorremediação, *Soil Flushing*, *Bioventing*, Atenuação Natural, *Biosparging*, Dessorção Térmica e Fitorremediação (COUTINHO e GOMES, 2007).

Porém, algumas técnicas são raramente utilizadas, principalmente porque podem ser substituídas por outras mais simples, mais baratas ou mais acessíveis em termos de tecnologia disponível no mercado. Por essa razão, somente as mais comumente utilizadas serão aqui descritas para melhor entendimento.

III.3.1. BOMBEAMENTO E TRATAMENTO - *PUMP AND TREAT*

Trata-se da extração da água subterrânea por bombeamento, seu tratamento e descarte ou retorno da água tratada a montante do ponto de captação. É o método mais usado na prática no Brasil, e a mais antiga das técnicas de remediação. Sua aplicação é restrita à zona saturada, ou seja, serve somente para tratar a água subterrânea, e o sistema é composto por unidade externa de tratamento contendo caixa separadora de água e óleo e tanques de filtração e tratamento. A **Figura 01** a seguir mostra um esquema simplificado do sistema *Pump and Treat*.

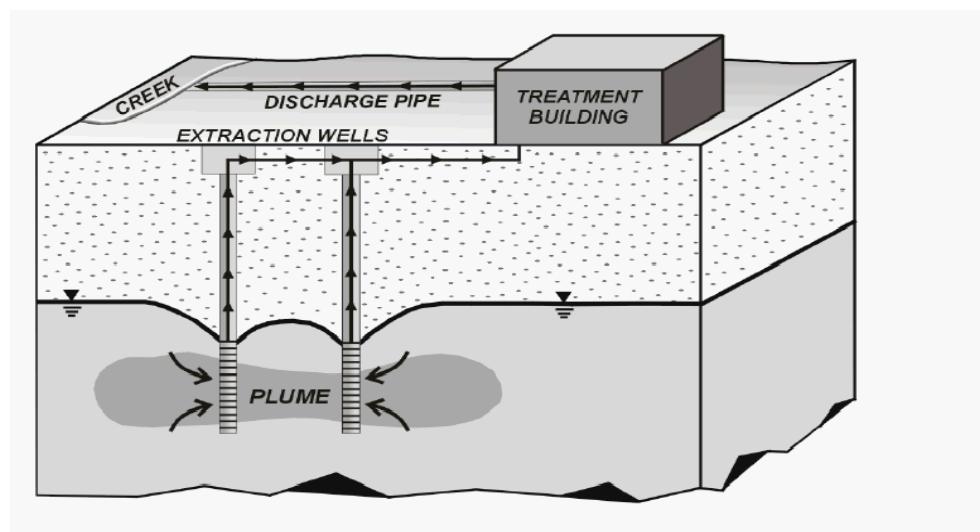


Figura 01: Esquema simplificado de um sistema *Pump and Treat*. (Fonte: EPA, 2001)

III.3.2. EXTRAÇÃO MULTIFÁSICA - MULTI-PHASE EXTRACTION (MPE)

O sistema de extração multifásica combina as técnicas de bioventilação e remoção de massa a vácuo, possibilitando a extração da fase livre, fase vapor, fase dissolvida na matriz do solo e água subterrânea, estimulando o processo de biodegradação natural na zona não saturada. Ela ocorre por meio da instalação de um sistema de aspiração a vácuo, onde a mistura bombeada é direcionada para um tanque separador de líquidos e gases. A fração líquida é encaminhada para uma caixa separadora de água e óleo, e na sequência passa por um sistema de tratamento de fase dissolvida. Já o vapor extraído é normalmente direcionado para um sistema de tratamento composto por carvão ativado e posteriormente é lançado na atmosfera. O sistema possui um dispositivo de auto-operação a partir de *timers*, que devem ser ajustados para intervalos de tempo de operação que otimizem a extração do contaminante da zona não saturada (COUTINHO e GOMES, 2007). A **Figura 02** a seguir mostra um esquema simplificado do sistema MPE:

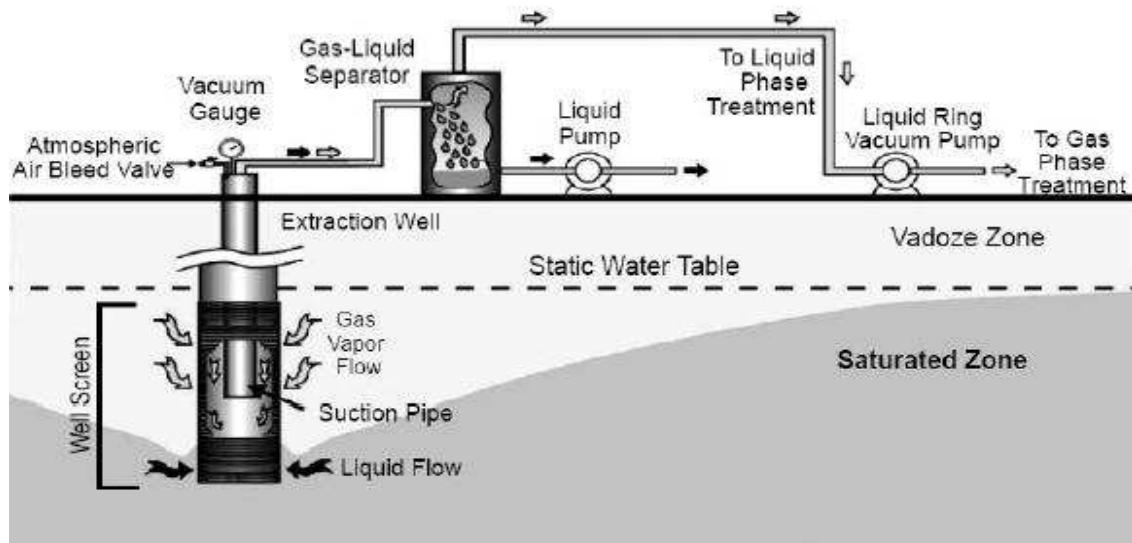


Figura 02: Esquema simplificado de um sistema MPE. (Fonte: MILANI, 2008)

III.3.3. EXTRAÇÃO DE VAPORES DO SOLO - SOIL VAPOR EXTRACTION (SVE)

Tecnologia de remediação *in-situ* utilizada para reduzir a concentração de compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes nas zonas não saturadas de solos. Tipicamente, um sistema SVE é constituído por um ou mais poços de extração, uma bomba a vácuo e uma unidade de tratamento de vapores, conforme ilustrado na **Figura 03** a seguir. A bomba a vácuo produz pressão negativa na zona vadosa, induzindo o ar do meio

poroso a fluir em direção aos poços de extração. O fluxo gerado aumenta a evaporação da fase líquida, volatilização dos contaminantes dissolvidos na água subterrânea e a dessorção dos contaminantes adsorvidos nas partículas de solo. O vapor extraído é então tratado para posterior descarte na atmosfera (SANCHES, 2009).

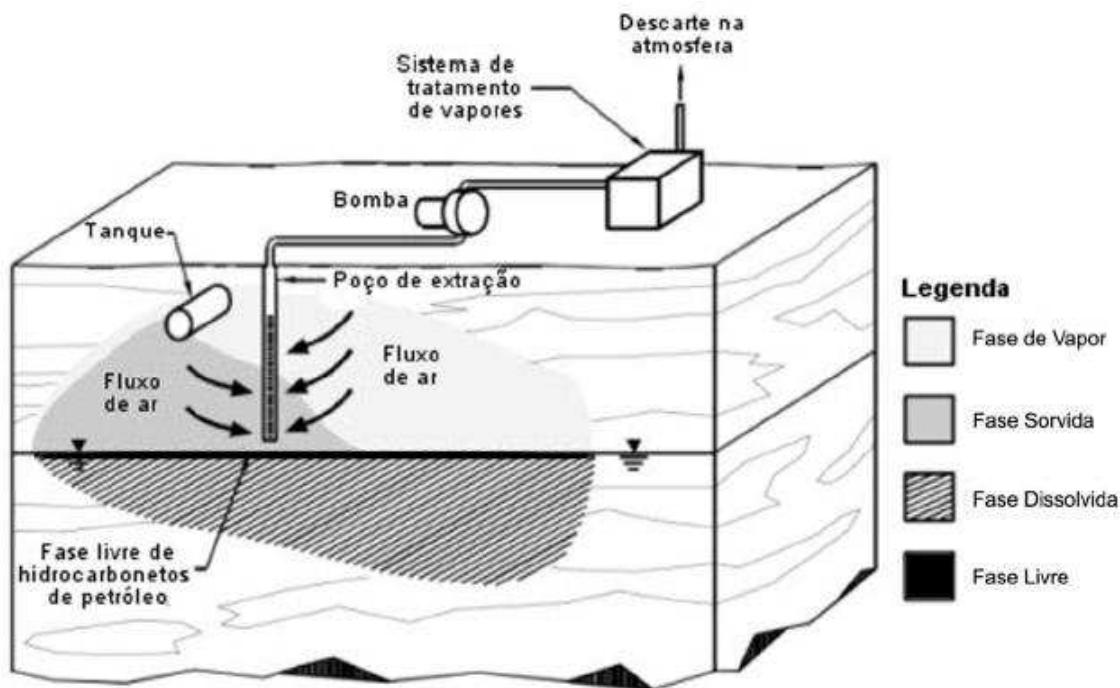


Figura 03: Sistema SVE típico. (Fonte: SANCHES, 2009)

III.3.4. AIR SPARGING

Tecnologia que introduz ar no aquífero contaminado para produzir borbulhamento na água e volatilizar os contaminantes. Pode ser aplicado, em ambos os horizontes: saturado e não saturado. O sistema pode também favorecer a biodegradação aeróbica de determinados compostos por incrementar a quantidade de oxigênio dissolvido nas águas do aquífero (*biosparging*). Para um melhor rendimento, o *Air Sparging* (AS) poderá ser utilizado associado à Extração de Vapores (SVE). Os grupos-alvo de contaminantes do *Air Sparging* são os COVs (compostos orgânicos voláteis) e combustíveis derivados de petróleo (COUTINHO e GOMES, 2007).. A Figura 04 a seguir mostra um esquema simplificado do sistema AS combinado ao SVE:

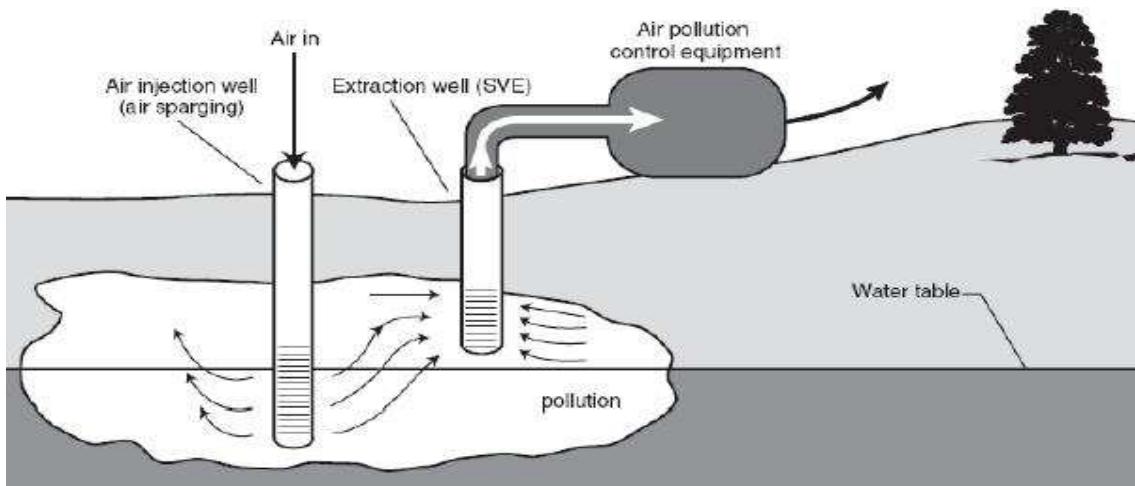


Figura 04: Esquema de um sistema AS combinado ao SVE. (Fonte: EPA, 2001)

III.3.5. BIORREMEDIADAÇÃO

Utiliza-se de técnicas naturais ou químicas para promover a remediação de uma área impactada, por meio da ação de microorganismos (bactérias e fungos) para degradar substâncias ou compostos perigosos aos seres humanos e transformá-los em substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade. Deve-se ter cuidado com esse tipo de remediação, pois as etapas intermediárias da biodegradação podem gerar substâncias mais tóxicas, tanto para o homem como para o meio ambiente. Para que as condições ideais sejam alcançadas, eventualmente, faz-se necessária a adição de ar, nutrientes ou outras substâncias, o controle da temperatura e umidade, além de quantidades extras de microorganismos (COUTINHO e GOMES, 2007).

III.4. BASES PARA SELEÇÃO DA TECNOLOGIA DE TRATAMENTO

De acordo com REDDI e INYANG (2000), para cada caso de contaminação, existe um número de opções de tratamento que poderiam ser aplicadas. Para ter certeza de que a decisão tomada é a melhor possível, existem certos critérios a serem levados em conta na hora desta seleção, que se destacam a seguir:

- 1) Aplicabilidade da tecnologia para as concentrações e composições dos contaminantes no sítio.

Este é o principal critério para a seleção da tecnologia de tratamento. A eficácia do sistema de tratamento pode variar com as mudanças nas condições das reações, com as concentrações do contaminante e composição dos mesmos. Informações

preliminares sobre os contaminantes presentes em uma área podem fornecer indicadores sobre a técnica de tratamento mais provável de funcionar.

2) Possibilidade de aumento da eficácia com a combinação de tecnologias de tratamento.

Algumas tecnologias podem ser selecionadas pela possibilidade de serem combinadas com outras, em uma cadeia de tratamento que é mais eficiente do que cada tecnologia aplicada separadamente. Cada uma delas pode ser eficiente somente para a remoção de um tipo de contaminante, em um intervalo de concentração específico, em função de condições ambientais pré-determinadas. Fora desses limites, a tecnologia auxiliar da cadeia de tratamento serviria para finalizar a remediação do local.

3) Características do sítio.

As características do local a ser tratado possuem uma importância significativa na determinação da eficiência da tecnologia. Tais características abrangem a permeabilidade ao ar, permeabilidade hidráulica, a condição de ocupação da área e do seu entorno, a estratigrafia, e a composição do solo.

4) Tempo de tratamento requerido.

Devido às diferenças na cinética dos processos envolvidos, diferentes tecnologias de tratamento requerem diferentes tempos de aplicação para serem finalizadas. No entanto, deve-se notar que o tempo das reações químicas e/ou físicas é apenas uma fração do tempo requerido para implementar uma tecnologia. O tempo também é necessário para a preparação do sítio, equipamentos e programas de segurança, além de ser um fator limitante caso exista alguma urgência devido à presença de altos riscos.

5) Aceitação regulamentar da tecnologia.

Algumas tecnologias podem ser favorecidas pelos órgãos competentes, tanto que o responsável por decidir quais alternativas de tratamento podem ser utilizadas possui um número limitado de opções.

6) Relação custo-benefício da tecnologia.

Na maioria dos casos este é um critério primordial. Caso os recursos fossem ilimitados, muitas tecnologias poderiam ser eficientes. O custo-benefício é uma boa

medida do retorno dos investimentos aplicados. A duração do tratamento também está relacionada com esta medida, pois afeta seu custo.

Para REDDI e INYANG (2000), com o objetivo de lidar com as incertezas a respeito da eficiência de tecnologias específicas para o tratamento de áreas contaminadas, estudos de viabilidade do tratamento são usualmente conduzidos em dois estágios antes de sua completa implementação em campo. Primeiramente, deve-se analisar uma série de parâmetros através do material contaminado amostrado em laboratório. Depois, baseado nos resultados obtidos, um dimensionamento utilizando relações entre os parâmetros encontrados deve ser realizado para estimar a eficiência da tecnologia na teoria antes da operação em campo.

A **Tabela 01** (adaptada de REDDY e INYANG, 2000) mostra a classificação de acordo com a facilidade de remoção da contaminação. Esta facilidade é influenciada pelas condições hidrogeológicas e pelas características químicas do contaminante no sítio, e é representada na tabela em uma escala de 1 a 4, onde 1 é a mais fácil e 4 a mais difícil de se remover. Vale ressaltar que esta escala utilizada na tabela não deve ser vista como fixa e objetiva, mas como um método flexível e subjetivo de avaliação da facilidade de remoção da contaminação de um sítio.

Tabela 01: Classificação da relativa facilidade de limpeza de águas subterrâneas contaminadas

Hidrogeologia	Química do Contaminante					
	Móvel, dissolvido (degrada/ volatiliza)	Móvel, dissolvido	Fortemente adsorvido, dissolvido (degrada/ volatiliza)	Fortemente adsorvido, dissolvido	Fases separadas LNAPL	Fases separadas DNAPL
Homogêneo, única camada	1	1-2	2	2-3	2-3	3
Homogêneo, múltiplas camadas	1	1-2	2	2-3	2-3	3
Heterogêneo, única camada	2	2	3	3	3	4
Heterogêneo, múltiplas camadas	2	2	3	3	3	4
Fraturado	3	3	3	3	4	4

IV. METODOLOGIA DO ESTUDO

Este estudo visa comparar a eficiência de remoção de contaminação de dois sistemas de remediação previamente escolhidos, baseando-se nos métodos de escolha apresentados anteriormente, e aplicados em um estudo de caso que será detalhado a seguir. A utilização de um estudo de caso fez com que os resultados do trabalho fossem os mais próximos da realidade, pois ele conta com dados reais de campo, e faz com que ele possa servir de base posterior para estudos semelhantes.

Baseado nas informações disponíveis sobre a investigação ambiental realizada no terreno contaminado, tais como histórico do local, suas cercanias, hidrogeologia, resultados de análises químicas e outras informações, foi feita a escolha de dois sistemas de remediação apropriados para seu tratamento. Serão apresentadas maiores características de seu funcionamento, detalhes de dimensionamento e os métodos para cálculo de suas eficiências, analíticos ou práticos, dependendo da sua disponibilidade.

Com isso, os dados de campo foram aplicados, chegando portanto a resultados que pudessem ser comparados entre si, para determinação do melhor sistema a ser utilizado.

IV.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Todos os dados relacionados ao Estudo de Caso foram retirados dos Relatórios de Avaliação Geoambiental Preliminar (CONTROLLAB, 2009a) e Investigação Geoambiental Complementar com Avaliação de Risco *RBCA Tier II* (CONTROLLAB, 2010).

IV.1.1. HISTÓRICO

Este estudo tem como base dados investigados em campo em um terreno onde funcionou durante aproximadamente 50 anos um posto de gasolina, no bairro da Tijuca, no município do Rio de Janeiro. Em meados de 2009, o empreendimento foi vendido para uma construtora, para construção de um edifício residencial.

O empreendimento oferecia os serviços de abastecimento por álcool e gasolina, e para isso possuía quatro tanques subterrâneos de paredes simples. Além disso, eram

oferecidos no local serviços de lavagem, troca de óleo, estacionamento e manutenção de veículos.

Foram realizados dois estudos de caráter ambiental no local. O primeiro ocorreu em Junho de 2009, quando foram realizadas 04 (quatro) sondagens e instalados 04 (quatro) poços de monitoramento, de onde foram coletadas amostras de solo e água subterrânea para análises químicas. Os resultados indicaram contaminação por HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) nas amostras de solo e água subterrânea.

Em Janeiro de 2010, após a aquisição do terreno pela construtora, foi realizado o processo de retirada de todo o Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASC), incluindo os quatro tanques de armazenamento, linhas de transporte e bombas de abastecimento de combustível. Durante a remoção, também foi detectada contaminação através da medição de COVs (compostos orgânicos voláteis) nas cavas. Com esta retirada, as fontes primárias de contaminação da área foram eliminadas.

Com o objetivo de delimitar a extensão da contaminação e avaliar se a mesma oferecia risco à saúde dos trabalhadores e residentes do entorno, deu-se início em Março de 2010 a uma Investigação Geoambiental Complementar, com realização de 06 (seis) novas sondagens e instalação de 06 (seis) novos poços de monitoramento. Durante a investigação, além das amostras de solo coletadas para análise de TPH (hidrocarbonetos totais do petróleo) e de água subterrânea para TPH, HPA e BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), foram coletadas uma amostra indeformada para determinação dos parâmetros físico-químicos do solo, tais como Massas Específicas Seca e Úmida, Porosidades Efetiva e Total, Umidade e Granulometria, e amostras amolgadas para análise de TOC (Teor de Carbono Orgânico: saturado e não-saturado) e pH.

Pensando em uma futura remediação, foram realizadas mais 10 (dez) sondagens e instalados mais 10 (dez) poços de monitoramento estrategicamente posicionados na área de maior concentração da contaminação, para facilitar o acesso à água subterrânea e aumentar a área de extração.

A **Figura 05** a seguir mostra o mapa com a localização dos poços dentro da área do empreendimento e a pluma de contaminação no terreno.

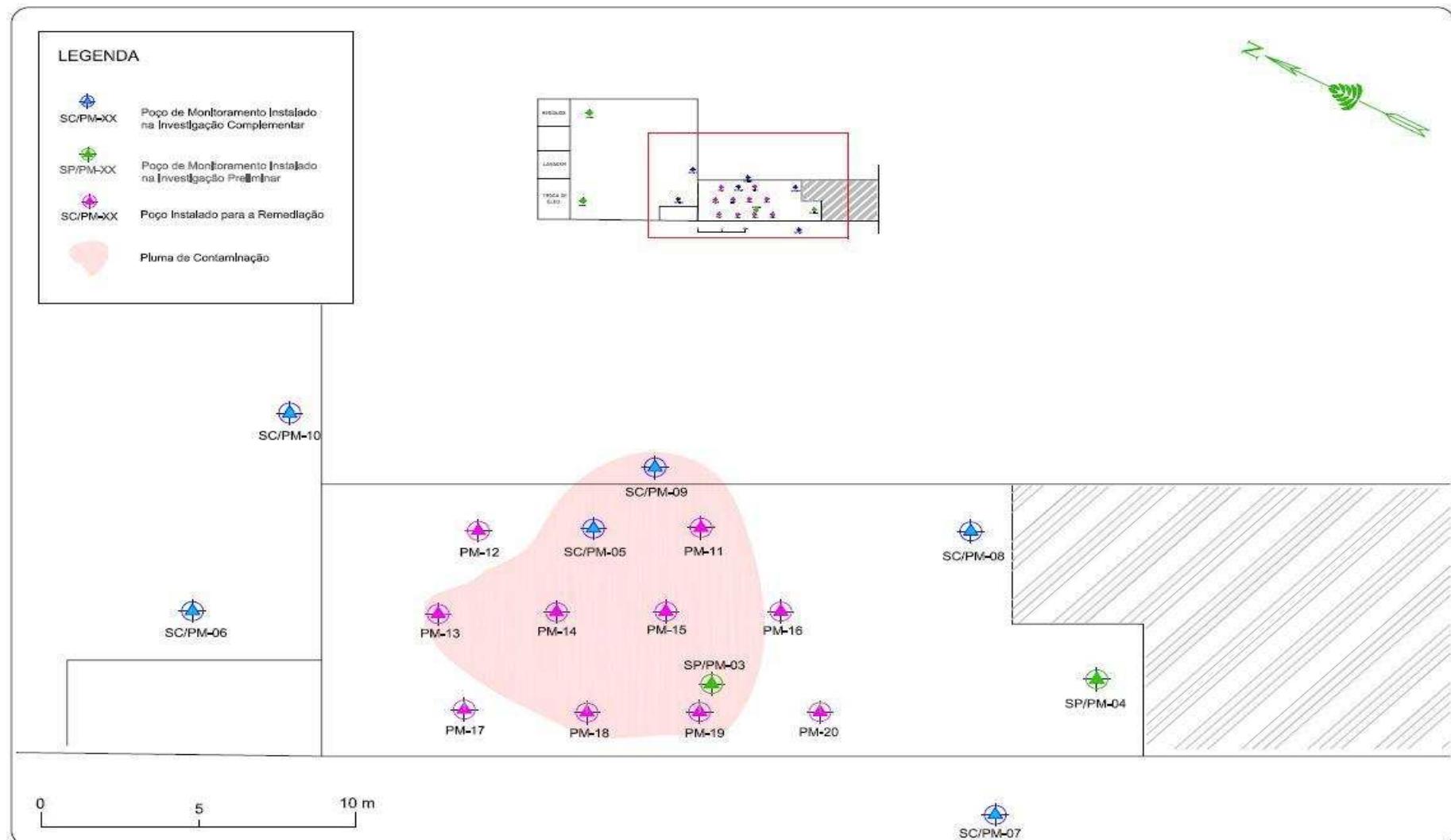


Figura 05: Pluma de Contaminação e Localização dos poços na área estudada (Fonte: Controllab, 2010).

IV.1.2. CARACTERIZAÇÃO DAS CERCANIAS

A área onde está situado o empreendimento é de ocupação majoritariamente residencial, com presença de galerias de fornecimento de água, condutoras de águas pluviais e esgoto sanitário. De acordo com a NBR 13786/2005 o empreendimento é classificado como Classe 2 devido à presença de habitações multifamiliares com mais de quatro andares em um raio de 100 metros ao redor do empreendimento.

IV.1.3. HIDROGEOLOGIA

O aquífero localizado na área de interesse é livre, e seu reabastecimento ocorre através da infiltração direta das águas das chuvas nas áreas próximas, onde não há impermeabilização, que são áreas onde o solo encontra-se exposto (gramados e terrenos sem pavimento), parcialmente exposto (calçamento de paralelos) e nas regiões arborizadas, sendo o Maciço da Tijuca a principal zona de recarga do aquífero. Por outro lado, o Rio Maracanã é a zona de descarga local.

Foram realizadas no local diversas sondagens a trado manual no intuito de determinar a constituição do solo e instalar poços de monitoramento, para coleta de amostras de água subterrânea e para medição do nível d'água. Os perfis das sondagens realizadas podem ser observados no **Anexo 01**.

As características construtivas dos poços instalados encontram-se na **Tabela 02** a seguir:

Tabela 02: Características construtivas dos Poços instalados

IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	PRÉ-FILTRO (cm)	SELO DE BENTONITA (cm)	SELO DE CIMENTO (cm)	BOCA DO POÇO (cm)	PROFUNDIDADE NA (cm)
SP/PM-01	118	45-148	20-45	15-20	0-15	52
SP/PM-02	50	25-50	20-25	15-20	0-15	32
SP/PM-03	253	70-283	30-70	15-30	0-15	136
SP/PM-04	282	70-312	30-70	15-30	0-15	139
SC/PM-05	288	70-318	30-70	15-30	0-15	136
SC/PM-06	285	70-315	30-70	15-30	0-15	130
SC/PM-07	300	70-330	30-70	15-30	0-15	127
SC/PM-08	330	70-360	30-70	15-30	0-15	145

Com base nos níveis d'água de cada poço de monitoramento e nas cotas relativas das bocas de cada um deles, foi possível determinar as suas cargas hidráulicas, e com isso foi definida a direção do fluxo da água subterrânea no local.

A **Tabela 03** a seguir apresenta as cargas hidráulicas calculadas para alguns dos poços de monitoramento instalados no local.

Tabela 03: Cargas Hidráulicas

IDENTIFICAÇÃO	COTA RELATIVA (m)	PROFUNDIDADE NA (m)	CARGA HIDRÁULICA (m)
SP/PM-01	100,14	0,52	99,62
SP/PM-02	100	0,32	99,68
SC/PM-03	100,15	1,36	98,79
SP/PM-04	100,62	1,39	99,23
SC/PM-05	100,19	1,36	98,83
SC/PM-06	100,09	1,3	98,79
SC/PM-08	100,5	1,45	99,05

Os resultados da análise laboratorial das amostras indeformadas, saturada e não saturada, coletadas para obtenção dos parâmetros físico-químicos do solo, se encontram na **Tabela 04**. Ela mostra valores de massa específica, porosidade efetiva e total, umidade, TOC e pH, além da granulometria do solo. Este é constituído, na sua maioria, por material arenoso, de coloração cinza. A porcentagem de areia e argila do solo é variável ao longo da área do empreendimento e em alguns locais foi identificado um solo argilo-arenoso.

A **Figura 06** a seguir apresenta a planta do local com o sentido do fluxo de águas subterrâneas indicado.

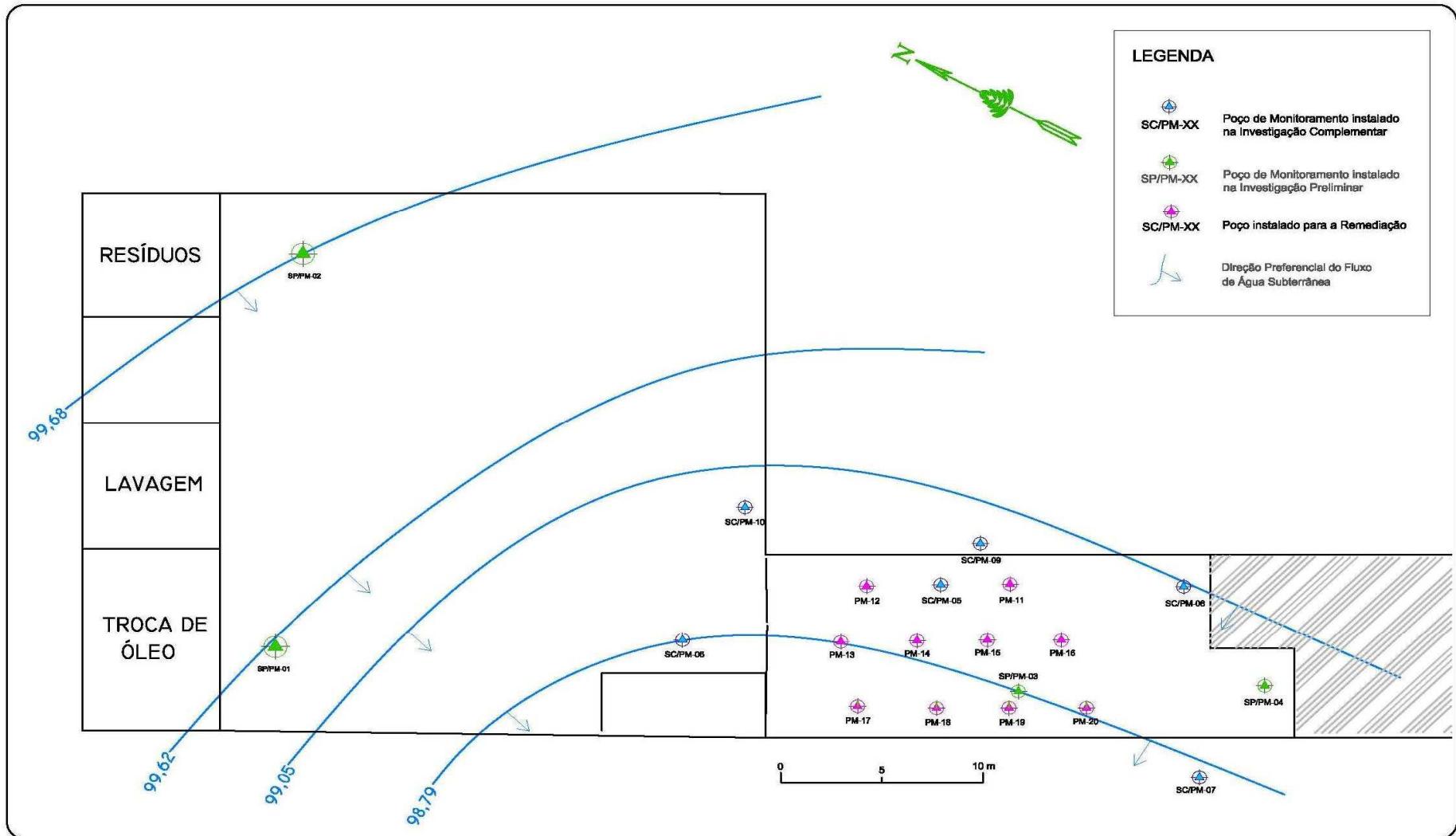


Figura 06: Planta potênciométrica, indicando o sentido do fluxo das águas (Fonte: Controllab, 2010).

Tabela 04: Índices Físicos da Amostras de Solo Indeformada, Saturada e Não-saturada

AMOSTRA INDEFORMADA	UNIDADES	VALORES OBTIDOS
Massa Específica Aparente Seca	g/cm ³	1,91
Massa Específica Aparente Úmida	g/cm ³	2,13
Porosidade Efetiva	%	12,4
Porosidade Total	%	30,8
Umidade	%	10,0
AMOSTRA SATURADA		
TOC	mg/kg	2523
pH	-	7,38
AMOSTRA NÃO-SATURADA		
TOC	mg/kg	1582
pH	-	7,76
GRANULOMETRIA		
Cascalho e Outros (>2mm)		14,7%
Areia Grossa (2mm a >0,6mm)		31,1%
Areia Média (0,6mm a >0,2mm)		23,9%
Areia Fina (0,2mm a >0,06mm)		15,2%
Silte (0,06 a >0,002mm)		6,6%
Argila (≤0,002mm)		8,6%

Além disso, foi realizado um ensaio de permeabilidade (*Bail Test*) em um poço selecionado (SC/PM-06). Este ensaio, de caráter pontual, foi conduzido em conformidade com as diretrizes da Associação Brasileira de Geologia e Engenharia – ABGE, com finalidade de determinar o coeficiente de permeabilidade do subsolo da área investigada e a velocidade do fluxo de água subterrânea.

A partir do ensaio realizado, no poço de monitoramento instalado, foi obtido um coeficiente de permeabilidade igual a $5,95 \times 10^{-7}$ m/s e a velocidade de fluxo de água subsuperficial foi igual a 5,05 m/ano. Os cálculos podem ser observados no **Anexo 02**.

IV.1.4. CONTAMINAÇÃO IDENTIFICADA

De acordo com os resultados obtidos nas Investigações Preliminar e Complementar, foram verificadas, na área do empreendimento, concentrações de TPH em amostras de solo superiores ao valor de referência estabelecido pela FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente), atual INEA, coletadas nos poços SP/PM-03, SC/PM-05 e SC/PM-08.

Em relação à água subterrânea, foram obtidos valores superiores aos limites de intervenção para os compostos Benzeno, do grupo BTEX, Naftaleno e Criseno, do grupo HPA, e para TPH total, nas amostras coletadas nos poços SP/PM-03, SC/PM-05 e SC/PM-09.

A presença de contaminação acima dos valores de intervenção indica que a área deve ser remediada. Basta agora decidir a melhor técnica a ser utilizada.

O **Anexo 03** apresenta os Laudos das Análises Químicas realizadas nas amostras de solo e de água subterrânea no sítio, coletadas em todos os poços instalados, em ambos os estudos (Preliminar e Complementar).

IV.2. SISTEMAS DE REMEDIAÇÃO ESTUDADOS

Para analisar o melhor sistema a ser aplicado no caso descrito acima, decidiu-se escolher dois sistemas de remediação diferentes e dimensionar suas eficiências, baseando-se nos dados de campo disponíveis e equações analíticas para cada caso. A escolha das opções a serem utilizadas foi realizada com base nos critérios apresentados no ítem III.4 deste estudo.

Os sistemas selecionados foram o *Pump and Treat* – Bombeamento e Tratamento, e o *Multi Phase Extraction (MPE)* – Extração Multifásica. A seguir serão apresentados os critérios utilizados para a escolha dos sistemas.

- Aplicabilidade da tecnologia para as concentrações e composições dos contaminantes no sítio: Como foi mencionado anteriormente (item II.3), somente algumas tecnologias podem ser aplicadas para remoção de LNAPL. Dentre as principais citadas na literatura, por exemplo em BARBOSA (2010) e COUTINHO e GOMES (2007), encontram-se as técnicas escolhidas, pois são voltadas para remediação de água subterrânea, e seu sistema de descontaminação por carvão ativado é aplicável para a contaminação por hidrocarbonetos de petróleo em questão.
- Possibilidade de aumento da eficácia com a combinação de tecnologias de tratamento: No caso do *Pump and Treat*, este pode ser combinado com um sistema de tratamento de voláteis, como por exemplo um *SVE* (*Soil Vapor Extraction*), para

objetivar os tratamentos de água e gases voláteis, como é feito no sistema *DPE*, uma das variações do *MPE* (BARBOSA, 2010), detalhada na seção IV.2.2.

- Características do sítio: O sítio apresentado no estudo de caso possui um solo relativamente permeável ($k=5,95 \times 10^{-7}$ m/s), tornando possível e viável o bombeamento de água subterrânea, pois a água passa facilmente por seus poros (vazios do solo). Se a condutividade hidráulica do solo fosse muito baixa, seria melhor aplicar uma tecnologia de tratamento *in-situ*, visto que a remoção da água, e consequentemente do contaminante, seria dificultada.
- Tempo de tratamento requerido: Este é um dos fatores a ser estimado pelo estudo em questão, mas estudos anteriores (CONTROLLAB, 2010) indicam que a remediação da água subterrânea, contaminada por hidrocarbonetos derivados do petróleo, por técnicas que envolvem bombeamento e tratamento, tem uma duração média de 6 meses a um ano, dependendo do tamanho da contaminação (extensão e raio da pluma) e das características hidrogeológicas do local.
- Relação custo-benefício da tecnologia: por se tratar de tecnologias com alta eficiência de remoção de contaminante de um modo geral, possuem um bom fator custo-benefício se comparadas com técnicas de tratamento *off-site* como incineração ou escavação e tratamento (NOBRE e NOBRE, 2007).
- Aceitação regulamentar da tecnologia: Ambas as tecnologias são aceitas pelos órgãos regulamentares pertinentes (no caso do Rio, o INEA, antiga FEEMA), desde que seu projeto, operação e manutenção/controle estejam de acordo com os procedimentos estabelecidos pelos órgãos competentes (FEEMA, 2004).

A seguir serão apresentadas as principais características, maiores detalhes do funcionamento, e as vantagens e desvantagens dos dois sistemas escolhidos.

IV.2.1. *PUMP AND TREAT*

A técnica “*Pump and Treat*” é considerada a técnica de remediação de água subterrânea mais tradicional (CETESB, 2001), e tem como principal objetivo à remoção de produto em fase livre e tratamento da fase dissolvida *on-site*.

O intuito é criar cones de rebaixamento com raios de influência que atinjam os pontos que apresentam contaminação, seja por produto em fase livre ou dissolvida (CONTROLLAB, 2008). Estes cones de rebaixamento criados são representados por uma queda de altura no nível de água ou rebaixamento (s), máximo junto à parede do poço, e pelo raio de influência do poço, que corresponde ao raio da base do cone de depressão (BARBOSA, 2010).

O sistema de bombeamento pode ser composto por uma bomba ligada aos poços de bombeamento por mangueiras, que são afogadas dentro dos poços com o objetivo de bombear a água subterrânea. Bombas pneumáticas também podem ser utilizadas para realizar o rebaixamento da água subterrânea e a subsequente captação da água contaminada. Os poços são formados por tubos ranhurados, com filtros, para permitir a passagem de água e impedir a migração de partículas sólidas para seu interior que podem danificar o sistema de captação e tratamento.

A segunda etapa da remediação por *Pump and Treat* é o tratamento, feito na superfície e próximo aos poços de extração, onde a água bombeada é dirigida para o Sistema de Tratamento. Este é normalmente composto por caixa separadora de água e óleo, onde ocorre a separação do produto sob a forma de fase livre da água, e filtro de água utilizando carvão ativado como elemento filtrante, que tem a finalidade de adsorver hidrocarbonetos contaminantes. Essa segunda etapa tem como objetivo garantir a eficácia do tratamento da água bombeada (CONTROLLAB, 2008).

Finalizado o tratamento a água é então descartada conforme os procedimentos recomendados pelos órgãos ambientais competentes (reinjeção ou descarte na caixa separadora de água e óleo do empreendimento, caso exista esta instalação no local) e o produto recuperado é destinado para tratamento avançado em outra unidade.

O posicionamento dos poços de extração depende do objetivo pretendido. Quando o objetivo é eliminar o máximo possível de contaminantes, os poços são geralmente posicionados imediatamente a jusante da fonte de contaminação ou no núcleo mais concentrado da pluma. Se o objetivo for conter o avanço da frente da pluma, para evitar impactos a receptores sensíveis, nos casos em que a pluma esteja migrando para fora dos limites da área, ou esteja próxima ou já atingindo um receptor, os poços são locados nos limites da pluma de contaminação (CETESB, 2001).

A **Figura 07** a seguir mostra o desenho esquemático deste sistema de remediação.

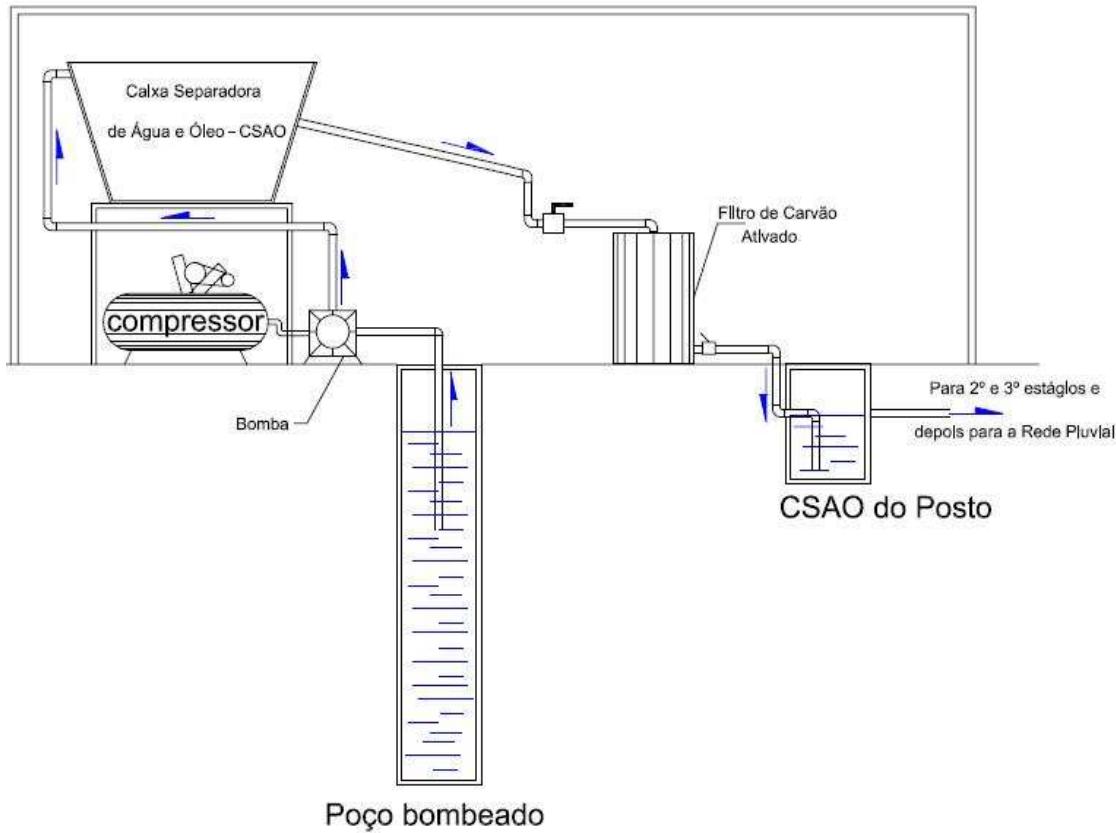


Figura 07: Desenho esquemático do Sistema *Pump and Treat* (Fonte: Controllab, 2008)

IV.2.2. MPE – MULTI PHASE EXTRACTION

Esta técnica visa a extração simultânea (em um mesmo poço) dos voláteis da zona não saturada (COVs) e da água subterrânea contaminada, daí o nome de extração multifásica. Ela consiste na combinação de duas técnicas de remediação conhecidas: extração de vapor e extração de fase líquida, abrangendo assim, as áreas saturada e não saturada do solo (CONTROLLAB, 2009).

A extração pode ser feita de duas maneiras: o líquido e o gás são bombeados por uma única tubulação e bomba (*Two Phase Extraction* ou *TPE*), ou cada fase é retirada por uma tubulação e bombas diferentes (*Dual Phase Extraction* ou *DPE*). Este segundo tipo é uma união dos sistemas *Pump and Treat* e *SVE*.

Sistemas de extração multi-fásicos são também efetivos na remoção de fase livre em subsuperfície, através da redução dos contaminantes nas zonas saturada e não saturada. Estes sistemas são normalmente projetados para maximizar as taxas de

extração, mas a tecnologia também estimula a biodegradação dos contaminantes na zona não saturada através do fornecimento de oxigênio. Esse processo é chamado de *Bioventing* (MILANI,2008).

O sistema a ser utilizado neste estudo será o *TPE*, onde a extração do ar e da água é feita por uma tubulação única. Neste caso, o sistema funciona com aplicação de vácuo através de uma bomba radial que promove um gradiente hidráulico negativo o qual é transmitido ao poço de extração, resultando assim numa pressão negativa. Os vapores e líquidos do subsolo (vapores, fase livre e dissolvida e água subterrânea) fluirão em decorrência desse processo, para o interior do poço de extração e posteriormente para o sistema de tratamento localizado na superfície.

Os poços de extração são equipados com uma ponteira reguladora, onde sua posição depende do objetivo da remediação (mais voláteis ou mais líquido). O conjunto ar + água é succionado e direcionado ao tanque de vácuo, sendo então separado pela ação da gravidade e as fases ficam dispostas da seguinte forma: o líquido, mais denso, fica armazenado na parte inferior do tanque e o vapor, mais leve, é direcionado pelo compressor ao filtro de ar.

O filtro de ar é composto por uma coluna de carvão ativado que, por adsorção, retém os contaminantes, principalmente os compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes no vapor extraído. Este é posteriormente liberado para atmosfera, a uma altura superior a 6 (seis) metros da superfície, já livre dos COVs.

A fase líquida que foi separada da fase vapor e estava armazenada no tanque de vácuo é então direcionada para a caixa separadora de água e óleo (CSAO) por meio de uma bomba de transferência, onde o contaminante em fase livre (Óleo, Óleo diesel, Gasolina, etc.) é separado da fase dissolvida e armazenado em tanques metálicos denominados de Tanques Produto.

Terminada a passagem pela CSAO, a fase dissolvida é normalmente direcionada a dois estágios de filtragem, utilizando para isso filtros de água cujo carvão ativado também é usado como elemento filtrante, garantindo assim, maior eficiência do Sistema de Tratamento. Finalizado o tratamento, a água é descartada conforme os procedimentos recomendados pelos órgãos ambientais competentes (reinjeção ou descarte na caixa separadora de água e óleo do empreendimento, caso exista).

O sistema usualmente opera 24 horas por dia utilizando painel de comando elétrico, contendo um *timer* que configura o período ocioso e de funcionamento do compressor, responsável pela geração de vácuo nos poços de extração, e da bomba de transferência. Este *timer* é configurado durante o teste piloto (teste de funcionamento do Sistema de Remediação) de forma a adaptar o sistema às condições do local (CONTROLLAB, 2009).

A **Figura 08** a seguir mostra o desenho esquemático deste sistema de remediação.

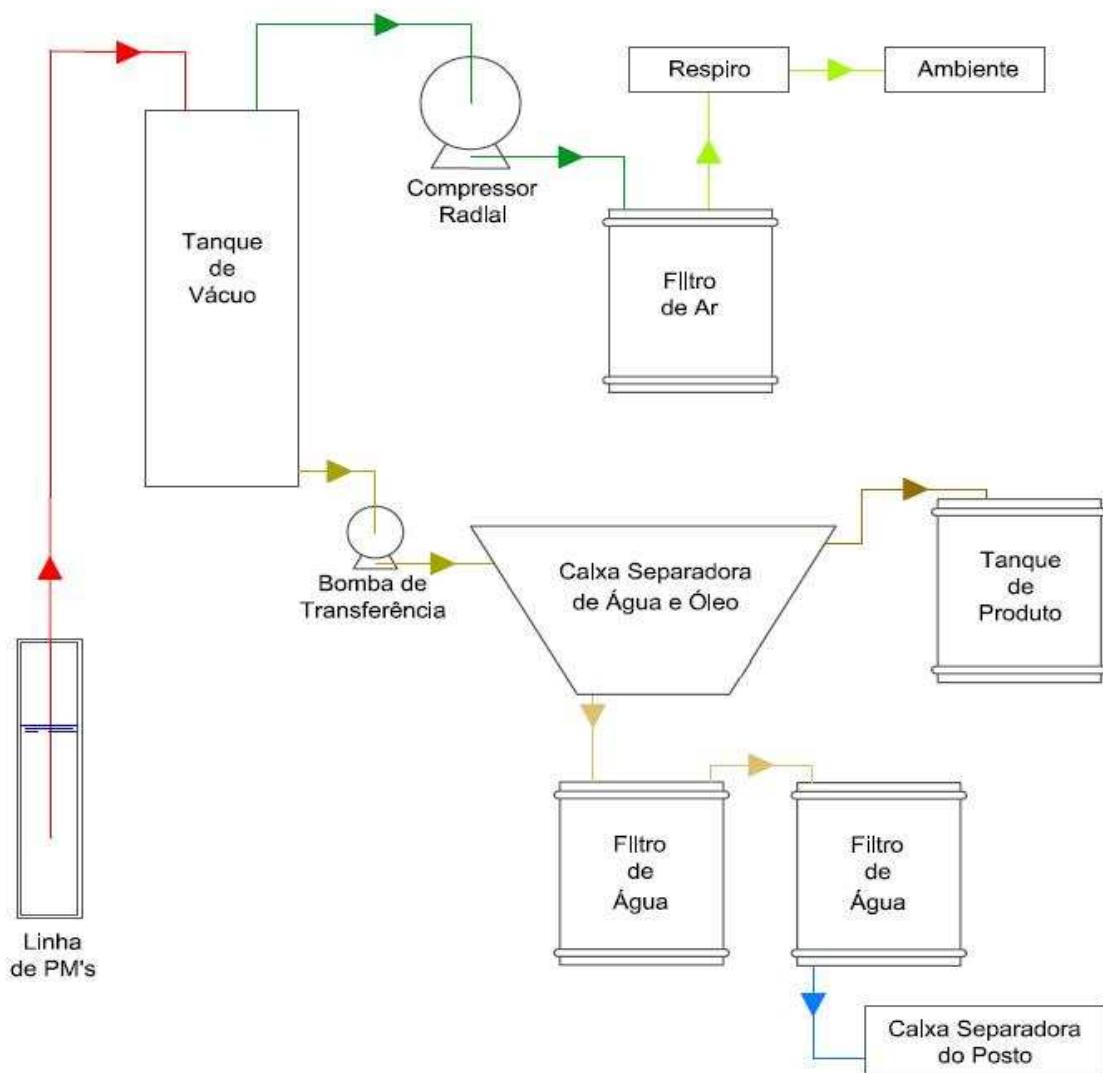


Figura 08: Desenho esquemático do Sistema MPE (Fonte: Controllab, 2009)

A seguir, serão apresentados os métodos que podem ser utilizados para o cálculo das eficiências dos dois sistemas escolhidos.

IV.3. MÉTODOS PARA O CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DE CADA SISTEMA

Para calcular as eficiências dos Sistemas *Pump and Treat* e *MPE* na remoção da contaminação dissolvida encontrada no sítio investigado, foram obtidos parâmetros para o cálculo do tempo de remediação e volume de contaminante removido. Isto porque tais informações apresentam grande importância na determinação das eficiências dos sistemas, e servirão como unidade de comparação entre os dois sistemas escolhidos para este estudo.

A seguir serão apresentados os métodos utilizados no cálculo de tais parâmetros, para cada sistema de remediação ambiental.

IV.3.1. SISTEMA *PUMP AND TREAT*

Para o Sistema *Pump and Treat* foram utilizados Modelos Analíticos encontrados em livros e teses relacionados ao assunto. A seguir, serão apresentados tais modelos e especificadas suas parcelas.

A) Cálculo da Taxa de Bombeamento (Q)

A vazão de bombeamento de um poço de extração pode ser calculada com o uso da equação de *Theis* com correção de *Cooper and Jacob* (1946), apresentada abaixo:

$$Q = \left(\frac{sT 4\pi}{2,3} \right) \cdot \left[\frac{1}{\log(2,25Tt / r_w^2 S)} \right] \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q = taxa de bombeamento de um poço (m^3/s)

s = rebaixamento do nível d'água no poço (m)

T = transmissividade do aquífero (m^2/s)

t = duração do bombeamento (s)

r_w = raio do poço (m)

S = coeficiente de armazenamento do aquífero (adimensional)

A escolha da equação de *Theis* com correção de *Cooper e Jacob* (1946) se deve à sua melhor aplicabilidade ao caso em questão dentre todas as equações de fluxo. Ela

é aplicável para aquíferos livres com rebaixamento (s) menor que 25% (FEITOSA e FILHO, 2000) e gradiente hidráulico regional menor que 0,001 (REDDY e INYANG, 2000), que é o caso do aquífero em questão no estudo. Esta equação foi retirada do Manual de Engenharia do Exército Norte Americano EM 1110-1-4010, capítulo 5 (US ARMY, 1999).

A seguir, serão detalhados alguns dos parâmetros apresentados na equação.

- Taxa de bombeamento (Q):

A taxa de bombeamento é igual à vazão da bomba que está extraíndo a água subterrânea, ou seja, igual à sua capacidade de extração. Como a bomba é normalmente utilizada para vários poços ao mesmo tempo, a taxa de bombeamento de um único poço (Q) será a vazão total dividida pelo número de poços utilizados no sistema, sem contar a perda de carga sofrida na tubulação.

- Rebaixamento do nível d'água no poço (s):

O rebaixamento do nível d'água (s) é a diferença observada entre os níveis dinâmico e estático quando se procede a extração de água subterrânea por bombeamento (LNEG, 2004). Sendo assim:

$$s = H_0 - H \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

H = nível estático medido a partir da boca do poço (m)

H_0 = nível dinâmico medido a partir da boca do poço (m)

- Transmissividade do aquífero (T):

A transmissividade do aquífero (T) é um parâmetro hidrogeológico que corresponde à capacidade de um meio em transmitir água. Ela pode ser definida como a quantidade de água que escoa através da seção vertical do aquífero quando se diminui a carga hidráulica de uma unidade e é geralmente expressa em m^2/dia ou cm^2/s . Ela é calculada através do produto da condutividade hidráulica pela espessura do aquífero (LNEG, 2004):

$$T = K \times b \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

K = condutividade hidráulica (m/s)

b = espessura saturada do aquífero (m)

a) Cálculo de K:

$$K = \frac{r^2 \times \ln(L/R)}{2 \times L \times T_0} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

r = raio do poço (m)

R = raio da sondagem (m)

L = comprimento do filtro do poço (m)

T_0 = tempo de recuperação até que o nível d'água atinja 37% do nível inicial do ensaio (s), obtido graficamente pela relação $[(H - h)/(H - H_0)] \times t$

H = nível estático (m)

H_0 = nível dinâmico (m)

h = nível d'água a um determinado tempo t (m)

t = tempo (s)

Tal equação para o cálculo da condutividade hidráulica (ou permeabilidade) foi obtida pelo Método de Hvorslev (1951), aplicado para aquíferos confinados e livres, homogêneos, isotrópicos, de espessura uniforme e baixo gradiente hidráulico (FIORI, 2010).

b) Cálculo de b:

É a espessura da porção do aquífero onde todos os poros ou espaços vazios estão preenchidos com água (LNEG, 2004).

- Coeficiente de armazenamento (S):

O coeficiente de armazenamento (S) é um parâmetro hidrogeológico adimensional que corresponde ao volume de água liberado ou armazenado por uma coluna de aquífero de altura igual à sua espessura e seção unitária, ao diminuir ou aumentar a carga hidráulica (nível piezométrico) de uma unidade (LNEG, 2004).

B) Cálculo do Tempo de Remediação (t)

O modelo matemático utilizado para estimar o tempo necessário para remover um certo volume de contaminação, a uma determinada vazão, é apresentado a seguir (DOMENICO e SCHWARTZ, 1998):

$$t = \frac{R_f \times \Delta_V}{Q_T} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

R_f = fator de correção ou de retardamento (adimensional)

Δ_V = volume de água subterrânea contaminada removida (L)

Q_T = taxa de bombeamento do sistema de extração (L/s)

t = tempo de bombeamento (ou de remediação) (s)

A seguir, serão detalhados alguns dos parâmetros aqui apresentados.

- Volume de água subterrânea contaminada removida (ΔV):

Este volume se refere à quantidade de água contaminada removida após o período de tempo t .

- Taxa de bombeamento do sistema de extração (Q_T):

É simplesmente o somatório de todas as taxas de bombeamento de cada poço calculado anteriormente, ou seja, o número de poços de bombeamento multiplicado pela taxa de bombeamento de cada poço. Logo:

$$Q_T = \sum Q \quad (\text{Equação 6})$$

- Fator de correção ou retardamento (R_f):

O fator de correção ou de retardamento pode ser expresso da seguinte maneira:

$$R_f = 1 + \frac{\rho_d}{\theta} \times K_d \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

ρ_d = massa específica aparente seca (g/cm³)

θ = teor de umidade volumétrico (%)

K_d = coeficiente de distribuição do contaminante (ml/g ou cm³/g)

O teor de umidade volumétrico (θ) representa a percentagem de água no solo, e pode ser calculado da seguinte maneira:

$$\theta = w \times \frac{\rho_d}{\rho_w} \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

w = teor de umidade gravimétrico (%)

ρ_w = massa específica da água (g/cm³)

Os valores para a umidade (w) e massa específica aparente seca (ρ_d) são obtidos através da análise física da amostra indeformada.

O coeficiente de distribuição do contaminante (K_d) indica a partição da massa total de um poluente por unidade de volume do meio poroso, entre a massa de soluto adsorvida na superfície dos grãos e a massa do poluente que permanece em solução na fase líquida (LNEG, 2004). Ele é geralmente obtido em medições de sorção em laboratório como nos ensaios de batelada, mas pode ser estimado usando a seguinte equação (REDDI e INYANG, 2000):

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

K_{oc} = coeficiente de partição do composto orgânico (ml/g)

f_{oc} = fração de carbono orgânico em materiais do aquífero

O parâmetro K_{oc} pode ser estimado de outras constantes, tais como a solubilidade ou o coeficiente de partição octanol-água de compostos orgânicos. São abundantes as referências bibliográficas que apresentam esses valores para os diferentes compostos orgânicos (REDDI e INYANG, 2000).

Quanto ao f_{oc} , este varia em geral de 0,02% a 1% para areias e de 1% a 8% para solos superficiais com presença de vegetação (que geralmente contêm argila) (REDDI e INYANG, 2000).

C) Cálculo da Taxa de Extração de Ar (Q_v)

Como o sistema *MPE* trata, além da água subterrânea, os voláteis presentes nos vazios do solo, seria interessante estimar a taxa de extração de ar para o caso de ser utilizado um sistema *SVE* (*Soil Vapor Extraction* ou Extração de Vapores do Solo) em conjunto com o sistema *Pump and Treat*. Na verdade, a comparação entre os dois sistemas só seria completa se houvesse esta configuração em campo, pois os dois modelos de remediação tratariam os mesmos contaminantes.

A equação a seguir pode ser usada para estimar a taxa de extração de ar de um poço em situações nas quais a superfície do solo é impermeabilizada (adaptado de US ARMY, 1999):

$$Q_v = \frac{\pi \times r^2 \times z \times \eta_a}{t_{ex}} \times \left(\frac{P_w}{P_{atm}} \right) \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Q_v = taxa volumétrica de extração de ar (m^3/s)

r = raio da zona de tratamento (m)

z = espessura da zona vadosa (m)

η_a = poros preenchidos por ar (adimensional)

t_{ex} = tempo necessário para uma troca de volume dos poros (s)

P_w = pressão aplicada pela bomba de vácuo (atm)

P_{atm} = pressão máxima no ar do solo sem aplicação de vácuo (atm)

A seguir, serão detalhados alguns dos parâmetros aqui apresentados.

- Raio da zona de tratamento (r):

Representa o raio médio da pluma de contaminação, visto que sua forma não é exatamente circular. É medido na planta com representação da pluma de contaminantes.

- Espessura da zona vadosa (z):

Representa a espessura não saturada do solo, ou seja, a medida de profundidade de solo até o nível d'água (LNEG, 2004).

- Poros preenchidos por ar (n_a):

Este parâmetro está sendo estimado como sendo um percentual dos vazios interconectados do solo, preenchidos com ar. Uma maneira simplificada de obter esse valor é multiplicando-se o grau de saturação ao ar (S_{ar}) pela porosidade efetiva do solo (η_e), conforme expresso na equação abaixo:

$$\eta_a = S_{ar} \times \eta_e \quad (\text{Equação 11})$$

- Tempo necessário para uma troca de volume dos poros (t_{ex}):

Simplificadamente, está sendo considerado que esse tempo corresponde ao tempo necessário para o ar percorrer verticalmente a zona vadosa. Pode ser obtido através da seguinte relação (equação 12), sendo K_{ar} a permeabilidade do solo ao ar e z a espessura da zona vadosa apresentada anteriormente.

$$t_{ex} = z / K_{ar} \quad (\text{Equação 12})$$

Pode-se observar que a equação 10 apresentada é multiplicada por um fator de segurança indicado pelo termo P_w / P_{atm} (JOHNSON *et al.*, 1990). Isto se deve ao fato de que a equação 10 (sem o termo P_w / P_{atm}) refere-se à taxa de fluxo de ar na pressão atmosférica (US ARMY, 2002). Esse fator de segurança foi introduzido com o intuito de se considerar a pressão de vácuo aplicada no solo para estimular a extração de gases. É importante ressaltar que, para a validade da equação, está sendo considerado que o fluxo é incompressível.

IV.3.1. SISTEMA MPE

Na configuração *TPE* (*Two Phase Extraction*) do sistema *MPE* ocorre um fluxo radial unidimensional, composto por ar (gases voláteis) e água contaminada extraídos a partir de uma tubulação única. Portanto, o cálculo do fluxo de extração deve incluir a

retirada de ambas as fases juntas. Porém, não foi encontrado nenhum Modelo Analítico para o cálculo da taxa de extração conjunta no caso da configuração *TPE*.

Uma das razões de não terem sido encontrados modelos que representem essa extração conjunta pode estar relacionada à dificuldade de se determinar a quantidade exata de líquido e de gás que estão sendo retirados, separadamente. Esta quantidade vai depender não só da taxa de extração da bomba utilizada, mas da posição das mangueiras de extração dentro dos poços. Se a mangueira estiver levemente afastada do nível de água, vai retirar somente ar, e se ela estiver um pouco afogada, deve retirar líquido até o nível d'água ser rebaixado e a mangueira ficar exposta, onde passará a retirar somente ar. Pode acontecer ainda dela estar tão afogada que o rebaixamento não seja suficiente para expor a mangueira, que continuará extraíndo somente líquido.

A conclusão a que se chega é que a taxa depende da posição que se coloca a mangueira dentro do poço de extração, e por isso não há modelos analíticos disponíveis que consigam dimensionar a taxa de cada fase sendo extraída.

Por esta razão, para que a comparação entre as eficiências fosse feita, decidiu-se estudar em campo a tecnologia do *TPE* no sítio escolhido como estudo de caso, para então obter tal eficiência de maneira prática.

A) Montagem do Sistema

Para montagem do Sistema *MPE*, 11 (onze) poços de extração foram estrategicamente selecionados para fazer parte da remediação. Isso porque eles se encontram dentro ou próximos da pluma de contaminação, objetivando uma maior eficiência na remoção do contaminante e impedindo que ele se desloque para fora da área do empreendimento, formando uma espécie de barreira hidráulica. A responsável pela configuração e montagem do sistema foi a empresa que está conduzindo o processo de remediação no local.

Os poços selecionados foram os seguintes: SC/PM-05, PM-11, PM-12, PM-13, PM-14, PM-15, PM-16, PM-17, PM-18, PM-19, PM-20. Um esquema mostrando a localização do sistema de tratamento do *MPE* e linhas de extração pode ser observado na **Figura 09** a seguir.

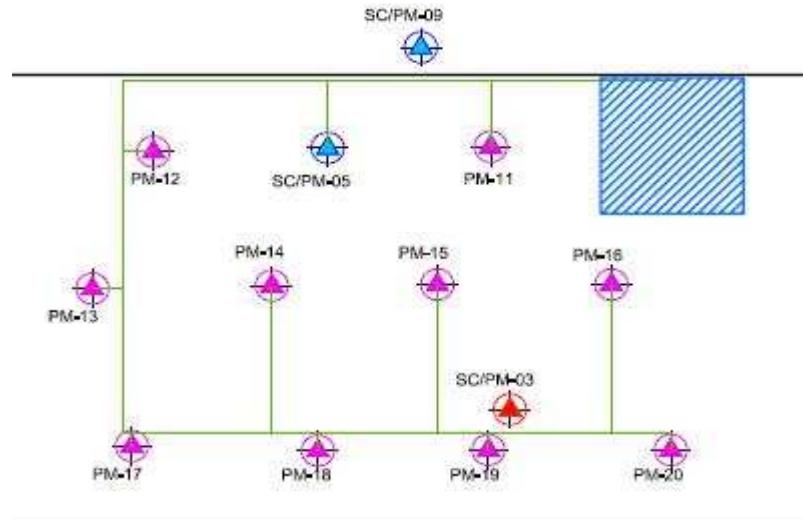


Figura 09: Localização do Sistema MPE e linhas de extração

A montagem do Sistema de Remediação Ambiental contemplou a mobilização e transporte de equipamentos, adaptação dos poços existentes, passagem das linhas de extração e conexão de todas as partes do sistema. O esquema de funcionamento do sistema pode ser observado na Figura 08, apresentada na seção IV.2.2.

Regularmente, foram medidos os níveis de água e volume de água tratada, além de medição da taxa mensal de extração de água.

B) Cálculo da Taxa de Bombeamento (Q)

O cálculo da vazão foi feito a partir do volume de água bombeada total sobre o tempo total de bombeamento, como mostra a equação a seguir:

$$Q = \left(\frac{V}{t} \right) \quad (\text{Equação 13})$$

C) Cálculo do Volume de Contaminação Removido (ΔV)

Este volume é determinado através da pluma de contaminação, e se refere ao volume total de contaminação removido após o período de tempo t . As áreas das plumas inicial e final são medidas, e posteriormente é calculada a diferença entre elas para se

obter a porção removida. Vale lembrar que a pluma é feita a partir dos resultados das concentrações obtidas nas análises químicas.

Para medir o volume baseado na pluma de contaminação, primeiramente é delimitada a sua área. Multiplica-se o valor obtido pela espessura da pluma e pelo valor da porosidade efetiva, como mostra a equação a seguir (CONTROLLAB, 2010):

$$V = A_p \times h \times \eta_e \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

A_p = área da pluma de contaminação(m^2)

h = profundidade da pluma de contaminação (m)

η_e = porosidade efetiva

V. APLICAÇÃO DOS MODELOS NO ESTUDO DE CASO

Como o Modelo Analítico para o cálculo da eficiência do *MPE* não pôde ser obtido, a comparação entre os dois sistemas será feita a partir da equação 5, apresentada na seção IV.3.1., que relaciona o tempo de remediação (t) com o volume de contaminação removido (ΔV).

Como o objetivo é comparar os métodos *Pump and Treat* e *MPE*, a taxa de bombeamento tem que ser a mesma para ambos os sistemas. Uma vez determinada, calcula-se o volume de contaminação removido, e compara-se o tempo que cada sistema leva para remover tal volume de contaminante.

A seguir serão aplicados os dados obtidos no estudo de caso nos modelos apresentados, para então ser feita a comparação dos resultados das eficiências dos dois sistemas.

V.1. SISTEMA *MPE*

V.1.1. CÁLCULO DA TAXA DE BOMBEAMENTO

Para este estudo, foi utilizado o período de 5 meses de funcionamento do sistema, que corresponde ao tempo que foi dedicado para o monitoramento do funcionamento do sistema em campo. Ao longo destes 5 meses, foi medida a quantidade de água retirada dos poços de extração selecionados para fazer parte do bombeamento, ou seja, aqueles que estavam ligados ao sistema de tratamento pelas linhas de extração. Esta quantidade foi obtida pela contagem de um medidor de ciclos ligado à bomba, que foi programado para bombear durante 120 minutos seguidos e descansar por 30 minutos, o equivalente a uma média de 20hs de trabalho da bomba por dia.

Ao final dos 5 meses, e com tempo de trabalho da bomba de 20hs por dia, a quantidade de água bombeada e tratada (toda água bombeada passa pelo sistema de tratamento montado no local), foi igual a 283.200 litros. Este valor foi medido através do número total de ciclos ao fim deste período (944 ciclos), multiplicado por 300 litros (o equivalente a 1 ciclo).

Com este valor, e sabendo que o sistema funciona 7 (sete) dias por semana, pode-se calcular a vazão média de bombeamento. Esta será igual ao volume de água bombeada total sobre o tempo total de bombeamento (5 meses, ou 153 dias, ou 3.060 horas, ou 11.016.000 segundos), como foi demonstrado na equação 15 e obtido a seguir:

$$Q_T = \left(\frac{V}{t} \right) = \left(\frac{283.200l}{153\text{ dias}} \right) = \left(\frac{283,2m^3}{11016000\text{ s}} \right) = 0,00002571\text{ m}^3 / s = 92,55l/h$$

Sendo assim, a taxa de bombeamento é igual a 92,55 l/h. Porém, esta é a taxa aplicada para todos os poços. Na prática, cada poço terá uma taxa própria, inferior a esta. Como o valor da taxa total é baixo, e como a perda de carga da bomba a vácuo é muito pequena, a diferença (erro) na taxa de extração de cada poço é pequena. Portanto, admitindo-se taxas idênticas para todos os poços, e como são 11 poços, a taxa total foi dividida pelo número de poços e obteve-se a taxa individual de $Q = 8,41\text{ l/h}$.

V.1.2. CÁLCULO DO VOLUME DE CONTAMINAÇÃO REMOVIDO

O próximo passo foi calcular o volume de contaminação removido. Primeiramente são calculados os volumes de contaminação na condição inicial (tempo = 0) e final (tempo = 5 meses). Estes volumes são obtidos através da equação 14, pelo produto da área da pluma de contaminação com sua profundidade e com a porosidade efetiva. A área é calculada graficamente, enquanto a profundidade é estimada em 2m, valor *default* utilizado pelo sistema RBCA de Análise de Risco para este tipo de solo e contaminação (CONTROLLAB, 2010). O valor da porosidade efetiva foi retirado da Tabela 4.

A Figura 05 apresentada anteriormente contém a pluma de contaminação inicial, feita a partir das análises realizadas na fase de investigação. A partir da sua área ($A_i = 78,06\text{ m}^2$), foi calculado o volume inicial da seguinte maneira:

$$V = A_i \times h \times \eta_e = 78,06\text{ m}^2 \times 2\text{ m} \times 0,124 = 19,36\text{ m}^3$$

Já o volume de contaminação remanescente após o período de tratamento de $t=3.060\text{h}$ (referente aos 5 meses de remediação) é calculado a partir da pluma de

contaminação final. Esta pluma foi construída com os resultados da análise química feita em amostras de água de alguns poços selecionados, após o período de tempo t.

A **Tabela 05** a seguir fornece as concentrações finais dos compostos, após o local ter sido remediado durante os 5 meses em questão. Os Laudos das Análises Químicas referentes a esta fase pós-remediação são apresentados no **Anexo 04**.

Tabela 05 - Concentrações de BTEX, HPA e TPH nas amostras de água (µg/L)

BTEX	Valores de intervenção (µg/L) ¹							
		PM-05	PM-06	PM-08	PM-09	PM-11	PM-13	PM-21
Benzeno	5	5,7	<1,0	nd	nd	nd	2,3	nd
Tolueno	170	<1,0	4,5	nd	nd	nd	<1,0	nd
Etilbenzeno	200	<1,0	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Xilenos	300	<1,0	26,7	<1,0	nd	nd	<1,0	nd
HPA								
Naftaleno	70	nd	0,42	<0,03	0,24	0,11	0,25	0,10
Acenaftaleno	-	nd						
Acenafteno	-	nd	0,04	nd	0,09	nd	<0,03	nd
Fluoreno	-	nd	nd	nd	0,07	nd	nd	nd
Fenantreno	5	nd	nd	nd	<0,03	nd	nd	nd
Antraceno	5	nd						
Fluoranteno	1	nd	<0,03	nd	<0,03	nd	0,07	nd
Pireno	-	nd	<0,03	nd	<0,03	nd	0,08	nd
Benzo (a) antraceno	0,5	nd						
Criseno	0,05	nd						
Benzo (b) fluoranteno	-	nd						
Benzo (k) fluoranteno	0,05	nd						
Benzo (a) pireno	0,7	nd						
Indeno (123-cd) pireno	0,05	nd						
Dibenzo (ah) antraceno	-	nd						
Benzo (ghi) perileno	0,05	nd						
TPH								
	600	800	<100	170	nd	<100	100	<100

LD - Limite de detecção do método; LQ - Limite de quantificação do método; ne - não encontrado; na - não analisado.

A **Figura 10** mostra a planta com a pluma de contaminação final, construída a partir da tabela acima. Obtida a área da pluma graficamente ($A_f = 16,45 \text{ m}^2$), calculou-se o volume de contaminação final da seguinte maneira:

$$V = A_f \times h \times \eta_e = 16,45 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} \times 0,124 = 4,08 \text{ m}^3$$

Assim sendo, o volume retirado de contaminação corresponde à diferença entre o volume inicial e final, e é igual a $\Delta V = 15,28 \text{ m}^3$.

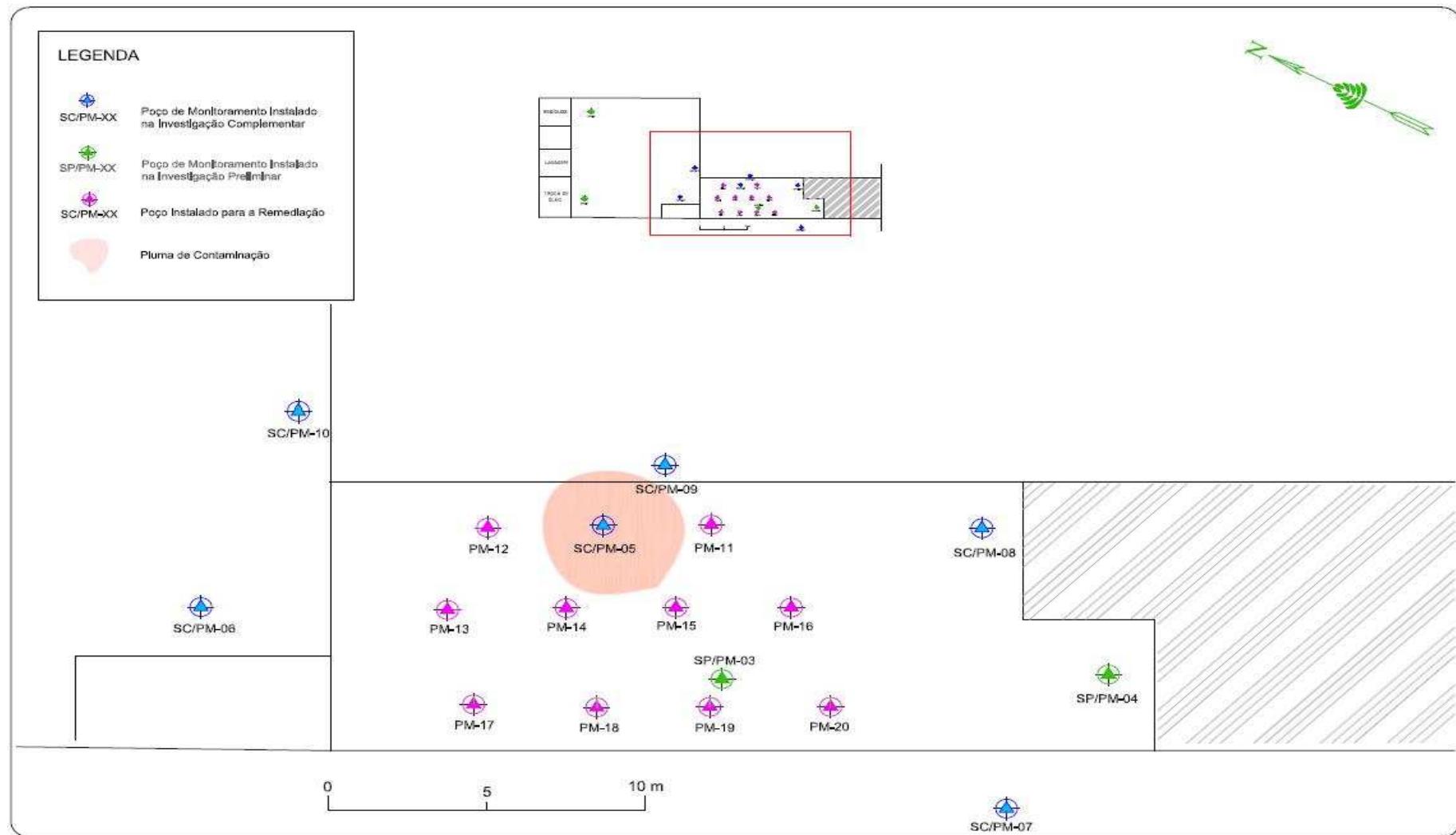


Figura 10: Pluma de Contaminação após o período de remediação.

V.2. SISTEMA *PUMP AND TREAT*

Como já foi dito anteriormente, não foram encontrados modelos analíticos para o cálculo da eficiência do sistema *MPE*, e por isso, os dados da aplicação dessa tecnologia em campo foram utilizados para calcular o volume de contaminação removido em um tempo de bombeamento determinado. A partir deste valor, e usando a equação 5, foi estimado o tempo de bombeamento necessário para o sistema *Pump and Treat* remover a mesma quantidade de contaminação que foi removida no sistema *MPE* (representada pelo parâmetro ΔV).

V.2.1. CÁLCULO DA TAXA DE BOMBEAMENTO

A correção de *Cooper and Jacob* (1946) para a equação de *Theis* representada na equação 1 nos forneceria a taxa de bombeamento para um tempo t pré-determinado. Como tais parâmetros foram estabelecidos como padrão entre os dois sistemas, os valores utilizados serão aqueles aplicados em campo para o sistema *MPE*.

Como o rebaixamento do nível d'água no poço é obtido através do nível dinâmico medido enquanto o poço está sendo bombeado, e esta medição não é possível de ser realizada quando do uso de bomba a vácuo, não foi possível obter os valores dos rebaixamentos dos níveis de água nos poços de extração. Sendo assim, foi utilizada a equação 1 (apresentada novamente a seguir) para calcular tais rebaixamentos, utilizando a vazão de $Q = 8,41 \text{ l/h}$ para um único poço e o tempo de bombeamento de $t = 3.060 \text{ horas}$. Como os parâmetros desta equação são iguais para todos os poços, os rebaixamentos também serão os mesmos.

$$Q = \left(\frac{sT 4\pi}{2,3} \right) \cdot \left[\frac{1}{\log(2,25 Tt / r_w^2 S)} \right]$$

A transmissividade do aquífero, representada pela Equação 3, é calculada pelo produto da condutividade hidráulica pela espessura do aquífero.

O cálculo da condutividade hidráulica foi apresentado na equação 4, e pode ser determinada por meio da realização de um ensaio de recuperação em campo. Neste, um poço é completamente purgado, ou seja, retira-se toda sua água com um *bailer*, e em seguida sua recuperação é monitorada. Para cada minuto que passa, é medido o

nível d'água, para saber em quanto tempo o poço atinge 37% do nível inicial do ensaio. A memória de cálculo para este ensaio pode ser observada com detalhes no Anexo 02, como já foi informado anteriormente. O resultado do cálculo da condutividade hidráulica foi $K = 5,95 \times 10^{-7} \text{ m/s}$.

A espessura saturada do aquífero foi estimada em 20m. Este dado foi retirado do Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro (CPRM, 2000). Com as informações de localização do empreendimento e as coordenadas no Mapa, foi observado que a área estudada se encontra sobre um Aquífero Aluvio-Lacustre. Em sua especificação (também no mapa), é informado que se trata de um aquífero livre, sobreposto tanto ao embasamento cristalino quanto a sedimentos mais antigos, e que sua espessura fica em torno de 20m. Portanto, o cálculo da transmissividade do aquífero foi feito da seguinte maneira:

$$T = K \times b = 5,95 \times 10^{-7} \times 20 = 1,19 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$$

O valor do coeficiente de armazenamento nos aquíferos livres coincide praticamente com o valor da porosidade efetiva (LNEG, 2004). Está sendo arbitrado que este valor é igual para todos os poços, uma vez que foi somente coletada uma amostra indefinida para avaliação deste parâmetro. O valor da porosidade efetiva obtido nas análises do solo em laboratório foi de 12,4 %. Portanto, $S = 0,124$.

Por fim, tem-se o raio do poço, que para todos os poços de bombeamento é igual a 2,54 cm = 0,0254 m (CONTROLLAB, 2010).

Com todos os parâmetros estimados, resta agora calcular o rebaixamento, baseado no tempo de extração de $t = 3.060$ horas e na vazão de extração de cada poço de $Q = 8,41 \text{ l/h}$. A **Tabela 06** a seguir mostra os resultados do cálculo das vazões para os 11 poços a serem utilizados no sistema de bombeamento, e o somatório das vazões resultando na vazão total.

O fator de correção para o rebaixamento (Δs) foi calculado a partir da fórmula 11.73 encontrada no Livro Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações (FEITOSA, FILHO, 2000). O valor encontrado, também igual para todos os poços, foi de $2,155 \times 10^{-9} \text{ m}$, um valor muito pequeno quando comparado ao rebaixamento calculado ($\approx 0,24 \text{ m}$) e, portanto, foi desconsiderado.

Tabela 06: Cálculo da taxa de bombeamento (Q) do sistema Pump and Treat para os poços de monitoramento

Poço	Q (m ³ /s)	T (m ² /s)	r _w (m)	S (-)	t (s)	s (m)
PM-05	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-11	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-12	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-13	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-14	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-15	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-16	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-17	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-18	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-19	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
PM-20	2,33709E-06	0,0000119	0,0254	0,124	11016000	0,236048925
TOTAL	0,000025708					

V.2.2. CÁLCULO DO TEMPO DE BOMBEAMENTO

Para poder analisar qual sistema seria mais eficiente na remediação do caso estudado, uma comparação entre os dois sistemas deve ser feita.

Nos cálculos referentes ao sistema *MPE*, foi encontrada uma remoção de 15,28 m³ de produto contaminante em um período de bombeamento de 3.060 horas, o que equivale a 5 meses de remediação.

A equação 5 correlaciona o tempo de bombeamento com o volume de contaminação removido, para o caso do sistema *Pump and Treat*. Logo, para um certo volume de contaminação removido, obtém-se um tempo de bombeamento. Com isso, pode-se comparar o tempo obtido com o valor referente ao sistema *MPE*.

Para resolver a equação 5, é preciso calcular o fator de correção ou de retardamento R_f. A taxa de bombeamento utilizada será a mesma do sistema *MPE* (Q_T = 92,55 l/h ou 0,00002571 m³/s), e o tempo será estimado para um volume de contaminação removido de ΔV = 15,28 m³.

O cálculo do fator de retardamento é baseado na equação 7, novamente evidenciada a seguir:

$$R_f = 1 + \frac{\rho_d}{\theta} \times K_d$$

O valor para a massa específica aparente seca (ρ_d) foi retirado da Tabela 04, e é igual a 1,91 g/cm³. O mesmo foi feito para o valor da umidade, necessário para o cálculo do teor de umidade volumétrico (θ), e igual a 0,1 (ou 10%), conforme pode ser observado na Tabela 04 . Assim, para o cálculo de θ , tem-se:

$$\theta = w \times \frac{\rho_d}{\rho_w} = 0,1 \times \frac{1,91}{1,0} = 0,191 = 19,1\%$$

O valor do coeficiente de distribuição do contaminante é obtido através da equação 9. Como a contaminação mais efetiva se dá pelo composto Benzeno, como pode ser observado nos laudos das análises químicas, o K_d foi medido a partir do valor de K_{oc} específico para este composto. Este valor foi extraído da tabela de características dos componentes químicos localizada no Apêndice A do documento “*Basics of pump-and-treat groundwater remediation technology*”, da US Environmental Protection Agency (US EPA, 1990). Portanto o valor de K_{oc} para Benzeno é 83 ml/g.

Quanto ao f_{oc} , este varia em geral de 0,02% a 1% para areias e de 1% a 8% para solos superficiais, com presença de vegetação (que geralmente contêm argila). Como este parâmetro representa a fração orgânica do solo, e o solo da área estudada é arenoso, com porções de argila, foi utilizado o valor de $f_{oc} = 2\%$ admitido como máximo para este tipo de aquífero. Com isso, tem-se:

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} = 83 \times 0,02 = 1,66 \text{ ml/g}$$

Calculados os valores de K_d e θ , o valor obtido para o fator de retardamento foi de 17,6. Com isso, determinou-se o tempo de bombeamento para um $\Delta V = 15,28 \text{ m}^3$ da seguinte maneira:

$$t = \frac{R_f \times \Delta V}{Q_T} = \frac{17,6 \times 15,28}{0,00002571} = 10.460.055 \text{ s} = 2.906 \text{ h}$$

Considerando a mesma taxa de bombeamento de 20h por dia, este período equivale a aproximadamente 146 dias ou um pouco menos de 5 meses de remediação utilizando o sistema *Pump and Treat*, para remoção de 15,28 m³ de contaminante.

V.2.3. CÁLCULO DA TAXA DE EXTRAÇÃO DE AR

A taxa de extração de ar do sistema *SVE* acoplado ao *Pump and Treat* foi estimada pois a configuração com os dois sistemas integrados seria ideal para comparar com o sistema *MPE*, visto que assim ambos os sistemas tratariam os mesmos contaminantes. Porém, infelizmente, não foram disponibilizados dados de campo do monitoramento de entrada e saída do sistema de tratamento de ar do *MPE*. Sem estes dados, a comparação entre os sistemas fica impossibilitada.

Porém seria interessante calcular a taxa independente de sua utilidade comparativa. A equação 10, relembrada a seguir, foi usada para estimar esta taxa.

$$Q_v = \frac{\pi \times r^2 \times z \times \eta_a}{t_{ex}} \times \left(\frac{P_w}{P_{atm}} \right)$$

O raio médio da pluma de contaminação, obtido através da pluma inicial, é de $r = 6,5\text{m}$. A espessura da zona vadosa é uma média de todas as profundidades dos níveis de água dentro dos poços medidas a partir da boca do poço, que fornece o valor de $z = 1,40\text{m}$.

O valor dos poros do solo preenchidos com ar é obtido pelo produto da porosidade efetiva do solo pelo grau de saturação ao ar do solo, conforme explicitado na equação 11. O grau de saturação ao ar (S_{ar}) é igual a 40%, uma vez que a saturação de água é igual a 60%, conforme já mencionado. Portanto, $\eta_a \approx 5\%$.

O valor de t_{ex} , como a equação 12 demonstra, foi arbitrado como sendo a divisão da espessura da zona vadosa pela permeabilidade do solo ao ar. Porém, para o grau de saturação de 60% correspondente ao solo da zona vadosa, determinou-se que $K_{ar} \approx K_w$. Esta conclusão foi tirada a partir da análise das curvas dos resultados de ensaios que fornecem a permeabilidade à medida que o grau de saturação aumenta, para materiais com diferentes granulometrias, devido ao fato de não possuir dados suficientes para obter o gráfico específico para o solo em questão. Sendo assim,

observando como se comportam as curvas dos resultados de ensaios para solos semelhantes ao estudado, admite-se um decréscimo de 2 até 4 ordens de grandeza no valor de K_w para estimar o K_{ar} . Portanto, o valor estimado foi o de $K_{ar} = 10^{-9}$ m/s. Multiplicando o inverso deste valor pela espessura da zona vadosa, tem-se $t_{ex} = 1,40 \times 10^9$ s.

Já o fator de segurança P_w/P_{atm} foi obtido a partir da divisão da pressão aplicada pela bomba a vácuo pela máxima pressão sem aplicação de vácuo. O valor da pressão aplicada foi estimado em 23" Hg (equivalente a 0,76 atm), valor médio considerado para sistemas *MPE*, que são projetados para operar com vácuos entre 20-25" Hg para sistemas *TPE* (CHEVRON, 2006). O valor de P_{atm} máximo corresponde a 0,2 atm, conforme descrito no Manual de Engenharia do Exército Norte Americano (US ARMY, 1999). Sendo assim, o fator de segurança é igual a 3,8.

Substituindo os valores dos parâmetros encontrados na equação 12, tem-se:

$$Q_v = \frac{3,1416 \times 6,5^2 \times 1,40 \times 0,05}{1,40 \times 10^9} \times (3,8) = 2,52 \times 10^{-8} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Portanto, o valor da taxa de remoção de ar para o estudo de caso utilizando o sistema *SVE* em conjunto com o sistema *Pump and Treat* seria de $2,52 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$.

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Aplicando em campo a configuração do sistema *MPE* para fluxo unidimensional, utilizando uma tubulação única para extração de ambas as fases líquida e gasosa do contaminante (*TPE* ou *Two Phase Extraction*), em um estudo de caso em um sítio localizado no bairro da Tijuca - Rio de Janeiro, pôde-se monitorar seu funcionamento durante 5 meses. A bomba utilizada operava 20 horas por dia e funcionava 7 dias por semana, portanto o tempo de bombeamento total foi de $t = 3.060$ horas (ou 153 dias).

Neste período de tempo, a vazão total calculada a partir da medição da quantidade de água bombeada foi de $Q_T = 92,55 \text{ l/h}$, sendo o valor individual para cada um dos poços (11 poços de extração foram utilizados no sistema de remediação) foi igual a $Q = 8,41 \text{ l/h}$.

Utilizando esta vazão e durante este período de tempo, o sistema *MPE* aplicado em campo foi capaz de remover um volume de contaminação de $15,28 \text{ m}^3$ do sítio estudado.

Com isso, foi calculado o tempo necessário para o sistema *Pump and Treat* remover a mesma quantidade de contaminação, utilizando a mesma vazão aplicada, para o mesmo estudo de caso. O resultado encontrado foi que o sistema *Pump and Treat* precisaria de $t = 2.906$ horas para remover o mesmo volume que o *MPE*, um total de 146 dias ou quase 5 meses, se for considerado o mesmo período de bombeamento de 20 horas por dia.

Isto significa que o sistema *Pump and Treat* levaria quase o mesmo tempo (7 dias ou uma semana a menos) para retirar a mesma quantidade de contaminação que o sistema *MPE* de tubulação única para extração de líquidos e gases (*TPE*).

Se o sistema *Pump and Treat* fosse utilizado em conjunto com o sistema de extração e tratamento de gases *SVE*, a taxa de remoção aplicada para este estudo de caso seria de $2,52 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$ de ar. Porém, infelizmente, este valor não pode ser comparado com a taxa de extração de ar no caso do sistema *MPE* pois não haviam dados referentes às medições de vazão e concentrações de entrada e saída de ar e/ou voláteis no sistema de tratamento.

VII. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o objetivo do estudo foi alcançado, pois todas as etapas que nele constavam foram realizadas e concluídas, mesmo com a dificuldade encontrada em relação à não existência dos modelos analíticos para o sistema *MPE*.

Os métodos de escolha do melhor sistema de remediação foram apresentados e aplicados para o caso do tratamento de contaminação por LNAPL. As técnicas mais difundidas e utilizadas para este tipo de contaminante foram revisadas, e as duas técnicas escolhidas para o estudo foram abordadas e cuidadosamente explicadas, para o melhor entendimento do estudo.

O Estudo de Caso foi detalhadamente apresentado, assim como os métodos de cálculo das eficiências dos dois sistemas. Todos os resultados pretendidos foram encontrados, e representam a melhor aproximação de casos reais de remediação.

Por falta de soluções analíticas, foi analisado o desempenho do sistema *MPE* em campo. Uma das principais conclusões tiradas deste trabalho é que devem ser realizados mais estudos referentes à configuração *Two Phase Extraction* do sistema *MPE*, com o objetivo de chegar a um modelo analítico que possa ser utilizado para o cálculo das taxas de extração de ar e água, mesmo que específico para certos percentuais de extração de ar/água.

Recomenda-se que, como o *MPE* é um sistema que trata a água subterrânea e o ar contaminados, o estudo comparativo entre estes dois sistemas aqui estudados seja feito de modo a integrar o sistema *Pump and Treat* ao sistema *SVE*, que objetiva o tratamento dos compostos orgânicos voláteis. Assim, ambos os objetos de comparação teriam o mesmo foco de remediação. Tal comparação não pôde ser feita, apesar da taxa de extração de ar ter sido estimada para o *SVE*, porque não haviam dados de campo relativos à taxa de ar extraído ou concentrações dos contaminantes voláteis extraídos no sistema *MPE*.

Isso remete ao fato de que muitas empresas não medem tais concentrações de voláteis na entrada e saída do sistema de tratamento de ar, mesmo sabendo da sua importância para a qualidade do ar e da saúde das pessoas que habitam os arredores do sítio contaminado. Além da questão ambiental, tais registros deveriam ser obrigatórios por questões de segurança, visto que a presença de COVs indica risco de

explosão. Uma forma de estimular este controle seria que todos os órgãos ambientais exigissem tais medições, de modo que fosse obrigatório para a empresa reportar a qualidade do ar tratado.

Em relação à eficiência dos sistemas de remediação estudados (*Pump and Treat* e *Multi-Phase Extraction*), o resultado da comparação entre suas eficiências através do tempo necessário para remover o mesmo volume de contaminação foi quase igual. Isso pode ser justificado por diversos motivos.

O primeiro deles é a falta de valores reais para alguns parâmetros estimados. Como a disponibilidade de alguns parâmetros era limitada, algumas estimativas foram feitas, o que gera incerteza nos resultados encontrados.

O segundo seria a vazão utilizada para o cálculo do sistema *Pump and Treat*. Normalmente este sistema de remediação não opera com uma vazão tão elevada quanto a utilizada no sistema *MPE*, e esta diferença influenciaria muito no resultado do tempo de bombeamento encontrado. O correto seria utilizar uma vazão condizente com a aplicada em casos reais de remediação por *Pump and Treat* em campo, o que não foi feito neste estudo porque o objetivo era comparar os sistemas utilizando as mesmas variáveis.

Além disso, como os métodos de cálculo foram diferentes, onde o do *MPE* foi empírico e o do *Pump and Treat* foi teórico, não pode-se considerar que o valor da relação entre os resultados é totalmente confiável. O correto para este estudo seria comparar os resultados obtidos através dos mesmos métodos, analíticos ou experimentais. Como não foi encontrado método analítico para o cálculo dos parâmetros na configuração *TPE* da técnica *MPE*, a melhor forma de comparar os dois sistemas seria aplicando ambos em campo. Porém, desta forma fugiria-se do maior objetivo do trabalho, que foi verificar a eficiência do uso de uma determinada tecnologia em um caso prático antes de investir em sua aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZAMBUJA, E., CANCELIER, D., NANNI, A.S., 2000, "Contaminação dos solos por LNAPL: Discussão sobre diagnóstico e remediação". *II Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul*, Porto Alegre. p. 185-202.

BARBOSA, M.C., 2010, Apostila de Controle e Remediação de Solos (COC607), UFRJ, Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro.

BARRETO, C.E.A.G., 2006, *Balanço hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa*. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento ambiental, 2001, *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*, São Paulo.

CHEVRON, 2006, *Chevron Environmental Management - Company Multi-Phase Extraction - Standard Operating Procedure*. Version 1.2, USA, Chevron U.S.A. Inc.

CONTROLLAB, E. A., 2008, *Relatório Mensal de Remediação Ambiental - Posto Cidade do Aço*. Rio de Janeiro, Outubro.

CONTROLLAB, E. A., 2009, *Relatório Mensal de Remediação Ambiental - Posto Volta Redonda*. Rio de Janeiro, Setembro.

CONTROLLAB, E. A., 2010, *Relatório de Investigação Geoambiental Complementar com Avaliação de Risco RBCA Tier II - PRS Niterói Incorporadora SPE Ltda*. Rio de Janeiro, Março.

COUTINHO, R.C.P., GOMES, C.C., 2007, "Técnicas para Remediação de Aquíferos Contaminados por Vazamentos de Derivados de Petróleo em Postos de Combustíveis". *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, SP, Brasil, 25-29 Novembro.

CPRM, 2000. Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro.

DOMENICO, P.A., SCHWARTZ, F.W., 1998, ***Physical and Chemical Hidrogeology***. 2 ed. USA, John Willey and Sons, Inc.

FEEMA, 2004, DZ-1841.R-2, Diretriz para o licenciamento ambiental e para a autorização do encerramento de postos de serviços que disponham de sistemas de acondicionamento ou armazenamento de combustíveis, graxas, lubrificantes e seus respectivos resíduos. RJ, Brasil.

FEITOSA, F.A.C., FILHO, J.M., 2000, ***Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações***. 2 ed. Fortaleza, CPRM/REFO, LABHID-UFPE.

FIORI, J.P.O., 2010, *Avaliação de métodos de campo para a determinação de condutividade hidráulica em meios saturados e não saturados*. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, DF.

JOHNSON, P.C., KEMBLOWSKI, M.W., COLTHART, J.D., 1990, “Quantitative Analysis for the Cleanup of Hidrocarbon-Contaminated Soils by In-Situ Soil Venting”, vol.28, nº 3. Ground Water, May-June.

LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia), 2004, *Glossário de Termos Hidrogeológicos*, e-Geo - Sistema Nacional de Informação Geocientífica. Disponível em: <http://e-geo.inet.pt/bds/lexico_hidro/glossario.aspx>. Acesso em: Janeiro 2011.

MILANI, A.S., 2008, *Tecnologias para remediação de solos e águas subterrâneas*. Dissertação (Graduação). Universidade Federal de Santa Maria, RS.

NOBRE, M.M.M., NOBRE, R.C.M., 2007, “Sistema de Contenção Mista para o Controle e Remediação de uma Pluma de POPs”. *VI Congresso Brasileiro de Geotecnica Ambiental*, Recife, PE, Brasil, 18-21 Julho.

OLIVEIRA, R.G.R., 2009, *Biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos derivados de petróleo: Estudo de Caso*. Dissertação (Graduação). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

REDDI, L.N., INYANG, H.I., 2000, “Principles of Site Geomaterial Treatment Techniques”. In: *Geoenvironmental Engineering - Principles and Applications*, chapter 8, New York, USA, Marcel Dekker, Inc.

SANCHES, V.L., 2009, *Remediação de Solos de Formação São Paulo Contaminados por Vapores de Gasolina*. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP.

US ARMY, US Army Corps of Engineers, 1999, "Design of full-scale MPE systems". In: EM 1110-1-4010, *Engineering and Design - Multi-Phase Extraction*, chapter 5. Washington DC, USA.

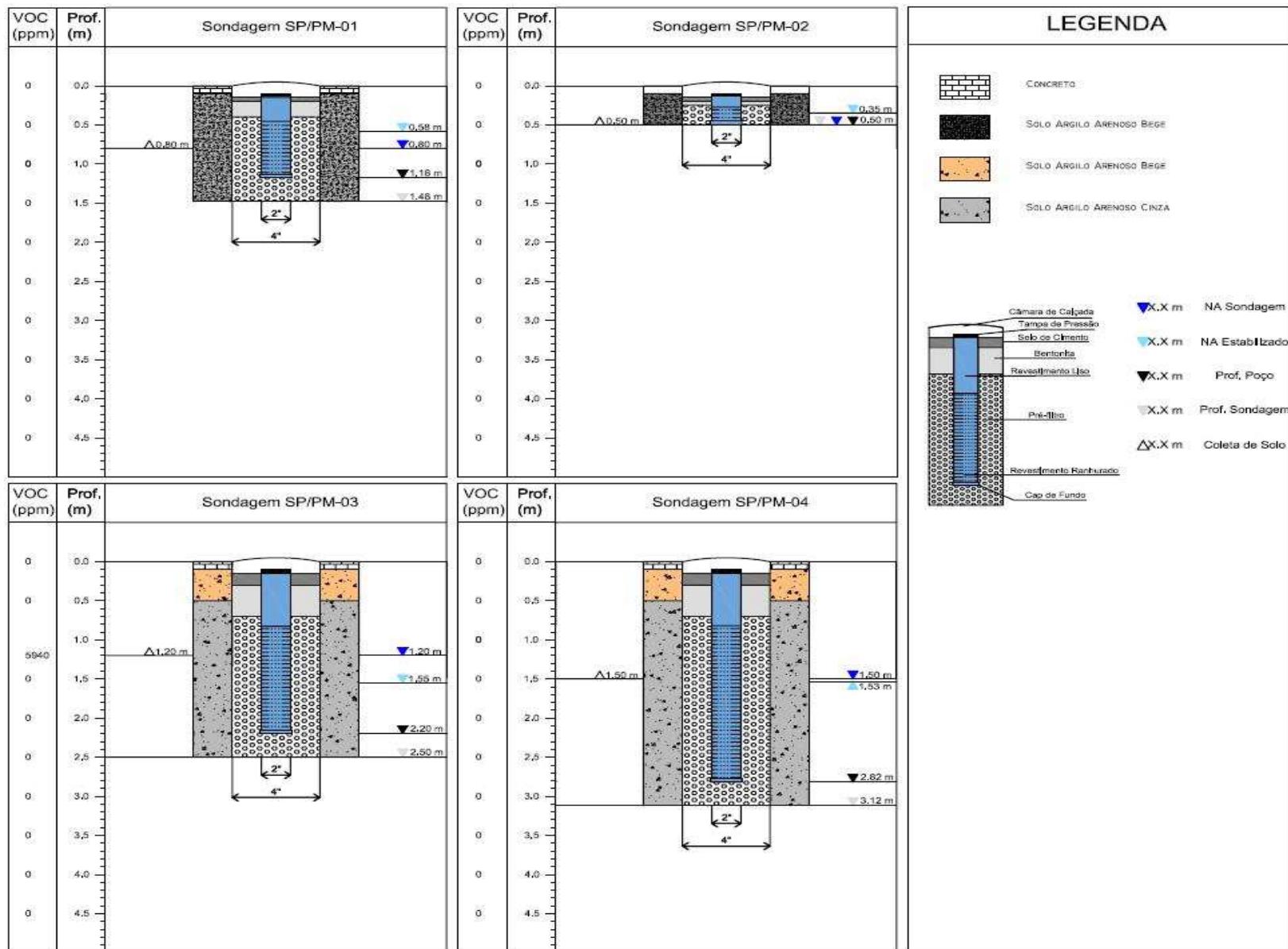
US ARMY, US Army Corps of Engineers, 2002, "Design of full-scale SVE and BV systems". In: EM 1110-1-4001, *Engineering and Design - Soil Vapor Extraction and Bioventing*, chapter 5. Washington DC, USA.

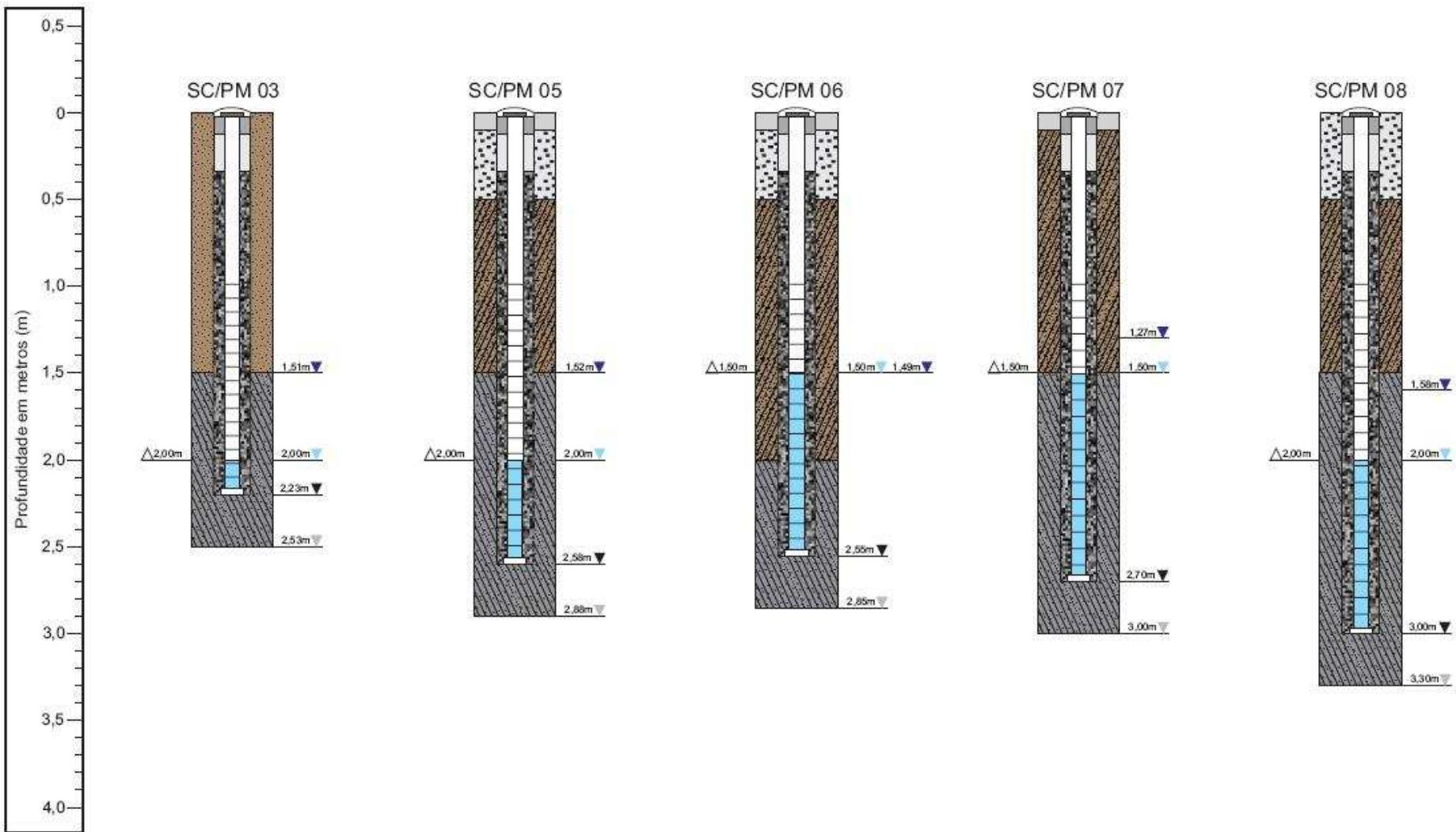
US EPA, 1990, *Basics of pump-and-treat groundwater remediation technology*, EPA/600/8-90/003. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.

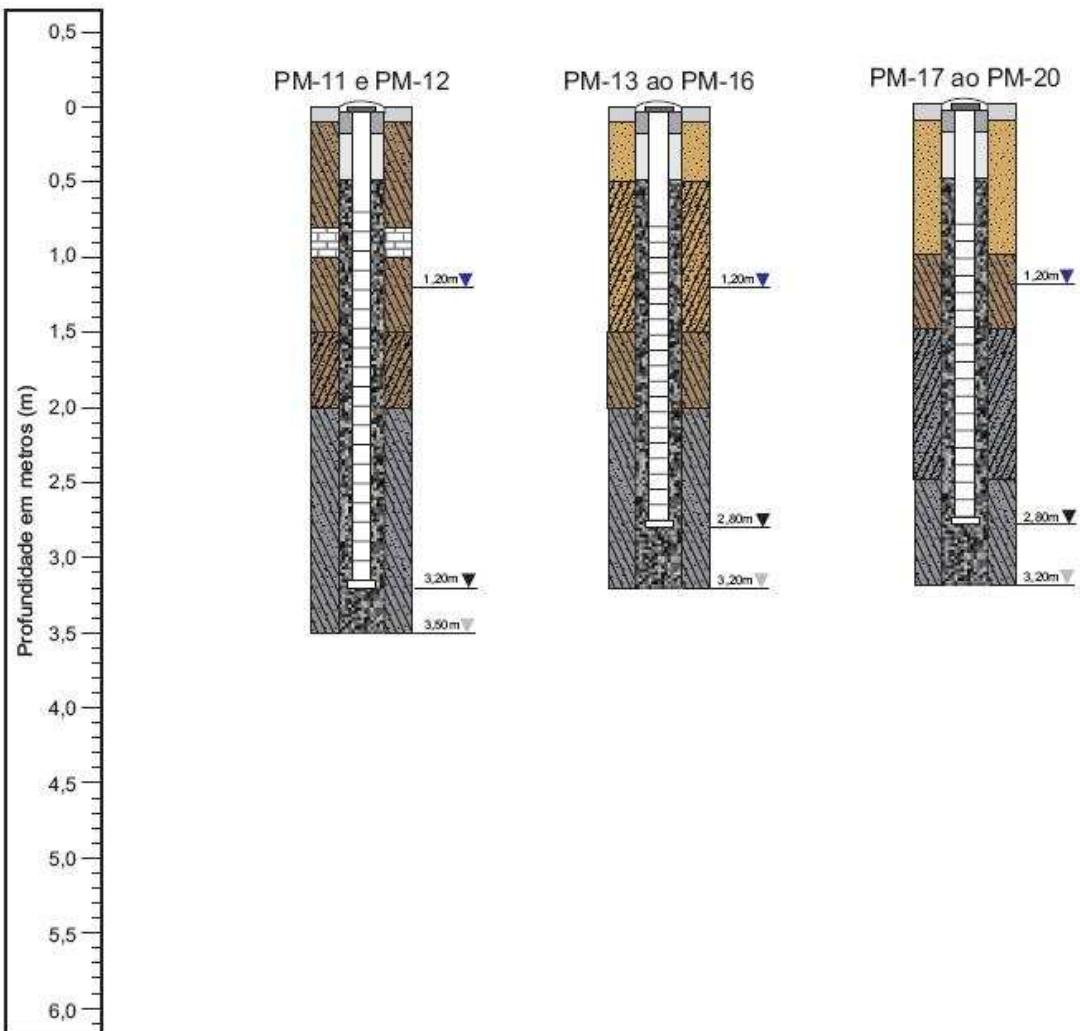
US EPA , 2001. *Groundwater Pump and Treat Systems: Summary of Selected Cost and Performance Information at Superfund financed Sites*. Office of Solid Waste and Emergency Response, US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA.

ANEXO 01

Perfis das Sondagens





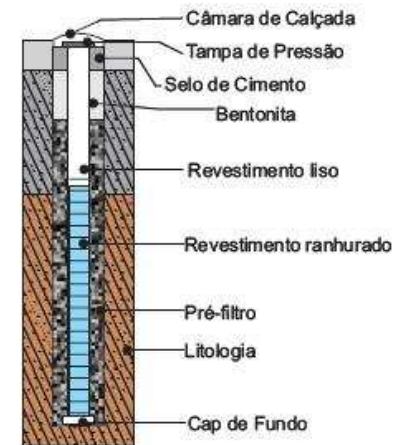


LEGENDA:

Perfis litológicos

	Areia marrom		Concreto
	Areno argiloso marrom		Entulho
	Argilo arenoso cinza		

Esquema construtivo dos poços de monitoramento



ANEXO 02

Ensaio de Permeabilidade

Ensaio de Permeabilidade

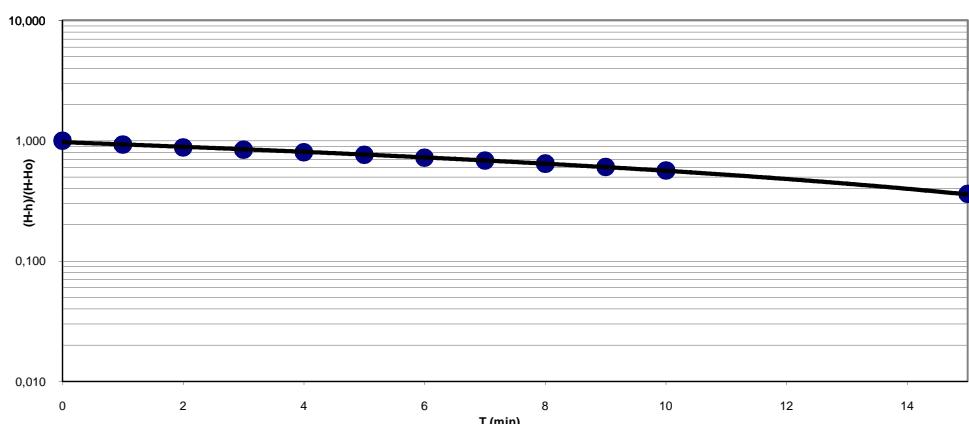
Dados do Poço de Monitoramento	
Nomenclatura	SC/PM-06
Nível Estático - H (cm)	149
Nível Dinâmico - H_0 (cm)	276
Raio de Perfuração - R (cm)	5,08
Profundidade (cm)	285
Raio - r (cm)	2,54
Comprimento do filtro - L (cm)	200

$$K = \frac{r^2 \times \ln(L/R)}{2 \times L \times T_0}$$

T_0 = Tempo necessário para que o nível de água caia a 37% da posição inicial (s)

T (min)	NA (cm)	(H-h)/(H-H ₀)	Log[(H-h)/(H-H ₀)]
0	276	1,000	0,000
1	267	0,929	-0,032
2	261	0,882	-0,055
3	256	0,843	-0,074
4	251	0,803	-0,095
5	246	0,764	-0,117
6	241	0,724	-0,140
7	236	0,685	-0,164
8	231	0,646	-0,190
9	226	0,606	-0,217
10	221	0,567	-0,246
15	195	0,362	-0,441
20	175	0,205	-0,689
25	159	0,079	-1,104
30	154	0,039	-1,405
35	152	0,024	-1,627
40	151,5	0,020	-1,706
45	151	0,016	-1,803
50	150	0,008	-2,104
55	150	0,008	-2,104
60	150	0,008	-2,104
65	149	0,000	0,000

ENSAIO DE PERMEABILIDADE



To (s)	995
K (m/s)	5,95E-07

Cálculo da Velocidade do Fluxo

$$V = \frac{K \times i}{n}$$

Poço	Valor (m)
SC/PM-02	99,68
SC/PM-06	98,79
Distância (m)	27

i (m/m)	0,033
n (%)	12,4
V (m/s)	1,60E-07
V (m/ano)	5,05E+00

ANEXO 03

Laudos das Análises Químicas - Fase de Investigação



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 1

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **15.06.2009**

Lab-nº: **09/1695B**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, nº 326 - Tijuca - Rio
Entrega das amostras : 09.06.2009
Início dos ensaios/extracção : 09.06.2009
Término dos ensaios : 15.06.2009

Projeto : Conchal Construtora Preliminar
Gerente do Projeto : Samuel Barbosa

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SP/PM-01 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SP/PM-02 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SP/PM-03 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SP/PM-04 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	L.Q. ($\mu\text{g}/\text{L}$)	L.D. ($\mu\text{g}/\text{L}$)
-----------	--	--	--	--	------------------------------------	------------------------------------

BTEX

Benzeno	nd	nd	1,5	nd	1,0	0,1
Tolueno	nd	<1,0	2,8	<1,0	1,0	0,1
Etilbenzeno	nd	<1,0	34,2	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	nd	<1,0	10,9	2,5	1,0	0,1
o-Xileno	nd	nd	1,2	1,1	1,0	0,1
Total	nd	nd	50,6	3,6		

Diluição (Nº vezes)

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno	105
--------------------	-----

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

- Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
- Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
- Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido (F)

José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **15.06.2009**

Lab-nº: **09/1695D**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, n326 - Tijuca - Rio
Entrega das amostras : 09.06.2009
Início dos ensaios/extracção : 09.06.2009
Término dos ensaios : 15.06.2009

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : Concal Construtora Preliminar
Gerente do Projeto : Samuel Barbosa

Parâmetro	SP/PM-01 ($\mu\text{g/L}$)	SP/PM-02 ($\mu\text{g/L}$)	SP/PM-03 ($\mu\text{g/L}$)	SP/PM-04 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
PAH						
Naftaleno	0,21	11,31	469,60	2,15	0,03	0,01
Acenaftileno	<0,03	<0,03	nd	nd	0,03	0,01
Acenafteno	0,03	0,05	0,41	0,15	0,03	0,01
Fluoreno	<0,03	0,06	0,44	0,07	0,03	0,01
Fenantreno	0,06	0,11	1,34	0,23	0,03	0,01
Antraceno	<0,03	<0,03	0,12	0,04	0,03	0,01
Fluoranteno	<0,03	<0,03	0,29	0,06	0,03	0,01
Pireno	0,06	0,03	0,30	0,06	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	nd	0,12	nd	0,03	0,01
Criseno	nd	nd	0,11	nd	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	nd	0,10	nd	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	nd	0,06	nd	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	nd	0,09	nd	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	nd	nd	0,07	nd	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	nd	<0,03	nd	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	nd	0,05	nd	0,03	0,01
Total	0,36	11,56	473,10	2,76		
Quantidade de amostra (mL)	1000	1000	1000	1000		
Diluição (N.º vezes)	-	-	100*	-		

*A amostra foi diluída 100 vezes apenas para determinação do Naftaleno, com L. Q. de 3,00 $\mu\text{g/L}$.



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 15.06.2009

Lab-nº: 09/1695D

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Terfenil D14	82
Perileno D12	74

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 1

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **10.03.2010**

Lab-nº: **10/0517A**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, 326-Tijuca-RJ
Data da Coleta : 12.02.2010
Entrega das amostras : 12.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010 00:00
Término dos ensaios : 10.03.2010

Projeto : Conchal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-05 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SC/PM-06 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SC/PM-07 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	SC/PM-08 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	L.Q ($\mu\text{g}/\text{L}$)	L.D. ($\mu\text{g}/\text{L}$)
-----------	--	--	--	--	-----------------------------------	------------------------------------

BTEX

Benzeno	455,4	nd	nd	<1,0	1,0	0,1
Tolueno	21,5	nd	nd	nd	1,0	0,1
Etilbenzeno	18,9	nd	<1,0	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	14,3	nd	<1,0	1,1	1,0	0,1
o-Xileno	3,5	nd	nd	<1,0	1,0	0,1
Total	513,6	nd	nd	1,1		

Diluição (Nº vezes)

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno

106

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada
conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 1

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **07/04/2010**

Lab-nº: **10/1002A**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 236 - Tijuca - Ri
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 30/03/2010 15:44
Término dos ensaios : 07/04/2010

Projeto : Conchal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-09 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------

BTEX

Benzeno	nd	1,0	0,1
Tolueno	<1,0	1,0	0,1
Etilbenzeno	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	<1,0	1,0	0,1
o-Xileno	<1,0	1,0	0,1
Total	nd		

Diluição (N.º de vezes)

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno 96

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 1

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **19/04/2010**

Lab-nº: **10/1003B**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 326 - Tijuca - Ri
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 30/03/2010 15:51
Término dos ensaios : 19/04/2010

Projeto : Conchal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-10 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------

BTEX

Benzeno	nd	1,0	0,1
Tolueno	nd	1,0	0,1
Etilbenzeno	nd	1,0	0,1
m,p-Xilenos	nd	1,0	0,1
o-Xileno	nd	1,0	0,1
Total	nd		

Diluição (N.º de vezes)

-

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno

83

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada
conferido

José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: Carina Casal

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0517B

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : 12.02.2010
Entrega das amostras : 12.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010 00:00
Término dos ensaios : 10.03.2010

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	SC/PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	SC/PM-06 ($\mu\text{g/L}$)	SC/PM-07 ($\mu\text{g/L}$)	SC/PM-08 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------	-----------------------------

PAH

Naftaleno	233,80	0,13	0,05	12,95	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Acenafteno	0,57	nd	nd	0,25	0,03	0,01
Fluoreno	0,73	<0,03	nd	0,40	0,03	0,01
Fenantreno	0,36	nd	nd	0,24	0,03	0,01
Antraceno	0,05	nd	nd	nd	0,03	0,01
Fluoranteno	0,06	nd	nd	0,03	0,03	0,01
Pireno	0,08	nd	nd	0,03	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	<0,03	nd	nd	nd	0,03	0,01
Criseno	<0,03	nd	nd	nd	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	<0,03	nd	nd	nd	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	nd	nd	nd	0,03	0,01
Total	235,65	0,13	0,05	13,90		

Quantidade de amostra (mL) : 1000 : 1000 : 1000 : 1000

Diluição (N.º vezes) : *50 : - : - : *50

*As amostras foram diluídas 50 vezes apenas para determinação do Naftaleno, com L. Q. de 1,50 $\mu\text{g/L}$.

conferido



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0517B

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Terfenil D14	94
Perileno D12	80

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **07/04/2010**

Lab-nº: **10/1002B**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 236 - Tijuca - Ri
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 30/03/2010
Término dos ensaios : 31/03/2010 14:30
Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-09 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------

PAH

Naftaleno	8,59	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	0,03	0,01
Acenafteno	0,29	0,03	0,01
Fluoreno	0,37	0,03	0,01
Fenantreno	1,03	0,03	0,01
Antraceno	0,29	0,03	0,01
Fluoranteno	0,19	0,03	0,01
Pireno	0,21	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	0,09	0,03	0,01
Criseno	0,08	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	0,15	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	0,04	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	0,05	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	<0,03	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	<0,03	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	<0,03	0,03	0,01
Total	11,38		

Quantidade de amostra (mL) 1000

Diluição (N.º vezes) -



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **07/04/2010**

Lab-nº: **10/1002B**

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Terfenil D14	86
Perileno D12	73

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **19/04/2010**

Lab-nº: **10/1003D**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 326 - Tijuca - Ri
Data da Coleta : 30/03/2010
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 31/03/2010 14:30
Término dos ensaios : 19/04/2010

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	SC/PM-10 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	---------------------------------	----------------------------	-----------------------------

PAH

Naftaleno	nd	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	0,03	0,01
Acenafteno	nd	0,03	0,01
Fluoreno	nd	0,03	0,01
Fenantreno	nd	0,03	0,01
Antraceno	nd	0,03	0,01
Fluoranteno	<0,03	0,03	0,01
Pireno	<0,03	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	0,03	0,01
Criseno	nd	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	nd	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	0,03	0,01
Total	nd		

Quantidade de amostra (mL) 1000

Diluição (N.º vezes) -



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 19/04/2010

Lab-nº: 10/1003D

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Terfenil D14	82
Perileno D12	77

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0517D

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, 326-Tijuca-RJ
Data da Coleta : 12.02.2010
Entrega das amostras : 12.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010 00:00
Término dos ensaios : 10.03.2010

Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-05 (mg/L)	SC/PM-06 (mg/L)	SC/PM-07 (mg/L)	SC/PM-08 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
-----------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------	----------------

TPH Fingerprint

Hidrocarbonetos alcanos

n-C10	0,0030	nd	nd	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C11	nd	nd	nd	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C12	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C13	0,0143	nd	nd	0,0010	0,0010	0,0003
n-C14	0,0037	nd	nd	0,0017	0,0010	0,0003
n-C15	<0,0010	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C16	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C17	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
Pristano	<0,0010	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C18	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
Fitano	<0,0010	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C19	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C20	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C21	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C22	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C23	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C24	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C25	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C26	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C27	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C28	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C29	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C30	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C31	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C32	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C33	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C34	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C35	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C36	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C37	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C38	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003
n-C39	nd	nd	nd	nd	0,0010	0,0003



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0517D

Parâmetro	SC/PM-05 (mg/L)	SC/PM-06 (mg/L)	SC/PM-07 (mg/L)	SC/PM-08 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
TPH	2,55	nd	<0,10	0,58	0,10	0,03
HRP	1,92	nd	<0,10	0,52	0,10	0,03
MCNR	0,63	nd	<0,10	<0,10	0,10	0,03

Padrões de Controle Analítico – (PCA)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

PCA 78

Notas:

TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

HRP – Hidrocarbonetos resolvidos do Petróleo

MCNR – Mistura complexa não resolvida

FM-004-L3N – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – ISO 9377-2:2000 / EPA 8015 (D):2003
2. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 07/04/2010

Lab-nº: 10/1002C

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 236 - Tijuca - Ri
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 30/03/2010
Término dos ensaios : 31/03/2010 13:00
Projeto : 31/03/2010 07/04/2010
Gerente do Projeto : Concal Construtora Complementar
Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-09 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
-----------	--------------------	---------------	----------------

TPH Fingerprint

Hidrocarbonetos alcanos

n-C10	0,0013	0,0010	0,0003
n-C11	0,0012	0,0010	0,0003
n-C12	0,0036	0,0010	0,0003
n-C13	0,0091	0,0010	0,0003
n-C14	0,0070	0,0010	0,0003
n-C15	0,0029	0,0010	0,0003
n-C16	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C17	<0,0010	0,0010	0,0003
Pristano	0,0064	0,0010	0,0003
n-C18	<0,0010	0,0010	0,0003
Fitano	0,0042	0,0010	0,0003
n-C19	nd	0,0010	0,0003
n-C20	nd	0,0010	0,0003
n-C21	nd	0,0010	0,0003
n-C22	nd	0,0010	0,0003
n-C23	nd	0,0010	0,0003
n-C24	nd	0,0010	0,0003
n-C25	nd	0,0010	0,0003
n-C26	nd	0,0010	0,0003
n-C27	nd	0,0010	0,0003
n-C28	nd	0,0010	0,0003
n-C29	nd	0,0010	0,0003
n-C30	nd	0,0010	0,0003
n-C31	nd	0,0010	0,0003
n-C32	nd	0,0010	0,0003
n-C33	nd	0,0010	0,0003
n-C34	nd	0,0010	0,0003
n-C35	nd	0,0010	0,0003
n-C36	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C37	nd	0,0010	0,0003
n-C38	nd	0,0010	0,0003
n-C39	nd	0,0010	0,0003



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 07/04/2010

Lab-nº: 10/1002C

Parâmetro	SC/PM-09 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
TPH	1,36	0,10	0,03
HRP	0,59	0,10	0,03
MCNR	0,8	0,10	0,03

Padrões de Controle Analítico – (PCA)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

PCA	127
-----	-----

Notas:

TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo
HRP – Hidrocarbonetos resolvidos do Petróleo
MCNR – Mistura complexa não resolvida

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

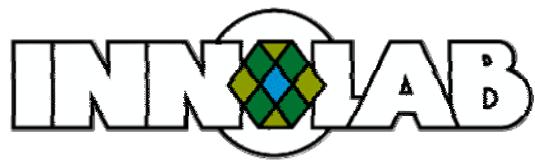
1. Ref. Método – ISO 9377-2:2000 / EPA 8015 (D):2003
2. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 19/04/2010

Lab-nº: **10/1003F**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 326 - Tijuca - Ri
Entrega das amostras : 30/03/2010
Início dos ensaios/extracção : 30/03/2010
Término dos ensaios : 31/03/2010 13:00
Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-10 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
-----------	--------------------	---------------	----------------

TPH Fingerprint

Hidrocarbonetos alcanos

n-C10	nd	0,0010	0,0003
n-C11	nd	0,0010	0,0003
n-C12	nd	0,0010	0,0003
n-C13	nd	0,0010	0,0003
n-C14	nd	0,0010	0,0003
n-C15	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C16	nd	0,0010	0,0003
n-C17	nd	0,0010	0,0003
Pristano	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C18	nd	0,0010	0,0003
Fitano	nd	0,0010	0,0003
n-C19	nd	0,0010	0,0003
n-C20	nd	0,0010	0,0003
n-C21	nd	0,0010	0,0003
n-C22	nd	0,0010	0,0003
n-C23	nd	0,0010	0,0003
n-C24	nd	0,0010	0,0003
n-C25	nd	0,0010	0,0003
n-C26	nd	0,0010	0,0003
n-C27	<0,0010	0,0010	0,0003
n-C28	nd	0,0010	0,0003
n-C29	nd	0,0010	0,0003
n-C30	nd	0,0010	0,0003
n-C31	nd	0,0010	0,0003
n-C32	nd	0,0010	0,0003
n-C33	nd	0,0010	0,0003
n-C34	nd	0,0010	0,0003
n-C35	nd	0,0010	0,0003
n-C36	nd	0,0010	0,0003
n-C37	nd	0,0010	0,0003
n-C38	nd	0,0010	0,0003
n-C39	nd	0,0010	0,0003



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 19/04/2010

Lab-nº: 10/1003F

Parâmetro	SC/PM-10 (mg/L)	L.Q (mg/L)	L.D. (mg/L)
TPH	<0,10	0,10	0,03
HRP	<0,10	0,10	0,03
MCNR	nd	0,10	0,03

Padrões de Controle Analítico – (PCA)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

PCA	71
-----	----

Notas:

TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo
HRP – Hidrocarbonetos resolvidos do Petróleo
MCNR – Mistura complexa não resolvida

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – ISO 9377-2:2000 / EPA 8015 (D):2003
2. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **10.03.2010**

Lab-nº: **10/0517F**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, 326-Tijuca-RJ
Data da Coleta : 12.02.2010
Entrega das amostras : 12.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010 00:00
Término dos ensaios : 10.03.2010

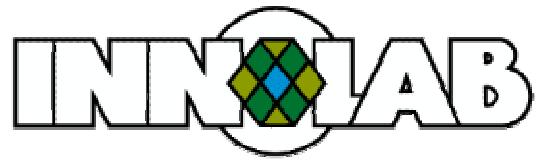
Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	SC/PM-03 ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
Aromáticos > C08-C10	nd	100
Aromáticos > C10-C12	400	100
Aromáticos > C12-C16	nd	100
Aromáticos > C16-C21	nd	100
Aromáticos > C21-C32	nd	100
Alifáticos > C6 - C8	108	100
Alifáticos > C08-C10	nd	100
Alifáticos > C10-C12	nd	100
Alifáticos > C12-C16	nd	100
Alifáticos > C16-C21	nd	100
Alifáticos > C21-C32	nd	100
Quantidade de amostra (L)	0,9	
Diluição (N.º vezes)	-	



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0517F

Padrões de Controle Analítico – PCA

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Alifáticos	80
Aromáticos	91

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260/ EPH/ VPH/ Atlantic RBCA (Risk-Based Corrective Action)
2. Aromáticos > C8 - C10 – Não incluídos os compostos : Etilbenzeno e Xilenos.
3. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
4. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada, abaixo do limite de detecção conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Gabriel Oliver**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0526A

Análise em amostras de solo

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 326 - Tijuca - RJ
Entrega das amostras : 11.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010
Término dos ensaios : 12.02.2010 00:00
 10.03.2010

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	Amostra Indeformada	Toc saturado	Toc não saturado	Ref. Método	L.Q	L.D.
Massa Específica Aparente Seca	2,13	na	na	*		0,01 g/cm³
Massa Específica Aparente Úmida	1,91	na	na	*		0,01 g/cm³
Porosidade Efetiva	12,4	na	na	*		0,1 %
Porosidade Total	30,8	na	na	*		0,1 %
Umidade	10,0	na	na	*		0,1 %
TOC	na	2523	1582	MA-026-L2	80	40(mg/kg)
pH	na	7,38	7,76	Method 9045C		



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Gabriel Oliver**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0526A

Padrões de Controle Analítico (PCA)

Concentração esperada (mg/kg)	Concentração obtida (mg/kg)
----------------------------------	--------------------------------

TOC	2470	2470
-----	------	------

FM-004-L2A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Foram realizadas duplicatas em 10% das amostras e os resultados obtidos estão em conformidade com os critérios de aceitação estabelecidos.
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


Ms. S., Gabriel Oliver Gonçalves
Chefe Lab. Inorgânico
CRQ - 03211350



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 1

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 10.03.2010

Lab-nº: 10/0526B

Análise em amostras de solo

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua Gen. Espírito Santo Cardoso, Nº 326 - Tijuca - RJ
Data da Coleta : 11.02.2010
Entrega das amostras : 12.02.2010
Início dos ensaios/extracção : 12.02.2010 00:00
Término dos ensaios : 10.03.2010

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : Concal Construtora Complementar
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	Amostra Indeformada (%)	Ref. Método	L.D. (%)
-----------	----------------------------	-------------	-------------

Granulometria

Cascalho e Outros (>2mm)	14,7	ABNT NBR 6502/95	0,1
Areia Grossa (2mm a >0,6mm)	31,1		0,1
Areia Média (0,6mm a >0,2mm)	23,9		0,1
Areia Fina (0,2mm a >0,06mm)	15,2		0,1
Silt (0,06mm a >0,002mm)	6,6		0,1
Argila (≤0,002mm)	8,6		0,1

FM-004-L2N – Rev.00 18/02/2009 – Apr. FEV/09

Observações

1. Manual de métodos de análises de solo 2º Edição - Embrapa
2. Foram realizadas duplicatas em 10% das amostras e os resultados obtidos estão em conformidade com os critérios de aceitação estabelecidos.
3. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
4. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada.

conferido

José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ - 03311142 CREA - 791006469

Ms. S., Gabriel Oliver Gonçalves
Chefe Lab. Inorgânico
CRQ - 03211350



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423A**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua General Espírito Santo Cardoso-Tijuca-RJ
Entrega das amostras : 19/07/2010
Início dos ensaios/extracção : 20/07/2010 12:09
Término dos ensaios : 20/07/2010
Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	PM-11 ($\mu\text{g/L}$)	PM-13 ($\mu\text{g/L}$)	PM-15 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------

BTEX

Benzeno	219,6	1,0	13,2	<1,0	1,0	0,1
Tolueno	5,9	nd	3,8	nd	1,0	0,1
Etilbenzeno	3,2	nd	5,0	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	2,8	1,5	6,4	<1,0	1,0	0,1
o-Xileno	<1,0	nd	2,2	<1,0	1,0	0,1
Total	231,5	2,5	30,6	nd		

Diluição (Nº vezes)

Parâmetro	PM-17 ($\mu\text{g/L}$)	PM-19 ($\mu\text{g/L}$)	PM-20 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------

BTEX

Benzeno	nd	<1,0	nd	1,0	0,1
Tolueno	nd	<1,0	<1,0	1,0	0,1
Etilbenzeno	nd	5,8	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	nd	7,0	<1,0	1,0	0,1
o-Xileno	nd	<1,0	<1,0	1,0	0,1
Total	nd	12,8	nd		

Diluição (Nº vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423A**

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno	114
--------------------	-----

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 4

Resp. Téc.: Carina Casal

Emitido em: 03/08/2010

Lab-nº: 10/2423B

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua General Espírito Santo Cardoso-Tijuca-RJ
Entrega das amostras : 19/07/2010
Início dos ensaios/extracção : 20/07/2010
Término dos ensaios : 21/07/2010 20:00
 : 03/08/2010

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	PM-11 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	PM-13 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	------------------------------	----	-----------------------------	------------------------------	----	-----------------------------	------------------------------	----	-----------------------------	-----------------------------

PAH

Naftaleno	5,48	-	0,03	11,10	-	0,03	6,87	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	0,05	-	0,03	0,70	-	0,03	0,10	-	0,03	0,01
Fluoreno	0,06	-	0,03	1,59	-	0,03	0,08	-	0,03	0,01
Fenantreno	0,06	-	0,03	2,34	-	0,03	0,67	-	0,03	0,01
Antraceno	<0,03	-	0,03	0,54	-	0,03	<0,03	-	0,03	0,01
Fluoranteno	<0,03	-	0,03	0,52	-	0,03	0,05	-	0,03	0,01
Pireno	0,03	-	0,03	1,02	-	0,03	0,09	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03	0,46	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03	0,37	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03	0,28	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03	0,13	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03	0,14	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	nd	-	0,03	0,04	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	-	0,03	0,07	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Total	5,68			19,30			7,86			

Quantidade de amostra
(mL)

1000

1000

1000

*Diluição (N.º vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423B**

Parâmetro	PM-15 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	PM-17 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	PM-19 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	L.D. (µg/L)		
PAH												
Naftaleno	2,08	-	0,03		0,05	-	0,03		4,48	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	0,07	-	0,03		nd	-	0,03		0,03	-	0,03	0,01
Fluoreno	0,07	-	0,03		nd	-	0,03		<0,03	-	0,03	0,01
Fenantreno	0,06	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Antraceno	<0,03	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Fluoranteno	0,03	-	0,03		<0,03	-	0,03		0,13	-	0,03	0,01
Pireno	0,04	-	0,03		0,05	-	0,03		0,22	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		<0,03	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		0,04	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		<0,03	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pireno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	-	0,03		nd	-	0,03		nd	-	0,03	0,01
Total	2,35				0,10				4,90			
Quantidade de amostra (mL)	1000				1000				1000			

*Diluição (N.º vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 3 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423B**

Parâmetro	PM-20 (µg/L)	D*	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
PAH				
Naftaleno	0,93	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	<0,03	-	0,03	0,01
Fluoreno	nd	-	0,03	0,01
Fenantreno	nd	-	0,03	0,01
Antraceno	nd	-	0,03	0,01
Fluoranteno	nd	-	0,03	0,01
Pireno	<0,03	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03	0,01
Indeno(123-cd)pireno	nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	-	0,03	0,01
Total	0,93			

Quantidade de amostra (mL) **1000**

*Diluição (N.º vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 4 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423B**

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

Terfenil D14	110
Perileno D12	76

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quim. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423C**

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua General Espírito Santo Cardoso-Tijuca-RJ
Data da Coleta : 19/07/2010
Entrega das amostras : 20/07/2010
Início dos ensaios/extracção : 21/07/2010 15:00
Término dos ensaios : 03/08/2010

Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	PM-11 ($\mu\text{g/L}$)	PM-13 ($\mu\text{g/L}$)	PM-15 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	----------------------------	-----------------------------

TPH Fingerprint

Hidrocarbonetos alcanos

n-C10	nd	3,2	nd	nd	2,0	1,0
n-C11	<2,0	4,2	3,2	nd	2,0	1,0
n-C12	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C13	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C14	nd	7,1	nd	nd	2,0	1,0
n-C15	nd	4,7	nd	nd	2,0	1,0
n-C16	nd	3,4	nd	nd	2,0	1,0
n-C17	nd	5,4	nd	nd	2,0	1,0
Pristano	nd	43,4	<2,0	nd	2,0	1,0
n-C18	nd	nd	2,2	nd	2,0	1,0
Fitano	nd	29,7	nd	nd	2,0	1,0
n-C19	nd	9,0	<2,0	nd	2,0	1,0
n-C20	nd	<2,0	nd	nd	2,0	1,0
n-C21	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C22	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C23	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C24	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C25	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C26	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C27	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C28	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C29	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C30	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C31	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C32	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C33	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C34	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C35	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C36	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C37	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C38	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C39	nd	nd	nd	nd	2,0	1,0



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

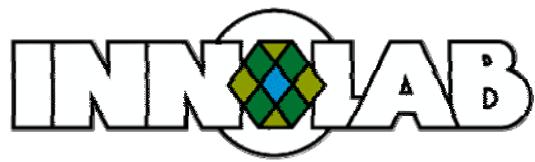
Emitido em: **03/08/2010**

Lab-nº: **10/2423C**

Parâmetro	PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	PM-11 ($\mu\text{g/L}$)	PM-13 ($\mu\text{g/L}$)	PM-15 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
TPH	850	6930	1690	780	100	30
HRP	660	2470	1370	340	100	30
MCNR	190	4460	320	440	100	30



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 3 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 03/08/2010

Lab-nº: 10/2423C

Parâmetro	PM-17 ($\mu\text{g/L}$)	PM-19 ($\mu\text{g/L}$)	PM-20 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
TPH Fingerprint					
Hidrocarbonetos alcanos					
n-C10	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C11	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C12	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C13	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C14	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C15	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C16	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C17	nd	nd	nd	2,0	1,0
Pristano	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C18	nd	nd	<2,0	2,0	1,0
Fitano	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C19	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C20	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C21	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C22	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C23	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C24	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C25	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C26	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C27	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C28	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C29	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C30	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C31	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C32	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C33	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C34	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C35	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C36	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C37	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C38	nd	nd	nd	2,0	1,0
n-C39	nd	nd	nd	2,0	1,0



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 4 de 4

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 03/08/2010

Lab-nº: 10/2423C

Parâmetro	PM-17 ($\mu\text{g/L}$)	PM-19 ($\mu\text{g/L}$)	PM-20 ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
TPH	400	1450	190	100	30
HRP	<100	980	110	100	30
MCNR	370	470	<100	100	30

Padrões de Controle Analítico – (PCA)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

PCA	130
-----	-----

Notas:

TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo

HRP – Hidrocarbonetos resolvidos do Petróleo

MCNR – Mistura complexa não resolvida

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – ISO 9377-2:2000 / EPA 8015 (D):2003
2. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114

ANEXO 04

Laudos das Análises Químicas - Fase de Pós-Remediação



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : 14.12.2010
Entrega das amostras : 14.12.2010
Início dos ensaios/extracção : 14.12.2010
Término dos ensaios : 12.01.2011

Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Parâmetro	PM-05 (µg/L)	PM-06 (µg/L)	PM-08 (µg/L)	PM-09 (µg/L)	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
-----------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------	----------------

BTEX

Benzeno	5,7	<1,0	nd	nd	1,0	0,1
Tolueno	<1,0	4,5	nd	nd	1,0	0,1
Etilbenzeno	<1,0	nd	nd	nd	1,0	0,1
m,p-Xilenos	<1,0	18,3	<1,0	nd	1,0	0,1
o-Xileno	<1,0	8,4	nd	nd	1,0	0,1
Total	5,7	31,2	nd	nd		

Diluição (Nº vezes)

Parâmetro	PM-11 (µg/L)	PM-13 (µg/L)	PM-21 (µg/L)	PM-22 (µg/L)	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
-----------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------	----------------

BTEX

Benzeno	nd	2,3	nd	nd	1,0	0,1
Tolueno	nd	<1,0	nd	<1,0	1,0	0,1
Etilbenzeno	nd	nd	nd	<1,0	1,0	0,1
m,p-Xilenos	nd	<1,0	nd	<1,0	1,0	0,1
o-Xileno	nd	<1,0	nd	<1,0	1,0	0,1
Total	nd	2,3	nd	nd		

Diluição (Nº vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

Parâmetro	Saída ($\mu\text{g/L}$)	L.Q ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
BTEX			
Benzeno	nd	1,0	0,1
Tolueno	nd	1,0	0,1
Etilbenzeno	nd	1,0	0,1
m,p-Xilenos	nd	1,0	0,1
o-Xileno	nd	1,0	0,1
Total	nd		
Diluição (Nº vezes)	-		



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

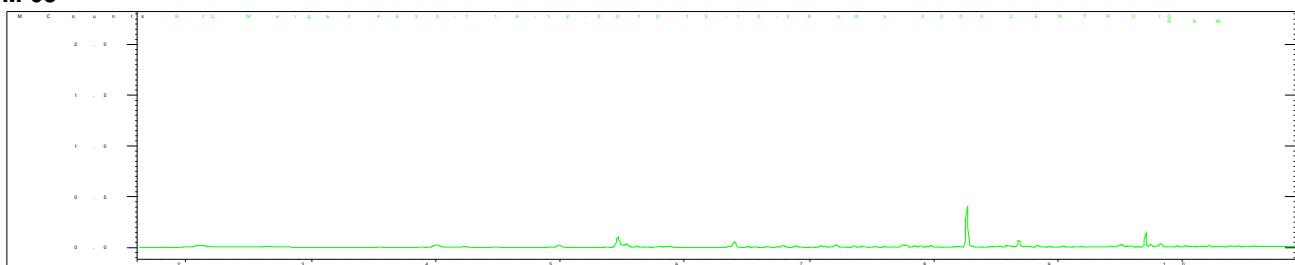
Pág. 3 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

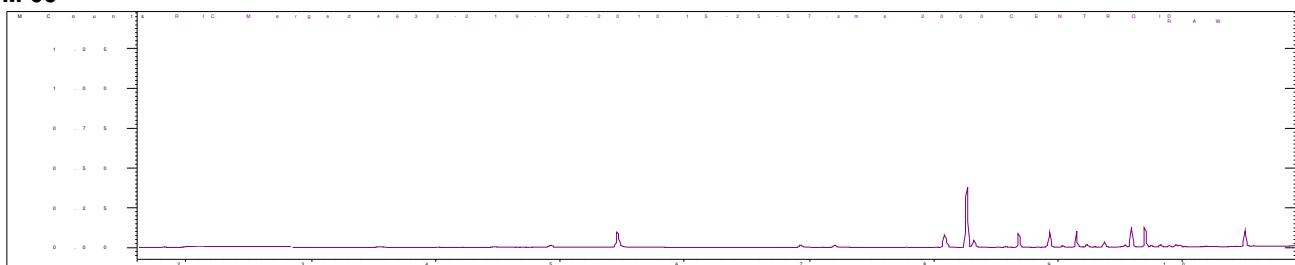
Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

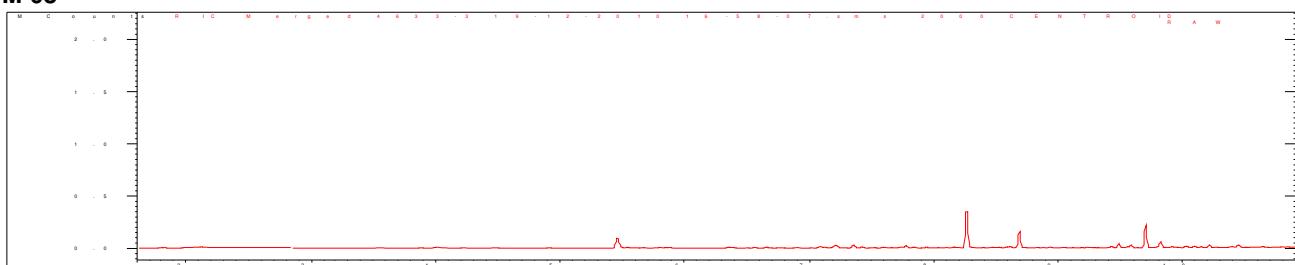
PM-05



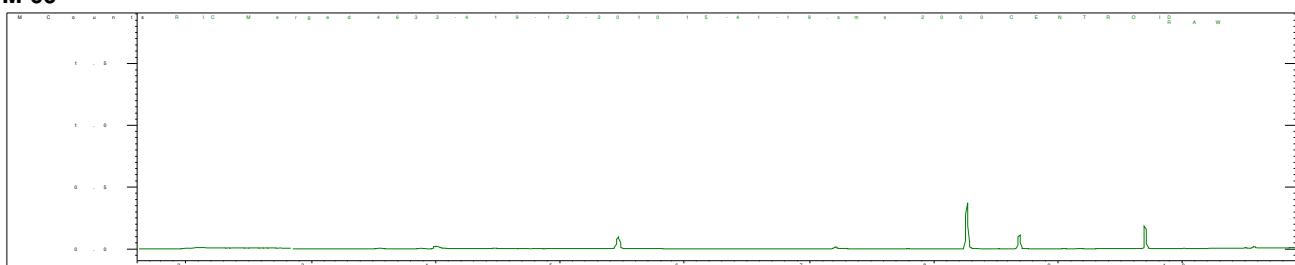
PM-06



PM-08



PM-09





Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

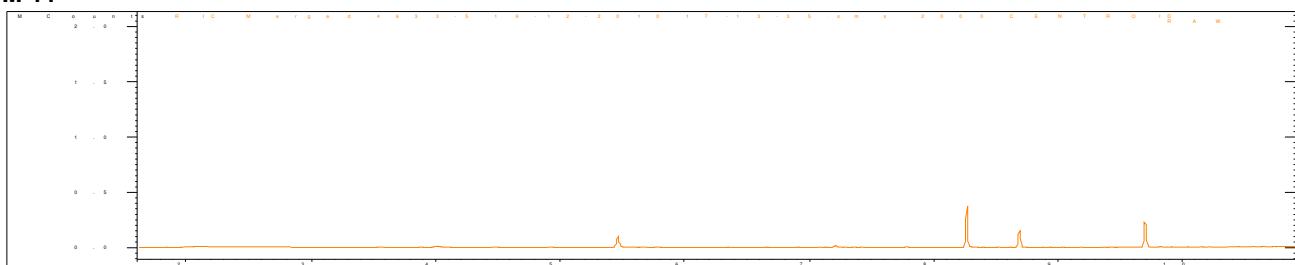
Pág. 4 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

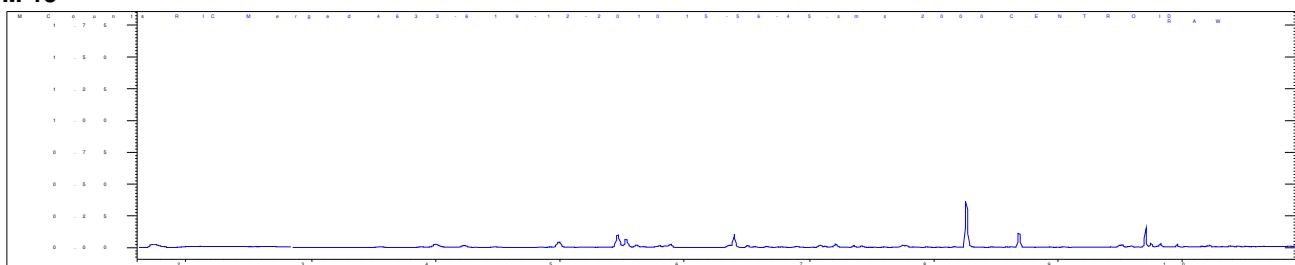
Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

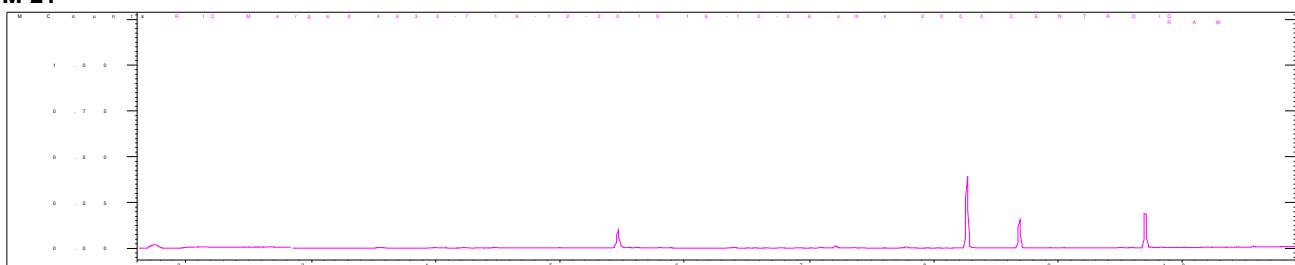
PM-11



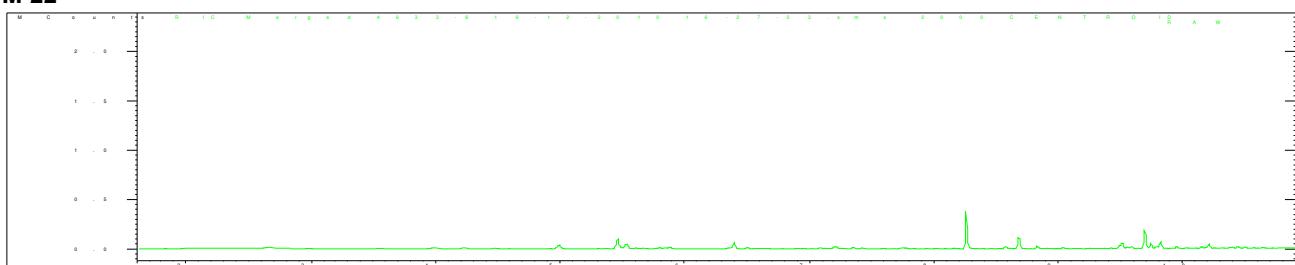
PM-13



PM-21



PM-22





Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

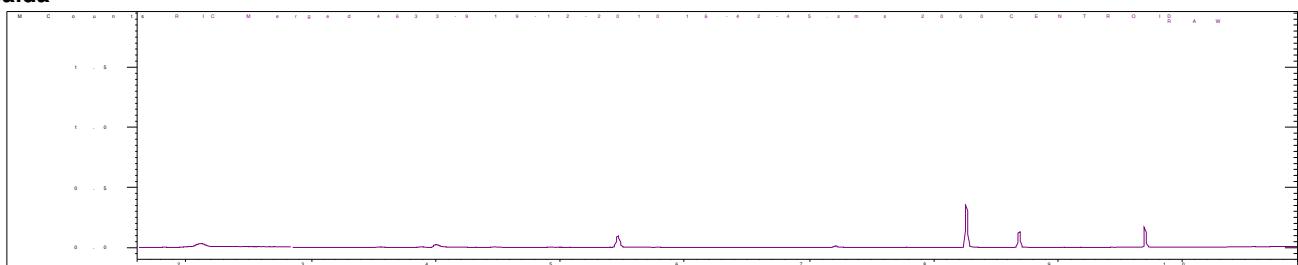
Pág. 5 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

Saída





Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 6 de 6

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633A

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

2,5 Dibromotolueno	89
--------------------	----

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8260 (C):2006/ EPA 5021 (A):2003
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada
conferido


José Antônio Pires de Melo
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Localização do Projeto : Centro - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : Rua General Espírito Santo Cardoso - Tijuca - Rio de
Entrega das amostras : 14.12.2010
Início dos ensaios/extracção : 14.12.2010
Término dos ensaios : 15.12.2010 20:53

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	PM-05 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	PM-06 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	PM-08 ($\mu\text{g/L}$)	D*	L.Q. ($\mu\text{g/L}$)	L.D. ($\mu\text{g/L}$)
-----------	------------------------------	----	-----------------------------	------------------------------	----	-----------------------------	------------------------------	----	-----------------------------	-----------------------------

PAH

Naftaleno	nd	-	0,03	0,42	-	0,03	<0,03	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	nd	-	0,03	0,04	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fluoreno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fenantreno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fluoranteno	nd	-	0,03	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Pireno	nd	-	0,03	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)perileno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Total	nd			0,46			nd			

Quantidade de amostra
(mL)

1000

1000

1000

*Diluição (N.º vezes)

conferido



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

Parâmetro	PM-09 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	PM-11 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	PM-13 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	L.D. (µg/L)
PAH										
Naftaleno	0,24	-	0,03	0,11	-	0,03	0,25	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	0,09	-	0,03	nd	-	0,03	<0,03	-	0,03	0,01
Fluoreno	0,07	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fenantreno	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fluoranteno	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	0,07	-	0,03	0,01
Pireno	<0,03	-	0,03	nd	-	0,03	0,08	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)perílido	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Total	0,40			0,11			0,40			
Quantidade de amostra (mL)	1000			1000			1000			

*Diluição (N.º vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 3 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

Parâmetro	PM-21 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	PM-22 (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	Saída (µg/L)	D*	L.Q. (µg/L)	L.D. (µg/L)
PAH										
Naftaleno	0,10	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Acenaftileno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Acenafteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fluoreno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fenantreno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	<0,03	-	0,03	0,01
Antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Criseno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(b)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranteno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(a)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pireno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Dibenzo(a,h)antraceno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Benzo(ghi)períleno	nd	-	0,03	nd	-	0,03	nd	-	0,03	0,01
Total	0,10			nd			nd			
Quantidade de amostra (mL)	1000			1000			1000			

*Diluição (N.º vezes)



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

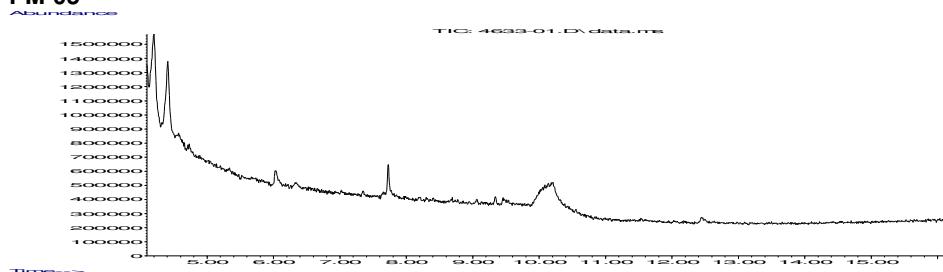
Pág. 4 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

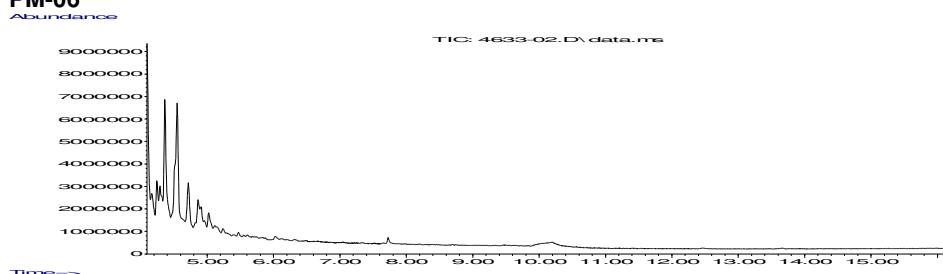
Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

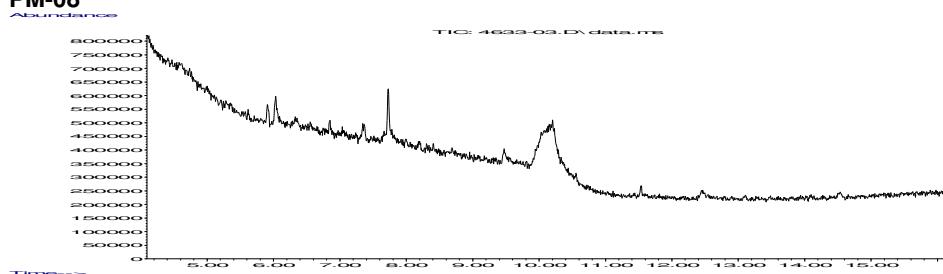
PM-05



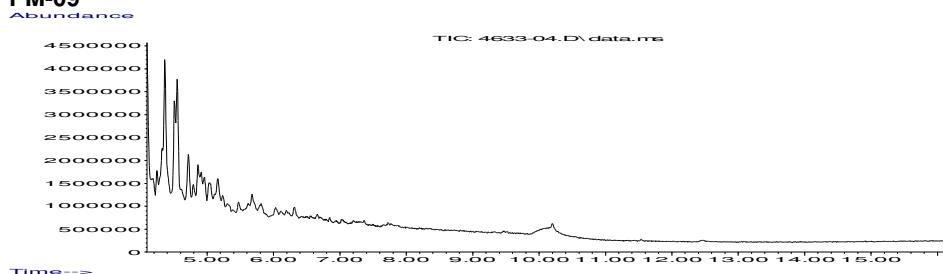
PM-06



PM-08



PM-09



conferido



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

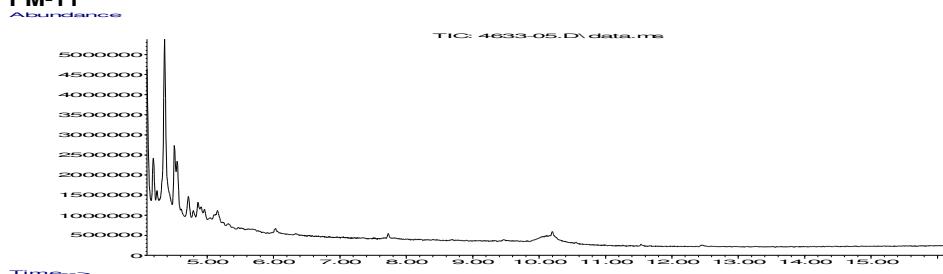
Pág. 5 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

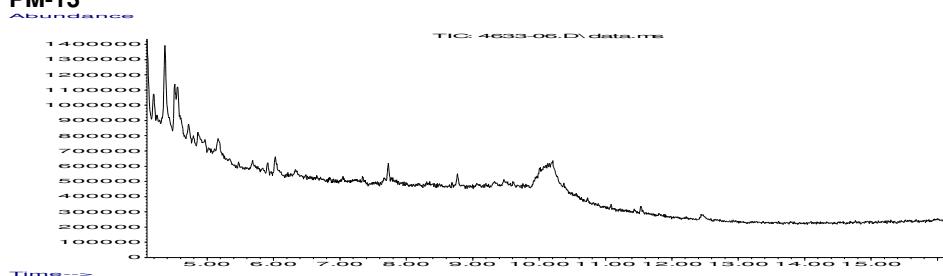
Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

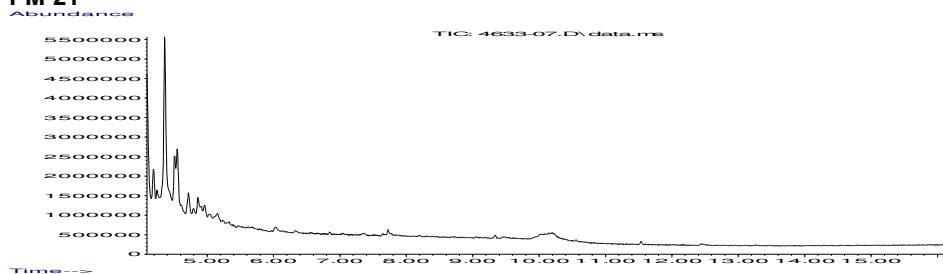
PM-11



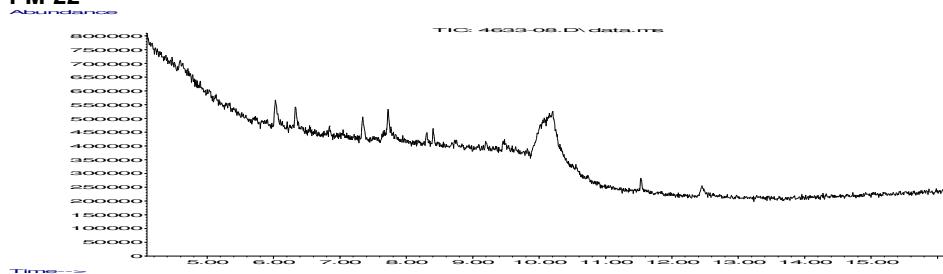
PM-13



PM-21



PM-22



conferido



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 6 de 7

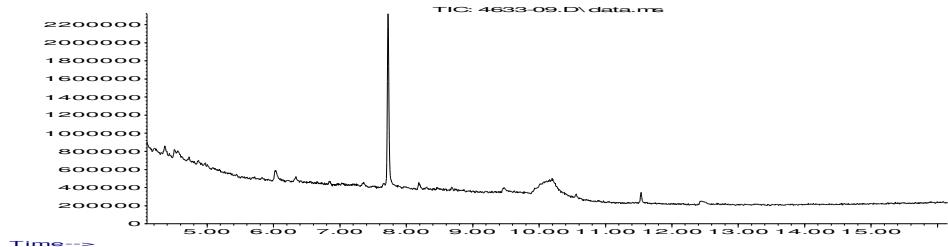
Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

Saída

Abundance





Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 7 de 7

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633B

Padrões de Controle Analítico – PCA (Surrogate)

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

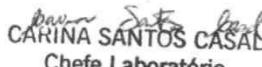
Terfenil D14	85
Perileno D12	79

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – EPA 8270 (D):2007 / EPA 3510 (C):1996
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido


José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469


CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 1 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633C

Análise em amostras de água

Cliente : Controllab
Endereço : Av. Henrique Valadares, nº 23 - Sala 603
Centro - Rio de Janeiro - RJ
Localização do Projeto : Rua General Espírito Santo Cardoso - Tijuca - Rio de Janeiro - RJ
Data da Coleta : 14.12.2010
Entrega das amostras : 14.12.2010
Início dos ensaios/extracção : 15.12.2010 13:54
Término dos ensaios : 12.01.2011

INNOLAB do Brasil Ltda.
Rua Sacadura Cabral - 236
Saúde - Rio de Janeiro - RJ
Cep. 20221-161
CNPJ. 04.183.043/0001-00
Tel. (21) 3509-1750
Fax (21) 2233-4621

Projeto : CONCAL
Gerente do Projeto : Samuel Souza

Parâmetro	PM-05 (µg/L)	PM-06 (µg/L)	PM-08 (µg/L)	PM-09 (µg/L)	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
Índice de Hidrocarbonetos	800	<100	170	nd	100	30
Quantidade de amostras (mL)	900	900	900	900	-	-
Diluição (N.º vezes)	-	-	-	-	-	-
Parâmetro	PM-11 (µg/L)	PM-13 (µg/L)	PM-21 (µg/L)	PM-22 (µg/L)	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
Índice de Hidrocarbonetos	<100	100	<100	490	100	30
Quantidade de amostras (mL)	900	900	900	900	-	-
Diluição (N.º vezes)	-	-	-	-	-	-



Laboratório de Ensaio acreditado
pela Cgcre/Inmetro de acordo com
a ABNT NBR ISO/IEC 17025.



Boletim de Ensaio

Pág. 2 de 2

Resp. Téc.: **Carina Casal**

Emitido em: 12.01.2011

Lab-nº: 10/4633C

Parâmetro	Saída (µg/L)	L.Q (µg/L)	L.D. (µg/L)
Índice de Hidrocarbonetos	nd	100	30
Quantidade de amostras (mL)	900		
Diluição (N.º vezes)	-		

Padrões de Controle Analítico – PCA

Taxa de Recuperação (Faixa de Aceitação: 70-130%)
(%)

PCA	73
-----	----

FM-004-L3A – Rev.00 18/02/2009– Apr. FEV/09

Observações

1. Ref. Método – ISO 9377-2:2000
2. Nos ensaios são utilizados padrões rastreáveis ao SI (Sistema Internacional de Medidas).
3. Foram utilizados Brancos de Controle conforme metodologia informada conferido

José Antônio Pires de Mello
Diretor
B. Sc, Eng. Quím. e Quím. Industrial
CRQ – 03311142 CREA - 791006469

CARINA SANTOS CASAL
Chefe Laboratório
Químico
CRQ - 03251114