ALEXANDRE RUIZ PICCHI

**CARACTERIZAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS
EM EMPREENDIMENTOS ENERGÉTICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências com ênfase em Energia.

**São Paulo – SP
2011**

ALEXANDRE RUIZ PICCHI

**CARACTERIZAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS
EM EMPREENDIMENTOS ENERGÉTICOS.**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Energia da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Ciências.**

**Área de Concentração
Energia e Meio Ambiente**

**Orientador: Profa. Doutora
Patrícia Helena Lara dos Santos Matai**

**São Paulo – SP
2011**

ALEXANDRE RUIZ PICCHI

**CARACTERIZAÇÃO E REMEDIAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS
EM EMPREENDIMENTOS ENERGÉTICOS.**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Energia da
Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Ciências.**

**São Paulo – SP
2011**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Picchi, Alexandre Ruiz

Caracterização e remediação de passivos ambientais em empreendimentos energéticos / Alexandre Ruiz Picchi; orientadora Patrícia Helena Lara dos Santos Matai. – São Paulo, 2011.

330 .; il; 30cm.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo

1. Passivos ambientais 2. Combustíveis 3. Armazenamento de energia
I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família que
deu todo o suporte durante a elaboração do
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a ConAm Consultoria Ambiental Ltda., que financiou os trabalhos de campo e ensaios laboratoriais, além de fornecer a área para elaboração da pesquisa.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro dado durante a elaboração do trabalho.

Agradeço a Professora Dra. Patrícia H. Lara dos Santos Matai, pela orientação dada no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente com a elaboração desse trabalho.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação das vantagens entre os oxidantes.....	62
Tabela 2 – Comparação das desvantagens entre os oxidantes.....	63
Tabela 3 – Documentos e informações públicas de interesse	85
Tabela 4 – Relação das atividades potenciais de geração de passivos ambientais.....	89
Tabela 5 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia eletroquímica	92
Tabela 6 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia elétrica	93
Tabela 7 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética.....	95
Tabela 8 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia Térmica.....	96
Tabela 9 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia química	98
Tabela 10 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia nuclear	99
Tabela 11 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia eletroquímica.....	101
Tabela 12 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia elétrica.....	103
Tabela 13 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia energia mecânica, potencial e cinética.....	104
Tabela 14 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia Térmica.	105
Tabela 15 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia química.....	106
Tabela 16 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia nuclear.....	107
Tabela 17 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia eletroquímica.....	110
Tabela 18 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia elétrica.....	111
Tabela 19 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética.	112
Tabela 20 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Térmica.	114
Tabela 21 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Química.....	116
Tabela 22 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia nuclear.....	118
Tabela 23 – Distribuição dos BTEX na concentração da Gasolina Comum.....	120
Tabela 24 – Distribuição das concentrações de PAHs no Óleo Diesel	121
Tabela 25 – Diluição do Diesel e da Gasolina Comum.....	123
Tabela 26 – Resultados obtidos na amostra com Gasolina Comum.....	124
Tabela 27 – Resultados obtidos na amostra com Diesel	125
Tabela 28 – Concentrações máximas aceitáveis.....	128
Tabela 29 – Concentrações máximas diagnosticadas em investigações ambientais anteriores e consideradas para remediação.	132

Tabela 30 – Resultados das análises de SOD	136
Tabela 31 – Monitoramento de 23/04/2009	140
Tabela 32 – Monitoramento de 29/04/2009	140
Tabela 33 – Monitoramento de 07/05/2009	140
Tabela 34 – Monitoramento de 14/05/2009	141
Tabela 35 – Monitoramento de 21/05/2009	141
Tabela 36 – Monitoramento de 10/06/2009	141
Tabela 37 – Monitoramento em poço à montante	142
Tabela 38 – Resultados da amostragem realizada em 07/05/2009	146
Tabela 39 – Resultados da amostragem realizada em 10/06/2009	147
Tabela 40 – Resultados da amostragem realizada em 30/09/2008	148
Tabela 41 – Resultados da amostra teste	152
Tabela 42 – Monitoramento de 18/08/2009	156
Tabela 43 – Monitoramento de 29/09/2009	156
Tabela 44 – Resultados da amostragem realizada em 18/08/2009	159
Tabela 45 – Resultados da amostragem realizada em 29/09/2009	160
Tabela 46 – Percentual de Remoção dos contaminantes principais	163

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da Avaliação Preliminar.....	34
Figura 2 – Fluxograma da Investigação Confirmatória.....	39
Figura 3 – Fluxograma da Investigação Detalhada	42
Figura 4 – Ações a serem adotadas no gerenciamento do risco	45
Figura 5 – Representação da distribuição ideal de oxidantes ao longo do tempo em uma injeção.....	65
Figura 6 – Fluxograma do Gerenciamento de Áreas Contaminadas	69
Figura 7 – Localização das Injeções da 1ª Campanha.....	139
Figura 8 – Localização das Injeções da 2ª Campanha.....	155

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da Condutividade Elétrica	143
Gráfico 2 – Evolução do pH	143
Gráfico 3 – Evolução dos níveis d'água nos poços de monitoramento	144
Gráfico 4 – Evolução do potencial de óxido-redução	144
Gráfico 5 – Evolução do Sulfato	145
Gráfico 6 – Evolução do Ferro II.....	145
Gráfico 7 – Evolução do Benzeno pós 1ª campanha	148
Gráfico 8 – Evolução do Etilbenzeno pós 1ª campanha	149
Gráfico 9 – Evolução do Tolueno pós 1ª campanha	149
Gráfico 10 – Evolução dos Xilenos (o+m+p) pós 1ª campanha	150
Gráfico 11 – Evolução do Naftaleno pós 1ª campanha	150
Gráfico 12 – Evolução do pH	157
Gráfico 13 – Evolução da Condutividade elétrica.....	157
Gráfico 14 – Evolução dos níveis d'água nos poços de monitoramento	158
Gráfico 15 – Evolução do Potencial de Óxido-redução	158
Gráfico 16 – Evolução do Benzeno pós 2ª campanha	160
Gráfico 17 – Evolução do Etilbenzeno pós 2ª campanha	160
Gráfico 18 – Evolução do Tolueno pós 2ª campanha	161
Gráfico 19 – Evolução dos Xilenos (o+m+p) pós 2ª campanha	161
Gráfico 20 – Evolução do Naftaleno pós 2ª campanha	162
Gráfico 21 – Evolução do Benzeno	163
Gráfico 22 – Evolução do Etilbenzeno	164
Gráfico 23 – Evolução do Tolueno.....	164
Gráfico 24 – Evolução dos Xilenos (o+m+p).....	165
Gráfico 25 – Evolução do Naftaleno	165

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INSPEÇÃO DO IMÓVEL	A
APÊNDICE B – SIMULAÇÃO DE RISCO E PARÂMETROS UTILIZADOS.....	B
APÊNDICE C – LAUDOS LABORATORIAIS – COMBUSTÍVEIS.....	C
APÊNDICE D – LAUDOS LABORATORIAIS – SOD	D
APÊNDICE E – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO	E
APÊNDICE F – LAUDOS LABORATORIAIS DO MONITORAMENTO DA 1ª CAMPANHA DE INJEÇÃO	F
APÊNDICE G – LAUDOS LABORATORIAIS DO ENSAIO DE BANCADA E LAUDOS LABORATORIAIS DO MONITORAMENTO DA 2ª CAMPANHA DE INJEÇÃO	G

ANEXOS

ANEXO A – FICHA CADASTRAL DO IMÓVEL (ABNT NBR 15.515/2007).....	I
---	---

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	22
1.1.	Fomação de passivos ambientais	24
2.	OBJETIVOS	27
3.	REVISÃO DA LITERATURA	28
3.1.	Geração e Transformação de energia	28
3.2.	Armazenamento de Energia	28
3.3.	Processo de Avaliação de Passivos Ambientais	32
3.3.1.	Avaliação Preliminar	32
3.3.2.	Investigação Confirmatória	35
3.3.3.	Investigação Detalhada	40
3.3.4.	Análise de Risco Toxicológico	43
3.3.5.	Plano de Intervenção	44
3.3.6.	Remediação	45
3.3.7.	Monitoramento de encerramento	46
3.4.	Técnicas de Remediação	47
3.4.1.	Remoção e redistribuição de solos	48
3.4.2.	Bombeamento e tratamento de águas subterrâneas (<i>pump and treat</i>)	49
3.4.3.	Injeção de ar na zona saturada (<i>air sparging</i>)	50
3.4.4.	Extração de vapores	50
3.4.5.	Biorremediação	51
3.4.6.	Bioventilação (<i>bioventing</i>)	51
3.4.7.	Barreiras reativas	52
3.4.8.	Tratamento térmico	53
3.4.9.	Oxidação/Redução Química	53
3.4.9.1.	Ozônio	55
3.4.9.2.	Peróxidos	57
3.4.9.3.	Permanganatos	59
3.4.9.4.	Persulfatos	60
3.4.9.5.	Comparativo entre os oxidantes	62
3.4.9.6.	Injeção de solução no aquífero	63
3.4.10.	Atenuação natural monitorada	66
3.4.11.	Extração por solventes	66
3.4.12.	Contenção	67
3.5.	Gerenciamento de Áreas Contaminadas	67
3.6.	Responsabilidades	70
3.7.	Embasamento Legal	71
4.	METODOLOGIA	74
4.1.	Caracterização e Diagnósticos de Passivos Ambientais	74
4.1.1.	Limitações e validade	76
4.2.	Composição dos Combustíveis	77
4.2.1.	Limitações e validade	78
4.3.	Execução de remediação	78
4.3.1.	Limitações e validade	79
5.	CARACTERIZAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS	79
5.1.	Início da Avaliação preliminar	81

5.1.1.	Informações Públicas.....	82
5.1.2.	Informações particulares do imóvel	85
5.1.3.	Inspeção de Reconhecimento	87
5.2.	Áreas de armazenamento de energia	88
5.2.1.	Principais fontes de formação de passivos ambientais em áreas de armazenamento	90
5.2.1.1.	Energia Eletroquímica	91
5.2.1.2.	Energia Elétrica	93
5.2.1.3.	Energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética	94
5.2.1.4.	Energia Térmica	95
5.2.1.5.	Energia Química	97
5.2.1.6.	Energia Nuclear	99
5.2.2.	Principais compostos/elementos encontrados no solo e/ou nas águas subterrâneas de áreas de armazenamento	100
5.2.2.1.	Energia Eletroquímica	101
5.2.2.2.	Energia Elétrica	102
5.2.2.3.	Energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética	103
5.2.2.4.	Energia Térmica	104
5.2.2.5.	Energia Química	105
5.2.2.6.	Energia Nuclear	106
5.2.3.	Onde e o que investigar em áreas de armazenamento	108
6.	COMPOSIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS – ÓLEO DIESEL E GASOLINA	119
6.1.	Informações pré-existentes	120
6.2.	Descrição do experimento	122
6.3.	Resultados obtidos	124
6.4.	Considerações sobre os resultados	126
6.5.	Influência do Etanol (CHRISTENSEN; ELTON, 1996)	128
6.6.	Incertezas e imprecisões sobre o experimento	130
7.	REMEDIÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS – OXIDAÇÃO QUÍMICA.....	131
7.1.	Descrição Técnica	133
7.2.	Produtos Utilizados	134
7.3.	Cálculo da demanda de oxidante pelos contaminantes	135
7.3.1.	Dimensionamento inicial da remediação.....	136
7.4.	Implementação do sistema – 1ª campanha de injeção.....	137
7.5.	Monitoramento e Amostragem após a 1ª campanha	138
7.6.	Resultados obtidos após a 1ª campanha	146
7.7.	Ensaio de Bancada.....	151
7.8.	Implementação do sistema – 2ª campanha de injeção.....	153
7.9.	Monitoramento e Amostragem – 2ª campanha de injeção	156
7.10.	Resultados obtidos após a 2ª campanha	158
7.11.	Avaliação da Remediação	162
8.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	166
8.1.	Caracterização de Passivos Ambientais	166
8.2.	Composição dos Combustíveis.....	167
8.3.	Oxidação Química	168
9.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	170
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174

LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
ISCO – *In situ Chemical Oxidation* (Oxidação química executada no próprio local)
BEN – Balanço Energético Nacional
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
SMA – Secretaria do Meio Ambiente
BTEX – Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos
PAH – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (*Polyaromatic hydrocarbon*)
EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético
SOD – Demanda Oxidante do solo (*Soil Oxidant Demand*)
TCE – Tricloroeteno
PCE – Tetracloroeteno
DCE – Dicloroeteno
TCA – Tricloroetano
DCA – Dicloroetano
MTBE – Éter metiltercbutílico
ORP – Potencial de Óxido Redução (*Oxidation Reduction Potencial*)
SQIs – Substâncias Químicas de Interesse
DO – Oxigênio Dissolvido (*Dissolved Oxygen*)
TPH – Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (*Total Petroleum Hydrocarbon*)
PCB – Bifenilas Policloradas (*Polychlorinated biphenyls*)
FeEDTA – Ferro Quelado ou Complexado

GLOSSÁRIO

As definições apresentadas na seqüência foram obtidas com base nas referências utilizadas no trabalho, principalmente a CONAMA 420/2009, Lei Estadual (SP) 13.577/2009, Política Nacional do Meio Ambiente (6.938/1981), Payne (2008), CETESB (1999 e 2007), Ministério da Saúde (2007) e ANA (2002).

Água subterrânea

Água de ocorrência natural na zona saturada do subsolo. (SÃO PAULO, 2009)

Aquífero

Corresponde à unidade geológica (formação ou grupo) saturada, constituída de rocha ou sedimento, suficientemente permeável (velocidade igual ou superior à 5×10^{-8} m/s) para permitir a extração de água de forma econômica e através de técnicas convencionais.

Geralmente o aquífero possui a capacidade de armazenar uma grande quantidade de água, mas de transmiti-la de forma lenta.

Aquífero Freático ou Livre

É um extrato permeável, parcialmente saturado de água, cuja base é uma camada impermeável ou semipermeável. O topo é limitado pela própria superfície livre da água também chamado de superfície freática, sujeita à pressão atmosférica. (PAYNE, 2008)

Aquífero Poroso

Ocorrem em rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados e solos arenoso decompostos *in situ*. Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Estes aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos. (ANA, 2002)

Área com potencial de contaminação (AP)

Área onde estão sendo desenvolvidas ou onde foram desenvolvidas atividades potencialmente contaminadoras que, por suas características, possam acumular quantidades ou concentrações de contaminantes em condições que a tornem contaminada. (SÃO PAULO, 2009)

Área contaminada (AC)

Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como área contaminada sob investigação (AI) na qual, após a realização de avaliação de risco, foram observadas quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana. A critério da CETESB, uma área poderá ser considerada contaminada (AC) sem a obrigatoriedade de realização de avaliação de risco à saúde humana quando existir um bem de relevante interesse ambiental a ser protegido. (CETESB, 2007)

Área contaminada sob investigação (AI)

Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria onde há comprovadamente contaminação, constatada em investigação confirmatória, na qual estão sendo realizados procedimentos para determinar a extensão da contaminação e identificar a existência de possíveis receptores, bem como para verificar se há risco à saúde humana. A área também será classificada como área contaminada sob investigação (AI), caso seja constatada a presença de produtos contaminantes (por exemplo, combustível em fase livre), ou quando houver constatação da presença de substâncias, condições ou situações que, de acordo com parâmetros específicos, possam representar perigo. (CETESB, 2007)

Área em processo de monitoramento para reabilitação (AMR)

Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como contaminada (AC) ou contaminada sob investigação (AI), na qual foram implantadas medidas de intervenção e atingidas as metas de remediação definidas para a área, ou na qual os resultados da avaliação de risco indicaram que não existe a necessidade da implantação de nenhum tipo de intervenção para que a área seja considerada apta para o uso declarado, estando em curso o monitoramento para encerramento. (CETESB, 2007)

Área reabilitada para o uso declarado (AR)

Área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria, anteriormente classificada como área em processo de monitoramento para reabilitação (AMR) que, após a realização do monitoramento para encerramento, for considerada apta para o uso declarado. (CETESB, 2007)

Área suspeita de contaminação (AS)

Área na qual, após a realização de uma inspeção de reconhecimento, foram observadas indicações que induzem a suspeitar da presença de contaminação. (CETESB, 2007)

Atividade potencialmente contaminadora (APC)

Atividade na qual ocorre o manejo de substâncias cujas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas podem acarretar danos à saúde humana e ao meio ambiente. (Ministério da saúde, 2007)

Avaliação de risco

É o processo pelo qual são identificados, avaliados e quantificados os riscos à saúde humana, ao meio ambiente e a outros bens a proteger. (SÃO PAULO, 2009)

Nem todas as áreas contaminadas representam um risco para o meio ambiente ou à saúde humana. Um aspecto fundamental, para a configuração de risco, em uma área contaminada, é o uso e ocupação do solo no seu entorno. Um risco só existirá se as concentrações de contaminantes excederem determinados limites considerados aceitáveis e se existirem receptores sensíveis e a possibilidade de um evento adverso.

Avaliação preliminar

Avaliação inicial, realizada com base nas informações disponíveis, visando fundamentar a suspeita de contaminação de uma área. (SÃO PAULO, 2009)

Bens à proteger

Bens que, segundo a Política Nacional do Meio Ambiente e legislações decorrentes desta, devem ser protegidos. São considerados como bens a proteger: (BRASIL, 1981)

- Saúde e bem-estar da população;
- Fauna e flora;
- Qualidade do solo, das águas e do ar;
- Interesses de proteção à natureza/paisagem;
- Ordenação territorial e planejamento regional e urbano;
- Segurança e ordem pública.

Com base nessa conceituação, são exemplos de bens a proteger: áreas residenciais, áreas comerciais, áreas industriais, áreas de lazer, áreas de produção agropecuária, piscicultura, hortas, escolas, hospitais, creches, etc.

Declaração de encerramento de atividade

Ato administrativo pelo qual o órgão ambiental atesta o cumprimento das condicionantes estabelecidas pelo Plano de Desativação do Empreendimento e pela legislação pertinente. (SÃO PAULO, 2009)

Empreendimento energético

Corresponde a uma unidade geradora, produtora, fornecedora, transformadora ou retalhista de energia. Para este trabalho será considerado somente a unidade que detém o recurso energético ou suas transformações em outras formas de energia.

Fase livre

Ocorrência de substância ou produto em fase separada e imiscível quando em contato com a água ou o ar do solo. (SÃO PAULO, 2009)

A Fase livre pode ser mais ou menos densa que a água, e dependerá da mistura que compõe a fase imiscível.

Fase residual

Ocorrência de substância ou produto em fase separada, porém sem mobilidade e dispersa no meio poroso. Consiste no contaminante “trapeado” nos poros do solo, cuja remoção e identificação requer níveis apurados de precisão. (CETESB, 1999)

Fonte primária de contaminação

Instalação ou material a partir dos quais os contaminantes se originam e foram ou estão sendo liberados para os meios impactados. (CETESB, 2007)

Fonte secundária de contaminação

Meio impactado por contaminantes provenientes da fonte primária, a partir do qual outros meios são impactados. (CETESB, 2007)

Gerenciamento de Risco

São as medidas adotadas para garantir níveis de risco aceitáveis ou de modo a propiciar sua redução a níveis aceitáveis. Para o gerenciamento podem ser utilizadas medidas emergenciais, institucionais, de engenharia e/ou de remediação. (CETESB, 2007)

Investigação confirmatória

Etapa em que são feitos estudos e investigações com o intuito de comprovar a existência de contaminação gerada à partir de uma fonte potencial de contaminação identificada em uma AP ou AS ou quando há incerteza sobre a existência ou não de fonte(s) potencial (is). (CETESB, 1999)

Investigação detalhada

Etapa em que devem ser avaliadas as características da fonte de contaminação e do meio afetado, através da determinação das dimensões da área afetada, dos tipos e concentração dos contaminantes presentes e da pluma de contaminação, visando obter dados suficientes para a realização da avaliação de risco. (CETESB, 1999)

Medidas de controle de engenharia (MCE)

Técnicas utilizadas normalmente pelo setor da construção civil, aplicadas em uma área contaminada, em substituição ou complementarmente às técnicas de remediação, para interrupção da exposição dos receptores aos contaminantes presentes, incluindo impermeabilização da superfície do solo, de modo a evitar o contato de receptores com o meio contaminado. (SÃO PAULO, 2009)

Medidas de controle institucional (MCI)

Medidas implementadas em substituição ou complementarmente às técnicas de remediação, nos casos em que exista a necessidade de impedir ou reduzir a exposição de um determinado receptor aos contaminantes presentes na área contaminada, podendo incluir: restrição ao uso do solo; restrição ao uso de água subterrânea; restrição ao uso de água superficial; restrição ao consumo de alimentos e restrição ao uso de edificações. (SÃO PAULO, 2009)

Medidas emergenciais (ME)

Conjunto de ações a serem executadas durante qualquer uma das etapas do gerenciamento de uma área contaminada, sempre que for constatada situação de perigo, podendo incluir: isolamento da área (proibição de acesso à área); ventilação/exaustão de espaços confinados; monitoramento do índice de explosividade; monitoramento ambiental; remoção de materiais (produtos, resíduos, etc.); fechamento / interdição de poços de abastecimento; interdição de edificações; proibição de escavações; proibição de consumo de alimentos e contenção do avanço das plumas de contaminação. (SÃO PAULO, 2009)

Medidas de intervenção

Conjunto de ações a serem adotadas visando a reabilitação de uma área para o uso declarado (com objetivo de afastar o(s) perigo(s) advindo(s) de uma área contaminada), a saber: medidas emergenciais, de remediação, de controle institucional e de controle de engenharia. (SÃO PAULO, 2009)

Medidas de remediação (MR)

Técnicas aplicadas à área quando existir risco à saúde acima do valor aceitável, necessidade de proteção de receptores ecológicos, ou mesmo quando ocorrerem situações de perigo. Essas técnicas podem ser de tratamento (ou descontaminação), contenção (ou isolamento), ou para alcançar os dois objetivos citados. (SÃO PAULO, 2009)

Modelo conceitual

Constitui-se numa síntese das informações relativas a uma área em estudo, atualizada na conclusão de cada etapa de trabalho. Com base no modelo conceitual são definidas as seqüências dos trabalhos a serem executados no gerenciamento de áreas contaminadas. (CETESB, 2007)

Monitoramento

Medição periódica de substâncias químicas de interesse que indicam a qualidade do solo ou da água subterrânea. (CETESB, 2007)

Nível freático superficial médio

Corresponde à variação média dos níveis d'água medidos no interior de poços de monitoramento.

Perigo

Situação em que estejam ameaçados a vida humana, o meio ambiente ou o patrimônio público e privado, em razão da presença de agentes tóxicos, patogênicos, reativos, corrosivos ou inflamáveis no solo ou em águas subterrâneas ou em instalações, equipamentos e construções abandonadas, em desuso ou não controladas. (CONAMA, 2009)

Pluma de contaminação

Representação da distribuição de substâncias nos meios de interesse, considerando o tempo e espaço analisado. (CETESB, 1999)

Substâncias químicas de interesse (SQI)

Elementos, substâncias e produtos químicos que sejam de interesse para a investigação da contaminação.

Recurso energético

Os recursos energéticos são as formas básicas para a obtenção de energia, dentre estas podem ser classificadas em energia renovável e energia não renovável.

O sol, o vento, as ondas do mar, a água dos rios, as marés, a biomassa e o calor da Terra são fontes de energia renováveis.

Os combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás natural) e a energia nuclear (urânio, césio) são recursos energéticos não renováveis, isto é, a sua velocidade de formação é inferior à velocidade de consumo.

Risco

Probabilidade de ocorrência de efeito(s) adverso(s) em receptores expostos (bens a proteger) a contaminantes presentes em uma área contaminada. (CETESB, 1999)

Solo subsuperficial

Horizonte do solo a partir de 0,5 m de profundidade em relação à superfície do terreno até o nível de água. Abrange a região não saturada ou vadosa.

Solo superficial

Horizonte do solo de 0 a 0,5 m de profundidade em relação à superfície do terreno. Também faz parte da região não saturada ou vadosa.

Técnicas de resposta rápida (*real time*)

Técnicas aplicadas em campo ou não, que permitem um aumento significativo na densidade de informações, possibilitando um refinamento do modelo conceitual, simultaneamente aos trabalhos que estão sendo realizados.

Valor de Intervenção ou de Investigação (VI)

Concentração de determinada substância no solo e na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais diretos e indiretos à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico. (SÃO PAULO, 2009)

RESUMO

Este trabalho buscou primeiramente caracterizar passivos ambientais em empreendimentos energéticos, em especial nos de armazenamento de energia. Para isto, avaliou-se as atividades potenciais de contaminação em empreendimentos com armazenamento de energia, em qualquer uma de suas formas (energia eletroquímica, elétrica, mecânica, cinética, hidráulica, térmica, química e nuclear). Foi elaborada uma sequência metodológica de levantamento de informações, com posterior associação entre os contaminantes e as atividades fonte de contaminação. Para um dos tipos de fontes de contaminação através de combustíveis, foi realizado um ensaio de bancada com amostras de combustível diluídas em água, para avaliar em laboratório se somente os compostos BTEX e PAH estão presentes, uma vez que são os geralmente analisados em áreas de armazenamento de gasolina e diesel, objetivando mensurar se a análise de somente estes compostos são suficientes para abranger o potencial toxicológico dessa contaminação. Como resultado constatou-se a necessidade de incluir os Trimetilbenzenos nas análises padrão realizadas nas áreas de armazenamento dos combustíveis avaliados. Para os mesmos tipos de contaminantes, os derivados de combustíveis, foram realizadas campanhas de oxidação química (ISCO) num posto de combustíveis desativado através da injeção de oxidante no aquífero freático, buscando a redução das concentrações para a intervenção de obras civis de uma nova ocupação para o imóvel. Os resultados obtidos foram satisfatórios, atendendo os objetivos pré-definidos, demonstrando a eficácia do processo oxidativo para a degradação de derivados de combustíveis utilizando-se o Persulfato de Sódio, ativado tanto por metais complexados (FeEDTA) quanto por aplicação em meio alcalino.

Palavras-chave: Passivos Ambientais. Combustíveis. Armazenamento de energia.

ABSTRACT

This study sought initially to characterize environmental liabilities in energy enterprises, especially in energy storage ones. Therefore, we evaluated the potential contamination activities within developments with energy storage in any of its forms (electrochemical, electrical, mechanical, kinetic, hydraulic, thermal, chemical and nuclear energy). A survey was elaborated using a methodological sequence to gather information, with subsequent association between the contaminant and the source of contamination activities. For one of the types of sources of contamination by fuel, we performed a bench and lab test using fuel diluted in water samples to evaluate if only the BTEX and HPA compounds, usually analyzed in areas of gasoline and diesel storage, are sufficient to cover the toxicological potential of such contamination. The results suggested the need to include trimethylbenzene in the standard analysis performed in the fuel storage areas evaluated. For the same types of contaminants, derivatives of fuels, chemical oxidation campaigns (ISCO) were carried out using direct push injections at a deactivated gas station, seeking to reduce concentrations for the intervention of civil works for a new occupation of the land. The results were satisfactory and the proposed goals have been achieved demonstrating the effectiveness of the oxidation process for the degradation of derived of fuels by using the Sodium Persulfate, activated by complexed metals (FeEDTA) and also by application in alkaline environment.

Keywords: Environmental liabilities. Fuel. Energy storage.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a variável ambiental aparece incorporada aos custos dos empreendimentos, diferentemente do que ocorria até a década de 1980, quando grandes empreendimentos, como barragens, rodovias e indústrias, tinham seus financiamentos liberados e eram implantados sem grandes exigências em respeito às questões ambientais (SILVA, 2006).

O panorama vem mudando, visto que, atualmente para a aprovação da viabilidade econômica do empreendimento são verificados se os aspectos ambientais potenciais não serão traduzidos em problemas que exigirão altos custos, tanto para evitá-los quanto na adoção de medidas mitigadoras e compensatórias necessárias a serem implantadas. Essa identificação pode ocorrer em avaliações preliminares ou mais detalhadas, na forma de um estudo de impacto ambiental.

Os custos ambientais devem incorporar o montante global a ser investido, desde a fase de implantação até a desativação, permitindo assim ao tomador de decisão, conhecer a representatividade destes, atestando sua viabilidade financeira e ambiental. (SILVA, 2006)

Caso não se comprove a viabilidade, há necessidade de rever todo o processo, muitas vezes ocorrendo uma reformulação do projeto.

Para Kraemer (2005) um passivo ambiental pode ser definido como qualquer obrigação da empresa relativa aos danos ambientais causados por ela, uma vez que a empresa é a responsável pelas consequências destes danos à sociedade e ao meio ambiente.

Na prática, o passivo ambiental corresponde às despesas envolvendo áreas contaminadas, resíduos, pagamento de multas e não observância da legislação ambiental, assim como as despesas envolvidas no atendimento das normas e certificações, bem como o dano já ocasionado.

O passivo ambiental também pode acarretar a redução do patrimônio líquido de uma empresa, em decorrência disto acabam perdendo valor no mercado, e consequentemente lucratividade. (BERTOLI; RIBEIRO, 2006)

O passivo ambiental pode representar um elevado risco ao negócio, devido aos custos envolvidos para sua regularização ou eliminação em níveis compatíveis com o uso definido (podem assumir tratativas diferenciadas devido às peculiaridades do local analisado). Sendo assim, torna-se cada vez mais importante avaliar o passivo ambiental

envolvido, tornando-se um assunto que tem recebido grande atenção das empresas, demandando a criação de ferramentas para gerenciá-lo.

A Avaliação de Passivos Ambientais é um processo que busca identificar e definir os potenciais riscos ao negócio, tanto para efeito do cumprimento da legislação vigente quanto para proporcionar o uso desejado para o local de análise, quer seja pelo próprio empreendimento em atividade, quer seja para uma nova finalidade de uso. Entende-se como proporcionar o uso, o fato de não existir riscos à sua utilização em decorrência dos passivos ambientais. (CETESB, 2007)

O setor energético é um dos principais responsáveis pela formação dos passivos ambientais, principalmente por meio do uso de combustíveis fósseis. Estes representam mais de 50% do consumo de energia do país, sendo os derivados de petróleo responsável por 41,7% do consumo total final de energia no Brasil. (BEN, 2010)

As atividades do setor energético – geração, transformação, armazenamento, distribuição, transporte e conversão – são potenciais formadores de passivos ambientais, mesmo com diferentes intensidades e características que dependem do tipo de processo de cada atividade. (CETESB, 1999)

Nas condições atuais tecnológicas e de fiscalização, a formação de um passivo ambiental torna-se cada vez mais dificultada em virtude dos controles ambientais necessários para a viabilização de uma atividade, tanto na permissão de sua instalação quanto na sua operação (ou renovação). Dessa forma, os passivos ambientais passam a ser formados em decorrência de acidentes, por atividade irregular (diferente da que foi autorizada pelo órgão ambiental) ou na desativação da atividade potencialmente contaminadora. (SANCHEZ, 2001)

Porém, as atividades anteriores a década de 1990, ou ainda, as que a fiscalização demorou a atingir, possuíam processos ou sistemas que naturalmente eram potencialmente formadores de passivo ambiental sem que medidas para evitá-los fossem tomadas. Deste modo, os passivos ambientais gerados no histórico da atividade industrial, representam muitas vezes perigo à sociedade e devem ser reparados, situação que geralmente significa elevados custos, que aparecem na desativação da atividade industrial ou na mudança do uso prévio.

1.1. Fomação de passivos ambientais

Dentre os grandes acidentes que resultaram em passivos ambientais, os mais conhecidos estão relacionados com atividades de energia, principalmente com armazenamento e transporte. Dentre os principais, destacam-se:

- Danos na região de Cubatão causados pelo vazamento de óleo, resultando na explosão de moradias na década de 80. A Petrobrás foi responsabilizada pelo acidente que significou o vazamento de 1,2 milhões de litros de gasolina (vazamento em uma linhas que interliga uma refinaria ao Porto de Santos ocorrido devido à falta de manutenção e falha operacional); (KRAEMER, 2005)
- O acidente com o petroleiro Valdez de propriedade da empresa Exxon, ocorrido no Alaska em 1989, liberando 42 milhões de litros de óleo ao mar. Tal acidente teve complicações pela dificuldade de acesso à região e à estrutura de contingência de um desastre daquele porte, ficando marcado na história pelo dano ecológico gerado; (ALASKA SEA GRANT COLLEGE PROGRAM, 1994)
- O vazamento de 1,3 milhões de litros de óleo bruto de um duto da Refinaria da Petrobras em Duque de Caxias no ano 2000, no mar da Baía de Guanabara. A mancha de óleo se estendeu por uma faixa superior a 50 km², atingindo o manguezal da área de proteção ambiental (APA) de Guapimirim, praias banhadas pela Baía de Guanabara, espécies da fauna e flora, além de provocar prejuízos de ordem social e econômica a população local; (DRAFAN, 2010)
- O acidente com o navio petroleiro Prestige ocorrido em 2002 na costa Atlântica da Espanha, que transportava mais de setenta mil toneladas de óleo combustível. Além de o navio afundar com milhares de toneladas de óleo, o mesmo apresentou vazamentos que contaminou cerca de 300 km da costa espanhola (foram derramados cerca de 60 mil toneladas de petróleo e ainda existem mais de 10 mil toneladas nos tanques do navio afundado); (RODRIGUES, 2004)
- Vazamento do navio petroleiro Erika (pertencente ao grupo francês Total) ocorrido em 1999 na França (o navio afundou a 75 quilômetros da costa da Bretânia, banhada pelo Oceano Atlântico), onde cerca de quinze mil toneladas vazaram do navio contaminando cerca de 400 Km da costa francesa; (MORGAN; LAUBIER, 2004)

- Acidente na plataforma P-36 de propriedade da Petrobrás no ano de 2007 que provocou vazamento de petróleo. O acidente provocou o afundamento da plataforma, permitindo o vazamento de cerca de 1,5 milhão de litros de óleo e petróleo que estavam armazenados na plataforma; (ORD, 2010)
- Vazamento do poço de extração de petróleo de uma plataforma de águas profundas (*Deepwater Horizon* da *British Petroleum*) que explodiu na região do Golfo do México, em abril de 2010. O vazamento durou 85 dias e liberou cerca de 652 milhões de litros de óleo. Boa parte foi recuperada, porém provocou danos considerados irreversíveis. (USGS, 2010)

Esses acidentes exigiram gastos não planejados dessas empresas, o que afeta qualquer programação de fluxo de caixa. Tão quanto e até mais elevados são os custos dos recursos necessários para a reparação dos danos provocados pelas referidas situações, são os gastos requeridos para a recuperação da imagem da empresa principalmente quando ocorrer a divulgação na mídia e atrai a atenção de ambientalistas. (KRAEMER, 2005)

No caso de acidentes, evitar passivos ambientais relaciona-se com as ações imediatas que são tomadas. Porém, devido às proporções dos acidentes, normalmente somente é possível reduzir o passivo ambiental gerado.

Já no caso dos passivos ambientais formados pela atividade rotineira, além da prevenção (situação atual) a identificação, caracterização e tratamento passam a ser a melhor atitude responsável que pode ser adotada pela empresa a fim de evitar problemas futuros junto à terceiros quanto para o próprio patrimônio da empresa.

O gerenciamento de áreas contaminadas embasa-se em uma estratégia constituída por etapas que incluem a identificação, a investigação das áreas e o cadastramento das informações coletadas. Essas informações visam subsidiar o planejamento e a realização da remediação dessas áreas, com base em uma avaliação de risco à saúde humana. O objetivo principal do processo de remediação é possibilitar a reabilitação das áreas para um uso compatível com metas previamente estabelecidas, a serem atingidas após a intervenção. (ROCCA, 2003)

Muitos dos empreendimentos energéticos foram inicialmente instalados em áreas isoladas e industriais, mas com o passar dos anos essas áreas tornaram-se grandes focos habitacionais (terrenos de localização privilegiada de grande interesse comercial).

Devido à localização privilegiada, alguns desses empreendimentos acabaram sendo desativados (ou ainda estão em atividade) e deram (ou darão) lugar a novos tipos de ocupação, dentre eles prédios residenciais, comerciais, hospitais, parques entre outros. Nesta situação torna-se imprescindível avaliar se a atividade pretérita gerou algum passivo ambiental que inviabilize a ocupação direta da área, e se são necessárias medidas administrativas, de engenharia e/ou remediação.

A inviabilização da ocupação de um imóvel se dá principalmente pelo risco toxicológico dos compostos que foram deixados pela atividade pretérita. (SANCHEZ, 2001)

Atualmente no Estado de São Paulo, encontra-se em vigor a lei 13.577 que estabelece diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas.

No ramo energético, com respeito principalmente aos derivados dos combustíveis fósseis, os compostos remanescentes das atividades apresentam elevado potencial tóxico, sendo alguns deles carcinogênicos. (CETESB, 2006)

Com respeito aos empreendimentos energéticos, esse trabalho visa apresentar os tipos de compostos (contaminantes) que podem ser encontrados nas atividades armazenamento de energia, além de avaliar se o tratamento oxidativo/redutor é eficiente na remoção de alguns dos contaminantes. Também será avaliada a composição ambiental dos combustíveis diesel e gasolina, comuns no armazenamento energético.

Nos empreendimentos energéticos, o processo de geração e transformação de energia são potenciais formadores de passivo ambiental, porém não é possível uma generalização de procedimentos e caracterização, visto o amplo arranjo dos processos geradores e transformadores de energia (diferentes formas de se gerar e transformar energia, envolvendo diferentes matérias primas e insumos). Devido a esta situação, a geração e transformação não serão abordadas diretamente nesse trabalho.

Tendo em vista as circunstâncias apresentadas no contexto antes descrito, o presente estudo se propõe a dar uma contribuição para o tema, analisando aspectos de caracterização e de recuperação de passivos ambientais gerados em decorrência das atividades de armazenamento de energia.

2. OBJETIVOS

Serão objetivos de abordagem, com base na introdução apresentada, no nível de caracterização, à pesquisa de fontes e agentes potencialmente contaminantes do solo e/ou da água subterrânea em empreendimentos de armazenamento de energia.

Em relação às técnicas de tratamento usualmente empregadas, buscar-se-á verificar, a partir de ensaios efetuados nas escalas de bancada e de campo, a eficácia daquela denominada por processo oxidativo/redutor *in situ*, a partir de critérios e padrões consistentes.

A fim de atender a contento os propósitos supramencionados, bem como, de fornecer ao leitor elementos que permitam um melhor entendimento das discussões que serão doravante empreendidas, este trabalho está estruturado na forma dos seguintes objetivos gerais:

- Sistematizar as ações de identificação e caracterização dos principais passivos ambientais no solo e água subterrânea, gerados nos empreendimentos de armazenamento de energia;
- Avaliar o tratamento oxidativo/redutor *in situ* e em escala laboratorial de alguns passivos ambientais diagnosticados em um empreendimento de armazenamento de energia.

No processo de caracterização dos principais passivos ambientais em áreas de armazenamento de combustíveis (diesel e gasolina), haverá o seguinte objetivo específico:

- Avaliar os contaminantes que possam estar presentes em área de armazenamento de combustíveis (diesel e gasolina) com base em análise química;

Desta forma, o presente trabalho poderá fornecer importante contribuição ao desenvolvimento metodológico da Avaliação de Passivos Ambientais para as áreas de armazenamento, o que facilitará os procedimentos a serem adotados nestes tipos de locais, bem como o entendimento por profissionais de outras áreas de trabalho.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Geração e Transformação de energia

A energia possui como principal característica a capacidade de conservação. Sempre passando por processos de transformação para se obter energia para uma dada atividade, ou seja, uma forma de energia pré-existente é transformada em outras (considerou-se no plural pois pela capacidade de conservação geralmente ocorre a formação de mais de um tipo de energia). (SHREVE, 1997)

A energia assume diversas formas, sendo as principais: (SHREVE, 1997)

- A energia elétrica;
- A energia química;
- A energia nuclear;
- A energia térmica;
- A energia mecânica;
- A energia cinética, entre outras.

O termo geração de energia, significa expressar uma transformação de energias, que podem ocorrer nos processos de conversão, isto ocorre numa hidrelétrica, por exemplo, (converte a energia potencial em energia mecânica, que é convertida em energia elétrica), ou num motor de carro (converte a energia química do combustível em energia mecânica).

Ressalta-se que os processos de geração geralmente ocorrem com a formação de mais de um tipo de energia (princípio de conservação de energia), que no exemplo do motor de carro, corresponde a principalmente energia mecânica e térmica. (SHREVE, 1997)

Devido ao fato de haver conversão em outras formas de energia (considerando a conservação), define-se a eficiência de um sistema, que nada mais é o quanto da energia de interesse que é formada em um processo.

3.2. Armazenamento de Energia

Armazenamento de energia consiste no processo ao qual é reservada a energia (em qualquer uma de suas formas) para posterior utilização. A energia geralmente é armazenada em um acumulador e/ou reservatório. (SHREVE, 1997)

O armazenamento de energia é realizado conforme o tipo de energia que se queira armazenar (elétrica, química, mecânica, nuclear, térmica, luminosa, cinética) e de acordo com a forma em que a mesma se encontra. O armazenamento pode ocorrer de forma natural ou artificial.

A idéia do armazenamento de energia decorre da energia ser tratada como um fluido que possa ser armazenado ou transferido de um corpo a outro. Porém nem sempre o processo de armazenamento pode ser visualizado materialmente. (SHREVE, 1997)

Freqüentemente o conceito de armazenamento de energia refere-se a combustíveis. Essa relação é mais facilmente estabelecida pelo fato do combustível ser algo material.

O armazenamento de energia tornou-se uma necessidade para o desenvolvimento econômico, com a crescente demanda pela eletricidade e combustíveis (gasolina, querosene, gás, etc).

A energia elétrica, diferentemente de outros meios energéticos, é produzida e utilizada sem armazenamento em larga escala.

No Brasil, a matriz de energia elétrica (BEN 2010) é composta por 76,9% de energia proveniente de hidrelétricas, ou seja, carece de uma técnica de armazenamento, considerando o aumento crescente da demanda e dificuldades na expansão do parque hidrelétrico.

Mundialmente, uma das primeiras soluções para o problema do armazenamento de energia elétrica foi o desenvolvimento da bateria, um dispositivo de armazenamento eletroquímico. Este dispositivo tem sido de utilidade limitada em sistemas de energia elétrica, devido à baixa capacidade de armazenamento e o custo envolvido. Uma possível solução é o capacitor, mas também com problemas semelhantes aos da bateria.

Diante da ausência de meios de armazenamento, mundialmente, os combustíveis tornaram-se a forma dominante de energia, tanto na geração de eletricidade como em outros usos da energia. No Brasil, o uso para energia elétrica foi secundário, visto o potencial hidroelétrico já estabelecido, cabendo aos combustíveis um suplemento para os horários de maior consumo.

No país o principal papel energético dos combustíveis envolve o transporte e as atividades industriais.

Os combustíveis químicos mais comuns são: carvão, gasolina, gásóleo, gás natural, gás de petróleo liquefeito (GPL), diesel, propano, butano, etanol, biodiesel e o hidrogênio. Todos estes produtos químicos são facilmente convertidos em energia mecânica e depois, eventualmente em energia elétrica, podendo em algumas situações a cogeração do calor gerado (uma das conversões da energia nesse processo é a térmica, ainda pouco utilizada no país).

Atualmente, os combustíveis a base hidrocarbonetos (petróleo, gás natural), estão entre as principais fontes de energia (BEN, 2010). No entanto, estes produzem gases de efeito estufa. Além disso, são recursos não-renováveis com previsões de extinção, embora a cada ano sejam elaboradas novas previsões com base no descobrimento de novos locais de extração.

Uma fonte alternativa a estes combustíveis e com emissão de gases de efeito estufa reduzidas, são os biocombustíveis (etanol, biodiesel), que também poderá vir a trazer outros problemas a humanidade (aumento no preço dos alimentos, desmatamentos a larga escala, etc).

O armazenamento eficiente de energia, principalmente no setor energético, esbarra na questão ambiental. Com isso, o incentivo para alternativas “mais limpas”, como a produção de painéis solares e turbinas eólicas, tem sido o objetivo de diversos governos. Isto gera uma corrida ao desenvolvimento de tecnologias energéticas de armazenamento, principalmente aquelas de menor impacto ao meio ambiente.

Na sequência são citados os principais métodos atuais de armazenamento de energia (ISR, 2006):

- Eletroquímico
 - Baterias;
 - Pilhas.
- Elétrico
 - Capacitor;
 - Condensador;
 - Condutores.
- Mecânico / Potencial / Cinético
 - Armazenamento da energia do ar comprimido;

Acumulador hidráulico;

Baterias;

Armazenamento hidroelétrico da energia;

Mola.

- Térmico

Líquidos;

Sólidos;

Gases.

- Químico

Combustíveis (sólidos, líquidos e gasosos);

Células Combustíveis.

- Nuclear

Combustíveis (sólidos, líquidos e gasosos);

3.3. Processo de Avaliação de Passivos Ambientais

Cuidar do meio ambiente significa prevenir e minimizar impactos e gerenciar passivos ambientais, o que envolve, por exemplo, remediar áreas contaminadas. Nos empreendimentos energéticos, o principal potencial de formação de passivo ambiental relaciona-se, em geral, ao uso de equipamentos a óleo, combustíveis e derivados de petróleo. Existem outras atividades de menor potencial, além daquelas que utilizam insumos energéticos. (AES, 2005)

Para diagnosticar um passivo ambiental decorrente da atividade histórica de um dado empreendimento, energético ou não, deve-se realizar inicialmente uma atividade investigatória. (MARKER, 2008)

Devido à ausência de um modelo nacional, foi utilizado o procedimento de gerenciamento de áreas contaminadas no Estado de São Paulo, fazendo-se algumas adaptações. Atualmente existe uma norma ABNT-NBR para a avaliação preliminar (15.515) e estão em desenvolvimento as normas de investigação confirmatória, investigação detalhada e análise de risco toxicológico.

A atividade de avaliação de Passivo Ambiental pode ser dividida em etapas, descritas na sequência. (CETESB, 1999, 2007)

3.3.1. Avaliação Preliminar

A etapa de avaliação Preliminar visa identificar áreas com potencial e sob suspeita da existência de uma contaminação (passivo ambiental) embasadas nas atividades que foram, ou são desempenhadas no local e em seu entorno (vizinhança), ou seja, no histórico do local avaliado. (MARKER, 2008)

A ABNT NBR 15.515-1:2007 define como avaliação preliminar o início da avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea, com a finalidade de buscar indícios de uma possível contaminação, realizada com base nas informações históricas disponíveis sobre o local (levantamento histórico, entrevistas, imagens e fotos) e obtidas em inspeções de campo, de modo à fundamentar a suspeita de contaminação, caso exista.

O Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 1999, 2007), define que a execução da etapa preliminar possibilita:

- Levantar informações sobre cada área potencial (AP) de modo a subsidiar o desenvolvimento das próximas etapas;
- Documentar a existência de evidências ou fatos que levem a suspeitar ou confirmar a contaminação nas áreas em avaliação, possibilitando sua classificação como área suspeita (AS), área potencial (AP) ou exclusão do cadastro;
- Estabelecer o modelo conceitual preliminar de cada área em avaliação;
- Verificar a necessidade da adoção de medidas emergenciais nas áreas.

Ao término da avaliação preliminar poderá se concluir da inexistência de áreas potenciais ou suspeitas (situação improvável nos empreendimentos energéticos) ou definir a necessidade de se confirmar a presença das substâncias potenciais e/ou suspeitas (contaminantes) nos respectivos locais definidos. (CETESB, 2007)

Havendo indícios na avaliação preliminar ou quando há incerteza sobre a existência ou não de fonte(s) potencial(is), realizar -se a etapa de investigação confirmatória, para verificar a existência ou ausência de contaminação. (CETESB, 2007)

No caso de já evidenciada a contaminação na etapa inicial, direcionar -se para a etapa de investigação detalhada. Se houver fase livre ou situação de perigo, deve-se, visando sua eliminação, adotar imediatamente ações emergenciais. (CETESB, 2007)

A realização de avaliação preliminar e o estabelecimento de modelo conceitual são pré-requisitos para a realização das etapas subsequentes da avaliação de passivo ambiental, incluindo a investigação confirmatória. (CETESB, 2007)

A **Figura 1** apresenta o fluxograma de etapas da avaliação preliminar. Tal fluxograma apresenta a sequência recomendada de execução da avaliação preliminar com base no Manual de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB) e no Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis. A não utilização de quaisquer uma das ações apresentadas poderá resultar em incertezas e falhas no processo preliminar. Recomenda-se a execução na sequência em que é apresentado, visto que para se realizar a inspeção de campo é essencial que se tenha um mínimo conhecimento do que pode-se encontrar no local.

Figura 1 – Fluxograma da Avaliação Preliminar

Fonte: elaboração própria

3.3.2. Investigação Confirmatória

As informações apresentadas na sequência são baseadas no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 1999) e na Decisão de Diretoria 103/2007 (CETESB, 2007). Atualmente está em elaboração uma norma ABNT para a investigação confirmatória, que deve ser publicada ainda no ano de 2011.

A investigação confirmatória é uma etapa do processo de avaliação de passivo ambiental, com o objetivo de verificar a existência ou a ausência de contaminação na área objeto de estudo.

A confirmação da contaminação em uma área se dá basicamente pela coleta e análises químicas de amostras representativas de solo e/ou água subterrânea, para as substâncias de interesse, em pontos suspeitos ou com relevante indício de contaminação. Em determinadas situações, outros meios podem ser amostrados, como gases do solo, sedimentos, água superficial ou biota. (CETESB, 2007)

Os métodos de amostragem podem interferir diretamente nos resultados, principalmente se adotados métodos incoerentes em relação aos parâmetros a serem analisados.

A interpretação dos resultados das análises realizadas nas amostras coletadas é feita por meio da comparação dos valores de concentração obtidos com os valores orientadores estabelecidos (que são os Valores de Intervenção ou Investigação – VI) ou outros valores, a critério do órgão ambiental competente. Ressalta-se que devem ser adotadas metodologias analíticas compatíveis com os valores de interesse.

Alguns Estados também passaram a adotar seus próprios valores de referência, permanecendo válida a hierarquia, ou seja, não podem adotar valores menos restritivos que os definidos pelo CONAMA. Algumas regiões podem possuir peculiaridades naturais que possam significar a necessidade de quebrar essa hierarquia.

Porém, uma vez que a lista do CONAMA não contempla todos os compostos investigados na presente avaliação, pode ser necessário selecionar padrões internacionais que sejam aceitos pelos órgãos ambientais brasileiros.

Em função da disponibilidade dos dados sobre o histórico de utilização de uma determinada área de interesse, o modelo conceitual elaborado a partir da avaliação preliminar pode apresentar um nível de incerteza elevado, não permitindo a elaboração de

uma hipótese consistente sobre a distribuição de uma possível contaminação. (CETESB, 2007)

Nestas situações, para a elaboração de um plano de amostragem, técnicas de resposta rápida e levantamentos geofísicos podem ser aplicadas, com o objetivo de obter informações adicionais que reduzam o nível de incerteza resultante da qualidade dos dados históricos da área. (CETESB, 2007)

Estes métodos permitem um aumento significativo na densidade de informações sobre a área, relacionadas à alteração da qualidade dos meios investigados, possibilitando um refinamento do modelo conceitual, simultaneamente aos trabalhos que estão sendo realizados.

A coleta de amostras para investigação confirmatória deve ser efetuada com base em um plano de amostragem desenvolvido a partir do modelo conceitual, conforme estabelecido em avaliação preliminar ou no modelo refinado após a obtenção de informações adicionais ou aplicação de técnicas de resposta rápida. (CETESB, 2007)

O modelo conceitual deve propiciar um entendimento sobre as condições atuais e passadas da área, inclusive expressando as incertezas resultantes desta compreensão. É através deste modelo que deverão ser embasadas as etapas seguintes, ou seja, a partir dele serão definidos os locais que devem ser confirmada a presença de contaminação, uma vez que as atividades históricas e /ou atuais remetem a o uso de certa substância que representa um possível contaminante para o solo e / ou água subterrânea.

A localização e profundidade das amostragens devem ser realizadas nos meios com possível interferência de uma substância antrópica (contaminação), e devem ser localizadas com o intuito de se obter uma representatividade do local investigado, diminuindo as incertezas para as tomadas de decisão e continuidade dos trabalhos. (CETESB, 2007)

A seleção das técnicas de perfuração e de instalação de poços de monitoramento a serem utilizadas para a coleta de amostra dos solos e das águas subterrâneas deve ser aquela estabelecida nas normas vigentes (ABNT 15492, 2007; 15495-1, 2007; e 15495-2, 2008) e suas respectivas atualizações.

Destaca-se a importância da seleção das substâncias de interesse a serem analisadas, sendo estas escolhidas com base no histórico do local, abrangendo os usos que ocorreram ou ocorrem no local. Na ausência de informações detalhadas do histórico, ou na incerteza,

deve-se prezar pela ampliação das substâncias a serem analisadas, buscando-se investigar aquelas que possam significar um risco potencial para o local. Além disso, quando não existem indicações para orientar a definição da profundidade do ponto de amostragem, podem-se estabelecer intervalos regulares para a coleta de solo, ou amostrar de acordo com a variação litológica e suas relações com a ocorrência de água. (CETESB, 2007)

Os métodos de amostragem devem ser escolhidos com base nas substâncias e meios investigados, evitando interferir nos resultados, tanto de forma positiva quanto negativa (falso-positivo, podendo resultar em erros na tomada de decisão).

Devem ser adotados procedimentos de coleta, manuseio, preservação, acondicionamento e transporte de amostras, descritas em normas nacionais e ou internacionalmente aceitas, observando-se a necessidade de atendimentos dos prazos de validade que são estabelecidos nos métodos analíticos. (CETESB, 2007)

É recomendável que as análises sejam realizadas em laboratórios que atendam aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR ISO/IEC 17025 ou de acordo como os requisitos estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes, utilizando-se metodologias que atendam às especificações descritas em normas nacionais e ou internacionalmente aceitas. Os limites de quantificação das análises devem ser compatíveis com os Valores de Investigação vigentes para cada substância química de interesse.

Ao término desta etapa, pode-se concluir que há inexistência de contaminação (passivo ambiental) e a área permanece como potencial (caso a atividade com potencial de contaminação ainda esteja em operação), ou deixar de ser potencial (as atividades com potencial de contaminação não são mais exercidas no local).

Uma terceira possibilidade seria concluir a existência de contaminação. Neste caso deve-se definir a necessidade de se delimitar a contaminação, agora, por intermédio de uma investigação detalhada. Nessa situação a área passa a ser classificada como área contaminada em investigação (AI). (CETESB, 2007)

Deve-se ressaltar a necessidade de se atualizar o modelo conceitual, tanto visando as etapas futuras quanto no caso de não confirmação de contaminação. (CETESB, 2007)

Caso nessa etapa sejam diagnosticadas a presença de fase livre ou situação de perigo, deve-se, visando sua eliminação, adotar imediatamente ações emergenciais. (CETESB, 2007)

A **Figura 2** apresenta o fluxograma de etapas da investigação confirmatória. Tal fluxograma apresenta a sequência de execução da investigação confirmatória de Passivo ambiental com base no Manual de gerenciamento de áreas contaminadas (CETESB). Algumas das ações apresentadas podem não ser necessária, exemplificando, não necessariamente será necessário sempre avaliar o solo e ou a água subterrânea (dependerá do modelo conceitual). Recomenda-se a execução na sequência em que é apresentado, visto que há uma interdependência entre as ações macro.

Figura 2 – Fluxograma da Investigação Confirmatória

Fonte: elaboração própria

3.3.3. Investigação Detalhada

Uma vez que foi detectada uma contaminação, cabe avaliar suas dimensões, bem como caracterizar o meio físico onde está a contaminação. Essa delimitação pode ser necessária tanto para o solo quanto para a água subterrânea, podendo ser estendida para outros meios, caso seja necessário.

A metodologia utilizada para a realização da investigação detalhada é constituída, basicamente, pelas seguintes atividades: coleta e avaliação de dados existentes; estabelecimento de plano de investigação; e realização de investigação e interpretação dos resultados, sendo o plano de investigação estabelecido com base no modelo conceitual definido na etapa de investigação confirmatória. (CETESB, 1999, 2007)

Na quantificação da contaminação deverão ser avaliadas, detalhadamente, as características da fonte de contaminação, determinando-se as dimensões das áreas ou volumes afetados, os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações. Da mesma forma, deverão ser definidas as características das plumas de contaminação, seus limites, sentido e taxa de propagação. (CETESB, 1999, 2007)

A definição da fonte primária de contaminação é uma atividade primordial, pois direcionará os trabalhos de remediação, caso estes sejam necessários.

Em relação ao meio físico, deverá ser caracterizada a geologia local, identificando-se os diferentes materiais que a constituem, sua composição e propriedades físicas e químicas, bem como a hidrogeologia e o detalhamento do uso e ocupação do solo.

Tanto a caracterização geológica quanto hidrogeológica devem ser realizadas visando obter dados para a consolidação do modelo conceitual da área, possibilitando o entendimento da dinâmica dos contaminantes na zona saturada e não saturada.

Também deverá ser realizado o levantamento e o georreferenciamento dos imóveis atingidos pela contaminação, dos poços de abastecimento de água, públicos ou privados (cacimbas, poços profundos), além da localização de outros tipos de poços ou captações de interesse, como poços de rebaixamento, drenos, minas, etc., que possam estar localizados na área de influência da contaminação atual ou futura. (CETESB, 1999, 2007)

Dependendo do tipo de contaminação, esta etapa pode ser realizada em diversos estágios para evitar-se o espalhamento da contaminação, ou seja, aprofundar a

contaminação. Ao término dessa etapa são conhecidas as concentrações máximas e a extensão da contaminação.

Na conclusão da investigação detalhada deverá ser atualizado o modelo conceitual para a área, a descrição das atividades desenvolvidas e os resultados obtidos na investigação e na modelagem da expansão da pluma. (CETESB, 2007)

O modelo conceitual obtido representará uma síntese do conhecimento adquirido sobre a área após a realização da etapa de investigação detalhada, sendo fundamental para embasar a continuidade das etapas do gerenciamento de áreas contaminadas. Deverá, resumidamente, apresentar de forma clara e organizada todo o conhecimento obtido sobre a contaminação da área, identificando as fontes primárias e secundárias de contaminação, os mecanismos de transporte e os caminhos preferenciais de movimentação dos contaminantes, as vias de exposição e os receptores potencialmente afetados. Deverá, ainda, registrar todas as incertezas remanescentes ao final desta etapa e discutir a aceitabilidade das mesmas na execução da etapa seguinte do gerenciamento da área.

Sintetizando, os principais objetivos da Investigação detalhada são: (CETESB, 2007)

- Mapeamento horizontal e vertical da contaminação;
- Caracterização do meio físico e do entorno;
- Estimativa da quantidade de contaminantes no solo e na água subterrânea;
- Identificação de fontes, contaminantes, dinâmica de transporte, vias de exposição e receptores (modelo conceitual) para a realização de Avaliação de Risco à saúde humana;
- Subsidiar plano de ações necessárias.

Deverá também se considerar a eventual necessidade de ações emergenciais concomitantes a realização de investigação detalhada, como em caso de ocorrência de fase livre e intrusão de vapores.

A **Figura 3** apresenta o fluxograma de etapas da investigação detalhada. Assim como na investigação confirmatória, o fluxograma apresenta a sequência de execução. Algumas das ações apresentadas podem não ser necessária, exemplificando, não necessariamente será necessário sempre delimitar contaminação no solo e ou na água subterrânea (dependerá do que foi diagnosticado na etapa confirmatória). Recomenda-se a execução na sequência em que é apresentado, visto que há uma interdependência entre as ações macro.

Figura 3 – Fluxograma da Investigação Detalhada

Fonte: elaboração própria

3.3.4. Análise de Risco Toxicológico

De posse das informações a respeito da contaminação e das características hidrogeológicas (podendo ser regionais ou específicas da área, dependendo do tipo de precisão da análise de risco desejada), a probabilidade de ocorrência de risco toxicológico à saúde humana e ao meio ambiente pode ser simulada.

Na simulação de risco, são definidas as probabilidades consideradas aceitáveis para um determinado tipo de ocupação da área por meio de análise de multi-cenários, definidos no modelo de risco – utilizam critérios de exposição de acordo com os receptores que estarão sujeitos à contaminação. (CETESB, 1999, 2007)

Com base na avaliação de risco, também podem ser definidas as concentrações máximas permitidas na área de modo a não representar risco toxicológico. (CETESB, 1999)

A etapa de avaliação de risco constitui uma ferramenta utilizada para definir a necessidade de implementação de medidas de intervenção em uma área com contaminação e para estabelecer as metas de remediação a serem atingidas, visando sua reabilitação para o uso declarado. (CETESB, 1999, 2007)

Ao término da análise de risco pode-se concluir por critérios definidos, da existência de contaminação no local, embora a mesma, não signifique risco toxicológico. Dessa forma, área deverá ser monitorada para encerramento de modo a certificar-se que a contaminação não excede as concentrações máximas permitidas já calculadas.

Caso exista risco toxicológico (ou ocorra a sua extrapolação no monitoramento de encerramento), pode ser necessária a adoção de medidas de controle (gerenciamento do risco) as quais podem ser, respectivamente de caráter: emergencial, administrativa (institucional), de engenharia ou mesmo de remediação. (CETESB, 2007)

Quando ocorrer situação de perigo (situação iminente de um dano, acidente ou cenário de exposição aguda), as medidas ou ações emergenciais deverão ser executadas durante qualquer uma das etapas da investigação. (CETESB, 1999, 2007)

A aplicação de técnicas de remediação deverá ser implementada quando existir risco à saúde acima do valor aceitável, necessidade de proteção de receptores ecológicos, ou mesmo quando ocorrerem situações de perigo. (CETESB, 1999, 2007)

As medidas administrativas poderão ser implementadas em substituição ou complementarmente à aplicação de técnicas de remediação, para os casos em que comprovadamente exista a necessidade de impedir ou mesmo, de reduzir a exposição de determinado receptor aos contaminantes presentes na área. Isso ocorrerá por meio da restrição ao uso do solo, restrição ao uso de água subterrânea, restrição ao uso de água superficial, restrição ao consumo de alimentos, ou mesmo, via restrição ao uso de edificações. (CETESB, 2007)

Medidas de controle de engenharia compreendem a adoção de técnicas utilizadas normalmente pelo setor da construção civil, voltadas adicionalmente à interrupção da exposição dos receptores aos contaminantes presentes em certa área contaminada. São exemplos dessas ações a impermeabilização da superfície do solo, o método construtivo adotado, entre outros). Essas medidas poderão ser implementadas em substituição ou complementarmente à aplicação das técnicas de remediação. (CETESB, 2007)

Caso medidas de remediação não sejam necessárias, o monitoramento de encerramento, cujo objetivo foi explicado anteriormente, deverá ser realizado.

3.3.5. Plano de Intervenção

O Plano de Intervenção consiste na apresentação de todas as medidas de intervenção que serão realizadas na área de modo a garantir a ocupação segura do local, isenta de riscos toxicológicos (acima dos níveis considerados aceitáveis). Nesta etapa são apresentadas as medidas de gerenciamento do risco que serão implementadas. (CETESB, 2007)

No plano de intervenção devem ser mapeadas as áreas de risco e as áreas que necessitam intervenção, sendo detalhadas as medidas propostas.

As medidas podem ser do tipo emergenciais, institucionais, de engenharia e/ou de remediação. (CETESB, 2007)

A **Figura 4** apresenta uma representação das ações a serem tomadas para gerenciar o risco. Nessa representação é apresentada os tipos de medidas a serem adotadas com base no risco, com a adoção das ações necessárias, que devem estar contempladas no plano de intervenção, verifica-se que uma situação de perigo (por ser um cenário de exposição aguda), representa um cenário de maior risco, que resulta na adoção de ações emergenciais.

Nas situações de remediação, de acordo com o nível de risco, resulta na escolha do tipo de remediação.

Figura 4 – Ações a serem adotadas no gerenciamento do risco

Fonte: (CETESB, 2007)

3.3.6. Remediação

A remediação consiste na adoção de técnicas de tratamento (ou descontaminação) e/ou de contenção (ou isolamento), objetivando a redução do nível de risco toxicológico, até o atendimento de níveis aceitáveis, que podem variar de acordo com cenário de interesse. (CETESB, 1999, 2007)

Para se executar a uma remediação é necessário a discretização da fonte de contaminação, bem como o conhecimento de sua extensão e concentrações. Além disso, é necessário a definição do objetivo final da remediação, ou seja, as metas necessárias.

Caso não existam as informações necessárias suficientes para definição de uma técnica de remediação, deve ser executada a investigação para remediação, que buscará o

refinamento das informações em nível suficiente para garantir a implementação do sistema de remediação pretendido, informações estas relativas principalmente à caracterização da fonte. (CETESB, 1999, 2007)

A abordagem de certa área, cujo grau de contaminação foi devidamente comprovado pelo processo investigativo, consiste da etapa de remediação. Esta, por sua vez contempla, no nível das ações executivas, os seguintes procedimentos: (CETESB, 1999)

- A concepção do sistema, que compreende a seleção da técnica de remediação mais adequada a ser utilizada na área de interesse. Para essa definição, se necessário, poderão ser realizados ensaios de campo ou em laboratório, com o objetivo de avaliar as técnicas mais adequadas para serem implementadas; (CETESB, 1999)
- A elaboração do projeto, onde são apresentadas as medidas de remediação a serem implantadas, incluindo seu dimensionamento. Também, com base nos cálculos, deve-se apresentar o cronograma de remediação, incluindo os monitoramentos a serem realizados; (CETESB, 1999)
- A execução propriamente dita da remediação, que incluirá todas as atividades operacionais para a implementação do projeto elaborado. (CETESB, 1999)

A remediação deverá ser executada até serem atingidas as metas previstas para a ação (ou concentrações máximas aceitáveis – CMA), comprovadas por ensaios de monitoramento da eficácia e eficiência do sistema. Uma vez atingidas tais metas, deve-se realizar o monitoramento de encerramento. Mais adiante serão apresentados sucintamente os principais métodos de remediação aplicáveis na área energética. (CETESB, 2007)

Com o texto previsto na regulamentação da lei de áreas contaminadas no Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2009), será necessária a obtenção de seguro ou garantia financeira para garantir que a execução da remediação seja realizada conforme seu projeto, e que principalmente atinjam as metas previstas e/ou recomendadas pelo órgão ambiental.

3.3.7. Monitoramento de encerramento

O monitoramento de encerramento deverá ser realizada por um mínimo de quatro campanhas de amostragem e análise, com frequência semestral de coleta, coincidentes com

os períodos de maior e de menor elevação do nível freático superficial médio. (CETESB, 2007)

O objetivo dessa ação é avaliar a variação das concentrações de contaminantes em ciclos hidrológicos distintos.

A definição do número de campanhas se dá pelo tipo de contaminante e as concentrações existentes, podendo sofrer alterações no decorrer de sua execução, com base nos resultados obtidos. (CETESB, 2007)

Permanecendo as concentrações abaixo das metas de remediação definidas para a área, a mesma poderá ser reabilitada para o uso declarado.

Para solos esse tipo de monitoramento não se aplica, porém pode ser realizado um monitoramento para avaliar se as concentrações não estejam migrando para outros meios, bem como comprovar que as medidas de gerenciamento de risco adotadas são suficientes e eficientes.

3.4. Técnicas de Remediação

Os tipos de remediação existentes compreendem a realização de ações na própria área contaminada ou a transferência para tratamento externo (*off site*).

O tratamento na própria área (*on site*) pode ser de dois tipos: ativo ou passivo. (CETESB, 1999)

Um sistema ativo constitui-se na remoção do material contaminado e tratamento fora de seu local original (*ex situ*), com sua reposição, ou não, no local original pós-tratamento. (CETESB, 1999)

Um sistema passivo de remediação trata a contaminação diretamente no local de origem (*in situ*), ou seja, não há remoção do material contaminado para tratamento que é realizado no próprio local original, quer seja da água ou do solo. (CETESB, 1999)

Para contaminantes identificados em empreendimentos energéticos (área de armazenamento de energia) podem ser aplicadas técnicas distintas de remediação (diferenciando para o tratamento de solo e de água). Basicamente as técnicas de remediação podem ser diferenciadas em processos destrutivos e processos de concentração ou de transferência.

Processos destrutivos são aqueles que os contaminantes são convertidos em compostos menos tóxicos ou totalmente mineralizados. São exemplos de processos destrutivos a oxidação/redução química, a biodegradação, processos térmicos. (CETESB, 1999)

Processos de concentração ou de transferência são aqueles em que o contaminante não é destruído, mas transferidos para outras fases (sólidas, gasosas, líquidas), nesta forma, o mesmo se concentra. São exemplos de processos de concentração ou de transferência a adsorção, a filtração, sedimentação, extração de vapores. (CETESB, 1999)

Na sequência, são apresentadas as principais técnicas que podem ser aplicadas na remediação de passivos ambientais de áreas de armazenamento de energia.

3.4.1. Remoção e redistribuição de solos

A remoção de solos, devido sua praticidade operacional e tempo de execução, é uma das práticas mais tradicionais e consagradas dentre aquelas empregadas na remediação de áreas contaminadas. (CETESB, 1999)

A técnica consiste na escavação do material contaminado e conseqüente destinação ou tratamento do mesmo. Como critério para confirmar se todo o material contaminado foi removido, executam-se amostragens no fundo da cava para comprovação analítica dos resultados.

A remoção, destinação e reposição de solo, dependendo do volume removido, pode agregar custos elevados tornando-se uma alternativa bastante onerosa comparadas com outras técnicas de remediação. Isto ocorre, pois além dos custos relacionados com a remoção propriamente dita, devem ser considerados os custos de transporte, tratamento, documentação, embalagem e disposição final do solo removido. (CETESB, 1999)

Um das desvantagens da remoção se dá na necessidade de adotar cuidados especiais para evitar a propagação da contaminação para outros meios, inicialmente não afetados, como o ar e as águas. Essa propagação pode ocorrer desde a escavação, transporte e até em áreas externas de tratamento. (CETESB, 1999)

A remoção de solo consiste principalmente um processo de transferência do contaminante, exceto quando utilizados em conjunto com técnicas destrutivas de contaminantes, como a incineração ou oxidação. (CETESB, 1999)

3.4.2. Bombeamento e tratamento de águas subterrâneas (*pump and treat*)

Este método consiste em remover as águas contaminadas, por meio de poços de extração utilizando-se de bombeamento, para que ela seja tratada externamente ao aquífero e destinada, quer seja na rede de esgotos, em corpos d'água ou até mesmo reinjetada no aquífero. (CETESB, 1999)

Este é um dos métodos de remediação mais antigos e utilizados, sendo também utilizado em combinação com outros métodos de remediação.

O sistema de tratamento mais aplicado para esse método, se dá utilizando-se de um meio filtrante após o bombeamento do aquífero, ou seja, um processo de transferência do contaminante.

Para a água bombeada existem outras tecnologias de tratamento, que podem ser as mesmas aplicadas no tratamento de efluentes industriais (filtros, extração de voláteis em torre de aeração, aplicação de oxidantes, sistemas biológicos, entre outros). (CETESB, 1999)

O princípio desse método é remover a água subterrânea contaminada, por meio da advecção, usando poços de extração e bombeando a água até a superfície para tratamento.

Para isso, devem ser locados estrategicamente os poços na área da pluma de contaminação, para extrair a água utilizando bombas e, posteriormente, tratar a água na superfície. (CETESB, 1999)

Recentemente, para alguns compostos, a aplicação desta técnica vem sendo discutida, pois inicialmente os níveis de remoção de contaminantes chegam a ser elevados, porém com o passar do tempo, embora ainda existam níveis elevados de contaminação, a remoção reduz-se drasticamente. Isto ocorre principalmente pela propriedade dos compostos, lenta dessorção (guiada principalmente pela difusão) e características hidrogeológicas do meio.

Esse método pode promover a remoção de diferentes fases, principalmente a livre, a dissolvida e a vapor. Podendo ser aplicados conjuntamente com outros processos, chamado os sistemas multi-fásicos. (CETESB, 1999)

Recentemente agregou-se a essa tecnologia a possibilidade de uma remediação verde (*green remediation*) na qual a energia que alimenta o sistema de bombeamento é de origem solar.

3.4.3. Injeção de ar na zona saturada (*air sparging*)

A injeção de ar na zona saturada, nada mais é do que proporcionar o arraste dos contaminantes pelo ar inserido, na forma de bolhas. É utilizado para remediação *in situ* de águas subterrâneas contaminadas, para os compostos que possam se transferir para o ar das bolhas, ou seja, os compostos voláteis. (CETESB, 1999)

Além do arraste, a injeção de ar proporciona a oxigenação do aquífero auxiliando os processos aeróbios de degradação. (CETESB, 1999)

A técnica consiste na injeção de ar comprimido, em volumes e pressões controlados, na água subterrânea, abaixo da localização da contaminação, para que o ar injetado percorra toda a camada com contaminante. (CETESB, 1999)

O processo físico de remoção da contaminação realizado pelo *air sparging* é similar ao *pump and treat*, porque ambos os métodos utilizam o transporte advectivo para remover os contaminantes da água subterrânea. Sendo que em um deles a advecção ocorre pelo ar e no outro pela água. (CETESB, 1999)

3.4.4. Extração de vapores

O método de extração de vapores (*soil vapor extration* – SVE), consiste na extração de vapores do solo, por meio da aplicação de vácuo, na qual um fluxo de ar é induzido na região não saturada, volatilizando os compostos orgânicos voláteis. (CETESB, 1999)

O sistema SVE também pode auxiliar na remoção de alguns hidrocarbonetos por biodegradação. A biodegradação ocorre porque o fluxo de ar induzido fornece oxigênio para a biodegradação aeróbica. (CETESB, 1999)

Geralmente o processo de extração de vapores é realizado via poços de monitoramento na zona não saturada.

O método é principalmente utilizado na remoção de compostos de elevada pressão de vapor, ou seja, os mais voláteis. (CETESB, 1999)

3.4.5. Biorremediação

A remediação por biorremediação consiste na transformação ou destruição de contaminantes orgânicos por decomposição biológica, via ação de microrganismos de ocorrência natural no solo (bactérias, fungos e protozoários), ou pela adição de microrganismos não indígenas. (CETESB, 1999)

Os microrganismos de interesse são aqueles capazes de degradar poluentes tóxicos (detoxificação), com forma de alimentação, gerando substâncias menos tóxicas ou mais simples, como dióxido de carbono, água, sais minerais e gases (metano e sulfeto). (CETESB, 1999)

Lembrando que em certas concentrações os compostos podem ser tóxicos aos microrganismos. (CETESB, 1999)

O contaminante funciona como fonte de carbono para os microrganismos, sendo necessário o fornecimento de nutrientes como nitrogênio e fósforo, bem como a disponibilização de um agente oxidante, que funcione como receptor de elétrons, além de outros nutrientes específicos para cada contaminante. Em algumas situações, os microrganismos podem degradar um contaminante com a adição de outro para auxiliar, processo este chamado de co-metabolismo.

Os microrganismos estão presentes na natureza, sendo parte integrante dos processos naturais de detoxificação.

Em locais onde se identifica uma insuficiência de microrganismos indígenas (nativos ou autóctones), para proporcionar a biodegradação do contaminante em questão, ocorre a aplicação de microrganismos não indígenas (alóctones).

Algumas restrições locais, pode não viabilizar a inserção de microrganismos alóctones, devido a possibilidade de alterar a dinâmica do ecossistema local.

A biorremediação pode ser executada tanto *in situ* quanto *ex situ*, além de poder ser *on site* e *off site*.

3.4.6. Bioventilação (*bioventing*)

É uma técnica similar a *air sparging* objetivando a degradação de contaminantes orgânicos adsorvidos no solo pela ação de microrganismos aeróbios de ocorrência natural. (CETESB, 1999)

A introdução de um fluxo ar (oxigênio) na zona não saturada, melhora a atividade dos microrganismos contribuindo para a degradação dos contaminantes. (CETESB, 1999)

A efetividade dessa técnica somente ocorre na zona não saturada. Devido à presença dos microrganismos, que degradam os contaminantes, minimiza-se a volatilização, diminuindo-se a necessidade de tratamento de gases. (CETESB, 1999)

3.4.7. Barreiras reativas

Conhecidas principalmente por barreiras reativas permeáveis (PRB's – *Permeable Reactive Barriers*), possuem aplicações de sucesso na remediação de água subterrânea. (CETESB, 1999)

Consistem na passagem da água subterrânea contaminada através de uma barreira permeável instalada transversalmente ao sentido de escoamento da água subterrânea, interceptando a pluma de contaminação. A idéia é que a barreira seja uma porção mais permeável do aquífero, induzindo o fluxo em sua direção. (CETESB, 1999)

As barreiras podem ser implantadas em diversos tamanhos, profundidades e formas sendo projetadas com base em critérios hidrogeológicos e nos contaminantes existentes na água subterrânea. O objetivo é que toda a porção contaminada do aquífero tenda a passar pela barreira. (CETESB, 1999)

Por ser uma barreira reativa, esta contém um composto/elemento específico, que reagirá com o contaminante em sua passagem. Este composto ou elemento é definido com base no contaminante envolvido, lembrando-se que este possui uma vida útil (saturação) e deve ser substituído durante um certo intervalo de tempo. (CETESB, 1999)

Para acelerar um tratamento desenvolvido por uma PRB, pode-se induzir o fluxo através de um bombeamento forçado, a ser executado na própria barreira ou à jusante da mesma. (CETESB, 1999)

O objetivo principal da PRB é que a água subterrânea ao passar pela barreira tenha suas concentrações reduzidas à um desejado nível, ou que o contaminante seja transformado em um composto não nocivo, ou ainda que ele seja completamente eliminado. (CETESB, 1999)

Esta tecnologia é bastante aplicada para confinar fontes de contaminação ou evitar que a contaminação não extrapole certos limites, tanto horizontais quanto verticais.

3.4.8. Tratamento térmico

O tratamento térmico consiste no aquecimento do solo, com o objetivo de promover a separação de contaminantes orgânicos pela volatilização ou destruição, ou seja, depende das pressões de vapores dos contaminantes e também dos pontos de ebulição. (CETESB, 1999)

As técnicas executadas *in situ*, podem ocorrer por meio da injeção de vapor, aquecimento condutivo em poços térmicos ou aquecimento por eletroresistividade. Cada uma destas técnicas possuem especificidades principalmente com relação às características do meio poroso, influenciando significativamente na forma de aquecimento do meio. (CETESB, 1999)

Técnicas do tipo *ex situ*, ocorrem principalmente para solo, mediante sua escavação e tratamento em instalações específicas, dentre eles dessorçores térmicos, incineradores e desativadores eletrotérmicos. (CETESB, 1999)

3.4.9. Oxidação/Redução Química

Por ser a técnica que será estudada em parte deste trabalho, o levantamento de literatura será mais detalhado.

O tratamento químico de solos e água subterrânea são empregados para decompor, reduzir ou eliminar a toxicidade dos contaminantes presentes, pela mistura superficial ou injeção profunda de produtos químicos. A princípio, muitas reações são possíveis, incluindo a oxidação, a redução, a polimerização ou a precipitação. (CETESB, 1999)

A reação mais amplamente empregada é a oxidação química. As reações de oxidação podem ocorrer naturalmente no solo e na água subterrânea, ou aceleradas mediante a introdução de um agente oxidante.

No processo de oxidação química, é inserido um oxidante no meio que proporciona a oxidação dos compostos do meio e conseqüente, redução dos componentes oxidantes. Isto ocorre também via transferência de elétrons. O oxidante atua preferencialmente nas ligações químicas existentes entre os átomos de carbono.

No processo de redução química, é inserido um redutor no meio que proporciona a redução dos compostos do meio e conseqüente oxidação dos componentes redutores. Isto ocorre em função da transferência de elétrons. O redutor atua preferencialmente nas

ligações químicas existentes entre o átomo de carbono e outros elementos mais eletronegativos.

Em empreendimentos de armazenamento de energia, quando aplicável, o processo de remediação que pode trazer resultados é a oxidação, para compostos derivados de combustíveis.

Possíveis agentes oxidantes são: ozônio, peróxidos, permanganatos e persulfatos. A oxidação química utiliza compostos químicos oxidantes para destruir os contaminantes em solo e águas subterrâneas. (CETESB, 1999)

Os principais agentes redutores são os metais; ou seja, substâncias que tem maior facilidade de se oxidar, cedendo elétrons no processo. Dentre os mais usados estão o ferro, o alumínio, o manganês, o zinco, o cromo, o vanádio e o magnésio.

Os oxidantes e redutores transformam compostos químicos perigosos em compostos menos nocivos, como água e dióxido de carbono, podendo destruir muitos tipos de compostos químicos como combustíveis, solventes e pesticidas. Porém para isto é necessário o tempo suficiente de contato entre o contaminante e o oxidante para ocorrer a degradação. (USEPA, 2004)

A oxidação química não envolve necessariamente a escavação de solo ou bombeamento de água subterrânea. Os oxidantes podem ser injetados por meio de perfurações no solo, em diferentes profundidades, incluindo os poços de monitoramento perfurados durante a investigação da área. O oxidante se mistura com os compostos contaminantes e causa a quebra desses compostos, transformando-os em compostos menos nocivos. (CETESB, 1999)

Os oxidantes químicos podem não penetrar em camadas de baixa permeabilidade ou solos de horizontes heterogêneos, que são os locais que geralmente contêm a maior parte da massa de contaminantes, principalmente dos derivados de petróleo. Para isso, torna-se necessário dar condições para que o oxidante consiga penetrar nessas camadas, o que ocorre principalmente pela utilização de pressão na injeção do oxidante. (USEPA, 2004)

A maior parte dos oxidantes não são seletivos, e desta forma, a grande maioria apresenta reatividade com o solo. Esta informação é muito importante na consideração dos custos envolvidos na utilização de oxidação química. Ocorre perda excessiva de oxidante químico na reação com compostos orgânicos naturais presentes no solo, principalmente por

serem compostos de maior facilidade de degradação (menor energia de ligação entre os átomos de carbono). (USEPA, 2004)

Assim, o consumo natural do oxidante diminui a disponibilidade para oxidar os contaminantes, chegando a inviabilizar a utilização da tecnologia como uma abordagem de remediação viável economicamente para o local. (USEPA, 2004)

Diferentes tecnologias de oxidação química podem ser mais apropriadas para as condições hidrogeológicas específicas de cada local. Por exemplo, o processo Fenton não pode obter os resultados desejados para água subterrânea com alta concentração de carbonato (o íon carbonato reage com os radicais hidroxila criado pelo processo Fenton, diminuindo a disponibilidade para reagir com os contaminantes). Em contraposição, a presença carbonato no solo, geralmente trás efeitos positivos para a oxidação utilizando-se o permanganato. (USEPA, 2004)

Os processos de oxidação podem ser *on site* e *in situ* (ISCO – *in situ chemical oxidation*), *on site* e *off situ* (OSCO – *off situ chemical oxidation*) e *off site*.

Os processos de redução podem ser *on site* e *in situ* (ISCR – *in situ chemical reduction*), *on site* e *off situ* (OSCR – *off situ chemical reduction*) e *off site*.

3.4.9.1. Ozônio

O ozônio é um oxidante muito reativo (com um potencial de oxidação de cerca de 1,2 vezes maior do que o peróxido de hidrogênio) e de curta duração que exige que o mesmo entre em contato com o contaminante de forma agressiva, ou seja, que seja proporcionado o contato com o contaminante. (USEPA, 2004)

O ozônio é instável, que deve ser gerado no local e injetado no subsolo imediatamente após geração. (SIEGRIST et al, 2011)

Ozônio fornece oxidação direta, bem como a propagação de radicais através da catálise por sólidos existentes no subsolo ou por adição de ativador. (SIEGRIST et al, 2011)

O ozônio pode transformar ou mineralizar uma grande variedade de contaminantes orgânicos, incluindo aqueles de difícil degradação. (SIEGRIST et al, 2011)

O ozônio é um oxidante gasoso, que pode ser aplicado na zona não saturada ou vadosa ou injetado diretamente nas águas subterrâneas. (SIEGRIST et al, 2011)

O ozônio também pode ser injetado no subsolo em uma fase dissolvida. O gás pode ser transferido para a fase dissolvida no local por borrifos de água contendo ozônio em local abaixo da pluma de contaminação. (USEPA, 2004)

As águas subterrâneas também podem ser extraídas, tratadas com ozônio, remanesecendo concentrações residuais, e então reinjetado ou re-infiltrada no subsolo, onde se transporta o ozônio e oxigênio na fase dissolvida para a região contaminada. (USEPA, 2004)

Mais comumente, ozônio gasoso é injetado ou diretamente nas águas subterrâneas contaminadas. Normalmente, o ar injetado contém até cinco por cento de ozônio é injetado estrategicamente por poços de injeção. O ozônio se dissolve na água subterrânea, que reage com orgânicos em subsuperfície e, finalmente, se decompõe em oxigênio. O ozônio pode oxidar contaminantes diretamente ou por formação de radicais hidroxila ($\text{OH}\cdot$). (USEPA, 2004)

O ozônio é capaz de oxidar componentes BTEX, PAHs e MTBE (com eficácia limitada). (USEPA, 2004)

Para distribuir o ozônio, mecanismos de fluxo multifásico e limitações de transferência de massa dominam a forma com que este composto chegue até o contaminante.

Vapores de VOC e calor podem ser gerados como resultado de borrifos de ozônio e nas reações de oxidação, quando as concentrações de ozônio são elevadas. (USEPA, 2004)

O ozônio também é eficaz no fornecimento de oxigênio para aumentar a biorremediação de áreas impactadas por derivados de petróleo. O ozônio é 10 vezes mais solúvel em água do que é oxigênio puro. Por conseguinte, as águas subterrâneas se torna cada vez mais saturadas com oxigênio dissolvido, a molécula de ozônio instável se decompõe em moléculas de oxigênio. (USEPA, 2004)

O oxigênio dissolvido produzido pode ser usado por bactérias aeróbias para degradar os hidrocarbonetos. (USEPA, 2004)

As propriedades oxidantes do ozônio injetado pode suprimir temporariamente a atividade biológica na área de injeção imediata. No entanto, essa supressão é temporária, e as bactérias sobrevivem para retomar a biodegradação uma vez o ozônio já tiver sido

aplicado. A biodegradação é um acessório do processo de ozonização. O principal benefício no processo é a tecnologia de oxidação. (USEPA, 2004)

3.4.9.2. Peróxidos

O peróxido de hidrogênio é um oxidante forte que pode ser injetado em uma contaminação para destruir os contaminantes derivados do petróleo. Quando injetado em águas subterrâneas, o peróxido de hidrogênio é instável e reage com contaminantes orgânicos e materiais de subsuperfície. (USEPA, 2004)

Ele se decompõe em oxigênio e água dentro de poucas horas após sua injeção no aquífero, gerando calor nesse processo. (USEPA, 2004)

O peróxido é tipicamente utilizado na forma líquida em concentrações que variam de 5% a 50% em peso. (USEPA, 2004)

A elevada reatividade do peróxido de hidrogênio pode limitar a extensão em que o mesmo pode ser distribuído no aquífero antes que ele se decomponha. A injeção de concentrações baixas de peróxido de hidrogênio (da ordem de 100 ppm, que equivale 1% em peso) é capaz de elevar as concentrações de oxigênio nas águas subterrâneas acima do limite de solubilidade (tipicamente 9-10 mg/L), formando o gás oxigênio que é liberado para a atmosfera. (USEPA, 2004)

O peróxido de hidrogênio é mais eficaz quando reage com o ferro (íon ferroso – Fe^{2+}) gerando a reação Fenton. Nos solos brasileiros é comum a presença do íon ferroso na subsuperfície dos solos e/ou nas águas subterrâneas (podendo até ser adicionado como uma solução catalisadora), ou seja, devido a presença do íon ferroso juntamente com a adição do peróxido de hidrogênio, produz-se uma reação química agressiva. (USEPA, 2004)

O peróxido de hidrogênio na presença de íons ferrosos reagem formando radicais hidroxila ($\text{OH} \bullet$), o íon férrico (Fe^{3+}) e íons hidroxila (OH^-). Os íons hidroxila são oxidantes muito poderosos, e reagem particularmente com compostos orgânicos. (USEPA, 2004)

Os radicais hidroxila quebram as ligações entre os carbonos, comuns nos hidrocarbonetos de petróleo, compostos tipicamente presentes nos combustíveis, em armazenamento de energia.

A reação Fenton requer o íon ferroso solúvel para formar os radicais hidroxila. O ótimo desta reação ocorre sob condições ácidas (pH entre 2 e 4). Esta situação requer, na maioria das vezes, o ajuste do pH, para permitir que o processo de oxidação continue de forma eficiente. (USEPA, 2004)

Por causa da exigência de baixo pH, a reação Fenton pode não ser eficaz em geologia calcária ou sedimentos com níveis de pH elevado. Além disso, a reação entre o peróxido de hidrogênio e o íon férrico pode consumir o peróxido, reduzindo sua disponibilidade e conseqüentemente, a dose de oxidante. O mesmo efeito pode ocorrer também em solos com alto teor de íons férricos. (USEPA, 2004)

A reação Fenton produz o radical hidroxila ($\text{OH} \bullet$), que é um dos oxidantes mais fortes, porém a reação se processa tão rapidamente que os radicais podem não ter tempo suficiente para entrar em contato com os contaminantes. Além disso, alguns contaminantes adsorvem ao material orgânico no solo que acabam sendo eficazmente protegidos da degradação. (USEPA, 2004)

Uma alternativa para melhorar a eficiência do peróxido, é usá-lo na forma sólida, liberando oxidante no meio durante um período mais longo, o que aumenta o tempo de contato, resultando em melhor degradação dos contaminantes. (USEPA, 2004)

Uma segunda alternativa para melhoria, é a utilização da reação Fenton modificada, aplicada em pH neutro juntamente com peróxido sólido, com auxílio de catalisadores metálicos ou organo-metálicos. A principal vantagem é a capacidade de usar a reação Fenton sob condições de pH neutro, sem necessidade de acidificação do aquífero. (USEPA, 2004)

As reações Fenton são exotérmicas e podem elevar a temperatura das águas subterrâneas, produzir vapor e gerar pressões significativas na área de aplicação, principalmente quando utiliza-se concentrações de 10-12%. (USEPA, 2004)

Em certas circunstâncias as reações Fenton pode levar a condições de explosão e preocupações com a segurança local. Além disso, a migração de vapores explosivos ao longo de caminhos preferenciais poderão representar um risco de explosão. (USEPA, 2004)

É comum a ocorrência de explosões espontâneas de vapores do subsolo na utilização da reação Fenton em áreas contaminadas por derivados de petróleo. (USEPA, 2004)

A aplicação de peróxido na remediação de águas subterrâneas ocorre através da injeção pressurizada da solução ou por gravidade, ambos com a utilização de poços de injeção ou injeção direta. (USEPA, 2004)

3.4.9.3. Permanganatos

O Permanganato é um oxidante um pouco seletivo oxidando somente certos tipos de compostos orgânicos. (SIEGRIST et al, 2011)

Os principais permanganatos aplicados em remediação são o de sódio e o de potássio. (USEPA, 2004)

O permanganato de sódio é facilmente solúvel em água, enquanto que o permanganato de potássio tem um limite de solubilidade relativamente baixo (6,5% em peso). (SIEGRIST et al, 2011)

Para todos os efeitos práticos, as reações com o permanganato ocorrem somente no meio aquoso. (SIEGRIST et al, 2011)

Devido a maior solubilidade do permanganato de potássio, o mesmo acaba sendo o mais utilizado nos processos de remediação da água subterrânea.

O permanganato possui aplicações de sucesso em faixa ampla de pH. O permanganato é altamente reativo com compostos com ligações duplas, sendo menos reativo com compostos de carbono-carbono com ligações simples. (SIEGRIST et al, 2011)

As reações de oxidação seguem a cinética global de segunda ordem global em relação a concentração de permanganato de potássio e da concentração dos compostos orgânicos. (SIEGRIST et al, 2011)

Os principais produtos gerados das reações do permanganato com materiais orgânicos são o dióxido de manganês (insolúvel) e dióxido de carbono. Sob certas condições, os sólidos de dióxido de manganês ou o gás de dióxido de carbono podem reduzir a permeabilidade do meio e interferir com a entrega oxidante e eficiência do tratamento. (SIEGRIST et al, 2011)

O permanganato reage com materiais que ocorrem naturalmente em subsuperfície. Essa demanda é denominada demanda de oxidante do solo ou natural (SOD). A SOD do permanganato é um processo cineticamente controlado, o que pode interferir

significativamente com a destruição dos compostos de interesse, devido a diminuição da disponibilidade do oxidante. (SIEGRIST et al, 2011)

O permanganato é um oxidante é mais fraco do que o peróxido de hidrogênio. Sua incapacidade de oxidar o benzeno o torna um oxidante não muito adequado para o tratamento de contaminação por derivados de petróleo, principalmente envolvendo gasolina e diesel. (USEPA, 2004)

O permanganato reage durante um período prolongado no subsolo permitindo que o oxidante atinja os contaminantes adsorvidos de forma mais eficaz. (USEPA, 2004)

Normalmente não produzem calor e vapores, também não significando riscos associados a saúde questões de segurança, situação que contribui em uma aplicação mais segura nos processos de remediação. (USEPA, 2004)

O sucesso do uso de permanganato depende fortemente de sua capacidade de entrar em contato com os contaminantes. O mecanismo de entrega deve ser capaz de dispersar o oxidante em toda a zona de tratamento. Para isso, permanganato pode ser entregue em estado sólido ou líquido em aplicação contínua ou cíclica utilizando sondas de injeção, fraturando o solo, no revolvimento do solo, re-circulação das águas subterrâneas ou por trincheiras (PRB). (USEPA, 2004)

A aplicação do permanganato *In-situ* pode produzir reações de pH baixo (pH 3) e potencial de óxido redução alto (cerca de 800 mV), que pode acabar mobilizando temporariamente de ocorrência natural metais e contaminantes metálicos que podem estar presentes também na área de tratamento. (USEPA, 2004)

3.4.9.4. Persulfatos

A reação química do persulfato é complexa. O persulfato pode reagir através de transferência direta de elétrons ou reações de radicais livres. Reações de transferência de elétrons são relativamente lentas e seletivas. (SIEGRIST et al, 2011)

O persulfato é usualmente utilizado na forma sólida, como sais de sódio (persulfato de sódio). Também estão disponíveis na forma de persulfato de amônio e persulfato de potássio, porém nessas formas não são desejáveis para a remediação *in situ*, o primeiro por resultar em nova contaminação por nitrato ou amônia, já o segundo devido a solubilidade e o maior custo em relação ao persulfato de sódio. (SIEGRIST et al, 2011)

Quando dissolvido na água, o persulfato de sódio se dissocia em cátions de sódio e ânions persulfatos. Na aplicação em remediação de água subterrânea *in situ*, para ser efetivo, é necessário que o oxidante esteja em concentrações suficientes para degradar o contaminante, que o mesmo entre em contato com o contaminante e o contato ocorra em tempo suficiente para a degradação. (SIEGRIST et al, 2011)

Após a ativação, os radicais livres gerados possuem reatividade, o que permite a degradação de uma grande variedade de contaminantes orgânicos. (SIEGRIST et al, 2011)

Os radicais que estão atualmente conhecidos a desempenhar um papel importante nas reações são: o radical sulfato e o radical hidroxila. No entanto, há evidências de que o ânion superóxido e o radical perhidroxila também podem ser importantes. (SIEGRIST et al, 2011)

Existem cinco métodos de ativação do persulfato e cada método envolve diferentes mecanismos de reação, sendo que cada tipo de ativação pode melhor propiciar a degradação de um certo tipo de contaminante de interesse, ou seja, alguns métodos de ativação favorecem a formação de um meio mais propício a degradar um contaminante. (BLOCK, 2004).

A ativação de persulfato pode ser conseguida pelo uso de calor, de metais complexados ou não (principalmente ferro), peróxido de hidrogênio, e condições de pH alcalino. A eficiência, eficácia e produtos da reação podem variar entre os contaminantes, métodos de ativação, e os meios porosos a serem tratados. (SIEGRIST et al, 2011)

Quando ativado o persulfato possui potencial de oxidação similar ao peróxido de hidrogênio, e os radicais gerados devido sua reatividade permitem degradar uma grande variedade de compostos orgânicos. Embora a reação de degradação usando o persulfato seja mais lenta que a do peróxido de hidrogênio, o persulfato permanece mais tempo ativo no aquífero, o que significa um maior tempo de contato com o contaminante.

Íons carbonato, bicarbonato ou cloreto podem atuar como seqüestradores de radicais livres e reduzir a eficiência da reação. (SIEGRIST et al, 2011)

A cinética da reação entre compostos de interesse e o persulfato é complexa. Para efeito de simplificação, a cinética do tipo pseudo primeira ordem é muitas vezes assumida. No entanto, esta cinética normalmente exige uma estimativa empírica, pois extrapolações entre sistemas são em geral imprecisas. (SIEGRIST et al, 2011)

A interação de sólidos do aquífero e persulfato não é bem compreendida; persulfato reage com os sólidos do aquífero, resultando em consumo de oxidante, mas a taxa e magnitude deste processo não estão bem caracterizados. A persistência varia de dias a meses, dependendo das condições. (SIEGRIST et al, 2011)

O impacto sobre a mobilidade de metais ocasionada pelo persulfato não é bem compreendida. É concebível, que o persulfato poderia impactar as concentrações de metais nas águas subterrâneas através da modificação de pH, oxidação de metais, injeção de alterações de ativação, entre outros mecanismos. (SIEGRIST et al, 2011)

3.4.9.5. Comparativo entre os oxidantes

Dentre os quatro oxidantes apresentados, na **Tabela 1** e **2** são apresentados comparativos sobre as principais características de cada produto, comparando as vantagens e desvantagens.

Como identificado os persulfatos apresentam maiores vantagens e menores desvantagens em relação aos demais oxidantes.

Tabela 1 – Comparação das vantagens entre os oxidantes.

Vantagens	Peróxidos	Permanganatos	Ozônio	Persulfatos
Capacidade de oxidar os compostos em curto intervalo de tempo	X			X
Eficiente na oxidação do MTBE e do Benzeno	X		X	X
Sem geração de VOC pelo aquecimento da reação	X	X		X
Oxidação permanece por longo período		X		X
Aumenta a possibilidade de contato com os contaminantes				
Aumenta o oxigênio dissolvido favorecendo a biodegradação aeróbia	X		X	
Riscos de saúde e segurança aceitáveis durante a aplicação		X		X
Pode ser aplicado usando-se sistema automatizado	X			X

Fonte: USEPA (2004) e BLOCK (2004)

Tabela 2 – Comparação das desvantagens entre os oxidantes.

Vantagens	Peróxidos	Permanganatos	Ozônio	Persulfatos
Ineficiente para oxidar o MTBE e o Benzeno		X	X	
Aumenta o risco de gerar intrusão de vapores	X		X	
Acréscimo no risco apresentado pelas concentrações	X		X	
Dificuldade de penetração em lentes de material de baixa permeabilidade	X	X	X	X
Cuidados especiais de aplicação e armazenamento	X	X	X	X
Necessidade de manutenção de equipamento no local			X	
Poucos projetos aplicados devido a baixa eficiência na degradação de hidrocarbonetos		X		
Formação de compostos mais tóxicos ou subprodutos	X	X	X	X
Potencial para formar precipitados e entupir os poros do meio	X	X		

Fonte: USEPA (2004) e BLOCK (2004)

3.4.9.6. Injeção de solução no aquífero

Injeção e distribuição de soluções reagentes para remediação e re-injeção de água subterrânea tratada são duas das tarefas mais desafiadoras realizadas por profissionais de remediação. (PAYNE, 2008)

É importante ter o conhecimento em relação a como o aquífero irá acomodar o fluido injetado e para onde o volume do aquífero irá se expandir e projetar. (PAYNE, 2008)

Para proporcionar um espalhamento e atingimento do contaminante avalia-se a necessidade de se aplicar uma pressão durante a injeção de fluido. Existe metodologia para calcular-se a tolerância do aquífero em relação a pressão de injeção. (PAYNE, 2008)

Para avaliação da pressão de injeção também deve ser avaliado o oxidante selecionado, considerando o seu tempo de atividade no aquífero; ou seja, para oxidantes de menor tempo de atividade, como o Peróxido de Hidrogênio e Ozônio torna-se necessária a adoção de um volume e pressão de injeção maiores, em relação a outros oxidantes como o Persulfato de Sódio. Essa pressão considerará o raio de injeção que se deseja atingir, além

disso deve se considerar o tempo de contato necessário entre o oxidante e o contaminante, incidindo diretamente no volume injetado.

A geologia e hidrogeologia são fatores muito importantes para definição de pressão de injeção, ressaltando-se que a pressão aplicada na injeção pode formar caminhos preferências de fluxo do oxidante. Isto quer dizer que uma vez formado caminhos preferências o fluido injetado terá sua maior parte percolada por este caminho, situação que pode representar um desperdício de produto, bem como o não atingimento de locais com contaminação. (PAYNE, 2008)

Outro fator importante a ser considerado recai sobre o conceito de molhabilidade e capilaridade, que estão diretamente ligados com a distribuição do contaminante no meio poroso. Num aquífero contaminado, chega a 70% a porcentagem do contaminante em fase residual; ou seja, o fluido injetado deve alcançar esses locais para dissolver e/ou mobilizar a fase residual. (PAYNE, 2008)

O objetivo da injeção de um oxidante é que o mesmo se espalhe pelo aquífero e atinja os contaminante existentes em fase dissolvida, residual e/ou adsorvida. A **Figura 5** mostra uma representação da situação desejada para a injeção ocorrida em um poço de injeção. Nota-se que inicialmente para acomodar o fluido ocorre uma expansão vertical, podendo até atingir área não saturada, e posteriormente o fluido vai sendo acomodado no aquífero. (PAYNE, 2008)

Em algumas situações, que podem ocorrer com frequência, tais como locais com camadas ou lentes de baixa permeabilidade, devido ao alto teor de argila, o oxidante pode não atingir o contaminante. (PAYNE, 2008)

Em tais casos, o oxidante só obtém sucesso para os contaminantes presentes nas camadas mais permeáveis, não atuando sobre a maior parte da contaminação que reside nos solos de baixa permeabilidade. (PAYNE, 2008)

A dificuldade de ação em solos contaminados com baixa permeabilidade pode ser reduzida com a execução de fraturamento hidráulico e/ou pneumático no solo, a fim de proporcionar o acesso do oxidante. Porém as espessuras das fraturas geradas podem ser suficientemente grandes, o que significa que o oxidante ainda não penetrará em uma espessura considerável de solos de baixa permeabilidade que armazenam contaminação. (PAYNE, 2008)

O método atual de melhor resultado de infiltração nas camadas de baixa permeabilidade é a utilização de brocas de maior diâmetro para perfuração e conseqüente injeção, além do adensamento dos pontos de injeção. (PAYNE, 2008)

Em qualquer tipo de remediação, é necessário o monitoramento posterior para avaliação cronológica. Se o contato entre o oxidante e o contaminante foi inadequado, os níveis de contaminantes que ficaram adsorvidos retornarão gradualmente para as águas subterrâneas, por difusão. Tal fenômeno é conhecido por *rebound*.

Figura 5 – Representação da distribuição ideal de oxidantes ao longo do tempo em uma injeção

Fonte: PAYNE, 2008

3.4.10. Atenuação natural monitorada

Trata-se de um método sem intervenção direta, com acompanhamento da evolução da contaminação. É uma opção que pode ser adotada em locais contaminados por substâncias orgânicas biodegradáveis ou naqueles em que as concentrações não oferecem risco imediato ao uso declarado. (CETESB, 1999)

É uma alternativa embasada na capacidade de atenuação natural de contaminantes, no solo e nas águas subterrâneas. Porém para isso é preciso saber algumas especificidades do meio, podendo-se garantir que de fato ocorre a biodegradação. (CETESB, 1999)

O processo ocorre durante um longo período de tempo, durante o qual não devem ocorrer riscos para a saúde pública, para o ambiente e para os demais bens a proteger. (CETESB, 1999)

É um processo relativamente simples, pois basicamente somente exige o acompanhamento evolutivo da situação, porém deve-se considerar um grande intervalo de tempo para poder executar atividades no local. (CETESB, 1999)

3.4.11. Extração por solventes

A extração por solventes envolve a utilização de um solvente capaz de promover a dissolução de contaminantes pouco solúveis em água, presentes em área contaminada, ou seja, parte-se aqui do princípio que um grupo químico é capaz de dissolver uma substância do mesmo grupo ou com características semelhantes. Essa situação ocorre principalmente para substâncias lipossolúveis, ou seja, usa-se uma substância capaz de dissolver o contaminante e concentrá-la em um solvente cuja separação é possibilitada ou facilitada. (CETESB, 1999)

Esta técnica é empregada em instalações específicas *ex situ*, envolvendo a escavação e remoção do solo a ser tratado. No solo removido adiciona-se um solvente que extrai o contaminante resultando em um solvente contaminado. Este solvente contaminado pode ser destinado como um resíduo, ou ainda pode ser feita sua destilação ou fracionamento, para recuperação do solvente e separação do contaminante. (CETESB, 1999)

Não é recomendado o uso *in situ*, devido aos problemas decorrentes da propagação indesejada do solvente na área, o que pode significar a posterior necessidade de se tratar o solvente que foi adicionado.

3.4.12. Contenção

Medidas de contenção consistem na criação de barreiras para evitar a liberação ou recepção de contaminantes, do solo e da água subterrânea para outros meios. (CETESB, 1999)

As barreiras podem ser físicas ou hidráulicas. (CETESB, 1999)

As barreiras físicas geralmente são constituídas por camadas impermeabilizantes, empregadas nos casos em que se busca evitar o contato entre um meio contaminado e um meio não contaminado. Também pode ser utilizado para proporcionar o desvio de plumas de contaminação da água subterrânea e até mesmo confinar todo um local.

A aplicação das barreiras hidráulicas, se dá a partir do rebaixamento do nível do freático, pelo bombeamento da águas subterrâneas em poços estrategicamente localizados. Podem ser similares às PRBs, porém não possuem material reativo. Podem ser formadas por poços de bombeamento que extraem a água e trate externamente para posteriormente injetar.

Essa tecnologia geralmente é aplicada em combinação com algumas das outras técnicas já explanadas, como PRB, *pump and treat*, oxidação química, entre outros.

3.5. Gerenciamento de Áreas Contaminadas

O gerenciamento de áreas contaminadas consiste no controle, supervisão, coordenação de todas as atividades do processo de avaliação de impactos ambientais. Abrange desde a definição das áreas potenciais até a reabilitação da área, podendo-se passar por remediações ou não. Também pode ser considerado como o conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características das áreas e dos impactos decorrentes da contaminação, proporcionando os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas, buscando sua reabilitação para o uso desejado. (CETESB, 2007)

De forma a otimizar recursos técnicos e econômicos, o gerenciamento de áreas contaminadas baseia-se em uma estratégia constituída por etapas seqüenciais, onde a informação obtida em cada etapa é a base para a execução da etapa posterior. (CETESB, 2007)

Envolve o procedimento desde a identificação, investigação e interpretação das informações obtidas, visando os caminhos necessários para reabilitação, tais caminhos podem ser mais ou menos onerosos, diretamente proporcional ao prazo envolvido.

Estando diretamente relacionados ao planejamento das atividades, definindo-se a necessidade de adoção de medidas de remediação, de controle institucional, de engenharia ou emergenciais.

A metodologia de gerenciamento de áreas contaminadas é representada de forma esquemática na **Figura 6**.

Resumidamente, o gerenciamento de áreas contaminadas é composto por dois processos: o de identificação e o de reabilitação de áreas contaminadas. (CETESB, 2007)

O processo de identificação de áreas contaminadas é constituído por quatro etapas: (CETESB, 2007)

- Definição da região de interesse;
- Identificação de áreas com potencial de contaminação;
- Avaliação preliminar;
- Investigação confirmatória.

O processo de reabilitação de áreas contaminadas É constituído por seis etapas: (CETESB, 2007)

- Investigação detalhada;
- Avaliação de risco;
- Concepção da remediação;
- Projeto de remediação;
- Remediação;
- Monitoramento.

A **Figura 6** apresenta as etapas sequenciais do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, desde sua identificação, passando pelo cadastro das informações e conseqüentemente direcionando para a necessidade ou não de medidas de remediação.

Pelo diagrama apresentado na **Figura 6** pode ser verificado que a presença de contaminação em uma área não necessariamente significa que a mesma precisa passar por um processo de remediação. O que define essa necessidade ou não, é a avaliação de risco, realizada com base no uso pretendido ou existente na área de avaliação.

3.6. Responsabilidades

Os passivos ambientais em um certo imóvel são de responsabilidade direta dos geradores e do proprietário do imóvel.

Na aquisição ou venda de um imóvel, ocorre a responsabilidade civil sobre a adequação aos requisitos legais vigentes e sobre a contaminação existente, incluindo os custos estimados para a reabilitação do local, podendo incluir também indenização às pessoas e entidades afetadas.

Assim, nas negociações passaram a se incluir cláusulas contratuais específicas à passivos ambientais, de modo a dar segurança tanto pra quem adquire o local quanto pra quem vende (maior certeza de não ser acionado no futuro por uma pendência local). Essas cláusulas podem definir desde custos envolvidos em reabilitação do imóvel até situações de desistência da negociação.

A inclusão da questão ambiental no contrato é uma mudança de paradigma em relação às cláusulas classicamente associadas à responsabilidade administrativa, civil e penal das organizações. Tal situação é também incentivada pela Norma ABNT NBR-ISO 14.001, evidenciando o desempenho ambiental de uma instituição, demonstrando a responsabilidade e atitude tomadas levando em consideração sua política ambiental.

A execução de análises e auditorias em relação ao desempenho ambiental não são suficientes para proporcionar a uma organização a garantia de que seu desempenho atenda infinitamente os requisitos legais. Para isso é necessário uma análise crítica e uma constante revisão e monitoramento de controles definidos (indicadores). Isso também vale para novas empreitadas, visando avaliar as incertezas e questões ambientais envolvidas, diminuindo os riscos e aumentando as possibilidades de sucesso nas tomadas de decisão.

De acordo com a legislação estadual (SÃO PAULO, 2009), são considerados responsáveis legais e solidários pela prevenção, identificação e remediação de uma área contaminada, o causador da contaminação e seus sucessores, o proprietário da área, o superficiário, o detentor da posse efetiva e quem dela se beneficiar direta ou indiretamente. Isto quer dizer que, quem adquire uma área contaminada, passa a ser um dos responsáveis legais pela contaminação, cabendo a ele as sanções legais e obrigações decorrentes da contaminação.

Nessa linha de pensamento, torna-se essencial em locais de uso pretérito com potencial de contaminação, que seja realizada a avaliação de passivo ambiental, antes de sua nova ocupação e/ou aquisição. (SANCHEZ, 2001)

3.7. Embasamento Legal

O processo de avaliação de áreas contaminadas, incluindo todas suas etapas, não possui legislação nacional específica.

O CONAMA é um órgão consultivo e deliberativo, sem poderes para regulamentar a lei. Podendo traçar normas e padrões de controle da poluição ambiental, porém não poderá restringir o exercício do direito de propriedade. Quando utilizadas pelas leis, as resoluções do CONAMA passam a ter força legal.

A Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) orientada e revisada pela resolução CONAMA 237/1997 (em relação ao licenciamento ambiental) considera a necessidade de se incorporar ao sistema de licenciamento ambiental os instrumentos de gestão ambiental, visando o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua, estabelecendo a necessidade do licenciamento de atividades com potencial de interferência no meio ambiente. Por essa resolução também são definidas as etapas do licenciamento, que se inicia pela Licença Prévia (LP), passa pela Licença de Instalação (LI) e praticamente é concluído pela Licença de Operação (LO).

Principalmente a partir da resolução CONAMA 237, alguns estados incorporaram a exigência de avaliação de passivo ambiental na renovação da licença de operação (LO) do empreendimento. Alguns estados também instituíram a necessidade de se formalizar o Encerramento das Atividades, e nessa etapa também ficou vinculada a exigência de apresentação da avaliação de passivo ambiental.

Essa exigência da avaliação iniciou-se para os sistemas retalhistas de combustíveis, porém a tendência é que se dissemine para todas atividades passíveis de licenciamento.

Posteriormente, na resolução CONAMA 273/2000 considerada-se que toda instalação e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configura-se como empreendimento potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais. Nessa linha, também considera que os vazamentos de derivados de petróleo e

outros combustíveis podem causar contaminação de corpos d'água subterrâneos e superficiais, do solo e do ar. (PHILIPPI e ALVES, 2005)

A Resolução CONAMA 273/2000 e muitas outras resoluções da mesma série, anteriores e posteriores a esta (CONAMA 06/1986, CONAMA 237/1997, CONAMA 284/2001, CONAMA 316/2002, CONAMA 385/2006, CONAMA 377/2006, CONAMA 413/2009, entre outras) foram criadas com a finalidade de se definir e disciplinar as diretrizes para o licenciamento ambiental das atividades, principalmente para àquelas de grande potencial poluidor ou contaminador.

Em relação à questão de passivos ambientais, foi publicada em 2009 a resolução CONAMA 420, que define os critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Essa resolução representa um passo para a definição legal da obrigatoriedade das avaliações de passivos ambientais, com o gerenciamento de áreas contaminadas.

Os padrões apresentados na resolução do CONAMA são no entanto uma reprodução dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (DECISÃO DE DIRETORIA Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005), com exceção dos valores de intervenção da água subterrânea para Alumínio, Ferro, Cobalto e Zinco.

A problemática destes valores ocorre em relação à não adoção de características regionais e em alguns casos da rigidez em alguns dos valores definidos (cópia de padrões internacionais, de realidade diferente, tanto em questões socioeconômicas quanto em questões naturais).

No que tange a questão legal relativa a passivos ambientais, o Estado de São Paulo encontra-se em estágio mais avançado em relação aos demais e publicou em julho de 2009 uma lei (13.577/2009) que dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas.

Essa lei ainda não foi regulamentada e até o início do mês de março de 2011, o texto de regulamentação estará disponível para consulta e sugestões na Internet no website da CETESB (www.cetesb.sp.gov.br).

A lei estadual (São Paulo) apresenta as definições e estipula os procedimentos de gerenciamento de áreas contaminadas, sendo que estas definições e procedimentos são

praticamente uma transcrição dos documentos da Cetesb (Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas e Decisões de Diretoria).

Além disso, a lei estadual define as responsabilidades, obrigações, infrações e penalidades e instrumentos econômicos aplicáveis no processo de áreas contaminadas. (SÃO PAULO, 2009)

Nessa lei também ficam obrigados os responsáveis legais por empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental e potenciais geradores de contaminação, a serem total ou parcialmente desativados ou desocupados, comunicar a suspensão ou o encerramento das atividades aos órgãos ambientais. (SÃO PAULO, 2009)

Essa comunicação deverá ser acompanhada de Plano de Desativação do Empreendimento que contemple a situação ambiental existente, em especial quanto à possibilidade de a área estar contaminada. Isto significa que as atividades industriais devem comprovar se interferiram na qualidade ambiental do local, e se interferiram, devem apresentar as medidas de reabilitação. (SÃO PAULO, 2009)

Avaliando o documento para regulamentação da lei, constatou-se a inclusão de responsabilidade ao responsável técnico tanto pelo projeto quanto à execução da remediação (na redação da lei o responsável técnico não possuía responsabilidade).

Também será exigido do Responsável Técnico, um seguro ambiental que cubra o processo de remediação definido para ser implantado em uma área contaminada. (SÃO PAULO, 2009)

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada baseou-se no raciocínio indutivo onde a generalização deriva de observações de casos da realidade concreta.

O trabalho foi desenvolvido em 3 etapas:

- Caracterização e diagnósticos de passivos ambientais em empreendimentos energéticos;
- Composição dos combustíveis diesel e gasolina e sua ocorrência na água subterrânea;
- Execução de remediação de uma área contaminada por combustíveis.

Para a caracterização e diagnósticos de passivos ambientais em empreendimentos energéticos foram utilizados trabalhos práticos já desenvolvidos em áreas de armazenamento de energia, juntamente com os conceitos das etapas de investigação de passivo ambiental e dos processos produtivos envolvidos, buscando-se desenvolver um roteiro técnico para direcionar novos trabalhos de avaliação de passivos ambientais na fase preliminar.

Para avaliar se os compostos comumente analisados em áreas de armazenamento de combustíveis, somente através dos principais compostos (BTEX e PAH) são suficientes para a caracterização quantitativa e qualitativa do passivo ambiental nesses locais potenciais;

Em relação a remediação e tratamento, para a área de armazenamento de combustíveis foi testada e avaliada uma metodologia de remediação do tipo destrutiva, com a aplicação de estudos de campo e de bancada.

4.1. Caracterização e Diagnósticos de Passivos Ambientais

No país, somente o Estado de São Paulo possui uma metodologia geral para o gerenciamento de áreas contaminadas, porém essa metodologia consiste nas técnicas para investigação, análise de risco, remediação e monitoramento de qualquer tipo de investigação de passivo ambiental, ou seja, cabe ao profissional que a realiza interpretar os usos do local e associar com as substâncias que podem ser encontradas, bem como o local aonde as mesmas podem ser encontradas.

O desenvolvimento de um roteiro técnico para a avaliação preliminar será útil para todos os atores envolvidos no processo de avaliação de passivos ambientais, quais sejam:

- O cliente ou solicitante, para o bom estabelecimento de termos de referência, escopos e contratos de avaliação;
- O avaliado, para poder melhor contribuir no processo e se tomar conhecimento da contribuição que o mesmo oferece para o aperfeiçoamento de sua gestão;
- O avaliador, para auxiliar na organização e execução de suas ações de avaliação.

Para criar um roteiro de avaliação preliminar de passivos ambientais que pudesse fornecer uma diretriz para o avaliador, de forma a cobrir as principais informações que devem nortear a avaliação de passivo ambiental de áreas de armazenamento de energéticos, foram considerados:

- Os procedimentos existentes;
- Dados relativos à identificação dos aspectos/impactos ambientais da área de armazenamento de energéticos e associação com os possíveis contaminantes;
- Investigações de passivos ambientais já desenvolvidas para áreas correlatas;
- Características específicas dos empreendimentos da área de armazenamento de energéticos,

Através da aplicação do roteiro desenvolvido neste trabalho, o leitor terá condições de definir as ações necessárias nas etapas seguintes. Tais ações são para confirmar se as atividades potencialmente geradoras de passivos do empreendimento avaliado, identificadas e caracterizadas no roteiro (locais suspeitos e potenciais de contaminação) de fato resultaram num passivo ambiental do solo e/ou da água subterrânea.

A metodologia foi elaborada de acordo com as seguintes etapas:

- Levantamento de dados relativos à identificação dos Passivos Ambientais dos empreendimentos do setor energético;
- Identificação das possíveis fontes de contaminação;
- Associação dos Compostos/elementos envolvidos na contaminação com a atividade executada;
- Compilação dos dados e elaboração de planilhas;
- Elaboração dos critérios para confirmação dos passivos ambientais.

Foram pesquisadas informações técnicas sobre os produtos, processos e serviços relativos aos empreendimentos genéricos de interesse e também referências sobre as normas e leis aplicáveis ao Setor Elétrico.

A partir da análise dos documentos citados e compilação dos dados, foram construídas planilhas para cada tipo de energia armazenada, juntamente com a atividade de armazenamento.

O objetivo das Planilhas foi o de orientar a posterior elaboração do plano de investigação (etapa confirmatória), de modo a garantir que nenhum ponto potencialmente gerador de passivo deixasse de ser verificado.

Foram compiladas as causas dos passivos ambientais do armazenamento em questão, os passivos ambientais propriamente ditos e as medidas relativas aos passivos levantados (ações para evitar a sua formação), criando-se uma lista abrangente que contemplasse os principais formadores de passivos ambientais do solo e água subterrânea, em local de armazenamento de energia.

Os critérios para confirmação dos passivos ambientais, referem-se ao meio que deve ser investigado e a forma que deve ser realizada.

A finalidade da caracterização é permitir que, ao final da avaliação, o avaliador seja capaz de reportar a identificação dos potenciais pontos geradores de passivos do empreendimento específico e priorizar as ações seguintes de investigação.

4.1.1. Limitações e validade

A metodologia proposta busca fornecer argumentos para que o avaliador busque uma cobertura abrangente dos pontos de maior potencial de geração de passivos e que ofereçam maior risco ao negócio.

Toda metodologia possui limitações que devem ser consideradas na sua aplicação, buscando que o objetivo da avaliação seja alcançado com sucesso e que os resultados obtidos sejam claros e acurados. Essas limitações estão apresentadas abaixo.

A metodologia proposta é válida somente para Avaliação de Passivos Ambientais de área de armazenamento de energia, restringindo-se a estabelecer um guia para condução inicial de uma avaliação de passivos ambientais, ou seja, caracterização e definição das fontes para sequência dos trabalhos. Muito embora, os procedimentos de caracterização e

definição das fontes para sequência dos trabalhos, envolvendo a parte documental e histórica, possa ser utilizada para qualquer tipo local que se pretende avaliar os passivos ambientais do solo e/ou da água subterrânea.

A metodologia fornece diretrizes para uma avaliação preliminar, com definições para a investigação confirmatória, que também podem ser adotadas na investigação detalhada.

A metodologia descrita somente será válida se utilizadas e exauridas todas as fontes de informações relativas ao local que busca-se avaliar. Na ausência de informações suficientes para garantir que as possibilidades de potencial ou suspeita de contaminação sejam conhecidas, é necessário ser conservador e se resguardar de abranger todas as possibilidades para o local.

Podem existir fontes de informação diferentes das apresentadas, que devem ser utilizadas uma vez que sejam confiáveis (na dúvida opta-se pelo conservadorismo).

As opiniões e conclusões apresentadas são baseadas apenas nas informações obtidas durante a execução dos trabalhos, no conhecimento teórico obtido e na experiência profissional.

4.2. Composição dos Combustíveis

Neste trabalho será avaliado se os compostos geralmente analisados em áreas de armazenamento de combustíveis, somente através dos principais compostos (BTEX e PAH) são suficientes para a caracterização quantitativa e qualitativa do passivo ambiental nesses locais potenciais.

A avaliação do combustível normalmente é realizada com finalidade energética, o que difere deste trabalho que avalia do ponto de vista tóxico existentes na mistura de combustível e o que deve ser avaliado e quantificado em locais de armazenamento de combustíveis.

A avaliação será dada através de diluição de volumes conhecidos de gasolina e diesel separadamente em volumes de água também conhecidos. Tal diluição será realizada de modo a não remanescer iridiscência e/ou fase-livre. Após a diluição, as amostras seriam encaminhadas ao laboratório para ser quantificado os compostos orgânicos voláteis, semivoláteis e hidrocarbonetos de petróleo.

Neste trabalho somente foi realizada a análise de uma solução de gasolina e outra de diesel.

Com a obtenção dos resultados do laboratório será avaliado os compostos envolvidos.

4.2.1. Limitações e validade

Os resultados, conclusões e recomendações apresentados neste trabalho são limitados pelo grau de conhecimento e informações disponíveis, tempo e orçamento utilizados.

As opiniões e conclusões apresentadas são baseadas apenas nas informações obtidas durante a execução dos trabalhos, no conhecimento teórico obtido e na experiência profissional.

Utilizou-se somente uma amostra objetivando experimentar e buscar relacionar com as análises geralmente executadas nas áreas de postos de combustíveis. Devido ao custo envolvido nas análises não foi possível realizar novas amostras para confirmação dos resultados.

Por somente ter sido utilizada uma amostra para cada tipo de combustível, a conclusão obtida não terá uma precisão e desvio padrão. Devido a isso, foram tomados os cuidados durante o preparo das amostras para que o resultado obtido não possua desvios significativos.

A garantia de qualidade dos resultados e procedimentos analíticos é dada pelo laboratório, certificado conforme a ABNT ISO 17.025 (2005).

4.3. Execução de remediação

Para a área de armazenamento de combustíveis será desenvolvido e avaliada a aplicação de remediação do tipo destrutiva, com a aplicação de estudos de campo e de bancada.

Foi selecionada a técnica de oxidação química como a forma de remediação destrutiva escolhida. Primeiramente foi escolhido o tipo de oxidante a ser aplicado e estudado, incluindo as condições do meio para sua eficiência.

Foram desenvolvidos trabalhos de aplicação do oxidante em uma contaminação identificada numa área de abastecimento de combustíveis, através de injeção sob pressão da

solução oxidante no aquífero. Também foi realizado um ensaio de bancada, através de aplicação do oxidante numa amostra de água contaminada em um frasco.

Para aplicar o oxidante no aquífero, inicialmente foram realizados os cálculos de demanda do oxidante, tanto decorrentes do contaminante quanto do solo natural, visto que o oxidante não é seletivo. Tais cálculos também foram realizados por ensaios de demanda executados em laboratório.

A aplicação no aquífero foi executada através de duas campanhas, sendo que preliminarmente foi realizada uma aplicação preliminar na cava de um dos tanques que fora removido do local. A aplicação de bancada foi realizada entre as campanhas de injeção no aquífero.

Durante as campanhas foi realizado o monitoramento de parâmetros físicos e químicos, visando acompanhar a evolução da remediação.

Com base nos resultados e interferências ocorridas, avaliou-se o processo de remediação e se os objetivos iniciais foram atingidos.

4.3.1. Limitações e validade

A quantidade de oxidante utilizada em cada etapa de injeção foi baseada nos resultados analíticos, lembrando que para a primeira campanha foram utilizados os resultados da investigação de passivo ambiental desenvolvida no local.

No monitoramento periódico somente foram utilizados quatro pontos de amostragem, representativos da área de execução da remediação.

Não serão abordados detalhes dos métodos amostrais, somente àqueles que diretamente possam interferir nos resultados esperados.

A garantia de qualidade dos resultados e procedimentos analíticos (parâmetros químicos) é dada pelo laboratório, certificado conforme a ABNT ISO 17.025 (2005). A medição de parâmetros físicos foi realizada por medidor multiparâmetro calibrado.

5. CARACTERIZAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS

A avaliação de passivos ambientais corresponde a, exatamente, criar uma forma sistemática de levantamento e verificação da situação existente em termos de passivos

ambientais na empresa, prédio, terra, estoque de material, fusões ou mesmo equipamentos a serem negociados e/ou regularizados.

O foco principal deste trabalho corresponde a empreendimentos relacionados ao armazenamento de energia, envolvendo àqueles que são unidades geradoras, produtoras, fornecedoras, transformadoras ou retalhistas de energia.

A caracterização de passivos ambientais em sistemas de armazenamento de energia em empreendimentos energéticos, será realizada em 3 etapas, sendo:

1ª Etapa – Serão definidos os empreendimentos relacionados com o tipo de armazenamento de energia;

2ª Etapa – Serão apresentadas as principais atividades geradoras de passivos ambientais especificamente no solo e/ou água subterrânea;

3ª Etapa – Serão relacionadas às atividades com as substâncias químicas de interesse (SQI) esperadas, que possam ser encontradas no solo e/ou na água subterrânea.

A partir das informações, obtidas nas etapas, será possível avaliar os locais onde devem ser confirmadas ou não a contaminação, e quais SQIs devem ser avaliadas.

Ressalta-se que o levantamento apresentado neste trabalho deve ser considerado como a etapa essencial de uma avaliação de passivos ambientais. Isto por que a partir dessas informações é que se baseiam todas as etapas seguintes. Com isso, uma falha nesse processo, pode resultar numa falsa avaliação de uma área e isto pode significar as situações abaixo:

- Ocupação de áreas de risco toxicológico;
- Insucesso em processos de remediação;
- Investimentos desnecessários;
- Comprometimento da segurança ocupacional;
- Danos irreparáveis á bens a proteger.

Com base na utilização do presente trabalho, será possível:

- Avaliar uma unidade, área, reservatório relacionado com armazenamento de energia, com vistas à identificação e priorização dos passivos ambientais, contribuindo para o aperfeiçoamento do gerenciamento de áreas contaminadas;
- Realizar um trabalho de investigação de passivo ambiental direcionado;

- Buscar a redução das incertezas, de forma a contribuir para uma melhor e mais precisa avaliação técnica do local e medidas necessárias a serem tomadas na continuidade dos trabalhos.

Para se realizar uma caracterização torna-se necessário inicialmente uma equipe de trabalho, que deve ser composta por especialistas com significativa experiência e treinamento nos temas envolvidos. O tamanho da equipe dependerá da complexidade do trabalho a ser desenvolvido, bem como o tempo disponível. (ELETROBRAS, 2000)

5.1. Início da Avaliação preliminar

O início dos trabalhos consiste numa fase de coleta de informações iniciais, planejamento das atividades (escritório e campo), definição do escopo da avaliação e preparação dos questionários de verificação para o empreendimento específico, com vistas à definição dos itens à serem avaliados e sequência de trabalho.

É nesta etapa, portanto, que se realiza a focalização do empreendimento para fins da avaliação.

Em alguns casos, nesta fase, as negociações entre cliente e equipe podem conduzir a uma decisão de se reduzir o escopo e sofisticação da metodologia empregada, promovendo-se, apenas uma avaliação superficial, que pode ser considerada como uma prévia para definição das seqüências de trabalhos e elaboração de propostas de serviços. No caso de aquisição de áreas, esta etapa pode ser decisiva no andamento das negociações.

Nas transações comerciais mais rápidas, a exemplo da negociação de parcerias em empreendimentos ou aquisições imobiliárias, podem estar disponíveis prazos muito curtos, e nessa situação somente a avaliação preliminar, poderá não ser suficiente em áreas cujo potencial de contaminação já é conhecido (porém ainda não confirmado).

Durante a avaliação preliminar, devem ser levantadas informações oficiais públicas e informações de interesse relacionadas à área examinada fornecida pelo proprietário / inquilino / cliente. Na seqüência são apresentadas as informações de interesse para desenvolvimento do trabalho.

O levantamento das informações pode não pode eliminar totalmente as incertezas, apenas reduzi-las. Como se trata de um processo apenas baseado na observação (apoiado

pelo conhecimento especializado) e em informações existentes, pode não ocorrer um nível de evidência muito elevado. (MARKER, 2008)

Em algumas situações o tipo de propriedade (valor, aceitação de riscos do proprietário) determina o nível de investigação. Em empreendimentos de grande volume financeiro, onde o passivo ambiental significaria apenas um ônus relativamente baixo (poucos indícios de contaminação versus o tamanho do empreendimento), o nível de aprofundamento nesta etapa de investigação pode ser reduzido, transferindo eventuais riscos mais para frente (risco do negócio). (MARKER, 2008)

5.1.1. Informações Públicas

A consulta a informações públicas é importante para verificar se houve em determinado local o registro de sua utilização por alguma atividade com potencial de contaminação do solo e/ou água subterrânea. Estas consultas devem ser utilizadas para confirmação de informações ou até mesmo como fonte inicial, quando não há outros elementos preliminares de verificação do histórico, como cadastros em órgãos municipais.

As informações públicas devem ser levantadas em diversas fontes que possam agregar fatores importantes e de influência na avaliação de passivos ambientais.

Dentre os imóveis situados no entorno, devem-se obrigatoriamente incluir os imóveis vizinhos, mas pode-se levar em consideração outros imóveis, caso se encontre evidências de que em algum deles possa ter sido realizada ou estar sendo realizada alguma atividade com potencial de contaminação que possa influenciar a área de estudo. (SILVA, 2005)

As fontes de informações são muito variadas, devendo ser pesquisados arquivos de órgãos públicos e outras entidades. Mapas topográficos e fotografias aéreas retratam o uso do solo no momento em que foram produzidos e são muito úteis.

Os locais mais indicados para encontrar informações relevantes são (SILVA, 2003):

- Prefeituras Municipais;
- Secretarias de Meio Ambiente e seus órgãos;
- Corpo de Bombeiros;
- Mapas, fotos e imagens de satélites em escalas compatíveis com a escala de trabalho;
- Acordos de financiamento;
- Escrituras e documentos relativos a ocupação da área;

- Registros na Internet (estes devem ser filtrados para evitar informações falsas e/ou duvidosas);
- Demandas comunitárias.

Para a pesquisa de informações nas prefeituras municipais, é importante saber o que se quer, onde procurar, como e o que pedir.

Quando há interesse por um terreno ou prédio, é imprescindível saber como a prefeitura do município em que se insere o referido imóvel está organizada, como funciona as solicitações e quais tipos de informações estão disponíveis. (SILVA, 2003)

Não existe uma regra tácita para a organização municipal, mas há setores comuns que podem ser encontrados, como o departamento de controle do uso e ocupação do solo, o de limpeza pública, o de vigilância sanitária e o de meio ambiente, que podem possuir informações de interesse para a avaliação de passivo ambiental. Este último, por ser mais recente em grande parte dos municípios, pode não possuir informações sobre o histórico da ocupação.

A consulta de informações contidas em documentos arquivados ou processos antigos visa identificar os usos e as ocupações anteriores do imóvel investigado e dos imóveis situados no seu entorno.

A consulta à prefeitura não se restringe, a somente identificar as possíveis fontes de contaminação, mas também os bens a proteger, como unidades de conservação, áreas de lazer, redes de infra-estrutura, bens de interesse histórico ou ambiental, entre outros. (SILVA, 2003)

Como toda empresa comercial ou industrial deve ter sua Inscrição Municipal, isto possibilita a pesquisa nas prefeituras sobre este aspecto.

Na consulta aos órgãos ambientais estaduais ou municipais, a mesma deve ser realizada para os empreendimentos cujos projetos foram aprovados, reprovados ou encontram-se em fase de análise. Alguns órgãos podem dispor de informações a respeito das áreas contaminadas existentes em sua região de ação. (SILVA, 2003)

Todas atividades econômicas exercidas legalmente no Brasil devem estar registrada e cadastrada, para ocorrer o recolhimento dos impostos e preservados seus direitos. Consequentemente, toda empresa comercial ou industrial deve ter sua Inscrição Municipal, Inscrição na Fazenda Estadual, Inscrição na Receita Federal, Registro na Junta Comercial,

Alvará de Corpo de Bombeiros e outros tipos de licenças ou alvarás, dependendo de sua atividade. (SILVA, 2003)

Sindicatos e Associações, também podem manter cadastros de empresas.

Algumas outras fontes que podem ser consultadas para obtenção de informações históricas são as Delegacias do Ministério do Trabalho, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), as empresas concessionárias de energia elétrica, as companhias telefônicas, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e entidades como Associações Comerciais e Industriais do município ou região, pois podem possuir informações históricas do lugar. (SILVA, 2003)

Um direcionamento inicial para uma avaliação de passivo ambiental a respeito do uso do local, pode ser obtido na certidão de matrícula do imóvel, uma vez que os cartórios de registro de imóveis realizam as transmissões de propriedade e as servidões administrativas.

Porém, nem sempre os contratos de locação são averbados na matrícula do imóvel, o que gera a necessidade de informações complementares.

A interpretação de fotografias aéreas, de imagens de satélites e a utilização de mapas de uma determinada região de interesse permite a identificação e localização de áreas com potencial de contaminação, tais como áreas de indústrias, de armazenamento de produtos e de disposição de resíduos. Utilizando-se de informações de diferentes períodos pode-se obter uma avaliação cronológica da área. (SILVA, 2003)

Existem técnicas de interpretação de fotografias aéreas para a identificação de áreas potenciais. Para a deposição de resíduos, a interpretação de fotografias aéreas e imagens podem trazer contribuições para determinar as condições da área antes e após a deposição. (SILVA, 2003)

Pode-se também utilizar a análise estereoscópica, que possibilita a avaliação 3D de imagens.

O uso de mapas e fotografias aéreas para estes estudos apresenta como principal vantagem a possibilidade de obter dados históricos de locais que não podem mais ser resgatados devido à ausência de registros, ou que não podem ser obtidos por meio de entrevistas, ou ainda, que não deixaram registro em documentações. (SILVA, 2003)

Na **Tabela 3** encontram-se relacionados os principais documentos e informações que podem ser úteis e podem estar disponíveis nos diversos órgãos e entidades.

Na ausência de informações públicas, as informações particulares do imóvel podem auxiliar na obtenção de informações sobre o histórico do local. Caso inexistam informações seguras sobre o histórico, poderá considerar a área toda como potencial e utilizar-se inicialmente de métodos de resposta rápida e medições geofísicas para direcionar os trabalhos de confirmação do potencial de contaminação.

Tabela 3 – Documentos e informações públicas de interesse

Documento/Informação	Órgão/Entidade
Licença Ambiental (prévia, Instalação e Operação)	Órgãos Ambientais Integrantes do Sisnama
Alvará de Funcionamento	Prefeitura Municipal
Outorga de Captação de Água	ANA e Agências Regionais
Cadastro de Poços Profundos para Captação de Água	Instituto Geológico, ANA e Agências Regionais
Alvará de Estabelecimentos de Serviços de Saúde	Depto. Vigilância Sanitária
Licenças de Loteamento	Prefeitura
Alvará e Auto de Vistoria	Corpo de Bombeiros
Autorização para Alteração na Vegetação	Órgão Ambiental e Prefeitura
Informações sobre Áreas com Ocorrência de Deslizamentos, Erosões e Uso e Ocupação do Solo	Instituto Geológico, IPT, Defesa Civil
Alvará de Licença Metropolitana/APM	Órgão ambiental
Cadastro de Atividade Industrial CAI	Delegacias do Ministério do Trabalho
Plano de Prevenção de Riscos PPRA	Delegacias do Ministério do Trabalho
Autorização para Estocagem de Combustíveis	Agência Nacional do Petróleo
Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica CNPJ	Junta Comercial, Receita Federal ou Posto Fiscal
Fotos Aéreas, Imagens e Mapas	Prefeituras, Embrapa, Inpe, IGC, Emplasa, etc.
Cadastro de AP, AS e AC e Depósitos de Resíduos	Órgão Ambiental e Prefeitura
Restrições para Área	Órgão Ambiental e Prefeituras
Averbação de Reservas	Cartórios de Registro de Imóveis
Histórico de Fornecimento de Energia Elétrica	Concessionária de Energia Elétrica
Verificação em Catálogos Telefônicos	Companhia Telefônica
Manipulação de Produtos Radioativos	Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

Fonte: Adaptado de CETESB (2003)

5.1.2. Informações particulares do imóvel

As informações fornecidas pelo proprietário / inquilino / cliente são confidenciais e referem-se principalmente às instalações, aos processos, às matérias primas e produtos. Além disso, podem ser fornecidas informações sobre o histórico industrial.

O fornecimento de documentos disponíveis referentes à operação da unidade, além das licenças e acordos realizados, auxiliam na concepção do modelo conceitual, ou seja, associar as atividades com o potencial de contaminar o solo e/ou a água subterrânea e os contaminantes envolvidos.

As informações necessárias para o desenvolvimento da avaliação preliminar serão apresentadas a seguir, lembrando que algumas ausências pode significar incertezas no processo, além do que algumas das informações serão obtidas durante a execução do trabalho: (ELETROBRAS, 2000)

1. Endereço completo do local avaliado;
2. Certidão de Matrícula do Imóvel e Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU);
3. Razão Social do Proprietário e Superficiário;
4. CNPJ, Inscrição Federal, Inscrição Estadual e Inscrição Municipal;
5. Código Nacional de Atividades Econômicas (CNAE – IBGE);
6. Descrição da região onde se insere o local e destaque para pontos notáveis e de interesse à avaliação de passivos ambientais (bens à proteger);
7. Classificação da região em termos de proteção ambiental;
8. Mapa de Uso e Ocupação do Solo da região de influência ou de interesse;
9. Classificação dos corpos receptores d'água;
10. Caracterização das fontes geradoras de efluentes sólidos e líquidos, sistemas de tratamento e destinação dada aos mesmos.
11. Fotos dos locais onde são ou foram despejados/armazenados os efluentes sólidos e líquidos.
12. Relatórios ambientais anteriores;
13. Fotografias aéreas das unidades ou do empreendimento, áreas de apoio e áreas impactadas (se já conhecidas);
14. Descrição qualitativa e quantitativa das características das unidades, processos, sistemas de produção, insumos, recursos naturais utilizados, produtos e atividades associadas.
15. Fichas de informações de produtos químicos, produtos e/ou resíduos perigosos;
16. Fluxograma dos processos, associando a cada um destes os insumos utilizados, produtos, emissões, efluentes, resíduos e energias gerados ou liberados;

17. Licenças, Permissões, Alvarás, Autorizações, Outorgas, Vistorias, etc.;
18. Registros, Cadastros, Certificados, Credenciamentos, Certidões, etc.;
19. Processos na esfera cível, penal e trabalhista;
20. Autos de Inspeção e Autos de Infração;
21. Reclamações e demandas de partes interessadas;
22. Acordos, Termos de Compromisso e Termos de Ajustamento de Conduta assinados pela organização;
23. Dados sobre a Política da empresa: a própria Política formalizada, Planos e Programas Ambientais, Objetivos e Metas da empresa, Normas e Procedimentos internos de interesse.
24. Relatórios de auditorias internas e externas;
25. Não-conformidades e Relatórios de não-conformidades;
26. Relatórios de Acidentes.

Deve-se realizar a uma avaliação crítica da área específica e da documentação obtida. Fichas de Check List podem auxiliar o controle sobre a documentação recebida.

5.1.3. Inspeção de Reconhecimento

A inspeção de campo deve ser feita com a finalidade de verificar indícios de possíveis focos de contaminação, ou seja, elementos visuais que leve a associar a uma formação de passivo ambiental (manchas no piso, descartes de resíduos, alteração no relevo provocada por aterramento, condições do piso das áreas potenciais, entre outros).

A inspeção do local é uma etapa importante da aquisição de dados e, para se evitar distorções, ou obtenção de informações incompletas, deve ser antecedida de um estudo dos processos e atividades desenvolvidas na área inspecionada e seus potenciais impactos ao meio solo e/ou água subterrânea. (ELETROBRAS, 2000)

Uma inspeção de reconhecimento bem realizada depende de informações prévias, são elas:

- Operações prévias e atuais do local visitado;
- Materiais e produtos manuseados (estocagem, processamento, gerenciamento de resíduos, etc.);
- Atividades do entorno;

- Áreas com suspeita de contaminação (derrames, vazamentos, fossas, aterros, sistemas de tratamento, etc.).

Na inspeção de Campo recomenda-se o preenchimento do questionário apresentado no **Apêndice A**. Além do questionário, deve-se ser preenchida a Ficha Cadastral recomendada pela NBR 15.515, apresentada no **Anexo A**. Estes documentos também auxiliam e direcionam os principais pontos que podem significar a existência de passivo ambiental.

Cabe ressaltar que devem ser também verificados os imóveis no entorno, pois esses podem se constituir em possíveis fontes de contaminação que podem afetar o imóvel em questão.

As entrevistas com antigos proprietários e vizinhos, assim como antigos funcionários de empresas são importantes fontes de informação, pois podem fornecer informações claras e objetivas sobre o imóvel em questão, embora possam não ser totalmente precisas. A entrevista com um maior número de pessoas auxilia na segregação de informações e maior segurança para considerá-las verdadeiras (SILVA, 2003)

Na inspeção de reconhecimento deve-se buscar coletar evidências para fundamentar as observações e conclusões, bem como a definição das etapas seguintes.

5.2. Áreas de armazenamento de energia

O enfoque de caracterização de passivos ambientais resume-se aos empreendimentos energéticos de armazenamento, incluindo as áreas de armazenamento de energia que possam existir em outros tipos de empreendimento.

E os passivos ambientais considerados são aqueles que podem alterar a qualidade dos solos e/ou águas subterrâneas.

Para definição das atividades passíveis de formar um passivo ambiental foi necessário primeiramente definir as que possuem armazenamento de energia. Para isso foi necessário o levantamento dos processos industriais, juntamente com o layout desses processos.

Foi necessário avaliar cada tipo de energia, porém é muito difícil encontrar alguns tipos de energia de forma isolada.

Com as definições apresentadas na sequência do trabalho, baseadas nos objetivos e nas limitações, poderá estabelecer o escopo da avaliação confirmatória, direcionadas para os locais com potencial para a formação de passivos.

Para o estabelecimento desse escopo deve ser executado todo o levantamento histórico e informações já apresentadas. No caso de armazenamento de energia, fez-se um rol de atividades consideradas potenciais para formar um passivo ambiental, relacionados com o armazenamento de energia. Essas atividades são apresentadas na **Tabela 4**.

Tabela 4 – Relação das atividades potenciais de geração de passivos ambientais

Tipo de Energia Armazenada	Forma de Armazenamento	Atividades envolvendo armazenamento
Eletroquímica	Baterias e Pilhas	Sistemas de reserva de energia; descarte de material inservível
Elétrica	Capacitor	Sistemas elétricos
	Condensador	Sistemas elétricos
	Condutor	Sistemas de Bobinas
	Hidroelétrico Reversível	Reservatórios naturais, turbinas
Mecânica / Potencial / Cinética	Ar comprimido	Reservatórios naturais, cilindros, compressor, turbina.
	Baterias Eletromecânicas	Turbinas, motores, compressores
	Acumulador hidráulico	Elevadores, pistões, cilindros, descarte do acumulador, substituição do fluido
	Mola	Elevadores, sistemas automatizados, fabricação da mola
Térmica	Sólidos	Fundições, turbinas (arraste do ar quente)
	Líquidos	Sistemas de refrigeração, descarte do líquido, caldeiras, refrigerantes
	Gases	Turbinas, estufas, caldeiras, exaustores, refrigerantes.
Química	Células Combustíveis	Produção de hidrogênio, compressores
	Combustíveis	Alimentação de frota, geradores (energia elétrica), alimentação de utilidades (caldeiras, fornos, equipamentos)
Nuclear	Combustíveis	Reatores, piscinas, resíduos.

Dentre as atividades apresentadas na **Tabela 4**, cada uma possui um potencial de contaminação distinto. Essa variação decorre do tipo de contaminante relacionado e as condições em que a atividade é realizada. A adoção de medidas preventivas nas atividades

diretamente influenciará a confirmação de contaminação, porém o potencial de contaminação ainda existirá.

As atividades envolvendo combustíveis (energia química), principalmente àquelas de grande movimentação (postos de combustíveis), pode ter a contaminação considerada como inerente à atividade.

As medidas de prevenção adotadas usualmente, apesar de reduzir a contaminação, dificilmente impedem sua formação. Exemplificando, o gotejamento que ocorre durante a retirada da válvula do bocal dos tanques dos veículos.

A título de estimativa, um posto de combustível que vende 800.000 litros de gasolina por mês (hipotético), considerando que em cada abastecimento (aproximadamente 30 litros) pingue 1 gota (volume de $5,0 \times 10^{-2}$ ml) de combustível no piso, ou seja, em 1 mês pinga no piso cerca de 1,4 litros de gasolina. Isso em um ano significa aproximadamente 16 litros. Lembrando que embora grande parte desse volume sofra volatilização e uma outra porção seja removida pela lavagem do posto, parte do combustível infiltra no piso e conseqüentemente chega ao solo e pode chegar à água subterrânea.

Com base no apresentado acima (não considerando vazamentos, acidentes e outros combustíveis que podem interferir na solubilidade da gasolina, como o etanol), demonstra-se à questão problemática que se forma, o que resulta na necessidade de se avaliar o passivo formado.

Outra questão importante relativa aos passivos ambientais refere-se a desmobilização de uma atividade, pois pode resultar na formação de passivos devido ao processo de desmontagem das instalações. Isto ocorre com mais freqüência em locais cujos equipamentos não possuem mais utilidade, diminuindo-se o cuidado durante a desmontagem. (SANCHEZ, 2001)

Os itens a seguir abordarão de forma detalhada o apresentado na **Tabela 4**.

5.2.1. Principais fontes de formação de passivos ambientais em áreas de armazenamento

Para facilitar o entendimento e apresentação das informações, as mesmas irão compor tabelas, que serão separadas pela forma de energia armazenada.

Dentre os tipos e formas de energia armazenada apresentadas anteriormente, a energia química e nuclear são as principais formadoras de passivos ambientais decorrentes da atividade de armazenamento propriamente dita.

O potencial de gerar um passivo ambiental das outras formas de energia compreende principalmente o projeto de fabricação da forma de armazenamento e posteriormente a disposição inadequada dos equipamentos que perderam sua funcionalidade, quer seja por falhas, quer seja pelo término da vida útil de seu propósito.

Uma situação agravante e formadora de passivos ambientais para todas as formas de energia são os acidentes, quer sejam de origem natural, quer seja por origem antrópica. Essa formação decorre pelo fato de o acidente ser um evento não previsto e não planejado que pode causar um dano. Com a adoção de medidas emergenciais logo após o acidente, pode-se reduzir drasticamente o passivo ambiental gerado.

Em locais que não foram tomadas medidas emergenciais logo após o acidente, a probabilidade de se formar um passivo ambiental aumenta consideravelmente. Por exemplo, um vazamento de tanque é considerado um acidente e nem sempre se tem conhecimento disto. Daí numa investigação de passivo ambiental se detectada a fase-livre formada, torna-se necessária à adoção de medidas emergenciais, visando a eliminação do risco potencial.

5.2.1.1. Energia Eletroquímica

Para o armazenamento de energia eletroquímica são apresentados na **Tabela 5** as principais fontes geradoras de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados. Destaca-se que na ocorrência do passivo ambiental por acidentes, considerou-se que a ocorrência do mesmo independe da intenção, ou seja, pode ser desde um acontecimento natural quanto um executado propositalmente.

Na formação de passivos ambientais por vazamentos, o mesmo pode ocorrer por falhas estruturais nas carcaças de pilhas e baterias, que podem ter sido provocadas por choques mecânicos, defeito de fabricação, sobrecarga elétrica, corrosões e condições de exposição. Muitas vezes, a percepção do vazamento só ocorre com a inoperância da bateria ou pilha, ou seja, nessa situação, já pode ter ocorrido o vazamento de grandes quantidades de solução.

A formação de passivo ambiental no solo e/ou águas subterrâneas também pode ocorrer por descarte inadequado dos materiais inservíveis; isto porque o conteúdo das pilhas e baterias passam a estar sujeitos às ações de leigos e curiosos. Assim, as mesmas ficam sujeitas ao despejo da solução eletrolítica em locais não apropriados.

A recarga de pilhas e/ou baterias não apropriadas podem resultar em acidentes e conseqüentemente na formação de passivos ambientais, o que pode acabar ocorrendo também por sobrecargas.

A principal formação de passivos ambientais no solo e/ou água subterrânea das fontes de energia eletroquímica ocorre através do sucateamento inadequado, quer seja em disposição dos materiais ao tempo (sujeito a intempéries) quer seja enterrando-os.

Tabela 5 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia eletroquímica

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Baterias e Pilhas	Depósito	Vazamento
		Acidentes
	Descarte inadequado	Vazamentos
		Sucateamento inadequado
		Corrosão
	Sistemas e equipamentos elétricos	Vazamentos
		Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia eletroquímica:

Depósito: estoque de pilhas e baterias (almoxarifado), armazenamento temporário;

Descarte Inadequado: Lixões, disposição no solo, tratamento como sucata metálica;

Sistemas e equipamentos elétricos: Central de nobreaks; área de carga e descarga.

5.2.1.2. Energia Elétrica

Para o armazenamento de energia elétrica são apresentados na **Tabela 6** as principais fontes de formação de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados. Ressalta-se que a probabilidade formação de passivos ambientais provenientes deste tipo de armazenamento é muito pequena, devido ao tipo de material envolvido. Nos capacitores a óleo, o vazamento pode ser considerado a situação mais crítica em relação à formação de passivos ambientais.

Para capacitores e condutores à óleo, a formação de passivos ambientais ocorre principalmente através de vazamentos. Estes podem ocorrer por falhas estruturais que podem ter sido provocadas por choques mecânicos, sobrecarga elétrica, defeitos de fabricação, corrosões e condições de exposição. Muitas vezes, a percepção do vazamento só ocorre com a inoperância do equipamento, ou seja, nessa situação, já pode ter ocorrido o vazamento de grandes quantidades de óleo.

A formação de passivo ambiental no solo e/ou águas subterrâneas também pode ocorrer por descarte inadequado dos materiais inservíveis, isto porque o conteúdo dos armazenadores e a própria carcaça pode contaminar o local onde são dispostas. Com a disposição irregular, os capacitores, condensadores e condutores muitas vezes são coletados por recicladores e até curiosos, o que pode resultar no descarte do material sobre o solo, enterrá-los, descartar em redes pluviais, entre outras possibilidades.

Assim como na energia eletroquímica a principal formação de passivo ambiental para o solo e água subterrânea ocorre no sucateamento inadequado, envolvendo principalmente a disposição irregular.

Tabela 6 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia elétrica

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Capacitor, Condensador e Condutor	Depósito	Vazamento
		Acidentes
	Descarte inadequado	Vazamentos
		Sucateamento inadequado
		Corrosão
	Sistemas e equipamentos elétricos	Vazamentos
		Acidentes

Uso inadequado ou fora do padrão

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia elétrica:

Depósito: estoque de capacitores, condensadores e condutores (almoxarifado), armazenamento temporário;

Descarte Inadequado: Lixões, disposição no solo, tratamento como sucata metálica;

Sistemas e equipamentos elétricos: Câmaras frigoríficas, geradores, cabines elétricas;

5.2.1.3. Energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética

No armazenamento de energia mecânica, potencial e/ou cinética são apresentados na **Tabela 7** as principais fontes de formação de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados. Ressalta-se que a probabilidade formação de passivos ambientais provenientes deste tipo de armazenamento é muito pequena, devido ao tipo de material envolvido.

Geralmente os passivos ambientais formados no armazenamento desse tipo de energia são provenientes de processos auxiliares aos armazenadores propriamente dito. Os processos auxiliares não serão contemplados neste trabalho.

As baterias eletromecânicas diferem-se da bateria eletroquímica no princípio de geração de energia. O potencial de formar passivo ambiental pelas baterias eletromecânicas é muito baixo, vinculado principalmente com o descarte inadequado, ou seja, após o término de sua vida útil.

A principal fonte de armazenamento de energia potencial é o acumulador hidráulica, uma vez que o fluido existente pode contemplar contaminantes potenciais e sua disposição irregular ou infiltração no solo (vazamento ou descarte indevido) são as principais formas de criação do passivo ambiental.

Tabela 7 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Hidroelétrico reversível	Reservatórios	Acidentes
	Processos Auxiliares	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
Ar comprimido	Reservatórios	Acidentes
	Desativação	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
	Processos Auxiliares	Acidentes
Baterias Eletromecânicas		Uso inadequado ou fora do padrão
	Sistemas eletromecânicos	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
	Descarte inadequado	Sucateamento inadequado
Acumulador hidráulico		Corrosão
	Reservatório de fluídos	Vazamento
		Acidentes
	Descarte inadequado	Sucateamento inadequado
Mola		Vazamentos
	Processos Auxiliares	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética:

Reservatórios: tanques de armazenamento;

Desativação: desmobilização ou descomissionamento de unidade;

Descarte Inadequado: Lixões, disposição no solo, tratamento como sucata metálica;

Sistemas e Processos auxiliares: prensas, elevadores, turbinas, motores, geradores.

5.2.1.4. Energia Térmica

Para o armazenamento de energia térmica são apresentados na **Tabela 8** as principais fontes de formação de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados.

Para essa forma de energia a formação de passivos ambientais ocorre de forma secundária, ou seja, a inserção de energia térmica em um meio, interferirá nas condições desse meio e poderá acarretar a formação de um passivo ambiental.

Outra forma de ocorrência de passivos ambientais decorrentes do armazenamento desse tipo de energia se dá pelo descarte do meio onde a energia é armazenada, que muitas

vezes arrasta consigo contaminantes, que podem ser potenciais formadores de passivo ambiental.

Para a energia térmica também ocorre a formação de passivos ambientais provenientes de processos auxiliares aos armazenadores propriamente dito. Os processos auxiliares não serão contemplados neste trabalho.

A principal formação dos passivos ambientais decorrentes da energia térmica não ocorre diretamente pela energia, mas sim pelo material que a armazena, ou seja, os fluídos. E estes podem formar os passivos ambientais, através de vazamentos, acidentes, operações irregulares, arraste de contaminantes por fluídos inertes ou não contaminados, descarte irregular.

A energia térmica, seja por calor ou seja pelo frio, pode proporcionar a mobilização de contaminantes ou até mesmo sua liberação, ou seja, influenciando na formação de um passivo ambiental.

Tabela 8 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia Térmica

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Sólidos	Desativação	Acidentes
		Sucateamento inadequado
		Corrosão
	Descarte inadequado	Sucateamento inadequado
Líquidos e Gases	Maquina térmica	Corrosão
		Vazamentos
		Acidentes
	Processos Auxiliares	Uso inadequado ou fora do padrão
		Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
	Descarte inadequado	Sucateamento inadequado
		Vazamentos
		Acidentes
	Reservatórios	Vazamentos
		Acidentes
	Exaustores	Vazamentos
		Acidentes

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia térmica:

Reservatórios: tanques de armazenamento;

Desativação: desmobilização ou descomissionamento de unidade;

Descarte Inadequado: Lixões, disposição no solo, tratamento como sucata metálica;

Maquina Térmica e Processos auxiliares: caldeiras, turbinas, motores, geradores, compressores.

5.2.1.5. Energia Química

O armazenamento de energia química é considerado o maior formador de passivos ambientais. Os principais motivos são:

- Volume manuseado (corresponde a mais de 40% das formas de energia);
- Formas de utilização;
- Cuidados e Segurança na Manipulação;
- Medidas de controle;
- Falta de inspeção;
- Manuseio inadequado ou fora do padrão.

Na **Tabela 9** são apresentadas as principais fontes de formação de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados.

Por ser o principal formador de passivos ambientais para o solo e água subterrânea, e pela forma que é encontrada a energia, as fontes do passivo podem ser diversas. Neste trabalho serão abordadas as principais e mais importantes.

Os principais formadores de passivos ambientais no solo e água subterrânea são os combustíveis líquidos, prioritariamente compostos por hidrocarbonetos derivados do petróleo.

A ocorrência dos passivos ambientais se dá principalmente por vazamentos e acidentes. Considerando que grande parte do sistemas de armazenamento é subterrâneo (isto em armazenamento para o uso final ou de utilidades), ou seja, a percepção de vazamentos torna-se reduzida, o que significa na formação, expansão e dispersão da contaminação no meio.

Mesmo com adoção de medidas de precaução e proteção aos tanques, como já explicitado anteriormente, o simples fato de alimentar e descarregar os tanques já é uma

grande fonte potencial de contaminação e conseqüentemente de formação dos passivos ambientais.

Tabela 9 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia química

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Células Combustíveis	Reservatórios	Acidentes
	Processos Auxiliares	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
	Produção de Hidrogênio	Vazamentos
		Sucateamento inadequado
Combustíveis	Reservatórios e depósitos	Uso inadequado ou fora do padrão
		Acidentes
		Vazamentos
	Desativação	Uso inadequado ou fora do padrão
		Acidentes
		Vazamentos
	Processos Auxiliares	Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
		Vazamentos
	Bombas e filtros (área de abastecimento)	Acidentes
		Vazamentos
		Uso inadequado ou fora do padrão

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia química:

Reservatórios e depósitos: tanques de armazenamento, estoque de combustíveis (almoxarifado);

Produção de Hidrogênio: Gaseificação do carvão, uso de combustíveis para separação do hidrogênio;

Desativação: desmobilização ou descomissionamento de unidade, remoção de tanques de armazenamento;

Descarte Inadequado: Lixões, disposição no solo, limpeza de equipamentos;

Processos auxiliares: caldeiras, turbinas, motores, geradores, compressores.

5.2.1.6. Energia Nuclear

Para o armazenamento de energia nuclear são apresentados na **Tabela 10** as principais fontes de formação de passivo ambiental e a maneira que os mesmos podem ser formados.

Os passivos ambientais de interesse neste trabalho, ou seja, aqueles que são encontrados no solo e/ou água subterrânea, para a energia nuclear, dependerá do nível de radiação liberado.

Devido a mobilidade e capacidade de atravessar a matéria, as partículas radioativas geralmente ocupam todo o meio. Porém há situações que partículas do tipo alfa permanecer somente na água subterrânea, formando um passivo ambiental.

Atualmente a segurança nuclear de uma usina e de um país possuem elevado grau de confiabilidade, porém em acidentes naturais, pode-se formar condições incontroláveis, na qual níveis de radiação são espalhados no meio.

Tal tipo de situação é vivido atualmente pelo Japão, na qual um terremoto provocou o vazamento de um reator em uma usina Nuclear Fukushima. Comprovado a migração para o meio ambiente da radiação, a mesma passará a ser tratada como um passivo ambiental de dimensões ainda indefinidas. Ressalta-se que o passivo ambiental é o material radioativo, sendo a radiação a manifestação desse passivo, ou seja, pode ser considerada uma consequência do passivo.

Tabela 10 – Fontes de passivo ambiental no armazenamento de energia nuclear

Armazenamento	Fontes de Passivo Ambiental	Formas de ocorrência
Combustíveis	Depósito	Vazamento
		Acidentes
	Descarte inadequado	Vazamentos
		Sucateamento inadequado
		Corrosão
	Sistemas de resfriamento	Vazamentos
		Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão
	Reator	Vazamentos
		Acidentes
		Uso inadequado ou fora do padrão

São exemplos de fontes de passivos ambientais nas áreas de armazenamento de energia nuclear:

Depósito: estoque de material radiativo, locais temporários (piscinas, varetas combustíveis, entre outros);

Descarte Inadequado: Lixões, depósitos temporários;

Sistemas e equipamentos: reator, piscinas, fornos, prensas ;

5.2.2. Principais compostos/elementos encontrados no solo e/ou nas águas subterrâneas de áreas de armazenamento

Uma vez definida as principais fontes de formação de passivo ambiental nas áreas de armazenamento de energia e sua forma de ocorrência, cabe agora avaliar os compostos e elementos envolvidos, buscando associar a atividade desenvolvida (processo) com o tipo de contaminação que pode ser encontrado.

Essa associação dos compostos/elementos com a fonte faz com que a avaliação de passivo ambiental seja direcionada ao foco potencial de contaminação. Tal situação também contribui para uma redução de custos com análises desnecessárias.

Porém deve novamente ser reafirmado que na existência de incertezas sobre o histórico do local avaliado, deve-se buscar avaliar os possíveis compostos envolvidos, podendo-se utilizar equipamentos de resposta rápida (*real time*), como uma primeira avaliação dos possíveis compostos existentes, e conseqüentemente as definições sequenciais, envolvendo os compostos e meios a se investigar diretamente.

Para facilitar o entendimento e apresentação das informações, as mesmas irão compor tabelas, que serão separadas pela forma de energia armazenada. Inicialmente serão apresentado os grupos a que os compostos pertencem e posteriormente serão apresentados os principais compostos dos grupos.

Os metais apresentados podem estar de forma livre no meio (cátions), em seu estado de valência zero (forma metálica), ou associados a outros elementos, como sulfatos, sulfetos, carbonatos, cloretos, cloratos, hidróxidos, óxidos, entre outras. Desta forma, a análise a ser realizada, primeiramente deve considerar metais totais (que abrange todas as formas presentes do elemento). No caso de confirmação da presença de algum metal em concentrações acima dos padrões pré-definidos, recomenda-se executar a especiação, para

saber as formas em que o mesmo se encontra e consequentemente avaliar se existe alguma probabilidade de risco à exposição.

Para a cada tipo de energia, com base na forma de armazenamento e atividades fontes de passivo ambiental, serão apresentados os principais compostos/elementos que podem ser encontrados nesses locais. Serão considerados os compostos e elementos mais importantes do ponto de vista toxicológico.

5.2.2.1. Energia Eletroquímica

As pilhas e baterias usadas para acúmulo de energia eletroquímica geralmente são compostas por elementos metálicos e soluções ácidas/alcalinas, que proporciona o armazenamento de energia através da circulação de íons.

Tais substâncias utilizadas, principalmente no processo de eletrólise, geralmente composta em um elemento metálico e de uma solução que proporcione a troca iônica (também contendo metais).

A **Tabela 11** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea vinculados com o armazenamento de energia eletroquímica, cujas formas de ocorrência já foram apresentadas.

Tabela 11 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia eletroquímica.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Chumbo
	Níquel
	Cádmio
	Lítio
	Zinco
	Mercúrio
	Vanádio
	Cobre
	Ferro
	Alumínio
Inorgânicos	Sódio
	Bromo
	Enxofre

5.2.2.2. Energia Elétrica

Os capacitores são compostos principalmente por elementos metálicos (geralmente compõem os eletrodos) e um material dielétrico (ou isolante) que pode possuir metais, ar, óleo, minerais, cerâmica ou materiais sintéticos. Com essa estrutura é possível armazenar e transmitir a energia elétrica.

Os condensadores armazenam a energia num campo eletrostático e não como um estado químico, como acontece nas baterias. Não há nenhuma ação química envolvida, o que significa uma vida útil muito maior que as baterias eletroquímicas. Em algumas situações os condensadores são utilizados conjuntamente com os capacitores.

Condutores são elementos que possuem elétrons livres em grandes quantidades, que por sua vez estão fracamente ligados ao núcleo, e, quando submetidos a uma diferença de potencial passam a se mover no por este. Quanto maior o número de elétrons livres maior será o fluxo de corrente, conseqüentemente maior será sua condutividade. Ou seja, o potencial de armazenamento de energia é baixo. Como o objetivo é transmitir energia, recai-se aos elementos metálicos, tidos como maiores condutores elétricos. Para isolar os condutores do meio e de outros condutores, utiliza-se os materiais isolantes, que podem ser de material sintético, mineral, cerâmica, óleos (minerais e/ou orgânicos) entre outros.

A **Tabela 12** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea oriundos das fontes de armazenamento de energia elétrica, cujas formas de ocorrência já foram apresentadas.

Tabela 12 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia elétrica.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Bário
	Berílio
	Tântalo
	Titânio
	Zinco
	Nióbio
	Manganês
	Cobre
	Ferro
	Alumínio
	Tungstênio
	Níquel
	Silício
	Chumbo
Orgânicos Semivoláteis	PCBs
	Naftaleno
	Monobenziltolueno
Orgânicos Voláteis	Benzeno
	Tolueno
	Xilenos (o+m+p)
	Etanol
	TPH
	Tetracloroeto de Carbono
Inorgânicos	Sílica
	Mica
	Xenônio
	Quartzo

5.2.2.3. Energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética

O acumulador hidráulico consiste em um reservatório de fluido hidráulico, geralmente metálico devido a pressão existente. Os fluidos hidráulicos incluem compostos sintéticos, óleo mineral, água e misturas baseadas em soluções e emulsões aquosas, sendo que independentemente de sua composição e propriedades em diversas temperaturas, sua característica mais importante é a baixa compressibilidade. São usados como o meio de transmissão de energia em maquinário hidráulico, sendo qualquer equipamento ou dispositivos que possuam um sistema hidráulico de transmissão de energia e força.

As demais formas de acumulação de energia mecânica, potencial e/ou cinética principalmente formam os passivos com base em atividades auxiliares, ou seja, os compostos/elementos envolvidos podem ser diversos.

A **Tabela 13** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea vinculados com o armazenamento de energia energia mecânica, potencial e/ou cinética, cujas formas de ocorrência (decorrentes das fontes de formação de passivos ambientais) já foram apresentadas.

Tabela 13 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia energia mecânica, potencial e cinética.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Zinco
	Cromo
	Níquel
	Cobre
	Ferro
	Alumínio
Orgânicos Semivoláteis	Naftaleno
	Metil Iso-butyl Cetona
	TPH
Orgânicos Voláteis	Benzeno
	Tolueno
	Xilenos (o+m+p)
	Organoclorados
	Metano
	Butano
	Propano

5.2.2.4. Energia Térmica

Em relação aos sólidos, como armazenamento de energia térmica utiliza-se os elementos com maior capacidade de retenção de temperatura, porém não só armazenar, posteriormente é necessário transmitir. Com essas propriedades, recai-se para os metais, que possuem maior calor específico e latente.

Para os gases utilizados para transferência térmica, opta-se principalmente pelos inertes, evitando reações e controles permanentes.

A **Tabela 14** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea vinculados com o armazenamento de energia térmica, cujas formas de ocorrência (decorrentes das fontes de formação de passivos ambientais) já foram apresentadas.

Tabela 14 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia Térmica.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Zinco
	Cromo
	Níquel
	Cobre
	Ferro
	Alumínio
Orgânicos Voláteis	Metano
	Butano
	Propano
	Dióxido de carbono
Inorgânicos	Nitrogênio
	Amônia

5.2.2.5. Energia Química

A energia química, geralmente encontrada nos combustíveis, é a principal contribuinte aos passivos ambientais encontrados no solo e/ou água subterrânea. As fontes mais comuns de armazenamento de energia química são os tanques ou reservatórios.

Cada combustível possui seus constituintes característicos e estes podem formar um passivo ambiental.

A **Tabela 15** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea vinculados com o armazenamento de energia química, cujas formas de ocorrência (decorrentes das fontes de formação de passivos ambientais) já foram apresentadas.

Tabela 15 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia química.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Chumbo
Orgânicos Voláteis	Naftaleno
	Benzeno
	Tolueno
	Etilbenzeno
	Estireno
	Xilenos (o+m+p)
	1,2,3-Triclorobenzeno
	Propilbenzeno
	Mesitileno (1,3,5-Trimetilbenzeno)
	1,2,4-Trimetilbenzeno
	Propiltolueno
	Metano
	Butano
	Propano
	Etanol
Orgânicos Semivoláteis	TPH
	MTBE
	Metil-etilbenzeno (cumeno)
	Acenaftileno
	Acenafteno
	Antraceno
	Benzo(a)antraceno
	Benzo(a)pireno
	Benzo(b)fluoranteno
	Benzo(k)fluoranteno
	Criseno
	Fluoranteno
	Fluoreno
	Naftaleno
	Fenantreno
	Pireno
	2-Metilnaftaleno
Inorgânicos	Amônia

5.2.2.6. Energia Nuclear

Energia nuclear é a energia liberada numa reação nuclear, ou seja, em processos de transformação de núcleos atômicos. Alguns isótopos de certos elementos apresentam a

capacidade de se transformar em outros isótopos ou elementos através de reações nucleares, emitindo energia durante esse processo.

A energia pode gerada num processo de fissão ou fusão nuclear, convertendo-se o calor gerado em energia elétrica. Deste modo, o armazenamento de energia se dá pelos próprios elementos, sendo que alguns são formados através da modificação da composição do núcleo atômico de outros elementos (ocorre com liberação de energia).

A energia nuclear possui uma das mais compactas formas de armazenamento. Porém devido à radiação, seu armazenamento requer diversas medidas de segurança.

A **Tabela 16** apresenta os principais compostos e elementos que podem ser encontrados no solo e/ou água subterrânea vinculados com o armazenamento de energia nuclear.

Tabela 16 – Principais compostos e elementos encontrados no solo e/ou água subterrânea decorrentes de fontes de armazenamento de energia nuclear.

Tipo de Composto/Elemento	Compostos / Elementos
Metais (inorgânicos)	Urânio
	Bário
	Kriptônio
	Tório
	Plutônio
	Chumbo
	Césio
	Radônio
Especiais	Radioatividade (α , β e γ)

5.2.3. Onde e o que investigar em áreas de armazenamento

Baseado nos itens anteriores, agora é feita a associação das atividades com os contaminantes envolvidos.

Tal associação é utilizada tanto para a formulação do modelo conceitual quanto para o plano de investigação da etapa confirmatória. Com isso, torna-se a investigação de passivo ambiental dirigida especificamente para os compostos de interesse, conseqüentemente reduzindo os custos de investigação e obtendo os resultados de interesse para tomada de decisão.

Para avaliar se o composto/elemento pode ser encontrado no solo e/ou água subterrânea deve ser analisada as propriedades físico e químicas dos compostos e as condições do meio (geológicas, hidrogeológicas, físicas e químicas).

Em relação às propriedades físicas do composto devem ser consideradas principalmente a densidade, estado físico e temperatura.

Em relação às propriedades químicas deve ser avaliado principalmente o peso molecular, a estrutura molecular, a polaridade, a pressão de vapor, a constante de Henry, coeficiente de particionamento no solo (K_{oc} – o quanto de um contaminante particiona-se no solo), solubilidade, difusividade, coeficiente de particionamento na água (K_{ow} – que representa se o composto é hidrofílico ou hidrofóbico) e meia vida.

Com base nas propriedades do meio e dos elementos/compostos, pode-se avaliar o quanto do contaminante (em equilíbrio) estaria no solo, no ar e na água. Também avaliar a velocidade de migração, além de identificar se o meio pode reter ou facilitar o transporte do contaminante. Em conjunto com as propriedades dos compostos identifica-se também os principais meios e formas de propagação no meio.

Alguns dos compostos/elementos podem ser típicos de solo (de acordo com suas propriedades, o particionamento evidencia a afinidade ao solo em relação a outros meios), porém podem aparecer em outros meios, tanto por decorrerem de outras fontes quanto por estar em contato com um meio saturado de contaminante.

Nas Tabelas que seguem são apresentadas as associações realizadas entre as atividades fontes, contaminantes e locais a serem analisados. Para essa associação foram considerados os principais compostos e elementos envolvidos, tomando-se como referência os valores de investigação do CONAMA 420 (2009) e da CETESB (2005).

Também são apresentados os atenuantes que podem dificultar a formação do passivo ambiental. Alguns dos atenuantes podem evitar o alastramento da contaminação, bem como impedir que o mesmo atinja o solo e / ou a água subterrânea. A presença do atenuante embora possa funcionar como uma barreira, a área permanece como uma área potencial, visto que qualquer interferência nesse atenuante pode resultar na formação do passivo ambiental.

Assim, de acordo com o apresentado nas **Tabelas 17 a 22**, pode-se definir o plano de investigação da etapa confirmatória. Uma vez confirmado a presença de alguns dos contaminantes, deve-se dar seqüência ao processo buscando delimitar a contaminação.

Tabela 17 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia eletroquímica.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Depósito de pilhas e baterias	Metais ¹	Solo superficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade dos compostos, por envolver substâncias ácidas e alcalinas, pode favorecer a migração da contaminação. Deve-se avaliar o pH do meio na etapa confirmatória.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo
Descarte inadequado de pilhas e baterias	Metais ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade dos compostos, por envolver substâncias ácidas e alcalinas, pode favorecer a migração da contaminação, além da exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados os resíduos.	Recuperação dos metais pré-descarte dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado
Sistemas e equipamentos que utilizam pilhas e baterias	Metais ¹	Solo superficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade dos compostos, por envolver substâncias ácidas e alcalinas, pode favorecer a migração da contaminação.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo

¹ - se conhecido os tipos de baterias e pilhas, pode-se avaliar apenas os metais relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 11**

Tabela 18 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia elétrica.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Depósito de capacitores, condutores e/ou condensadores.	Metais ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Apesar da baixa mobilidade dos compostos, por envolver substâncias ácidas e alcalinas, pode favorecer a migração da contaminação.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo
Sistemas e equipamentos que utilizam capacitores, condutores e/ou condensadores	Orgânicos Voláteis ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Dependendo das condições locais os voláteis podem se dispersar em pouco tempo.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
	Orgânicos Semivoláteis ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Os PCBs possuem baixa mobilidade, necessitando avaliação somente do solo superficial na etapa confirmatória	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
Descarte inadequado de Capacitores, condutores e condensadores	Metais ¹ , Orgânicos Voláteis ¹ e Orgânicos Semivoláteis ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns dos compostos, devido a exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados, justificam-se os meios avaliados. Para voláteis recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Recuperação dos contaminantes pré-descarte dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado

¹ - se conhecido os tipos de capacitores, condutores e Condensadores, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 12**.

Tabela 19 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Reservatórios de hidroelétrico reversível e de sistemas de ar comprimido	Diversos (dependendo do acidente envolvendo contaminantes) ²	Solo subsuperficial (ou sedimento) e água subterrânea (ou superficial)	Devem ser avaliados os produtos envolvidos no acidente e que podem chegar aos reservatórios	Barreiras físicas e localização dos reservatórios, diminuindo a probabilidade de ser afetado por acidentes não naturais.
Processos auxiliares envolvendo hidroelétrico reversível, sistemas de ar comprimido e mola.	Diversos (dependendo do processo auxiliar envolvendo contaminantes) ²	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Devem ser avaliados os contaminantes envolvidos nos processos auxiliares e que podem gerar passivos ambientais	Barreiras físicas, procedimentos preventivos, utilização de substâncias de menor potencial contaminante e risco toxicológico.
Sistemas que utilizam Baterias Eletromecânicas	Metais ¹	Solo superficial	Devido a baixa mobilidade dos elementos e não estar envolvidos materiais que favoreçam a solubilização e lixiviação.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 13**.

² - os contaminantes podem ser diferentes do apresentado na **Tabela 13**, pela diversidade de processos auxiliares e acidentes.

Tabela 19 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Mecânica, Potencial e/ou Cinética. (continuação)

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Reservatórios de fluidos hidráulicos	Metais ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Apesar da baixa mobilidade dos compostos, por envolver substâncias ácidas e alcalinas, pode favorecer a migração da contaminação.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo
	Orgânicos Voláteis ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Dependendo das condições locais os voláteis podem se dispersar em pouco tempo. Recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
	Orgânicos Semivoláteis ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Compostos com fracionamento maior para o solo, porém geralmente se encontram em conjunto com os voláteis	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
Descarte inadequado de Baterias eletromecânicas e acumuladores hidráulicos	Metais ¹ , Orgânicos Voláteis ¹ e Orgânicos Semivoláteis ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns dos compostos, devido a exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados, justificam-se os meios avaliados. Para voláteis recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Recuperação dos contaminantes pré-descarte dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 13.**

Tabela 20 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Térmica.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Reservatórios de hidroelétrico reversível e de sistemas de ar comprimido	Diversos (dependendo do acidente envolvendo contaminantes) ²	Solo subsuperficial (ou sedimento) e água subterrânea (ou superficial)	Devem ser avaliados os produtos envolvidos no acidente e que podem chegar aos reservatórios	Barreiras físicas e localização dos reservatórios, diminuindo a probabilidade de ser afetado por acidentes não naturais.
Processos auxiliares e exaustores envolvendo líquidos e gases	Diversos (dependendo do processo auxiliar envolvendo contaminantes) ²	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Devem ser avaliados os contaminantes envolvidos nos processos auxiliares e que podem gerar passivos ambientais	Barreiras físicas, procedimentos preventivos, utilização de substâncias de menor potencial contaminante e risco toxicológico.
Sistemas desativados usando sólidos	Metais ¹	Solo superficial	Devido a baixa mobilidade dos elementos e não estar envolvidos materiais que favoreçam a solubilização e lixiviação.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar somente os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 14**.

² - os contaminantes podem ser diferentes do apresentado na **Tabela 14**, pela diversidade de processos auxiliares e acidentes.

Tabela 20 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Térmica. (continuação)

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Reservatórios de Líquidos e Gases e máquina térmica	Orgânicos Voláteis ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Dependendo das condições locais os voláteis podem se dispersar em pouco tempo. Recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
	Inorgânicos ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Compostos de grande volatilidade (gases) de baixo potencial de formação de passivo ambiental	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
Descarte inadequado de sólidos, líquidos e gases	Metais ¹ , Orgânicos Voláteis ¹ e Inorgânicos ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns dos compostos, devido a exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados, justificam-se os meios avaliados. Para voláteis recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Recuperação dos contaminantes pré-descarte dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar somente os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 14.**

Tabela 21 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Química.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Processos auxiliares envolvendo células combustíveis e combustíveis	Diversos (dependendo do processo auxiliar envolvendo contaminantes) ²	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	Devem ser avaliados os contaminantes envolvidos nos processos auxiliares e que podem gerar passivos ambientais	Barreiras físicas, procedimentos preventivos, utilização de substâncias de menor potencial contaminante e risco toxicológico.
Sistemas desativados usando Combustíveis	Metais ¹ , Orgânicos Voláteis ¹ e Orgânicos Semivoláteis	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns dos compostos, devido a exposição ao tempo e possibilidade de serem sistemas subterrâneos, justificam-se os meios avaliados. Para voláteis recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Executar os procedimentos de desmobilização após a desativação.
Descarte inadequado de combustíveis e células Combustíveis	Metais ¹ , Orgânicos Voláteis ¹ , Orgânicos Semivoláteis e Inorgânicos ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns compostos, devido a exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados, justificam-se os meios avaliados. Para voláteis recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Recuperação dos contaminantes pré-descarte dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 15**.

² - os contaminantes podem ser diferentes do apresentado na **Tabela 15**, pela diversidade de processos auxiliares e acidentes.

Tabela 21 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia Química. (continuação)

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Reservatórios de Combustíveis e Células Combustíveis	Orgânicos Voláteis ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Dependendo das condições locais os voláteis podem se dispersar em pouco tempo. Recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
	Metais ¹ e Orgânicos Semivoláteis	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Compostos com maior fracionamento para o solo, porém geralmente encontram-se junto com os voláteis.	Barreiras físicas, armazenamento aéreo, sistemas de proteção e detecção.
	Inorgânicos ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Compostos de grande volatilidade (gases) de baixo potencial de formação de passivo ambiental	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
Produção de Hidrogênio	Orgânicos Voláteis ¹ , Orgânicos Semivoláteis ¹ e Inorgânicos ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Alguns compostos de grande volatilidade (gases) de baixo potencial de formação de passivo ambiental, porém o hidrogênio pode ser produzido por mais de uma forma	Barreiras físicas e localização dos reservatórios, diminuindo a probabilidade de ser afetado por acidentes não naturais.
Bombas e filtros de combustível	Orgânicos Voláteis ¹	Solo subsuperficial e água subterrânea	Dependendo das condições locais os voláteis podem se dispersar em pouco tempo. Recomenda-se o uso de equipamentos de resposta rápida na seleção das amostras.	Piso impermeabilizado dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação
	Metais ¹ e Orgânicos Semivoláteis	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Compostos com maior fracionamento para o solo, porém geralmente encontram-se junto com os voláteis.	Barreiras físicas, armazenamento aéreo, sistemas de proteção e detecção.

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 15.**

Tabela 22 – Atividades, Principais compostos e/ou elementos e meios a serem investigados decorrentes de fontes de armazenamento de energia nuclear.

Atividades	Compostos / Elementos	Meios a serem investigados	Observações	Atenuantes
Depósito de Combustíveis	Especiais ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea	A radioatividade ultrapassa grande parte das barreiras físicas	Confinamento com material anti-radiação
Sistema de resfriamento nuclear	Metais ¹ e Especiais ¹	água subterrânea e/ou superficial	Apesar de possuírem baixa solubilidade, por estarem relacionados a radioatividade devem ser analisados	Sistema de controle no descarte das águas, encapsulamento do combustível nuclear.
Reator Nuclear	Especiais	Solo subsuperficial e água subterrânea	A radioatividade ultrapassa grande parte das barreiras físicas. Local onde ocorre a liberação de energia.	Sistema de controle no descarte das águas, encapsulamento do combustível nuclear.
Descarte inadequado de combustíveis	Metais ¹ e Especiais ¹	Solo superficial, subsuperficial e água subterrânea.	Apesar da baixa mobilidade de alguns compostos, devido a radioatividade, à exposição ao tempo e possibilidade de serem enterrados, justificam-se os meios avaliados.	Recuperação dos contaminantes pré-destinação dificulta a contaminação do solo e migração da contaminação Local de descarte impermeabilizado

¹ - se conhecido os tipos de atividades, pode-se avaliar apenas os compostos/elementos relacionados, caso negativo avaliar os da **Tabela 16.**

6. COMPOSIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS – ÓLEO DIESEL E GASOLINA

Como apresentado no item anterior, o armazenamento de energia na forma de combustíveis (energia química) é a principal fonte de passivos ambientais do setor energético em quantidade, não necessariamente significando o principal em potencial toxicológico e custo de saneamento.

A origem da contaminação do solo e/ou água subterrâneas provém de vazamentos do sistema de adução (linhas e bombas), ou do sistema de armazenamento, que geralmente é subterrâneo.

Na avaliação de passivos ambientais em área de armazenamento de combustíveis (onde os principais combustíveis são gasolina, óleo diesel e etanol) os compostos analisados geralmente incluem os BTEX, os PAHs e o Etanol. Por possuir menor potencial toxicológico, o etanol nem sempre é avaliado (sua avaliação ocorre principalmente quanto a haver, ou não, alteração de solubilidade na gasolina em decorrência de sua presença).

De modo a confirmar se somente os compostos apresentados acima seriam os mais tóxicos existentes nos combustíveis diesel e gasolina, foi realizado um experimento para examinar se apenas uma avaliação de BTEX e PAH seria suficiente para avaliar-se o passivo ambiental em água subterrânea, principalmente no que se diz respeito ao risco toxicológico.

Nesse contexto, o experimento se propôs avaliar as concentrações de contaminantes de interesse decorrentes de um derramamento de gasolina ou diesel em água. Além disso, avaliar se existem concentrações significativas e de risco para compostos diferentes dos BTEX e PAHs.

Esse experimento contribui com o trabalho desenvolvido em relação a definição dos compostos que devem ser avaliados em áreas de armazenamento de combustíveis (diesel e gasolina) e conseqüentemente o que deve ser considerado para uma eventual remediação.

6.1. Informações pré-existent

A gasolina é um combustível constituído basicamente por hidrocarbonetos (compostos orgânicos que contém átomos de carbono e hidrogênio) e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio etc. (KANNO, 2008)

Os hidrocarbonetos que compõem a gasolina são, em geral, mais "leves" do que aqueles que compõem o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menor cadeia carbônica (normalmente cadeias de 6 a 12 átomos de carbono). Destacam-se os hidrocarbonetos monoaromáticos, dentre eles o benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos (orto, meta e para), chamados compostos BTEX. (KANNO, 2008)

Estes compostos são considerados substâncias perigosas por interferirem no funcionamento do sistema nervoso central e por causarem leucemia em exposições crônicas. Dentre os BTEX, o benzeno é considerado o mais tóxico, com padrão de potabilidade de 0,005 mg/L. Na gasolina comum (na forma pura e na forma definida pela legislação – com concentrações de etanol entre 20 a 24%) cerca de 13 a 18% da gasolina corresponde aos compostos BTEX, distribuídos conforme a **Tabela 23**, a maior parte da composição restante é formada por hidrocarbonetos aromáticos. (PICCHI, 2009)

Tabela 23 – Distribuição dos BTEX na concentração da Gasolina Comum

Compostos	% em massa (em relação ao peso total)	
	Gasolina Pura	Gasolina (com etanol)
Benzeno	1,98	0,80
Tolueno	4,68	4,35
Etilbenzeno	1,98	1,65
o-xileno	2,16	2,10
m-xileno e p-xileno	7,20	5,15

Fonte: CHRISTENSEN & ELTON (1996) e FILHO (2007)

O óleo diesel é composto por hidrocarbonetos mais "pesados" do que aqueles que compõem a gasolina, pois são formados por moléculas de maior cadeia carbônica (normalmente cadeias de 15 a 18 átomos de carbono). (KANNO, 2008)

Para o óleo diesel, os componentes que apresentam maior atenção e preocupação estão relacionados com os PAHs (família de compostos caracterizada por possuírem 2 ou

mais anéis aromáticos condensados), que correspondem a cerca de 3% a 6% do diesel (de acordo com a legislação brasileira). (KANNO, 2008)

No diesel também são encontrados PAHs ligados a nitrogênio (como o carbazole) e enxofre (como o Dibenzothiofeno). A **Tabela 24** apresenta a composição principal (PAHs) do Diesel (devido a diferentes tipos de petróleo, envolvendo a quantidade de enxofre e nitrogênio, essa composição pode apresentar variações).

Tabela 24 – Distribuição das concentrações de PAHs no Óleo Diesel

Compostos	Concentração média em ppm*
Naftaleno	220
Metilnaftalenos	2900
Dimetilnaftalenos	6900
Acenafteno	760
Trimetilnaftalenos	2880
Fluoreno	520
Metilfluorenos	1580
Fenantreno	800
Antraceno	150
Metilfenantrenos	1960
Dimetilfenantrenos	260
Fluoranteno	160
Pireno	120
Metilfluorantenos	<30
Benzo[a]antraceno	<5
Criseno	<10
3-metilcriseno	<10
6-metilcriseno	<5
Benzo[e]pireno	<1
Benzo[a]pireno	<1
Perileno	<1

* obtida da média aritmética dos combustíveis

Fonte: WILLIAMS et al, 1986.

Em cima das informações pré-existentis foi elaborado um experimento para avaliar se atualmente as investigações de passivos ambientais para armazenamento de energia química, na forma de combustíveis líquidos (gasolina e diesel), está satisfatoriamente desenvolvida com somente análises de BTEX e PAHs.

6.2. Descrição do experimento

O experimento foi realizado para gasolina e diesel, com posterior análises de compostos voláteis (VOC), semivoláteis (SVOC) e hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH). Embora a gasolina analisada possua etanol, o mesmo não foi avaliado principalmente por não possuir padrão de referência para comparação. A influência do etanol na gasolina seria em relação a sua migração no aquífero por interferir na solubilidade (situação não analisada por este experimento).

Optou-se pela utilização de gasolina com etanol pelo fato da mesma estar presente em praticamente todos os postos de combustíveis e a de utilização direta nos principais veículos automotores terrestres (poucos veículos estão preparados para operarem com gasolina pura).

A gasolina escolhida foi coletada em um posto de combustíveis de origem conhecida (o que diminui a possibilidade de adulteração). Foi coletada uma amostra de gasolina comum (possui cerca de 21 a 23% de etanol em sua composição). Já para o diesel, por poder haver diferença entre o combustível nos diversos postos de combustíveis e regiões do país, foi coletada amostra em postos de combustível de 4 bandeiras distintas (ambas de origem conhecida, o que diminui a possibilidade de adulteração) e as amostras foram misturadas em proporções iguais (25% de cada amostra), compondo uma única amostra de diesel.

Utilizou-se somente uma amostra objetivando experimentar e buscar relacionar com as análises geralmente executadas nas áreas de postos de combustíveis. Devido ao custo envolvido nas análises não foi possível realizar novas amostras para confirmação dos resultados.

Por somente ter sido utilizada uma amostra para cada tipo de combustível, a conclusão obtida não terá uma precisão e desvio padrão. Devido a isso, foram tomados os cuidados durante o preparo das amostras para que o resultado obtido não possua desvios significativos.

Para avaliar a composição do diesel e gasolina em relação aos compostos de interesse ambiental, foi necessário realizar uma diluição dos combustíveis, pois o laboratório não

consegue analisar o combustível diretamente, pois o mesmo pode contaminar os equipamentos.

A diluição foi realizada em água em quantidade inferior ao limite da solubilidade do combustível, ou seja, adicionou-se combustível à água sem que forme uma fase separada, ou fase-livre. Diluição realizada está apresentada na **Tabela 25**. A diluição foi realizada com base em informações conhecidas para a solubilidade dos combustíveis, utilizando inicialmente uma quantidade de combustível inferior à solubilidade de modo a buscar a total diluição. A diluição foi realizada em condições ambientes de temperatura (cerca de 25°C) e pressão atmosférica (720 mm Hg).

O procedimento utilizado seria para representar empiricamente quais compostos apareceriam na água subterrânea uma vez ocorrido um vazamento de combustíveis em certo local.

A importância do registro do volume de combustível adicionado se deve a tentativa de equacionar o balanço de massa.

Algumas imprecisões e incertezas existirão a respeito dos resultados e serão apresentadas na sequência.

Tabela 25 – Diluição do Diesel e da Gasolina Comum

Dados	Combustível	
	Diesel	Gasolina (com etanol)
Volume de combustível (L)	0,0015	0,0015
Volume de água (L)	1,5	1,5
Porcentagem de combustível	0,10%	0,10%
Densidade máxima (20°C)	0,88	0,76
Densidade mínima (20°C)	0,82	0,72
Densidade média (20°C)	0,85	0,74
Nomenclatura da amostra	AMDIE	AMGAS

Após o preparo das soluções as amostras foram colocadas nos frascos adequados para as análises. Para a análise de VOC, foram utilizados dois frascos transparentes do tipo *vial* com a adição de preservante (HCl). Já para a análise de SVOC e TPH foi utilizado um frasco âmbar sem preservante. Os frascos foram mantidos em temperaturas baixas (menores que 4°C) para evitar a perda de compostos por volatilização.

Os frascos utilizados foram aqueles pré-definidos pelo laboratório. Os procedimentos analíticos adotados pelo laboratório foram aqueles pré-definidos no escopo de acreditação do laboratório de acordo com a NBR ISO 17.025 (2005). Os métodos analíticos são apresentados nos laudos laboratoriais apresentados no **Apêndice C**.

6.3. Resultados obtidos

As amostras foram enviadas ao laboratório Analytical Technology, certificado de acordo com a NBR ISO 17025, que atesta a excelência nas análises e assegura a qualidade dos resultados. O **Apêndice C** apresenta os laudos laboratoriais das análises realizadas.

Os compostos detectados para a amostra de gasolina são apresentados na **Tabela 26**, já os compostos detectados para a amostra de diesel são apresentados na **Tabela 27**.

Tabela 26 – Resultados obtidos na amostra com Gasolina Comum

Compostos	Concentração (mg/L)
VOC	
Benzeno	4,040
Tolueno	26,0112
Etilbenzeno	3,0792
m-Xileno + p-Xileno	6,9468
o-Xileno	3,2492
Isopropilbenzeno	0,9312
1,3,5-Trimetilbenzeno	0,7276
1,2,4-Trimetilbenzeno	3,7804
SVOC	
Naftaleno	0,5064
2-Metilnaftaleno	0,6114
TPH	
n-C10	1,5979
n-C12	0,6784
n-C13	0,6143
n-C14	0,5054
n-C15	0,4547
n-C16	0,2777
Pristano	0,2703
MCNR	31,4857
HRP	35,6023
TPH total	67,088

Tabela 27 – Resultados obtidos na amostra com Diesel

Compostos	Concentração (mg/L)
VOC	
Benzeno	0,343
Tolueno	4,43
Etilbenzeno	1,3238
m-Xileno + p-Xileno	3,8466
o-Xileno	1,9483
n-Propilbenzeno	0,5411
Isopropilbenzeno	0,8277
1,3,5-Trimetilbenzeno	1,2418
1,2,4-Trimetilbenzeno	6,7933
p-Isopropiltolueno	0,2314
n-Butilbenzeno	0,3474
1,2,3-Triclorobenzeno	0,42
SVOC	
Naftaleno	0,4203
2-Metilnaftaleno	0,7506
Acenaftaleno	0,0128
Acenafteno	0,00623
Fluoreno	0,0629
Fenantreno	0,0611
Antraceno	0,00721
Fluoranteno	0,0125
Pireno	0,0376
TPH	
n-C11	2,44
n-C12	3,762
n-C13	5,0735
n-C14	5,5126
n-C15	5,2775
n-C16	2,9163
n-C17	2,2796
Pristano	2,8279
n-C18	4,28
n-C19	2,243
n-C20	1,7662
n-C21	11,4551
n-C22	1,1381
n-C23	1,0155
n-C24	1,0151
n-C25	1,0205
MCNR	116,4325
HRP	272,6232
TPH total	389,0557

6.4. Considerações sobre os resultados

No caso do diesel, os resultados encontrados apresentam certa divergência com relação a concentrações existentes no combustível. Isso decorre por alguns motivos, são eles:

- Divergência na composição do diesel, com base no petróleo extraído de diferentes bacias;
- Menor solubilidade dos PAHs;
- Elevada presença de VOC (deriva do tipo de petróleo, que pode ser de cadeias mais leves).

Já no caso da gasolina, adotando as conversões de unidades necessárias, identificou-se:

- Concentração de benzeno e tolueno superiores ao geralmente encontrado, porém estão dentro dos limites para o combustível;
- Presença de Etanol, modificando a solubilidade (melhor explicado adiante).

Em relação a representatividade do ensaio realizado, ao se utilizar uma única amostra para cada combustível não se torna possível identificar alguns desvios que possam existir, com alterações de concentração de cada composto em amostras distintas. Porém ressalta-se que o objetivo principal era avaliar se os compostos usualmente avaliados são suficientes para caracterizar uma contaminação e o seu risco toxicológico envolvido para a exposição.

As possíveis perdas por volatilização que ocorreram no preparo das amostras podem ser consideradas desprezíveis, considerando que numa situação real os combustíveis são volatilizados no ambiente que estão inseridos (nos tanques e em derramamentos).

Os TPHs detectados são coerentes com base no tipo de combustível, e vale ressaltar que em ambos existe uma mistura complexa (MCNR), na qual não se consegue distinguir quais compostos estão envolvidos.

Porém, destaca-se a presença de Trimetilbenzenos (VOC) em concentrações significativas. Composto que não é avaliado convencionalmente nas avaliações de passivos ambientais em armazenamentos de combustível. Ressalta-se que para estes compostos, não existe valor de investigação no CONAMA e na lista da CETESB.

Os hidrocarbonetos monoaromáticos, dentre eles o benzeno, tolueno, etilbenzeno e os três xilenos (orto, meta e para), são os constituintes da gasolina e diesel que têm maior

solubilidade em água e, portanto, são os contaminantes que primeiro irão atingir o lençol freático (serão migrados juntamente com a água infiltrada), sendo também os mais voláteis encontrados (que poderiam atribuir um maior risco toxicológico para inalação). Estes compostos também podem ser considerados os de maior toxicidade envolvidos nesse tipo de contaminação.

Para confirmar a informação acima e conseqüentemente a avaliação da tolerância à concentrações dos compostos no solo e/ou na água subterrânea, será apresentada a simulação de risco toxicológico à saúde humana, mais especificamente as concentrações máximas aceitáveis (CMA), para um cenário residencial urbano. Alguns dos compostos não foram simulados devido a falta de informações para simulação do risco. Tal simulação também foi realizada para avaliar a significância de não se investigar os Trimetilbenzenos.

Para o cenário residencial, definiu-se como a concentração máxima aceitável aquela que não resulte em risco para inalação em ambiente fechado (quando se trata de compostos voláteis) ou contato dermal (compostos semivoláteis).

Lembrando que o cálculo não considera o uso de equipamentos de proteção individual (situação que poderia permitir maiores concentrações para uma determinada via). A **Tabela 28** apresenta as concentrações máximas aceitáveis para uma condição genérica com todos os compostos diagnosticados no diesel e na gasolina (na simulação de risco considerou inalação em ambiente fechado e contato dermal).

Os parâmetros utilizados para essa simulação foram os recomendados pela CETESB, em suas planilhas de análise de risco. Os dados da simulação juntamente com os parâmetros são apresentados no **Apêndice B**. Ressalta-se que a alteração desses parâmetros significam concentrações máximas aceitáveis diferentes (profundidade da contaminação, tempo de exposição, área da contaminação, parâmetros hidrogeológicos, entre outros).

Tabela 28 – Concentrações máximas aceitáveis

Composto	Concentração baseada em risco	
	Água Sub. (mg/l)	Solo (mg/kg)
1,2,4-Trimetilbenzeno	2,73E-01** ¹	2,70E-01** ¹
1,3,5-Trimetilbenzeno	1,76E-01** ¹	1,98E-01** ¹
2-Metilnaftaleno	-	-
Acenafteno	-	7,55E+03** ²
Antraceno	-	3,77E+04** ²
Benzeno	4,47E-01* ¹	5,08E-01* ¹
Etilbenzeno	1,38E+00* ¹	1,59E+00* ¹
Fenantreno	-	-
Fluoranteno	2,97E-01* ²	5,03E+03** ²
Fluoreno	-	5,03E+03* ²
m-Xileno + p-Xileno	2,68E+00** ¹	3,30E+00** ¹
Naftaleno	1,02E+00** ¹	2,58E+00** ¹
Pireno	-	3,77E+03** ²
Tolueno	1,46E+02** ¹	1,65E+02** ¹

* Não Carcinogênico

** Carcinogênico

¹ Inalação em ambiente fechado

² Contato dérmico

Com base nos resultados obtidos pela análise de risco identifica-se que a presença do trimetilbenzeno é uma situação mais agravante que os demais compostos (visto que a concentração aceitável com base no risco, ser inferior aos BTEX tanto no solo quanto na água subterrânea). Apesar destes dois compostos migrarem e se espalharem mais lentamente, os mesmos devem ser avaliados, pois são compostos que atribuem um acréscimo significativo a probabilidade de risco, embora não sejam carcinogênicos.

6.5. Influência do Etanol (CHRISTENSEN; ELTON, 1996)

A presença de etanol na gasolina brasileira veio como forma de reduzir a detonação do combustível num motor a combustão interna (substituindo o chumbo, devido a problemas ambientais e de saúde pública).

Porém, no caso de um vazamento dessa gasolina ou de um outro sistema de abastecimento com etanol, haverá a presença de compostos oxigenados, parcial ou completamente miscíveis na água, que são considerados co-solventes, pois, ao se dissolverem na água, reduzem a polaridade da fase aquosa, causando uma redução do coeficiente de atividade desta fase e permitindo uma maior concentração de compostos orgânicos hidrofóbicos na água.

Além disto, a presença de co-solventes reduz a tensão interfacial, aumentando a mobilidade da fase não aquosa e diminuindo o grau de saturação residual desta fase. A influência destes compostos oxigenados na solubilidade de um soluto é referida como efeito de co-solvência.

Devido a essa propriedade, a solubilidade dos BTEX acaba aumentando, o que facilitaria sua migração na água subterrânea e no solo.

Além da alteração na solubilidade dos constituintes presentes na gasolina devido à presença de etanol neste combustível, também ocorrem modificações nas forças capilares, densidade, viscosidade, entre outras propriedades.

As forças capilares têm um papel fundamental no comportamento de fluxos multifásicos.

A adição de etanol à gasolina altera a natureza do fenômeno capilar, afetando a infiltração e distribuição no lençol freático devido à redução das tensões interfacial e superficial entre as fases. Essas tensões são responsáveis pelas forças interfaciais, que resultam na retenção de gasolina na zona não saturada e saturada e, também, interferem na transferência de massa entre as fases.

Devido à redução na força capilar em função da redução da tensão interfacial e superficial, há um decréscimo da altura de ascensão da franja capilar e, conseqüentemente, a profundidade de acúmulo da gasolina, que é menos densa do que a água será alterada.

A redução da tensão interfacial resulta na diminuição da espessura da lente de gasolina e em um aumento da extensão da contaminação. Ainda, a gasolina pode entrar em poros menores, afetando potencialmente a distribuição na zona não saturada (ou vadosa) e na lente de gasolina sobre o lençol freático. Uma menor quantidade de gasolina fica retida na zona vadosa, após um derramamento de gasolina com etanol, se comparada com

gasolina pura, uma vez que a redução das tensões interfacial e superficial resulta em uma drenagem mais completa dos fluidos nesta região e em um aumento do transporte de contaminante da zona vadosa para a região saturada.

O etanol se degrada, preferencialmente, antes que os constituintes BTEX e o consumo do oxigênio e outros aceptores de elétrons, presentes no subsolo, retarda ou até mesmo impede a atenuação natural destes constituintes da pluma. Isto se dá em função dos microrganismos aeróbios consumirem todo o oxigênio para a degradação do etanol e os anaeróbios levarem mais tempo para degradar os constituintes BTEX.

Portanto, após um vazamento de gasolina com etanol, por exemplo, eventualmente será observada uma pluma de BTEX maior do que para um vazamento de gasolina pura.

Em adição aos fatos acima descritos, a presença do etanol também pode alterar a estrutura de poros de uma argila e, conseqüentemente, afetar a migração da gasolina através do subsolo.

Como mencionado anteriormente, uma camada de argila, em geral, por possuir baixa permeabilidade aos NAPLs (Non-Aqueous Phase Liquids), faz com que o contaminante se acumule acima desta e se espalhe lateralmente na zona não saturada. Desta forma, modificações na estrutura porosa da argila, eventualmente, podem aumentar a permeabilidade deste material à gasolina com etanol, reduzindo o acúmulo e o espalhamento e, potencialmente, aumentar a infiltração deste contaminante para o lençol freático.

6.6. Incertezas e imprecisões sobre o experimento

O experimento realizado apresenta as imprecisões relacionadas abaixo:

- Embora o preparo das soluções tenha ocorrido em recipientes fechados, não pôde ser garantido a ausência de perdas por volatilização;
- A utilização de somente uma amostra para cada tipo de combustível, resulta que a conclusão obtida não terá uma precisão e desvio padrão;
- Na condição real, não ocorre a diluição de forma homogênea;

- Ocorrem perdas por volatilização durante a migração do combustível na zona não-saturada ou vadosa, não existente no experimento (as perdas no preparo pode até ser equivalente);
- Nas condições naturais pode ocorrer a biodegradação de compostos.

As imprecisões apontadas acima resultam em algumas incertezas referentes ao:

- A significância em todos os derramamentos (devido a utilização de única amostra);
- Alguns compostos podem aparecer no solo e na água subterrânea decorrentes de uma biodegradação e que não foram detectados no experimento.
- Devido a variações na qualidade dos combustíveis, podem haver algumas diferenças em relação aos resultados obtidos.

Embora o trabalho foi realizado com algumas incertezas e imprecisões, destaca-se o resultado obtido, evidenciando a presença dos trimetilbenzenos, que significa a necessidade de ser avaliado em áreas de armazenamento de combustíveis.

7. REMEDIAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS – OXIDAÇÃO QUÍMICA

Na revisão da literatura foram avaliados os tipos de remediação a serem aplicáveis em áreas de armazenamento de energia.

Uma das atividades mais desafiadoras durante o desenvolvimento do Mestrado foi a aplicação de uma técnica inovadora no Brasil, que se utiliza do processo de óxido-redução *in Situ*, onde o contaminante é oxidado e o produto aplicado é reduzido. Foi o primeiro trabalho no país que utilizou a ativação tanto por metais complexados quanto por meios alcalinos.

Esse trabalho foi desenvolvido em conjunto com a ConAm Consultoria Ambiental e uma empresa do ramo imobiliário, que adquiriu uma área anteriormente ocupada por um posto de combustíveis. Devido à questões de confidencialidade o endereço e o proprietário não serão revelados.

A Oxidação Química é uma das técnicas mais inovadoras e emergentes para remediação de áreas contaminadas, que utiliza compostos químicos altamente oxidantes,

como Peróxido de Hidrogênio, Permanganato de Potássio, Persulfato de Sódio, Percarbonato de Sódio entre outros. (BLOCK, 2004)

A sua aplicação no solo e água subterrânea promove reação química de oxiredução dos compostos orgânicos transformando-os em água, gás carbônico e sais. O processo de oxidação química *in situ* combina a atuação de oxidante com seu ativador, que juntos proporcionam um ambiente extremamente oxidativo na qual degrada rapidamente composto antes de difícil degradação em curto espaço de tempo, como, por exemplo, composto orgânicos voláteis, pesticidas e até mesmo explosivos. (BLOCK, 2004)

O processo oxidativo/redutor proporciona a transformação mássica dos compostos o que o diferencia de outros processos de transferência e concentração em outro meio.

A área contaminada em questão é um posto de combustíveis, cuja contaminação foi originada principalmente por vazamentos de gasolina dos tanques subterrâneos.

Primeiramente, o objetivo desta remediação era atacar o centro da pluma, com a redução das concentrações máximas dos principais contaminantes identificados no solo e na água subterrânea nas investigações anteriores, que são apresentadas na **Tabela 29**.

Posteriormente, na segunda aplicação, o objetivo era reduzir a concentração em toda a pluma de contaminação. As concentrações apresentadas na tabela foram consideradas para cálculo da quantidade de oxidante a ser aplicado.

Tabela 29 – Concentrações máximas diagnosticadas em investigações ambientais anteriores e consideradas para remediação.

Composto	Concentração	
	Solo (mg/kg)	Água Subterrânea (mg/L)
Naftaleno	2,400	2,88
Benzeno	0,285	5,0
Tolueno	0,482	2,0
Etilbenzeno	0,196	6,4
Xilenos	1,367	8,8

O trabalho de caracterização ambiental dos combustíveis, foi elaborado depois deste trabalho de remediação, justificando o porque não foram analisados os trimetilbenzenos.

7.1. Descrição Técnica

A aplicação do oxidante reduz significativamente os níveis de contaminações em solo e água subterrânea e sua injeção ocorre na subsuperfície por técnicas de direct-push.

Uma vez introduzido na subsuperfície e no aquífero, o Persulfato de Sódio produz uma sequência de reações oxidativas de alta eficiência através de vários mecanismos: oxidação de superfície, oxidação direta e oxidação de radicais livres. Estas reações destroem uma grande gama de contaminantes e permanece ativo por períodos de até 60 dias após uma aplicação do produto. (BLOCK, 2004)

O persulfato de sódio é um forte oxidante, equivalente ao peróxido com catalização. No início das reações são formados os radicais livres sulfato e a propagação das reações se dá com a geração dos radicais livres hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) e radicais livres orgânicos (R). O excesso de ferro pode exaurir os radicais livres necessários à propagação das reações. Quelantes (ácido oxálico, ácido cítrico, EDTA) podem ser utilizados para eliminar a competição dos íons $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ com os radicais livres sulfato. Em condições de pH baixo, íons hidrogênio (H^+) reagirão com íons hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) removendo-os do meio, contribuindo também com a diminuição dos radicais livres. (BLOCK, 2008)

As principais reações químicas envolvidas são:

A adição de cal hidratada, para promover um excesso de íons hidroxila, a ativação térmica do persulfato (pelo calor liberado na hidratação da cal) e para gerar os radicais livres sulfato. Íons cloreto, íons carbonato e bicarbonato agem como consumidores de radicais livres sulfato. Entretanto, a taxa com que o excesso de reagentes e radicais diminui, na reação, é muito baixa, comparado com as reações de radicais livres com o contaminante. Porém se as concentrações do contaminante forem relativamente altas, o efeito final é a redução da eficiência do oxidante ou até mesmo a eliminação deste. (BLOCK, 2008)

Para processo de oxidação da contaminação existente na área utilizou um produto químico industrializado disponível no mercado internacional. O produto utilizado foi o

persulfato de sódio que foi ativado com Ferro Complexado (FeEDTA) na primeira campanha e com Hidróxido de Sódio (NaOH) na segunda campanha de remediação.

7.2. Produtos Utilizados

O Persulfato de sódio ativado foi o oxidante escolhido para oxidação química pela sua capacidade de tratar uma vasta gama de contaminantes. Quando adequadamente ativado, o persulfato de sódio proporciona uma combinação de elevado poder e controle de oxidação que pode ser utilizada com segurança e a de maneira eficiente em termos de custos.

Aplicações bem-sucedidas do piloto e em ampla escala em campo de Persulfato de Sódio Ativado já foram realizadas em diversos estados americanos. (BLOCK, 2004)

Essas aplicações mostraram a capacidade do Persulfato de sódio ativado de tratar uma vasta gama de contaminantes, incluindo etenos clorados (TCE, PCE, DCE, e cloreto de vinil), etanos clorados (1,1,1-TCA, DCA, cloreto de vinil), etanos clorados (tetracloroeto de carbono, clorofórmio), hidrocarbonetos poliaromáticos (PAHs), petróleo de hidrocarbonetos, BTEX, MTBE e 1,4-dioxano. (BLOCK, 2004)

O Persulfato de sódio ativado gera o radical de sulfato, ($\text{SO}_4^{\cdot-}$), uma das espécies de oxidantes mais fortes e versáteis disponível, capaz de destruir vários dos compostos mais recalcitrantes.

No entanto, a escolha do método adequado de ativação depende não só do tipo de contaminante que você quer destruir, mas também das condições peculiares da sub-superfície da cada site.

Para o tratamento dos compostos detectados na área, a ativação do persulfato utilizando Metais Complexados (FeEDTA) é um dos melhores métodos para se utilizar, tanto pela eficiência de geração de radicais, quanto pela segurança em sua manipulação (em relação a outros ativadores como o hidróxido de sódio e o peróxido de hidrogênio a substância de preparo possui elevado poder corrosivo e liberação de calor).

A ativação do persulfato de sódio também pode ocorrer através da elevação do pH, que apesar de possuir menor segurança operacional (corrosividade e reatividade) possui um custo inferior ao FeEDTA.

A composição do persulfato de sódio é 99% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ e está na forma de sais, sendo comercializado em sacos de 25 kg. Atualmente existem alguns fabricantes internacionais, principalmente nos Estados Unidos e na China.

7.3. Cálculo da demanda de oxidante pelos contaminantes

Para elaboração desse cálculo somente foram considerados os principais contaminantes detectados (já apresentados na **Tabela 29**) e que poderiam proporcionar risco toxicológico para inalação (**Tabela 28**) tanto em concentração, quanto em potencial toxicológico. O balanço estequiométrico dos principais contaminantes é:

Benzeno

Tolueno

Etilbenzeno

Xilenos

Naftaleno

Um mol de persulfato de sódio em meio aquoso produz 2 mols de elétrons, que possibilitaria o balanceamento das equações acima. Exemplificando, para um mol de benzeno seriam necessários 15 mols de persulfato de sódio para sua mineralização. (BLOCK, 2008)

Como a assunção de somente alguns dos contaminantes presentes na área poderia resultar em um sub-dimensionamento da quantidade de oxidante, empiricamente aplicou-se um excesso de 20 % sobre os valores calculados para o oxidante (lembrando que a seguir também será mostrado a concentração utilizada para atender a demanda do solo – o oxidante não é seletivo, dessa forma outros componentes naturais do aquífero podem reagir com o oxidante, principalmente a matéria orgânica do solo, que na área de interesse é elevada).

A adoção de um excedente visou atender os compostos não considerados no cálculo, podendo atuar na degradação dos trimetilbenzenos, não avaliados nas investigações de passivos ambientais desenvolvidas no imóvel.

Devido ao fato de o solo do Estado de São Paulo apresentar grande presença de matéria orgânica, numa oxidação química, devido ao oxidante não ser seletivo e o volume de solo envolvido na aplicação *in situ*, a maior parte de oxidante calculado refere-se a degradação da composição natural do solo.

7.3.1. Dimensionamento inicial da remediação

Inicialmente para avaliação da demanda de oxidante pelo solo local foram realizados dois ensaios laboratoriais de *soil oxidant demand* (SOD). O ensaio de SOD indica o consumo de oxidante demandado pelo solo, decorrente de sua composição, quer seja natural (composição orgânica do solo) quer seja artificial (presença de contaminação).

Os dois ensaios tiveram resultados similares, apesar de serem de regiões distintas do site.

A **Tabela 30** apresenta o resultado dessa análise e o laudo laboratorial é apresentado no **Apêndice D**. A amostra analisada pelo laboratório Analytical Technology foi coletada a montante da fonte de contaminação, já a amostra analisada pelo laboratório Bachema foi coletada na região junto a fonte de contaminação. As amostras foram coletadas em datas distintas.

Tabela 30 – Resultados das análises de SOD

Composto	Demanda em g/kg	
	Montante à Contaminação	Junto à fonte
SOD 3 g/L	15,0	19,1
SOD 5 g/L	25,0	23,5
SOD 10 g/L	39,5	49,0

Na remoção dos tanques de combustíveis existentes no imóvel foi verificado (inspeção visual) que o solo local apresenta grande quantidade de contaminação adsorvida e

residual, além de forte odor de combustível. Diante deste fato, após a remoção dos tanques foi aplicado no dia 14/04/2009 oxidante no fundo da cava.

Para dimensionar o volume de produto a ser aplicado, baseou-se na área de superfície das cavas resultantes dos tanques e a profundidade de 0,5 metro de solo. Para esse volume foi calculado a quantidade necessária de oxidante demandada pelo contaminante no solo e água subterrânea, utilizando as concentrações iniciais apresentadas na **Tabela 29**.

Também utilizou-se um SOD de 14 g do persulfato de sódio por 1 kg de solo. Aplicou-se 225 kg de Persulfato de Sódio, que foi ativado com 150 kg de Cal (sendo 75 kg de Cal hidratada e 75 kg de Cal virgem), que proporcionariam a redução de certa quantidade de contaminação, diminuindo sua transferência para a água subterrânea.

7.4. Implementação do sistema – 1ª campanha de injeção

Dois dias após a aplicação do produto na cava resultante da remoção dos tanques, iniciou-se a aplicação do Persulfato de Sódio em subsuperfície por injeção sob pressão nas sondagens executadas com o Geoprobe (modelo 6620T), que pode ser visualizado no relatório fotográfico apresentado no **Apêndice E**. Esse processo teve duração de 2 dias.

A área de superfície de aplicação utilizada nesta campanha foi de 30 m², que coincidia com a área da pluma de contaminação na água subterrânea. Porém, como foi visto na remoção dos tanques, essa área deveria ser de maior dimensão.

A aplicação em subsuperfície ocorreu em profundidades variadas, iniciando-se em 2,25 metros de profundidade e terminando em 3,5 metros de profundidade. Varrendo-se um perfil de 1,25 metro de coluna de solo e água, sendo aproximadamente 0,75 metro de coluna totalmente saturada. Para execução dessa aplicação foram utilizados 475 kg de Persulfato de Sódio que foi ativado com 50 kg de FeEDTA (ferro complexado). A **Figura 7** apresenta os locais das injeções.

Para ocorrer à ativação com eficiência, torna-se necessário a disponibilidade de Fe²⁺ na solução de no mínimo 150 mg/L. O FeEDTA possui cerca de 130 gramas de Fe²⁺ por quilo de FeEDTA. A demanda foi calculada pelo volume de injeção, garantindo um excesso de 10%.

Ao todo foram injetados aproximadamente 13.200 litros, sendo cerca de 200 litros para cada profundidade, totalizando 1.200 litros por sondagem. Na região do PM-01 houve retorno do fluido injetado, devido a compactação do meio.

As soluções foram preparadas em tambores de 200 litros sendo preparada uma solução de 4% do Persulfato de sódio juntamente com 0,4% de FeEDTA (todos os percentuais em massa). A concentração de Persulfato de Sódio aplicada foi 41,6 g/L.

7.5. Monitoramento e Amostragem após a 1ª campanha

Após a realização da campanha de injeção, seguiram-se campanhas de monitoramento e amostragem de poços pré-existentes para avaliar o desempenho do processo realizado.

O monitoramento foi realizado para avaliação dos parâmetros físicos da água subterrânea (pH, OD, condutividade, Potencial de Óxido-redução e temperatura) que poderiam indiciar a existência do oxidante no aquífero, situação que representaria a continuação da reatividade no mesmo, favorecendo a degradação dos contaminantes. Também se verificou a variação do nível d'água.

Para o monitoramento foram utilizados 4 poços de monitoramento pré-existentes. Também foi utilizado um poço a montante para servir de branco.

Outra maneira de identificar a presença e a evolução do oxidante e de seu ativador foi o monitoramento do sulfato e do Ferro (II) na água subterrânea, indicando que o ferro (II) foi consumido pela reação (reduzido para Ferro III) (ou adsorvido) e a elevação do sulfato indica a liberação do radical sulfato (oxidante). Os Laudos laboratoriais são apresentados no **Apêndice F**.

Na última campanha não foi avaliado o pH devido a problemas na sonda medidora.

Inicialmente o monitoramento foi realizado com periodicidade semanal, sendo modificado após o primeiro mês. As **Tabelas 31, 32, 33, 34, 35 e 36** apresentam os resultados dos monitoramentos e os **Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6** apresentam a evolução cronológica dos parâmetros analisados. Na **Tabela 37** é apresentado o monitoramento realizado em três datas em um poço localizado à montante da injeção de oxidante (não afetado pela injeção).

Tabela 31 – Monitoramento de 23/04/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,84	0,67	0,59	0,88
Temp. (°C)	24,47	24,48	25,57	25,34
pH	5,55	5,31	5,92	3,25
Cond. Elétrica (µs/cm)	8614	5859	1539	7530
N.A. (m)	2,24	2,17	2,33	2,53
ORP (mV)	-	-	-	-
Ferro (mg/L)	1,0	<0,100	-	<0,100
Sulfato (mg/L)	807	899	-	1756

Tabela 32 – Monitoramento de 29/04/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,47	0,40	0,33	0,51
Temp. (°C)	25,72	24,46	24,48	25,39
pH	6,74	5,66	6,7	3,91
Cond. Elétrica (µs/cm)	2782	2111	1140	4844
N.A. (m)	2,37	2,24	2,38	2,46
ORP (mV)	-	-	-	-
Ferro (mg/L)	0,44	0,24	-	0,38
Sulfato (mg/L)	1241	1159	-	1339

Tabela 33 – Monitoramento de 07/05/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,36	0,41	0,27	0,44
Temp. (°C)	24,04	24,03	24,44	24,88
pH	6,90	6,84	7,00	3,86
Cond. Elétrica (µs/cm)	2505	2903	1501	3591
N.A. (m)	2,44	2,38	2,36	2,46
ORP (mV)	-	-	-	-
Ferro (mg/L)	<0,100	<0,100	-	<0,100
Sulfato (mg/L)	1022	993	-	975

Tabela 34 – Monitoramento de 14/05/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,30	0,26	0,24	0,27
Temp. (°C)	24,47	24,37	24,71	25,00
pH	6,86	6,93	6,65	4,44
Cond. Elétrica (µs/cm)	1428	2527	4328	3549
N.A. (m)	2,37	2,3	2,34	2,42
ORP (mV)	-88,6	-127,7	-136,6	207,6
Ferro (mg/L)	10,5	0,21	-	0,64
Sulfato (mg/L)	1186	1010	-	1020

Tabela 35 – Monitoramento de 21/05/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,14	0,14	0,16	0,22
Temp. (°C)	23,23	22,97	23,70	23,83
pH	6,57	6,58	6,43	4,13
Cond. Elétrica (µs/cm)	2011	2783	4095	2932
N.A. (m)	2,42	2,39	2,40	2,44
ORP (mV)	-147,6	-150,0	-193,9	36,7
Ferro (mg/L)	5,87	0,11	-	0,29
Sulfato (mg/L)	221	800	-	838

Tabela 36 – Monitoramento de 10/06/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,11	0,11	0,12	0,13
Temp. (°C)	22,99	22,52	23,14	23,19
pH	-	-	-	-
Cond. Elétrica (µs/cm)	2177	2878	4449	1808
N.A. (m)	2,41	2,38	2,38	2,45
ORP (mV)	-163,2	-155,6	-213,8	-61,7

Tabela 37 – Monitoramento em poço à montante

Parâmetros	Local de amostragem – PM-05		
	07/05/2009	14/05/2009	10/06/2009
O.D. (ppm)	0,24	0,17	0,12
Temp. (°C)	24,31	24,36	23,21
pH	5,98	6,13	-
Cond. Elétrica (µs/cm)	389	376	370
N.A. (m)	2,42	2,35	2,45
ORP (mV)	-	-180,6	-169,3

No monitoramento de 21/05/2009 foi identificado película de fase livre no poço de monitoramento PM-04, decorrente da mobilização de fase residual que se acumulou formando uma fase livre.

Pela variação de condutividade elétrica verificada nos monitoramentos em relação ao poço de montante, constatou-se a presença elevada de íons na água subterrânea, indícios que existem radicais do oxidante na água. A presença do Potencial de óxido-redução positivo para o PM-04 significa que o meio está redutor, situação influenciada pela presença de contaminação em fase residual que posteriormente apareceu na forma livre no poço (película).

Pela variação do potencial de óxido redução, verificou-se que o PM-04 ficou em meio totalmente oxidante por aproximadamente 45 dias, indicando a ocorrência de reação. Já nos demais poços de monitoramento, apesar da existência de alteração do equilíbrio do meio, o mesmo ainda permaneceu com maior potencial a redução, situação justificada pelo aumento de concentração nesses poços de monitoramento. Essa mesma avaliação ocorre para o pH.

A alteração dos níveis d'água no primeiro mês referem-se ao volume inserido no aquífero pelo processo de remediação.

Gráfico 1 - Evolução da Condutividade Elétrica

Gráfico 2 - Evolução do pH

Gráfico 3 - Evolução dos níveis d'água nos poços de monitoramento

Gráfico 4 - Evolução do potencial de óxido-redução

Gráfico 5 - Evolução do Sulfato

Gráfico 6 - Evolução do Ferro II

7.6. Resultados obtidos após a 1ª campanha

Após a aplicação do oxidante foi monitorado o comportamento da contaminação por duas campanhas de análises laboratoriais (realizadas em 07/05/2009 e 10/06/2009).

Os resultados dos compostos detectados são apresentados nas **Tabelas 38 e 39**. Esses resultados foram comparados com as concentrações iniciais obtidas numa campanha realizada em setembro de 2008, apresentados na **Tabela 40**. Os laudos laboratoriais das campanhas de monitoramento são apresentados no **Apêndice F**.

Na ultima campanha de análise também foi realizada a análise de hidrocarbonetos totais de petróleo, para avaliação da somatória dos outros compostos derivados dos combustíveis que não são detectados pelas análises realizadas. As análises de TPH detectaram a semelhança da contaminação com a Gasolina, que de fato é a origem de contaminação do imóvel (vazamento de gasolina).

Os **Gráficos 7, 8, 9, 10 e 11** apresentam a evolução cronológica dos principais compostos analisados em relação aos poços de monitoramento avaliados.

Tabela 38 – Resultados da amostragem realizada em 07/05/2009.

Compostos	Poços de monitoramento (em mg/L)				Valor orientador
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	
Benzeno	1,10	3,00	6,8	0,590	0,005 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	0,230	0,320	1,3	0,110	0,7 ⁽¹⁾
Tolueno	0,060	0,160	0,082	0,034	0,3 ⁽¹⁾
Xilenos	0,280	0,780	0,760	0,059	0,5 ⁽¹⁾
Acenaftileno	< L.D.	0,00017	0,00016	< L.D.	-
Acenafteno	0,0003	0,0011	0,0006	0,00016	2,2 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	< L.D.	0,00043	< L.D.	< L.D.	0,00175 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	< L.D.	0,00026	< L.D.	< L.D.	0,0007 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	< L.D.	0,0004	< L.D.	< L.D.	0,000029 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno	< L.D.	0,00017	< L.D.	< L.D.	0,00029 ⁽²⁾
Criseno	< L.D.	0,00041	< L.D.	< L.D.	0,0029 ⁽²⁾
Fluoranteno	0,00028	0,0016	< L.D.	< L.D.	1,5 ⁽²⁾
Fluoreno	0,00039	0,0012	0,0011	0,00049	1,5 ⁽²⁾
Naftaleno	0,267	0,222	0,260	0,121	0,140 ⁽¹⁾
Fenantreno	0,00042	0,0022	0,00037	0,00078	0,140 ⁽¹⁾
Pireno	0,00026	0,0014	< L.D.	< L.D.	1,1 ⁽²⁾

(1) – Cetesb 2005 / CONAMA 2009

(2) – USEPA 2008 – *Region 9*

< L.D. – menor que o limite de detecção do laboratório

Tabela 39 – Resultados da amostragem realizada em 10/06/2009.

Compostos	Poços de monitoramento (em mg/L)				Valor orientador
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	
Benzeno	4,8	4,0	6,3	1,4	0,005 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	1,1	0,58	1,5	0,89	0,7 ⁽¹⁾
Tolueno	0,160	0,170	0,320	0,23	0,3 ⁽¹⁾
Xilenos	0,721	1,60	1,4	1,35	0,5 ⁽¹⁾
Acenaftileno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	-
Acenafteno	< L.D.	0,0011	0,00079	< L.D.	2,2 ⁽²⁾
Antraceno	< L.D.	0,002	< L.D.	< L.D.	11,0 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,00175 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,0007 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,000029 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,00029 ⁽²⁾
Criseno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,0029 ⁽²⁾
Fluoranteno	< L.D.	0,0053	< L.D.	< L.D.	1,5 ⁽²⁾
Fluoreno	0,00048	0,0016	0,0014	0,00093	1,5 ⁽²⁾
Naftaleno	0,520	0,158	0,318	0,224	0,140 ⁽¹⁾
Fenantreno	0,00053	0,015	0,00049	0,001	0,140 ⁽¹⁾
Pireno	< L.D.	0,0046	< L.D.	< L.D.	1,1 ⁽²⁾
TPH Resolvido**	6,834	3,412	5,797	6,786	-
TPH Não Resolvido*	2,844	2,351	2,478	7,432	-

(1) – Cetesb 2005 / CONAMA 2009

(2) – USEPA 2008 – *Region 9*

< L.D. – menor que o limite de detecção do laboratório

* Mistura Complexa não Resolvida (C8-C40)

** (C8-C40)

Tabela 40 – Resultados da amostragem realizada em 30/09/2008.

Compostos	Poços de monitoramento (em mg/L)				Valor orientador
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	
Benzeno	3,5	5,0	1,7	1,2	0,005 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	2	1,5	1,0	1,5	0,7 ⁽¹⁾
Tolueno	6,4	0,65	0,92	1,4	0,3 ⁽¹⁾
Xilenos	8,8	4,38	4,9	5,6	0,5 ⁽¹⁾
Acenaftileno	< L.D.	< L.D.	< L.D.	< L.D.	-
Acenafteno	0,0069	0,016	< L.D.	< L.D.	2,2 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	0,0025	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,00175 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	0,0021	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,0007 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	0,002	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,000029 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno	0,0018	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,00029 ⁽²⁾
Criseno	0,0038	< L.D.	< L.D.	< L.D.	0,0029 ⁽²⁾
Fluoranteno	0,0047	< L.D.	0,0011	< L.D.	1,5 ⁽²⁾
Fluoreno	0,0073	0,071	0,0032	0,0081	1,5 ⁽²⁾
Naftaleno	2,88	2,784	0,552	0,682	0,140 ⁽¹⁾
Fenantreno	0,011	0,129	0,0061	0,0061	0,140 ⁽¹⁾
Pireno	0,0045	0,0019	0,00087	< L.D.	1,1 ⁽²⁾

(1) – Cetesb 2005 / CONAMA 2009 (2) – USEPA 2008 – *Region 9*

< L.D. – menor que o limite de detecção do laboratório

Gráfico 7 - Evolução do Benzeno

Gráfico 8 - Evolução do Etilbenzeno **Gráfico 9 - Evolução do Tolueno**

Gráfico 10 - Evolução dos Xilenos (o+m+p) **Gráfico 11 - Evolução do Naftaleno**

Nota-se que houve um acréscimo das concentrações de benzeno para a amostra coletada no PM-03 em relação a condição inicial, além disso para alguns compostos identifica-se uma queda inicial da concentração com posterior elevação.

Para o benzeno existem duas possibilidades:

1. O oxidante proporciona a degradação da matéria orgânica natural do solo e a contaminação (por questão de afinidade química) encontra-se também aderida a esta matéria orgânica. Quando o oxidante desestrutura a matéria orgânica com a quebra da ligação covalente entre os carbonos estruturais ocorre a liberação do contaminante para o meio (transfere-se do solo para a água subterrânea). Tal efeito também é conhecido por “rebound”;
2. As moléculas de etilbenzeno, o tolueno e xilenos são compostas por 1 anel benzênico. A energia da ligação covalente entre os carbonos do anel benzênico é maior do que a ligação entre os radicais metil e etil ao anel benzênico (ligações imples), ou seja, a degradação destes pode originar a formação de benzeno.

No caso dos demais compostos a elevação posterior da concentração decorre principalmente do fenômeno rebound.

Deve se considerar que os pontos de medição, são pontos fixos ao longo do tempo, ou seja, a amostragem reflete o resultado obtido no momento da amostragem. Como a água subterrânea apresenta mobilidade, se a contaminação não estiver totalmente delimitada, ou se o grau de precisão for baixo (elevada distância entre os pontos de monitoramento), variações de resultado podem ocorrer independentes da ação da remediação.

7.7. Ensaio de Bancada

Pelos resultados obtidos na primeira campanha de injeção, foi planejada uma nova campanha com maior abrangência. Porém, na época da segunda injeção foi realizado um ensaio com a amostra do poço de monitoramento PM-04.

Esse ensaio consistiu na dosagem de uma concentração de Persulfato de Sódio e de ativador a um volume de amostra com concentração conhecida. O objetivo deste ensaio foi a validação do método analítico de oxidação dos compostos derivados de combustível,

através de uma evidência documentada, de forma a comprovar a eficiência do oxidante, ou seja, a aplicação *in situ* tem evidências de se obter sucesso.

O procedimento foi elaborado em um frasco de cor âmbar com 1 litro de capacidade. O frasco foi totalmente preenchido com a água subterrânea juntamente com o hidróxido de sódio em solução e foi colocado 50 gramas de persulfato de sódio, fazendo o líquido transbordar do frasco.

O frasco foi fechado garantindo que não remanescesse ar no interior do frasco, eliminando perdas por volatilização. O frasco foi mantido em um local fechado à temperatura ambiente e após 5 dias a amostra foi transferida para um frasco menor próprio para a análise de BTEX.

Somente foi analisado o Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX) por serem os compostos mais tóxicos e mais problemáticos na área de armazenamento de combustíveis em questão (conforme já apresentado nos monitoramentos) e por questões econômicas.

A **Tabela 41** apresenta os resultados obtidos para a amostra teste em relação as concentrações iniciais, sendo também apresentados os percentuais de remoção. No **Apêndice G** é apresentado o laudo laboratorial.

Tabela 41 – Resultados da amostra teste.

Compostos	Amostra Bruta	Amostra tratada	% remoção
	mg/L		
Benzeno	1,207	0,147	87,821%
Etilbenzeno	1,116	< L.D.	99,552%
Tolueno	0,245	< L.D.	97,959%
Xilenos	2,249	< L.D.	99,333%

< L.D. – menor que o limite de detecção do laboratório

Com base nos resultados obtidos no ensaio pode-se concluir positivamente a respeito da eficiência de remoção da contaminação, porém no aquífero é necessário proporcionar que o oxidante chegue até o contaminante, situação não tão trivial, visto que o meio poroso apresenta diversas heterogeneidades em sua composição.

A não mineralização (degradação total dos compostos) pode ter ocorrido pelos seguintes motivos:

- Compostos não considerados para o cálculo, que demandaram o oxidante, não remanescendo oxidante para proporcionar a total degradação do benzeno;
- O etilbenzeno, o tolueno e xilenos são compostos por 1 anel benzênico. A energia da ligação covalente entre os carbonos do anel benzênico é maior do que a ligação entre os radicais metil e etil ao anel benzênico (ligações implícitas), ou seja, a degradação destes pode originar na formação de benzeno

7.8. Implementação do sistema – 2ª campanha de injeção

Cento e dezesseis dias após a aplicação da primeira campanha iniciou-se nova aplicação do Persulfato de Sódio em subsuperfície via injeção sob pressão nas sondagens executadas com o Geoprobe (modelo 6620T). Esse processo teve duração de 3 dias (11, 12 e 13 de agosto de 2009).

A área de superfície de aplicação utilizada nesta campanha foi de 100 m², que coincidia com a área onde provavelmente estaria toda a pluma de contaminação, incluindo a área contaminada onde ocorreu a remoção dos tanques. Além disso, as injeções foram mais adensadas em relação à primeira campanha e distribuídas de forma regular.

Na segunda etapa de injeção optou-se pela utilização de outro método de ativação, método que também foi utilizado no ensaio de bancada. Por questões econômicas optou-se por ativar o persulfato de sódio através da elevação do pH, que foi proporcionado pela utilização do hidróxido de sódio. O custo do Hidróxido de Sódio em solução à 50% é 20% menor que o FeEDTA (considerando as mesmas condições necessárias para ativação). A ativação com FeEDTA propicia uma degradação mais acelerada da contaminação, diminuindo a dispersão do produto, que pode representar uma reação com maior quantidade de matéria orgânica natural do solo.

A quantidade de hidróxido de sódio necessária foi calculada deste modo: para cada litro de água era necessário 10,25 gramas de NaOH (concentração de 100%) e para cada grama de persulfato de sódio era necessário 1,36 gramas de NaOH (concentração de 100%). Estes cálculos foram realizados através do cálculo da concentração de hidroxila (OH⁻) no pH.

A aplicação em subsuperfície ocorreu em profundidade única, a 2,3 metros de profundidade coincidindo com a interface entre o solo e a água subterrânea (franja capilar). Para execução dessa aplicação foram utilizados 1.025 kg de Persulfato de Sódio que foi ativado com 1.625 kg de NaOH (concentração de 50%). A **Figura 8** apresenta os locais das injeções.

Para ocorrer à ativação com eficiência, torna-se necessário a elevação do pH para valores superiores a 12. Foi calculado a quantidade de NaOH necessária para manter o pH da solução em 14 e esse nível foi obtido através da quantificação em campo tanto por medidor eletrônico quanto por papéis indicadores.

Ao todo foram injetados aproximadamente 19.200 litros, sendo cerca de 600 litros por sondagem.

Nesta campanha também houve retorno do fluido injetado na região do PM-01, devido a compactação do meio.

As soluções foram preparadas em tambores de 200 litros sendo preparada uma solução de 6,3% do Persulfato de sódio juntamente com 5% de NaOH (todos os percentuais em massa). A concentração de Persulfato de Sódio aplicada foi 59,32 g/L.

7.9. Monitoramento e Amostragem – 2ª campanha de injeção

Após a realização da segunda campanha de injeção, efetuaram-se campanhas de monitoramento e amostragem de poços pré-existentes para avaliar o desempenho do processo realizado. O monitoramento foi realizado para avaliação dos parâmetros físicos da água subterrânea (pH, OD, condutividade, Potencial de Óxido-redução e temperatura) que poderiam indiciar a existência do oxidante no aquífero, situação que representaria a continuação da reatividade no mesmo, favorecendo a degradação dos contaminantes. Também se verificou a variação do nível d'água. Para o monitoramento foram utilizados 4 poços de monitoramento pré-existentes.

Na primeira campanha não foi avaliado o OD devido a problemas no eletrodo.

As **Tabelas 42 e 43** apresentam os resultados dos monitoramentos e os **Gráficos 12, 13, 14 e 15** apresentam a evolução cronológica dos parâmetros analisados.

Tabela 42 – Monitoramento de 18/08/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	-	-	-	-
Temp. (°C)	23,38	22,63	22,68	22,72
pH	8,51	7,42	7,06	6,70
Cond. Elétrica (µs/cm)	8098	6687	6479	6271
N.A. (m)	2,72	2,40	2,35	2,29
O.R.P.	-229,6	-201,2	-196,60	-192,0

Tabela 43 – Monitoramento de 29/09/2009

Parâmetros	Local de amostragem			
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04
O.D. (ppm)	0,12	0,09	0,10	0,08
Temp. (°C)	22,31	21,70	21,49	22,46
pH	7,68	6,95	7,52	7,04
Cond. Elétrica (µs/cm)	6025	3995	966	6152
N.A. (m)	2,03	1,96	2,23	2,18
ORP (mV)	-412,6	-195,2	-230,70	-459,0

Pela condutividade elétrica verificada nos monitoramentos, constatam-se a presença elevada de íons na água subterrânea, indícios que existem radicais do oxidante na água.

Foi possível verificar que o pH rapidamente entrou em decréscimo, chegando a um estado de neutralidade.

A elevação dos níveis d'água no primeiro monitoramento referem-se ao volume inserido no aquífero pelo processo de remediação.

7.10. Resultados obtidos após a 2ª campanha

Após a segunda aplicação do oxidante foi monitorado o comportamento da contaminação por meio de duas campanhas de análises laboratoriais (realizadas em 18/08/2009 e 29/09/2009).

Os resultados dos compostos detectados são apresentados nas **Tabelas 44 e 45**. Na primeira campanha não foi possível amostrar o PM-03, devido ao fato do mesmo estar obstruído no momento da coleta (devido à demolição de antigas estruturas, uma porção de entulho impossibilitou o acesso). Na segunda campanha somente foi avaliado os BTEX.

Esses resultados foram comparados com as concentrações iniciais obtidas na última campanha de monitoramento realizada em 10/06/2009, apresentados na **Tabela 39**.

Os laudos laboratoriais das campanhas de monitoramento são apresentados no **Apêndice G**.

Os **Gráficos 16, 17, 18, 19 e 20** apresentam a evolução cronológica dos principais compostos analisados em relação aos poços de monitoramento avaliados. A partir dessa segunda campanha constatou-se que as concentrações não mais se elevaram, ou seja, o efeito rebound praticamente não interfere mais no processo e os compostos que formariam benzeno em sua degradação, tiveram suas concentrações fortemente diminuídas.

Tabela 44 – Resultados da amostragem realizada em 18/08/2009.

Compostos	Poços de monitoramento (em mg/L)				Valor orientador
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	
Benzeno	3,777	4,57	NA	1,207	0,005 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	1,86	0,717	NA	1,116	0,7 ⁽¹⁾
Tolueno	0,121	0,26	NA	0,245	0,3 ⁽¹⁾
Xilenos	1,452	1,564	NA	2,249	0,5 ⁽¹⁾
Acenafteno	0,0005	0,00036	NA	0,000063	-
Acenaftileno	0,000132	0,000106	NA	ND	2,2 ⁽²⁾
Antraceno	0,000138	0,000045	NA	0,000046	11,0 ⁽²⁾
Benzo(a)antraceno	0,000091	0,000051	NA	0,000027	0,00175 ⁽¹⁾
Benzo(a)pireno	0,000038	0,000031	NA	ND	0,0007 ⁽¹⁾
Benzo(b)fluoranteno	0,000088	0,000034	NA	0,00002	0,000029 ⁽²⁾
Benzo(k)fluoranteno	0,000041	0,000021	NA	ND	0,00029 ⁽²⁾
Benzo[g,h,i]perileno	0,000033	0,000016	NA	ND	-
Criseno	0,000104	0,000058	NA	0,000029	0,0029 ⁽²⁾
Dibenzo[a,h]antraceno	0,00002	ND	NA	ND	0,18 ⁽¹⁾
Fenantreno	0,001	0,00084	NA	0,000125	0,140 ⁽¹⁾
Fluoranteno	0,00037	0,0002	NA	0,000054	1,5 ⁽²⁾
Fluoreno	0,00064	0,00054	NA	0,000078	1,5 ⁽²⁾
Indeno[1,2,3-cd]pireno	0,000046	0,000019	NA	ND	0,17 ⁽¹⁾
Naftaleno	0,451	0,23	NA	0,0092	0,140 ⁽¹⁾
Pireno	0,00036	0,00019	NA	0,000058	1,1 ⁽²⁾

(1) – Cetesb 2005 / CONAMA 2009

(2) – USEPA 2008 – *Region 9*

ND – Não Detectado; NA – Não Analisado

Tabela 45 – Resultados da amostragem realizada em 29/09/2009.

Compostos	Poços de monitoramento (em mg/L)				Valor orientador
	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	
Benzeno	3,0463	0,8804	0,968	0,41	0,005 ⁽¹⁾
Etilbenzeno	1,2079	0,1184	0,6836	0,00553	0,7 ⁽¹⁾
Tolueno	0,0378	0,0153	0,0381	0,00499	0,3 ⁽¹⁾
Xilenos	0,8236	0,1967	1,6627	0,00059	0,5 ⁽¹⁾

(1) – Valores orientadores Cetesb 2005

< L.D. – menor que o limite de detecção do laboratório

Gráfico 16 - Evolução do Benzeno

Gráfico 17 - Evolução do Etilbenzeno

Gráfico 18 - Evolução do Tolueno

Gráfico 19 - Evolução dos Xilenos (o+m+p)

7.11. Avaliação da Remediação

Após a aplicação do oxidante foi monitorado o comportamento da contaminação via quatro campanhas de análises laboratoriais (sendo duas realizadas após a primeira campanha, e outras duas realizadas após a segunda campanha de injeção). Os resultados foram comparados com as concentrações iniciais obtidas numa campanha realizada em setembro de 2008.

Na campanha de análise de 11/06/2009 também foi realizada a análise de hidrocarbonetos totais de petróleo, para avaliação da somatória dos outros compostos derivados dos combustíveis que não são detectados pelas análises realizadas. As análises de TPH detectaram a semelhança da contaminação com a Gasolina, que de fato é a origem de contaminação do imóvel (vazamento de gasolina dos tanques e bombas).

Os **Gráficos 21, 22, 23, 24 e 25** apresentam a evolução cronológica dos principais compostos analisados em relação aos poços de monitoramento avaliados. A **Tabela 46** apresenta o percentual de remoção dos principais contaminantes promovido pelo sistema de remediação implantado.

Conforme resultados obtidos, verifica-se que em três das amostras, o percentual de remoção da contaminação foi superior a 70%. Inicialmente, após a primeira campanha de injeção ocorre uma elevação das concentrações provocadas pela dessorção de contaminação

presente no solo para a água subterrânea, que acarreta uma elevação das concentrações (rebound). Além disso, a degradação parcial de alguns compostos pode resultar na formação de outros compostos (etilbenzeno, xilenos e tolueno podem resultar em benzeno).

A baixa redução de concentrações na amostra coletada no PM-01 decorre do fato de ser um solo mais compacto (houve remoção de um antigo tanque na década de 1990, como já havia contaminação em solo, o mesmo fora compactado, dificultando a penetração do oxidante, constatado pelo retorno do fluido injetado nessa área durante os trabalhos de campo).

Tabela 46 – Percentual de Remoção dos contaminantes principais

Contaminante	Concentrações nos poços de monitoramento (mg/L)											
	PM-01			PM-02			PM-03			PM-04		
	MC	D	%	MC	D	%	MC	D	%	MC	D	%
Benzeno	4,8	3,05	36,46%	5,0	0,88	82,40%	6,8	0,97	85,74%	1,4	0,41	70,71%
Etilbenzeno	2,0	1,21	39,50%	1,5	0,12	92,00%	1,5	0,68	54,67%	1,5	0,006	99,60%
Tolueno	6,4	0,038	99,41%	0,65	0,015	97,69%	0,92	0,038	95,87%	1,4	0,005	99,64%
Xilenos	8,8	0,82	90,68%	4,38	0,2	95,43%	4,9	1,66	66,12%	5,6	0,0006	99,99%
Naftaleno	2,9	0,45	84,48%	2,8	0,23	91,79%	0,55	0,12	78,18%	0,6	0,009	98,5%

MC – Concentração máxima detectada; D – Depois da remediação (até Setembro/2009);
% - percentual de remoção

Gráfico 22 - Evolução do Etilbenzeno

Gráfico 23 - Evolução do Tolueno

Gráfico 24 - Evolução dos Xilenos (o+m+p)

Gráfico 25 - Evolução do Naftaleno

8. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

8.1. Caracterização de Passivos Ambientais

A caracterização de passivos ambientais realizada para as áreas de armazenamento de energia contemplou uma generalização de atividades envolvendo o armazenamento de energia e sua associação com a formação de passivos ambientais no solo e/ou água subterrânea.

Ao se generalizar, na existência de atividades específicas e não usuais, ou de padronização diferenciada podem apresentar outras formas de armazenamento de energia e conseqüentemente novas fontes de passivos ambientais podendo envolver diretamente outros contaminantes, ou seja, o roteiro estipulado deverá sofrer adequações para essas informações.

Não só para empreendimentos energéticos, mas de uma forma geral, para se caracterizar um passivo ambiental é necessário buscar a associação entre as atividades desenvolvidas e de que forma essas interferem no meio. Após estabelecer essa associação, relaciona-se o que poderia gerar um passivo ambiental, quais elementos e/ou substâncias possivelmente envolvidas.

Uma vez bem definido o local onde se realiza ou realizou a atividade e o que possivelmente essa atividade introduziu (contaminantes) no meio, se desenvolverá uma confirmação do passivo ambiental.

Destaca-se que a boa definição do apresentado no parágrafo anterior é a questão primordial dos trabalhos de avaliação de passivos ambientais e conseqüentemente o gerenciamento de áreas contaminadas, pois há o embasamento teórico e conceitual, justificando as necessidades de execução, ou seja, um trabalho tecnicamente justificado e coerente.

Desta forma economiza-se nos gastos com confirmações, detalhamento e remediação, conseqüentemente diminuem as incertezas em toda a cadeia do processo de gerenciamento de áreas contaminadas, auxiliando o processo de tomada de decisões.

Pela avaliação realizada nas áreas de armazenamento de energia, devido ao volume envolvido e as formas em que o mesmo se apresenta, o armazenamento de combustíveis líquidos é o maior formador de passivos ambientais do solo e água subterrânea na área de armazenamento de energia.

Atualmente a atividade de armazenamento de combustíveis no Estado de São Paulo ocupa a maioria dos registros do Cadastro de Áreas Contaminadas (2009), somando 2.922 imóveis, o que corresponde a 79,5% do total (CETESB 2011). Desse total de áreas envolvendo combustíveis, apenas 4% teve a área reabilitada para o uso declarado.

A metodologia proposta fornece um guia para o avaliador extrair informações que possibilitem um aprimoramento da avaliação preliminar, evitando falhas nos processos subsequentes, que envolverão a confirmação e delimitação das contaminações. O aprimoramento das informações na avaliação preliminar, conseqüentemente melhor embasando as atividades seguintes, com certeza influenciará os resultados obtidos nas etapas seguintes, principalmente a obtenção de sucesso numa possível etapa de remediação.

Os resultados de uma investigação subsequente (confirmatória) podem fazer suspeitar que um levantamento preliminar não foi conclusivo ou apropriado, uma vez que pode não ter detectado determinadas fontes de contaminação.

8.2. Composição dos Combustíveis

O experimento realizado para avaliar a composição ambiental dos combustíveis apresentou resultados diferentes do esperado e do convencionalmente aplicado para área de armazenamento de combustíveis, embora a utilização de uma única amostra não garanta com precisão tal resultado.

Alguns compostos apresentaram diferença no percentual que era esperado (tendo uma especificação para o combustível), porém isso pode ocorrer por alguns fatores:

- Perdas durante o preparo, principalmente para os mais voláteis;
- Diferenças de qualidade dos combustíveis (tipo de petróleo de onde foi fracionado o combustível), influenciando também a solubilidade parcial (dependente da fração molar do composto na solução);

- No percentual de etanol misturado no combustível, alterando sua solubilidade;
- Na faixa de erro do método do laboratório, incluindo também diluições realizadas pelo laboratório.

Em relação a atividade convencional de avaliação de passivos ambientais em área de armazenamento de combustíveis, na qual é comum somente a análise de BTEX e PAH, pelo experimento e avaliação de risco realizada, constatou-se a necessidade e importância de se avaliar outros compostos, principalmente os trimetilbenzenos.

Pelo fato de se ter utilizado uma única amostra, recomenda-se um novo experimento, possibilitando uma avaliação estatística, muito embora o fato de identificar compostos potencialmente tóxicos que geralmente não são analisados sugere a necessidade de uma atenção especial a essas análises.

Além do novo experimento, recomenda-se em futuras investigações confirmatórias de passivos ambientais em áreas envolvendo combustíveis (diesel e gasolina), que se analise os trimetilbenzenos. Tal informação também contribuirá para confirmar a necessidade de se avaliar os compostos em áreas de armazenamento de combustíveis.

8.3. Oxidação Química

A remediação de áreas contaminadas com gasolina, através da oxidação-redução apresentou resultados satisfatórios em relação a remoção dos contaminantes, prazo de remediação e custo de aplicação (embora não apresentado nesse trabalho é somente um pouco superior a um sistema convencional de *pump and treat*).

O oxidante atua na ligação existente entre os átomos de carbono, rompendo a ligação covalente existente.

Como verificado no ensaio de bancada, o persulfato de sódio ativado degrada os contaminantes em poucos dias, porém em sua aplicação *in situ* o produto tem que vencer as barreiras do aquífero, além de reagir com substâncias naturais do solo, como a matéria orgânica.

Em uma aplicação *in situ*, em especial em solos que contenham altos teores de matéria orgânica (caso das argilas do Estado de São Paulo, e em outros estados brasileiros),

a demanda natural de oxidante pelo solo geralmente significa aproximadamente 90% do oxidante necessário no processo. Para o caso avaliado, em ambas campanhas de injeção 89,9% do oxidante calculado referiu-se ao necessário a ser demandado naturalmente pelo solo, já na segunda,

Na primeira campanha de injeção, houve um sub-dimensionamento da contaminação, onde ainda não era conhecida em detalhes a contaminação no solo local. Como constatado em campo, havia grande quantidade de contaminante adsorvido e em fase residual, que foi mobilizada pela primeira injeção (dessorção). Além disso, o acréscimo nas concentrações de benzeno pode ser devido a formação do mesmo na degradação de outros compostos, como os xilenos, tolueno e etilbenzeno.

Já na segunda campanha de injeção, foi atacada uma superfície maior e boa parte da contaminação que havia sido mobilizada pela primeira campanha de injeção.

A permanência de contaminação na região do PM-01 pode ser explicada pelo fato do local ter tido seu solo removido no passado (após um grande derramamento de gasolina) e assim, o mesmo apresenta maior compactação que o restante do site, dificultando a circulação do oxidante que foi injetado, sendo a contaminação liberada aos poucos por difusão.

Já em relação ao tipo de ativação verificou-se que ferro complexado (FeEDTA) proporciona uma ação mais rápida do oxidante em relação ao hidróxido de sódio (NaOH), uma vez que o pH rapidamente se equaliza. Formam-se ácidos na decomposição do persulfato que acidificam o meio baixando o pH.

O NaOH é bem mais barato em relação ao FeEDTA, porém os cuidados na aplicação devem ser maiores para o NaOH devido a sua reatividade.

No local deve ser mantido o monitoramento para avaliar tanto a evolução da contaminação quanto a presença do oxidante no aquífero, podendo-se então avaliar as medidas de intervenção necessárias subseqüentes.

Para novos processos de remediação em novas áreas utilizando a mesma tecnologia, deve-se primeiramente conhecer bem as condições hidrogeológicas locais (em níveis de centímetros) para avaliar o alcance do oxidante e quais as formas predominantes da

contaminação no aquífero: fase residual, fase adsorvida, fase livre e/ou fase dissolvida, para se calcular a quantidade de oxidante necessária e as áreas de atuação.

9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho abordou a desde a definição dos trabalhos iniciais de uma avaliação de passivos ambientais do solo e da água subterrânea em áreas de armazenamento de energia até uma etapa de remediação.

Não foi abordada a metodologia de confirmação e delimitação da contaminação das áreas de armazenamento de energia, situação importante para qualidade dos resultados, que também embasa a necessidade de adoções de medidas de emergência e/ou de recuperação e conseqüentemente a tomada de decisão. Porém, a etapa de identificação dos locais com potenciais e/ou suspeitos de contaminação é a etapa que direciona toda a seqüência.

O processo de identificação e caracterização e conseqüentemente a confirmação, delimitação e análise de risco de uma contaminação são as ações que definirão o risco em um negócio.

O procedimento inicial de caracterização do local de interesse para definições das etapas seguintes, que consiste em parte da avaliação preliminar de passivo ambiental, deve ser abordado por qualquer tipo de investigação de passivo ambiental, sendo etapa essencial para obtenção de sucesso, tanto nas questões de segurança para tomadas de decisões quanto nas etapas seguintes, diminuindo a probabilidade de insucessos na etapa de remediação.

As áreas desativadas, onde já ocorreu uma descaracterização do uso pretérito, ou seja, onde não é mais possível identificar exatamente cada atividade com potencial de contaminação, tornam-se uma dificuldade a mais para realização do processo. Dessa forma, torna-se imprescindível o levantamento das informações históricas, como apresentado nos itens 5.1.1 e 5.1.2. Nestes casos, a utilização de métodos de resposta rápida podem auxiliar os diagnósticos das áreas contaminadas, caso existam.

A importância do conhecimento do histórico operacional das áreas objetiva identificar as possíveis fontes de contaminação. Com isso pode-se ter maior detalhe dos locais que devem ser mais bem investigados, diminuindo assim os custos envolvidos. Utilizando esse

princípio podem ser descartadas algumas hipóteses de contaminação em certas áreas do imóvel, não exigindo custos de investigação. Conseqüentemente estas ações terão influência direta no sucesso da remediação.

O aprimoramento das informações obtidas na avaliação preliminar pode resultar em melhores informações e reduzir as incertezas e conseqüentemente o risco do negócio. Pode-se já ter uma idéia do que é possível encontrar numa área. Se não houver indícios visuais de contaminação, somente uma etapa de confirmação pode melhor situar a situação de passivos ambientais de um imóvel. Porém em áreas com confirmação de contaminação, somente após a delimitação da contaminação a quantificação do risco pode ser precisada e quanto será necessário investir para reabilitar uma área.

Em relação a composição dos combustíveis diesel e gasolina, a atividade convencional de avaliação de passivos ambientais em área de armazenamento de combustíveis, somente realiza-se as análises de BTEX e PAH. Neste trabalho, pelo experimento e avaliação de risco realizada, constatou-se a necessidade e importância de se avaliar outros compostos, principalmente os trimetilbenzenos.

Como o experimento foi realizado com amostra bruta de combustíveis diluídas diretamente na água, não foi possível avaliar se os trimetilbenzenos se degradam antes dos demais compostos, ou se são muito mais lentos que os demais, visto que devido às propriedades físicas e químicas, não identificou-se grande discrepância em relação aos BTEX. Perdas por volatilização podem ser descartadas, visto que os BTEX são mais voláteis.

Recomenda-se inicialmente a elaboração de novas análises, para garantir estatisticamente o resultado em relação principalmente à presença dos Trimetilbenzenos.

Também se recomenda que nas avaliações confirmatórias de passivos ambientais de áreas de armazenamento de combustíveis (diesel e gasolina) sejam realizadas no mínimo, as análises dos compostos apresentados nas **Tabelas 26 e 27**. Verificando a presença dos compostos distintos dos BTEX e PAH, deve ser sugerida ao órgão ambiental (CETESB), a alteração do procedimento de avaliação de postos de combustíveis.

Na etapa de remediação realizada verificou-se a importância de se conhecer a real extensão da contaminação (inicialmente desconhecida e conhecida com a remoção dos

tanques subterrâneos), para uma melhor definição do escopo e métodos de análise (localização de sondagens, pontos de amostragem e intervalos de amostragem).

Para uma remediação que envolva oxidação ou redução química, o nível de precisão do conhecimento do meio físico e da localização do contaminante deve ser da ordem de centímetros, principalmente pela heterogeneidade do meio e distribuição não homogênea do contaminante.

É necessário ter o conhecimento de como fazer com que o oxidante ou o redutor atinja o contaminante, ou seja, é preciso saber como propiciar que o produto aplicado migre até o contaminante ou que a aplicação seja realizada diretamente sobre a fonte de contaminação, tanto em extensão quanto em profundidade. Com isso, definem-se as distâncias entre os pontos de injeção do produto, a profundidade de injeção, a forma de injeção, o intervalo entre as campanhas de injeção, o tipo de oxidante/redutor necessário, entre outros fatores.

Conforme identificado neste trabalho, o principal fator de sucesso na oxidação/redução química (além do conhecimento de todas as fontes, como já abordado), é fazer com que todo o contaminante do meio tenha o contato com o oxidante/redutor, pois como demonstrado, sem o meio poroso, o oxidante demonstrou sua eficiência.

Embora o processo de remediação apresente sucesso, não necessariamente significa que o risco ao negócio seja aceitável, visto que dependendo da extensão da contaminação, os custos envolvidos em uma oxidação química podem ser muito elevados, inviabilizando sua aplicação.

Nessas situações, para diminuir os valores envolvidos com a remediação, pode-se optar por um processo físico de remediação (bombeamento, extração de vapores, injeção de ar, entre outros), embora os prazos de remediação sejam maiores em relação a oxidação química.

Ressalta-se que após a caracterização da contaminação e definição dos custos envolvidos, se houver inviabilização do negócio (no caso de negociação do imóvel), caberá aos responsáveis legais pela contaminação agir sobre a mesma, visando que a mesma não atinja bens à proteger e áreas de terceiros, não expondo os ocupantes à riscos toxicológicos.

Este trabalho serve como base metodológica para as definições de avaliação de passivo ambiental em empreendimentos de/com armazenamento de energia, além de demonstrar um caso de sucesso (atingiu os objetivos propostos) de remediação do tipo destrutiva de contaminantes, proporcionada pela oxidação química.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETOBRAS; DEA. **Avaliação de Passivos Ambientais: Roteiros Técnicos**. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Rio de Janeiro, Julho de 2000. 130p.

SILVA, J. M. **Sistema de gestão ambiental para empresas do setor elétrico da Amazônia ocidental como instrumento de redução de custos**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 12, n. 1, p. 01-07, 2006. Disponível em: <http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=190> Acesso em 05/08/2009.

KRAEMER, M. E. P. **Passivo Ambiental**. 2005. Disponível em: <http://br.monografias.com/trabalhos/passivo-ambiental/passivo-ambiental.shtml#refer> Último Acesso em 01/06/2009

CATAPAN, E. A. et al. **Revisão teórica sobre as técnicas de reconhecimento de passivos ambientais no setor elétrico**. In: Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – SISEE, 3., 2008, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Disponível em: http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/eventos/seminariointernacional/2008/arquivos/P_Edilson_Catapan_Mesa.pdf. Último Acesso em 10/07/2009.

SANCHEZ, L. H. **Desengenharia – O passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais**. São Paulo: Edusp, 2001. 254 p.

MARKER, A. et al. **Avaliação ambiental de terrenos com potencial de contaminação : gerenciamento de riscos em empreendimentos imobiliários**. Brasília : CAIXA, 2008. 164 p. : il. color. (Guia CAIXA : sustentabilidade ambiental ; Caderno 2)

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético Nacional 2010: Ano base 2009** – Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2010. 276 p. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf. Último Acesso em 25/10/2010.

BERTOLI, A. L.; RIBEIRO, M. S. **Passivo ambiental: estudo de caso da Petróleo Brasileiro S.A - Petrobrás. A repercussão ambiental nas demonstrações contábeis, em consequência dos acidentes ocorridos.** Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 10, n. 2, Junho 2006 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-65552006000200007&lng=en&nrm=iso>. Último Acesso em 18/06/2009.

SÃO PAULO (ESTADO). Lei nº 13.577, de 8 de Julho de 2009. Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Palácio dos Bandeirantes. Publicada em 09/07/2009.

CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas** – CETESB. 1999. GTZ – 2ª Ed. – São Paulo, Brasil.

CETESB. **Procedimento para Licenciamento de Postos e sistemas Retalhistas de Combustíveis. 2006.** Decisão da Diretoria 010-2006-C, de 26 de janeiro de 2006. Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 11/02/2006. Poder Executivo, Seção I, páginas 40 a 139.

CETESB. **Procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas. 2007.** Decisão da Diretoria 103-2007-C-E, de 22 de junho de 2007. CETESB/SMA. Publicada no diário oficial do Estado de São Paulo em 27/06/2007, Poder Executivo – Seção I – p. 34-39.

AES. **Relatório de Sustentabilidade ambiental. 2005.** Item 6.2 Gerenciamento de Passivos ambientais da AES Eletropaulo. 2005. 60p.

SHREVE R. N. & BRINK J. A. **Industria de Processos Químicos.** Edição Traduzida. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1997. 716p.

BLOCK, P.; BROWN, R. A.; ROBINSON, D. **Novel Activation Technologies for Sodium Persulfate In Situ Chemical Oxidation.** Proceedings of the Fourth International Conference on the Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds. USA, 2004.

BLOCK, P.; CUTLER, W. 2008. **Klozur™ Activated Persulfate for Site Remediation: Comparative Evaluation of Treatment Efficacy and Implementation Costs**. 2005. pp. 1-22.

PAYNE, F. C.; QUINNAN, J. A.; POTTER, S. T. **Remediation Hydraulics**. , Ed. CRC Press. Boca Raton, FL. USA. 2008. 439p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. **Guia de identificação de áreas com populações expostas a solo contaminado**. Brasília/DF, agosto 2007. 17p.

ROCCA, A. C. C. **Critérios para avaliação de técnicas inovativas de Remediação de áreas contaminadas**. II Encontro Sobre Aplicações Ambientais de Processos Oxidativos Avançados. Livro de Resumos. Campinas-SP. Agosto 2003.

ALASKA SEA GRANT COLLEGE PROGRAM. **Prevention, response and oversight five years after the Exxon Valdez oil spill**. Proceedings of an international conference, 23-25 March 1994, Anchorage, Alaska. Report no. 95-02. University of Alaska, Fairbanks, USA.

MORGAN, L. M; LAUBIER, L. **The ERIKA oil spill: environmental contamination and effects in the Bay of Biscay (2004)**. Special issue of Aquatic Living Resources. EDP Sciences. Volume 17, Number 3, July-September 2004. . 235-236p.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Deepwater Horizon MC252 Gulf Incident Oil Budget. Application operated by the U.S. Coast Guard and provided by the in cooperation with the National Oceanic and Atmospheric Administration**. 2010. August. 10p

RODRIGUEZ, X.N. (2004). **Effects of the oil spill from the Prestige on the environment and its subsequent regeneration**. Proceedings of the 17th Annual Conference Oil Pollution 2004. Claims Handling and Clean-up Response, London, 15-16 March 2004. Lloyd's List Events, London, UK

DRAFAN, G. **Major Oil Spills**. [200-?]. [França]. [S.l.: s.n.]Paginação Irregular. Disponível em: <http://www.endgame.org/oilspills.htm> Último Acesso em 20/08/2010.

OIL RIG DISASTERS (ORD). **Petrobras P-36 Offshore Drilling Accidents**. [200-?]. [UK]. [S.l.: s.n.]Paginação Irregular. Disponível em: http://home.versatel.nl/the_sims/rig/p36.htm Último Acesso em 10/10/2010.

ISR. **Eficiência Energética e Integração Sustentada de pré armazenamento de energia** 2006. Dep. de Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Portugal. Universidade de Coimbra. Paginação Irregular.

PHILIPPI, A. J.; ALVES, A. C. **Curso Interdisciplinar de Direito Ambiental**. Ed. Manole. São Paulo. 2005. 965p.

SILVA, A. C. M. A. et al. **Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis**. Semasa - Serviço Municipal De Saneamento Ambiental de Santo André. Santo André-SP. 2005. 18p.

SILVA, A. C. M. A. et al. **Guia para avaliação do potencial de contaminação em imóveis**. São Paulo: CETESB: GTZ, 2003. 80 p.

PICCHI, A. R.; MATAI. P. H. L. S. e PEREIRA, S. P. **Utilização de meios construtivos em obras civis como alternativa de remediação – paredes diafragmas**. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 20 páginas. São Paulo – Brasil. Outubro de 2009.

CHRISTENSEN, J. S.; ELTON, J. **Soil Groundwater pollution from BTEX. Groundwater pollution primer** – CE 4594: Soil and groundwater pollution. Civil engineering Dept – virginia Tech. 1996. Disponível em: <http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/gwprimer/btex/btex.html>. Último Acesso em 01/03/2009.

FILHO, G. B. C. **Estudo do fluxo e transporte de gasolina pura e misturada com etanol em meios porosos não saturados**. Dissertação de Mestrado apresentada à PUC-Rio. 2007. Rio de Janeiro.

WILLIAMS, P. T. et al. **The relation between polycyclic aromatic compounds in diesel fuels and exhaust particulates.** Butterworth & Co. FUEL, 1986, Vol. 65, August.

KANNO, S. I. K. **Metodologia de avaliação dos impactos dos transportes urbanos em áreas de preservação histórica.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2008. 124p.

CETESB. **Valores orientadores para solo e água subterrânea no Estado de São Paulo.** Decisão de Diretoria Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005. São Paulo.

USEPA. **In Situ Remediation Technology: Chemical Oxidation.** EPA. Chapter XIII, 52 p. Maio de 2004.

CETESB. **Lista de Áreas Contaminadas – Dezembro 2010.** São Paulo-SP. 2011.

SIEGRIST, R. L. et al. **In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation.** SERDP and ESTCP Remediation Technology Monograph Series Series Editor: C. Herb Ward, Rice University. 2011. USA. 723p.

SWARTJES, F. A. **Dealing with Contaminated Sites.** National Institute of Public Health and the Environment (RIVM). Netherlands. 2011. 1144p.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 237, de 19 de Dezembro de 1997 - Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; Estudos Ambientais, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental. Publicação no DOU nº 247, de 22/12/1997, Seção 1, p. 30841-30843

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 273 de 29 de Novembro de 2000 - Dispõe sobre a localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação de postos revendedores, postos de abastecimento, instalações de sistemas retalhistas e postos flutuantes de combustíveis Publicação no DOU, de 08/01/2001.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 006 de 16 de Setembro de 1987, Estabelece regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte de interesse relevante da União, como a geração de energia elétrica Publicação no DOU, de 22/10/87, Seção I, Pág. 17.499.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 284 de 30 de Agosto de 2001, Dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de irrigação. Publicação DOU nº 188, de 01 /10/2001, Seção 1, página 153

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 316 de 29 de Outubro de 2002 - Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Publicação nº 224, de 20 /11/2002, Seção 1, p. 92-95

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 385 de 27 de Dezembro de 2006 - Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental Publicação DOU nº 249, de 29/12/ 2006, p. 665

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 377 de 09 de Outubro de 2006, Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Publicação DOU nº 195, de 10/10/ 2006, Seção 1, p. 56

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 413 de 26 de Junho de 2009 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental da aquicultura, e dá outras providências Publicação DOU nº 122, de 30/06/2009, p. 126-129

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução do CONAMA nº 420, de 28 de Dezembro de 2009 - Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.". Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Passivo ambiental em solo e água subterrânea - Parte 1: Avaliação preliminar, NBR-15.515-1, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental - Procedimento, NBR-15.492, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulados - Parte 1: Projeto e construção, NBR-15.495-1, 2007

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Poços de monitoramento d águas subterrâneas em aquíferos granulares – Parte 2:Desenvolvimento, NBR-15.495-2, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, NBR ISO 14001- Sistemas de gestão ambiental- Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro,1996.

ISO/IEC 17025:1999(E), “General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories,” 1999.

BRASIL. Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Publicação DOU de 02/09/1981 nº 167, Seção I, pág. 16.509

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE INSPEÇÃO DO IMÓVEL

Atividades Desenvolvidas no Imóvel

1. Há uma indústria instalada no imóvel?

sim – qual?

não

2. A atividade industrial atual está relacionada com as atividades potencialmente contaminadoras definidas no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB?

sim – qual?

não

3. Já existiu alguma indústria neste imóvel?

sim – qual?

Não

não sei

4. A atividade industrial que existiu neste imóvel está relacionada com as atividades potencialmente contaminadoras definidas no Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB?

sim – qual?

Não

não sei

5. Existe alguma indústria vizinha ao imóvel?

sim – qual/quais?

não

6. Existiu alguma indústria vizinha ao imóvel?

sim – qual/quais?

Não

não sei

7. O imóvel é usado como:

☐ posto de gasolina

☐ oficina mecânica

☐ galvanoplastia

☐ gráfica

☐ lavanderia/tinturaria

☐ bota-fora

☐ lixão

☐ ferro-velho

☐ recebimento e armazenamento de resíduos domésticos e de entulhos

☐ reciclagem de resíduos domésticos, industriais e de entulhos

☐ não

8. O imóvel já foi usado como:

☐ posto de gasolina

☐ oficina mecânica

☐ galvanoplastia

☐ gráfica

☐ lavanderia/tinturaria

☐ bota-fora

☐ lixão

☐ ferro-velho

☐ recebimento e armazenamento de resíduos domésticos, industriais e de entulhos

☐ reciclagem de resíduos domésticos e de entulhos

☐ não

☐ não sei

9. Algum dos imóveis vizinhos é usado como:

☐ posto de gasolina

☐ oficina mecânica

☐ galvanoplastia

☐ gráfica

☐ lavanderia/tinturaria

☐ bota-fora

☐ lixão

☐ ferro-velho

☐ recebimento e armazenamento de resíduos domésticos, industriais e de entulhos

☐ reciclagem de resíduos domésticos e de entulhos

☐ não

☐ não sei

10. Algum dos imóveis vizinhos já foi usado como:

☐ posto de gasolina

☐ oficina mecânica

☐ galvanoplastia

☐ gráfica

☐ lavanderia/tinturaria

☐ bota-fora

☐ lixão

☐ ferro-velho

☐ recebimento e armazenamento de resíduos domésticos, industriais e de entulhos

☐ reciclagem de resíduos domésticos e de entulhos

☐ não

☐ não sei

Geração, Deposição e Armazenamento de Substâncias Potencialmente Poluidoras

11. São ou foram gerados efluentes líquidos no imóvel?

sim – onde?

Não

não sei

12. São ou eram descartados efluentes líquidos diretamente no solo?

sim – onde?

Não

não sei

13. São ou eram descartados efluentes líquidos em sistemas de drenagem de águas pluviais ou em rede de esgotos? (não incluindo efluentes sanitários e águas de chuva)

sim – onde?

Não

não sei

14. São utilizados ou armazenados no interior do imóvel:

☐ baterias automotivas ou industriais usadas

☐ derivados de petróleo

☐ pesticidas, herbicidas ou outros biocidas

☐ pneus

☐ tintas ou vernizes

☐ resíduos

☐ outros produtos químicos em recipientes individuais de mais de 20 litros ou a granel

qual/quais?

☐ não

☐ não sei

15. Foram armazenadas ou utilizadas no interior do imóvel?

☐ baterias automotivas ou industriais usadas

☐ derivados de petróleo

☐ pesticidas, herbicidas ou outros biocidas

☐ pneus

☐ tintas ou vernizes

☐ resíduos

☐ outros produtos químicos em recipientes individuais de mais de 20 litros ou a granel

qual/quais?

☐ não

☐ não sei

16. Existem bombonas, tambores ou sacos de produtos químicos no imóvel ou nas suas instalações?

sim – qual?

não

17. Existiram no imóvel bombonas, tambores ou sacos de produtos químicos?

sim – qual?

Não não sei

18. Existem no imóvel transformadores, capacitores ou quaisquer equipamentos elétricos?

sim – qual?

não

19. Existiram no imóvel transformadores, capacitores ou quaisquer equipamentos elétricos?

sim – qual?

Não não sei

20. Foi depositado resíduo industrial dentro do imóvel?

sim – qual?

Não não sei

21. Existem atualmente no imóvel tanques de armazenamento de combustíveis e/ou produtos químicos?

Sim () na superfície () subsolo

não

22. Existiram no imóvel tanques de armazenamento de combustíveis e/ou produtos químicos?

Sim () na superfície () subsolo

() não () não sei

23. Existem respiros, bocais de enchimento ou tubulações saindo do solo?

sim – onde?

não

24. Existiram no imóvel respiros, bocais de enchimento ou tubulações saindo do solo?

sim – onde?

Não não sei

25. Existe dentro do imóvel algum poço, lagoa ou lago?

sim – onde?

não

26. Existiu dentro do imóvel algum poço, lagoa ou lago?

sim – onde?

Não não sei

Vestígios de Contaminação

27. Existem ou existiram no interior do imóvel manchas localizadas em:

sim

localização

cor

dimensão

() solo () drenos () telhados () pisos () paredes () não

28. Existem ou existiram alterações anômalas na vegetação no interior do imóvel?

sim – onde?

Não não sei

29. Você já observou animais mortos no interior do imóvel?

sim – onde?

não

30. Ocorreu alguma explosão ou incêndio no imóvel?

sim – onde?

quando?

não

31. Existe ou existiu algum poço, nascente ou mina d'água para abastecimento na propriedade?

sim – onde?

não

32. A água apresenta gosto/cheiro estranho ou causou algum problema de saúde?

sim – qual?

Não não sei

33. A água apresentou gosto/cheiro estranho ou causou algum problema de saúde?

sim – qual?

Não não sei

34. A água foi considerada contaminada por algum órgão ambiental ou de saúde?

sim – qual?

Não não sei

Ações Governamentais no Imóvel

35. Existe qualquer pendência jurídica ou administrativa, ligada a um vazamento ou possibilidade de vazamento de substâncias tóxicas ou de produtos de petróleo, envolvendo os proprietários ou ocupantes do imóvel?

sim – qual?

Não não sei

36. Existem ou existiram notificações e infrações ambientais relacionadas ao imóvel ou a qualquer uma de suas instalações?

sim – qual?

Não não sei
37. Ocorreram infrações ambientais no imóvel?
sim – qual?

Não não sei
38. Foi realizada qualquer avaliação ambiental no imóvel que tenha indicado a presença de substâncias tóxicas ou derivados de petróleo?
sim – qual?

Não não sei
39. Existe na vizinhança do imóvel qualquer empreendimento listado no Cadastro de Áreas Contaminadas da CETESB?
sim – a que distância?

Não não sei

Seguem abaixo as observações referentes a cada uma das questões do questionário:

· Atividades Desenvolvidas no Imóvel

Questão 1

As atividades industriais constituem-se em fonte significativa de contaminação do ar, solo, água superficial e subterrânea. Dessa forma, o cuidado para o desenvolvimento imobiliário nessas áreas deve ser redobrado, devendo ser adotadas várias medidas antes do início de qualquer obra. Deve ser ressaltado que não existe correspondência entre o porte da atividade industrial e a possibilidade de ocorrência de passivos. Pequenas e médias indústrias podem produzir grandes passivos ambientais.

Questão 2

Nem toda atividade industrial é potencialmente poluidora. No Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas, a CETESB apresenta as atividades industriais com maior potencial poluidor.

Questão 3

Valem os comentários da Questão 1, devendo ser ressaltado que, em áreas onde a atividade industrial já não é mais exercida, podem não estar presentes os elementos mais significativos na identificação dessas áreas (prédios, galpões, chaminés). Deve, portanto, ser realizada uma pesquisa histórica para verificação da utilização prévia do terreno.

Questão 4 - Valem os comentários para as Questões 2 e 3.

Questão 5

Em virtude da possibilidade de migração de contaminantes no ar, no solo e nas águas subterrâneas, deve ser dada atenção à existência de atividades industriais desenvolvidas nas propriedades vizinhas ao imóvel.

Questão 6 - Valem os comentários das Questões 3 e 5.

Questão 7

Algumas atividades comerciais e industriais de pequeno e médio porte também são potencialmente poluidoras. Nesta questão, estão listadas algumas das atividades mais comuns que podem vir a se constituir em fontes de contaminação.

Questão 8

Valem os comentários da Questão 7, devendo ser ressaltado que, em áreas onde a atividade comercial ou industrial já não é mais exercida, podem não estar presentes os elementos mais significativos na identificação dessas áreas (placas, tanques enterrados, galpões). Deve, portanto, ser realizada uma pesquisa histórica para verificação da utilização prévia do terreno.

Questão 9

Em virtude da possibilidade de migração de contaminantes no solo e nas águas subterrâneas, deve ser dada atenção à existência de qualquer uma dessas atividades comerciais e industriais desenvolvidas nas propriedades vizinhas do imóvel.

Questão 10 - Valem os comentários das Questões 8 e 9.

· Geração, Deposição e Armazenamento de Substâncias Potencialmente Poluidoras

Questão 11

A geração de efluentes líquidos pode se tornar uma fonte de contaminação. Deve ser verificada a existência de manilhas, tubulações e galerias no interior da propriedade.

Questão 12

Era prática comum no passado o descarte desses efluentes diretamente no solo, para infiltração. Deve ser verificada a existência de tubulações ou poços onde esses efluentes poderiam ter sido infiltrados.

Questão 13

Em alguns casos, a rede de drenagem ou de esgotos pode carregar também efluentes industriais. Deve ser verificada a existência de manilhas, tubulações e galerias no interior da propriedade.

Questão 14

Os itens listados nessa questão são produtos e peças que podem causar ou estarem associados a possíveis contaminações do solo e das águas subterrâneas. A análise da presença desses elementos deverá ser feita com critério, levando-se em conta o volume e a extensão da área ocupada por eles.

Questão 15

A presença pretérita desses elementos pode ser um indicativo de possível contaminação. Deve ser ressaltado que, com o passar do tempo, elementos dispostos na superfície podem ser aterrados, dificultando a sua identificação imediata.

Questão 16

Os itens listados nessa questão são produtos que podem causar ou estarem associados a possíveis contaminações. A análise da presença desses elementos deverá ser feita com critério, levando-se em conta o volume e a extensão da área ocupada por eles.

Questão 17 - Valem os comentários da Questão 15.

Questão 18

Os itens listados nessa questão são peças e equipamentos que podem causar ou estarem associados a possíveis contaminações, principalmente devido a presença de PCB's (bifenilas policloradas, ascarel e outros).

Questão 19

A presença pretérita dessas peças e equipamentos pode ser um indicativo de possível contaminação, principalmente por PCB's. Em unidades industriais desativadas, é muito comum o sucateamento desses equipamentos.

Questão 20

A deposição inadequada de resíduos industriais em áreas urbanas é uma fonte significativa de contaminação. Essa deposição é geralmente realizada ao longo de vias menos movimentadas, de acesso não controlado. Pode ser identificada pela presença de pilhas, geralmente com um ou dois metros de altura de materiais com odor e coloração característicos. Deve-se evitar confundir esses materiais com entulho de construção.

Questão 21

O armazenamento de substâncias químicas em tanques aéreos (acima da superfície) e subterrâneos também pode se constituir em fonte de contaminação.

Questão 22

A existência pretérita desses equipamentos pode se constituir em fonte de contaminação. Devem ser verificados, no caso dos tanques abandonados e inutilizados, os produtos armazenados e as razões de desativação.

Questão 23

Esses elementos no solo do imóvel auxiliam a identificação de equipamentos subterrâneos. Deve ser dada atenção à existência de tubulações, caixas de passagem e tampas de tanques (bocais de enchimento). Esses últimos podem ser identificados por suas formas (circular), dimensões padrão (nove polegadas de diâmetro) e pela presença eventual de logotipos de empresas de petróleo.

Questão 24 - Valem os comentários sobre a questão 23.

Questão 25

A existência de poços, lagos e lagoas permite a coleta e análise de amostras de água, podendo ser verificada a existência de problemas ambientais no imóvel ou nas proximidades.

Questão 26

O aterramento de corpos d'água superficiais ou poços pode ser indicativo de tentativas de ocultamento de contaminações ou da inadequação das águas desses locais para consumo humano. Deve ser dada atenção especial às lagoas de tratamento de efluentes aterradas.

· Vestígios de Contaminação

Questão 27

A presença de manchas localizadas no interior da área do imóvel pode ser indicativa de fontes de contaminação. Deve ser dada atenção especial à coloração, persistência e dimensões das manchas.

Questão 28

Mudanças abruptas ou anômalas no crescimento ou na coloração da vegetação podem ser indicativas de presença de contaminação no solo.

Questão 29

Deve ser levantada a ocorrência de mortes repentinas e significativas de animais no interior da propriedade. Esses eventos podem estar associados à presença de substâncias tóxicas no local. A presença de animais mortos não deve ser considerada como significativa sem a devida investigação.

Questão 30

A ocorrência de incêndios ou explosões no interior do imóvel pode estar associada à presença de substâncias ou materiais inflamáveis no interior da propriedade. Devem ser levadas em conta as datas, dimensões e durações desses incêndios.

Questão 31

A existência de poços de abastecimento de água para consumo humano no interior da propriedade deve ser levantada para verificação da sua qualidade.

Questão 32

Algumas substâncias poluidoras podem apresentar gosto ou odor característico. Em caso de respostas afirmativas, recomenda-se a realização de análises para verificação da sua qualidade de acordo com a Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde.

Questão 33 - Valem os comentários para a Questão 32.

Questão 34

Deve ser levantada a documentação nos órgãos ambiental e de saúde para verificação das causas da contaminação. Esta pode estar relacionada a fontes de contaminação dentro ou fora do imóvel.

· Ações Governamentais Desenvolvidas no Imóvel

Questão 35

A existência de pendências jurídicas envolvendo os proprietários do imóvel pode ser indicativa de problemas ambientais no mesmo.

Questão 36

Notificações e infrações ambientais relacionadas ao imóvel podem indicar a existência de problemas ambientais. Deverá ser verificada a natureza dos fatos geradores dessas medidas administrativas. Essa informação deverá ser obtida nos órgãos ambientais competentes.

Questão 37

Infrações ambientais relacionadas ao imóvel indicam a existência de problemas ambientais. Deverá ser verificada a natureza do fato gerador da infração. Essa informação deverá ser obtida nos órgãos ambientais competentes.

Questão 38

Deve ser verificada a existência prévia de avaliações ambientais que já tenham sido realizadas na área do imóvel. Caso elas existam, os resultados devem ser devidamente avaliados.

Questão 39

A CETESB tem disponível em seu site na Internet (www.cetesb.sp.gov.br) uma lista com as áreas contaminadas já identificadas no Estado de São Paulo. Deve ser levantada a distância entre essas áreas e o imóvel.

**APÊNDICE B – SIMULAÇÃO DE RISCO E PARÂMETROS
UTILIZADOS**

MODELO CONCEITUAL DE EXPOSIÇÃO

MEIO
FÍSICO

VIAS DE INGRESSO

RESIDENCIAL URBANO

CRIANÇA

ADULTO

RECEPTOR NA
FONTE

RECEPTOR FORA DA
FONTE

RECEPTOR NA
FONTE

RECEPTOR FORA DA
FONTE

CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO

SOLO

SUPERFICIAL

CONTATO DIRETO

INALAÇÃO

VAPORES

PARTÍCULAS

CONTATO DÉRMICO

INGESTÃO

INGESTÃO DE VEGETAIS

INALAÇÃO

AMBIENTES ABERTOS

AMBIENTES FECHADOS

INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO

ÁGUA

SUBTERRÂNEA

INALAÇÃO

AMBIENTES ABERTOS

AMBIENTES FECHADOS

USO IRRESTRITO

CONTATO DIRETO

CONTATO DÉRMICO

INGESTÃO

SUPERFICIAL

RECREAÇÃO

INALAÇÃO

INGESTÃO

CONTATO DÉRMICO

SEDIMENTO

INGESTÃO

CONTATO DÉRMICO

NÃO APLICÁVEL

NÃO APLICÁVEL

NÃO APLICÁVEL

NÃO APLICÁVEL

NÃO APLICÁVEL

NÃO APLICÁVEL

		PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS														
		CAS No.	PM (g/mol)	CTE ADMENSIONAL DE HENRY	Densidade (g/ml)	Koc (L/kg)	Solubilidade (mg/L água)	DIFUSIVIDADE NO AR (cm²/s)	DIFUSIVIDADE NO ÁGUA (cm²/s)	PONTO DE FUSÃO (°C)	Kd (L/kg)	Meia Vida (ano)	PC (cm/hora)	Log Kow	Pressão de vapor (Pa)	Fator de Bioconcentração para Metais
PARÂMETROS																
1	Trimethylbenzene, 1,2,4-	95-63-6	120,20	2,50E-01	8,76E-01	7,18E+02	5,70E+01	6,10E-02	7,90E-06	NA	2,15	1,53E-01			2,22E+00	
2	Trimethylbenzene, 1,3,5-	108-67-8	120,20	3,60E-01	8,62E-01	7,03E+02	4,82E+01	6,00E-02	7,80E-06	NA	2,11				2,67E+00	
3	Methylnaphthalene, 2-	91-57-6	142,20	2,10E-02	1,01E+00	2,98E+03	2,46E+01	5,20E-02	7,80E-06	NA	8,94				6,81E-02	
4	Acenaphthene	83-32-9	154,21	7,40E-03	1,22E+00	4,90E+03	3,90E+00	5,10E-02	8,30E-06	NA	14,70	5,59E-01			3,50E-03	
5	Anthracene		120-12-7	178,24	2,30E-03	1,28E+00	2,35E+04	4,34E-02	3,90E-02	7,90E-06	NA	70,50	2,52E+00			1,03E-05
6	Benzene	71-43-2	78,11	2,30E-01	8,77E-01	6,17E+01	1,79E+03	9,00E-02	1,00E-05	NA	0,19	1,97E+00	0,0150	2,13	9,67E+01	
7	Ethylbenzene	100-41-4	106,17	3,20E-01	8,63E-01	2,04E+02	1,69E+02	6,80E-02	8,50E-06	NA	0,61	6,25E-01	0,0490	3,15	9,53E+00	
8	Phenanthrene	85-01-8	178,00	1,73E-03	9,80E-01	2,08E+04	1,15E+00	3,45E-02	6,60E-06	NA	62,40		0,2290		1,21E-04	
9	Fluoranthene	206-44-0	202,26	3,60E-04	1,25E+00	4,91E+04	2,60E-01			NA	147,30	2,41E+00	0,2200	4,95	8,66E-06	
10	Fluorene	86-73-7	166,22	3,90E-03	1,20E+00	7,71E+03	1,89E+00	4,40E-02	7,90E-06	NA	23,13	3,29E-01			8,31E-04	
11	Xylene, Mixture	1330-20-7	106,17	2,70E-01		4,43E+02	1,06E+02	8,50E-02	9,90E-06	NA	1,33	1,00E+00			5,03E+00	
12	Naphthalene	91-20-3	128,18	1,80E-02	1,03E+00	1,19E+03	3,10E+01	6,00E-02	8,40E-06	NA	3,57	7,07E-01	0,0470	3,3	8,09E-02	
13	Pyrene	129-00-0	202,26	4,90E-04	1,27E+00	6,80E+04	1,35E-01	2,80E-02	7,20E-06	NA	204,00	1,04E+01			6,04E-06	
14	Toluene	108-88-3	92,14	2,70E-01	8,62E-01	1,40E+02	5,26E+02	7,80E-02	9,20E-06	NA	0,42	7,67E-02	0,0310	2,73	2,88E+01

PLANILHA DE ENTRADA DE DADOS

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESIDENCIAL URBANO			ESPECÍFICO
			Referência CETESB	VALORES ESPECÍFICOS	VALORES DE CÁLCULO	
Cenários Associados a Intrusão de Vapores						
Ab	Área das Fundações	cm ²	200000,00		200000,00	
Lb	Pé Direito	cm	250,00		250,00	
Lcrk	Espessura das fundações/paredes de construções	cm	10,00		10,00	
Cenários Associados a Inalação de Vapores a partir do Solo e Água Subterrânea						
Lss	Profundidade da Fonte no Solo Subsuperficial	cm	100		100	
dss	Espessura do Solo Subsuperficial Impactado	cm	345		345	
Wss	Largura do solo subsuperficial impactado	cm	4500		4500	
Lgw	Profundidade do Nível d'Água	cm	450		450,00	
T	Temperatura da Água Subterrânea	K	298		298,00	
Ww	Largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea	cm	4500		4500	
δgw	Espessura da pluma dissolvida na água subterrânea	cm	200		200	
θT	Porosidade Total	-	0,460		0,460	
ps	Densidade do Solo	g/cm3	1,300		1,300	
foc	Fração de Carbono Orgânico no Solo	g-C/g-solo	0,003		0,0030	
Cenários Associados a Lixiviação do Solo Subsuperficial para Água Subterrânea						
SIR	Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	66,10		66,10	
Cenários Associados ao Contato Direto com Solo superficial						
Ls	Espessura do Solo Superficial Impactado	cm	100		100	
A	Área de Emissão de Vapores	cm ²	20250000		20250000	
Ws	Largura do solo superficial impactado	cm	4500		4500	
Cenários Associados ao Transporte de Contaminante em Meio Saturado						
Sd	Espessura da Fonte na Água Subterrânea	cm	200		200	
Sw	Largura da Fonte	cm	4500		4500	
i	Gradiente Hidráulico	-	0,050		0,0500	
K	Condutividade Hidráulica	cm/dia	11,23		11,23	
x	Distância entre a área fonte na água subterrânea e o Ponto de Exposição	cm	4500		4500	
θef	Porosidade Efetiva	cm3/cm3	0,120		0,1200	

<div> CETESB</div>		CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA SOLO SUPERFICIAL E SUBSUPERFICIAL																	
				RESIDENCIAL URBANO														CRIANÇA			
				NO PONTO DE EXPOSIÇÃO																NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO	
				SUPERFICIAL										SUBSUPERFICIAL						SUBSUPERFICIAL	
				CONTATO DIRETO						INGESTÃO DE VEGETAIS				INALAÇÃO				INGESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA A PARTIR DA LIXIVIAÇÃO DO SOLO		LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA	
INALAÇÃO		CONTATO DÉRMICO	INGESTÃO	INGESTÃO DE COMPOSTOS METÁLICOS		INGESTÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS											
VAPORES	PARTÍCULAS																				
CAS No.				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg			
1	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	3,24E+02	0	6,46E+08	0	ND	0	ND	0	ND	0	4,70E+01	0	2,70E-01	0	ND	0		
2	108-67-8	Trimethylbenzene, 1,3,5-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	2,78E+02	0	5,54E+08	0	ND	0	3,91E+03	0	ND	0	4,03E+01	0	1,98E-01	0	1,51E+00	0		
3	91-57-6	Methylnaphthalene, 2-	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	3,13E+02	0	ND	0	ND	0	ND	0	6,47E-01	0		
4	83-32-9	Acenaphthene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	7,55E+03	0	4,69E+03	0	ND	0	ND	0	ND	0	1,58E+01	0		
5	120-12-7	Anthracene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	3,77E+04	0	2,35E+04	0	ND	0	ND	0	ND	0	3,77E+02	0		
6	71-43-2	Benzene	C	7,13E+02	0	1,42E+09	0	ND	0	1,71E+02	0	ND	0	1,02E-01	0	1,03E+02	0	5,08E-01	0		
			NC	1,39E+03	0	2,77E+09	0	ND	0	3,13E+02	0	ND	0	1,87E-01	0	2,01E+02	0	9,91E-01	0		
7	100-41-4	Ethylbenzene	C	2,22E+03	0	4,43E+09	0	ND	0	8,53E+02	0	ND	0	8,71E-01	0	3,22E+02	0	1,59E+00	0		
			NC	4,63E+04	0	9,23E+10	0	ND	0	7,82E+03	0	ND	0	7,98E+00	0	6,72E+03	0	3,30E+01	0		
8	85-01-8	Phenanthrene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
9	206-44-0	Fluoranthene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	5,03E+03	0	3,13E+03	0	ND	0	1,63E+02	0	ND	0	1,05E+02	0		
10	86-73-7	Fluorene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	5,03E+03	0	3,13E+03	0	ND	0	ND	0	ND	0	1,66E+01	0		
11	1330-20-7	Xylene, Mixture	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	4,63E+03	0	9,23E+09	0	ND	0	1,56E+04	0	ND	0	ND	0	6,72E+02	0	3,30E+00	0		
12	91-20-3	Naphthalene	C	1,64E+02	0	3,26E+08	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	5,62E+01	0	3,04E+00	0		
			NC	1,39E+02	0	2,77E+08	0	2,52E+03	0	1,56E+03	0	ND	0	7,99E+00	0	4,77E+01	0	2,58E+00	0		
13	129-00-0	Pyrene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	3,77E+03	0	2,35E+03	0	ND	0	ND	0	ND	0	1,09E+02	0		
14	108-88-3	Toluene	C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	2,32E+05	0	4,61E+11	0	ND	0	6,26E+03	0	ND	0	6,18E+00	0	3,36E+04	0	1,65E+02	0		
15			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
16			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
17			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
18			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
19			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
20			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
21			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
22			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
23			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
24			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
25			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
26			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
27			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
28			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
29			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
30			C	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0		
			NC	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0

CONTAMINANTE	EFEITO	CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS ACEITÁVEIS PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA															
			RESIDENCIAL URBANO								CRIANÇA							
			NO PONTO DE EXPOSIÇÃO								NA FONTE DE CONTAMINAÇÃO A UMA DISTANCIA DO PONTO DE EXPOSIÇÃO							
			INALAÇÃO				USO IRRESTRITO				INALAÇÃO				USO IRRESTRITO			
CAS No.			AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DERMICO		INGESTÃO		AMBIENTES ABERTOS		AMBIENTES FECHADOS		CONTATO DERMICO		INGESTÃO	
			mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L		mg/L	
1	95-63-6	Trimethylbenzene, 1,2,4-	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			3,41E+01	0	2,73E-01	0	ND	0	ND	0	2,11E+23	0	1,69E+21	0	ND	0	ND	0
2	108-67-8	Trimethylbenzene, 1,3,5-	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			2,29E+01	0	1,76E-01	0	ND	0	7,82E-01	0	7,04E+01	0	5,41E-01	0	ND	0	2,40E+00	0
3	91-57-6	Methylnaphthalene, 2-	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	6,26E-02	0	ND	0	ND	0	ND	0	1,92E-01	0
4	83-32-9	Acenaphthene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	9,39E-01	0	ND	0	ND	0	ND	0	6,16E+29	0
5	120-12-7	Anthracene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	4,69E+00	0	ND	0	ND	0	ND	0	2,44E+31	0
6	71-43-2	Benzene	5,65E+01	0	4,47E-01	0	2,38E-01	0	3,41E-02	0	1,68E+03	0	1,33E+01	0	7,06E+00	0	1,01E+00	0
			1,10E+02	0	8,72E-01	0	4,36E-01	0	6,26E-02	0	3,27E+03	0	2,59E+01	0	1,29E+01	0	1,86E+00	0
7	100-41-4	Ethylbenzene	1,78E+02	0	1,38E+00	0	3,64E-01	0	1,71E-01	0	2,55E+07	0	1,98E+05	0	5,21E+04	0	2,44E+04	0
			3,71E+03	0	2,88E+01	0	3,34E+00	0	1,56E+00	0	5,32E+08	0	4,12E+06	0	4,78E+05	0	2,24E+05	0
8	85-01-8	Phenanthrene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
9	206-44-0	Fluoranthene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	2,97E-01	0	6,26E-01	0	ND	0	ND	0	3,98E+45	0	8,38E+45	0
10	86-73-7	Fluorene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	6,26E-01	0	ND	0	ND	0	ND	0	3,12E+49	0
11	1330-20-7	Xylene, Mixture	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			3,42E+02	0	2,68E+00	0	ND	0	3,13E+00	0	2,82E+08	0	2,20E+06	0	ND	0	2,57E+06	0
12	91-20-3	Naphthalene	9,19E+01	0	1,20E+00	0	ND	0	ND	0	2,24E+14	0	2,92E+12	0	ND	0	ND	0
			7,81E+01	0	1,02E+00	0	6,96E-01	0	3,13E-01	0	1,91E+14	0	2,48E+12	0	1,70E+12	0	7,63E+11	0
13	129-00-0	Pyrene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	4,69E-01	0	ND	0	ND	0	ND	0	1,36E+25	0
14	108-88-3	Toluene	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			1,86E+04	0	1,46E+02	0	4,22E+00	0	1,25E+00	0	3,31E+18	0	2,59E+16	0	7,52E+14	0	2,23E+14	0
15			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
16			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
17			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
18			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
19			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
20			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
21			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
22			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
23			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
24			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
25			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
26			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
27			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
28			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
29			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
30			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0
			ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0

Risco Máximo Aceitável para Substâncias Carcinogênicas
Quociente de Perigo Máximo Aceitável para Substâncias não Carcinogênicas

1,00E-05
1

NA Não Avaliado
ND Não Disponível

CAS No.	CONTAMINANTE	COEFICIENTE DE DIFUSÃO EFETIVA					FATORES DE LIXIVAÇÃO E SATURAÇÃO					FATOR DE VOLATILIZAÇÃO E LIXIVAÇÃO										FATOR DE ATENUAÇÃO POR DILUIÇÃO										VEGETAIS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		SOLO					FATOR DE DILUIÇÃO pela Lixivação (LDF)					FATOR de Partição Fase Resolida-Agua Intersticial (K _{ow})					CONCENTRAÇÃO DE SATURAÇÃO NO SOLO					SUPERFICIAL					SUBSUPERFICIAL					ÁGUA SUBTERRÂNEA					FATOR DE ATENUAÇÃO POR DILUIÇÃO					FATOR de bio-concentração (BCF _p) para SGI's metálicas					Concentração de SGI em partículas depositadas nas folhas (C _{sp})					Fator de concentração do fluxo de transpiração para SGI's orgânicas (TSCF)					Coeficiente de partição entre as folhas e a atmosfera para SGI's Orgânicas (K _{LA})					Expressão de perda para as folhas (a)					Constante da fugacidade para o solo para SGI's orgânicas (Z _s)					Constante de fugacidade da água para SGI's orgânicas (Z _w)					Constante de fugacidade para o ar para SGI's orgânicas (Z _a)					Fração da massa de água no solo para SGI's orgânicas (P _w)					Equilíbrio da partição entre raiz e água para SGI's orgânicas (K _{LA})					Fator de bio-concentração para culturas tuberosas de SGI's orgânicas (BCF _t)					Porção depositada descontando-se a concentração do solo (C _{dsp}) (C _{dsp}) (C _{dsp})																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																						VAPORES					PARTICULAS					AMBIENTES ABERTOS					AMBIENTES FECHADOS																																																																	FATOR DE RETARDAÇÃO					COEFICIENTE DE DECAIMENTO DE 1ª ORDEM					POE					FAN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
																						m ² /s	m ² /s	m ² /s	m ² /s	m ² /s	µL	µL	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³																																																													m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³

FATORES DE INGRESSO														
	MEIO FÍSICO		VIAS DE INGRESSO			UNIDADE	RESIDENCIAL URBANO								
							CRIANÇA				ADULTO				
CAMINHOS DE EXPOSIÇÃO	SOLO	SUPERFICIAL	CONTATO DIRETO	INALAÇÃO	VAPORES	(m3/kg.dia)	1,66E-02	C	1,99E-01	NC	1,37E-02	C	3,29E-02	NC	
					PARTÍCULAS	(m3/kg.dia)	1,66E-02	C	1,99E-01	NC	1,37E-02	C	3,29E-02	NC	
				CONTATO DÉRMICO			(1/dia)	5,10E-06	C	6,12E-05	NC	4,14E-06	C	9,94E-06	NC
				INGESTÃO			(1/dia)	1,07E-06	C	1,28E-05	NC	5,71E-07	C	1,37E-06	NC
				INGESTÃO DE VEGETAIS			(dia/kg.dia)	5,33E-03	C	6,39E-02	NC	5,71E-03	C	1,37E-02	NC
		SUBSUPERFICIAL	INALAÇÃO			AMBIENTES ABERTOS	(m3/kg.dia)	3,32E-02	C	3,99E-01	NC	5,48E-02	C	1,32E-01	NC
						AMBIENTES FECHADOS	(m3/kg.dia)	5,28E-02	C	6,34E-01	NC	8,68E-02	C	2,08E-01	NC
			LIXIVIAÇÃO PARA ÁGUA SUBTERRÂNEA			(L/kg.dia)	5,33E-03	C	6,39E-02	NC	1,14E-02	C	2,74E-02	NC	
	ÁGUA	SUBTERRÂNEA	INALAÇÃO			AMBIENTES ABERTOS	(m3/kg.dia)	3,32E-02	C	3,99E-01	NC	5,48E-02	C	1,32E-01	NC
						AMBIENTES FECHADOS	(m3/kg.dia)	5,28E-02	C	6,34E-01	NC	8,68E-02	C	2,08E-01	NC
			USO IRRESTRITO	CONTATO DIRETO	CONTATO DÉRMICO	(cm².hora)/kg.dia	5,10E-02	C	6,12E-01	NC	2,37E-01	C	5,68E-01	NC	
					INGESTÃO	(L/kg.dia)	5,33E-03	C	6,39E-02	NC	1,14E-02	C	2,74E-02	NC	
		SUPERFICIAL	RECREAÇÃO	INALAÇÃO			(m3/kg.dia)	NA	C	NA	NC	NA	C	NA	NC
				INGESTÃO			(L/kg.dia)	NA	C	NA	NC	NA	C	NA	NC
				CONTATO DÉRMICO			(cm2.hora)/kg.dia	NA	C	NA	NC	NA	C	NA	NC
	SEDIMENTO		INGESTÃO			(1/dia)	NA	C	NA	NC	NA	C	NA	NC	
			CONTATO DÉRMICO			(1/dia)	NA	C	NA	NC	NA	C	NA	NC	

C

NC

NA

Substância Química Carcinogênica

Substância Química não Carcinogênica

Não Avaliado

CETESB	PARÂMETROS DO MEIO FÍSICO			
PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	CETESB	REFERÊNCIA
Parâmetro de Construção				
Ab	Área das Fundações	cm ²	200000	CETESB, 2009
Lb	Pé Direito	cm	250	CETESB, 2009
Lcrk	Espessura das fundações/paredes de construções	cm	10	CETESB, 2009
η	Fração da área de rachaduras/fendas nas fundações/paredes	cm2-fenda/cm2-área total	0,01	ASTM, 2001
θacr	Conteúdo volumétrico de ar nas fundações/paredes	cm3-ar/cm3-vol total	0,2806	MAXIMIANO, 2001
θwcr	Conteúdo volumétrico de água nas fundações/paredes	cm3-H2O/cm3-vol total	0,1794	MAXIMIANO, 2001
Xcrk	Perímetro das Fundações	cm	1788,85	CETESB, 2009
Zcrk	Profundidade da base das fundações	cm	10	CETESB, 2009
Parâmetros do Ar				
ER	Razão de troca de ar em espaços fechados	1/seg	1,39E-04	EPA, CEFR
Pa	Taxa de emissão de partículas	g/cm ² .seg	6,900E-14	ASTM, 2001
t	Tempo médio do fluxo de vapor a partir da fonte	s	9,46E+08	ASTM, 2001
Uar	Velocidade do ar na zona de respiração	cm/s	100	EPA, CEFR, ASTM, 2002
δar	Altura da Zona de Mistura do ar em Ambiente Aberto	cm	200	ASTM, 2001
Parâmetros dos Solo				
hv	Espessura da Zona Não Saturada	cm	445	CETESB, 2009
Kv	Permeabilidade do Solo ao Vapor	cm ²	1,00E-06	CETESB, 2009
Ls	Espessura do Solo Superficial Impactado	cm	100	ASTM, 2002
Lss	Profundidade do Topo da Fonte no solo subsuperficial	cm	100	ASTM, 2002
dss	Espessura do Solo Subsuperficial Impactado	cm	345	ASTM, 2002
θas	Conteúdo Volumétrico de Ar na Zona Não Saturada	cm3-ar/cm3-solo	0,281	θ _{as} = θ _r - θ _{ws}
θT	Porosidade Total	cm3/cm3	0,460	CETESB, 2009
θws	Conteúdo Volumétrico de Água na Zona Não Saturada	cm3-H2O/cm3-solo	0,179	CETESB, 2009
ps	Densidade do Solo	g-solo/cm3-solo	1,3	CETESB, 2009
Parâmetros da Fonte				
A	Área da Fonte (Emissão de Vapores e Solo Impactado)	cm ²	20250000	CETESB, 2009
Sd	Espessura da Fonte na Água Subterrânea	cm	200	ASTM (2002)
Sw	Largura da Fonte na Água Subterrânea	cm	4500	CETESB, 2009
Wss	Largura da área fonte no solo subsuperficial	cm	4500	ASTM (2002)
Ws	Largura da área fonte no solo superficial	cm	4500	ASTM (2002)
Parâmetros de Água Subterrânea				
foc	Fração de Carbono Orgânico no Solo (Zona Saturada)	g-C/g-solo	0,003	MAXIMIANO, 2001
hcap	Espessura da Franja Capilar	cm	5	ASTM, 2001
i	Gradiente Hidráulico	adimensional	0,050	CETESB, 2009
K	Condutividade Hidráulica	cm/dia	11,23	CETESB, 2009
Lgw	Profundidade do Nível d'Água	cm	450,0	CETESB, 2009
l	Taxa de infiltração no Solo	cm/ano	66,1	MAXIMIANO, 2001
T	Temperatura da Água Subterrânea	K	298	CETESB, 2009
Ugw	Velocidade de Darcy	cm/dia	0,56	U _{GW} = (k x i)
vs	Velocidade de Escoamento	cm/dia	4,68	CETESB, 2009
Ww	Largura da área fonte na direção paralela ao fluxo da água subterrânea	cm	4500	CETESB, 2009
x	Distância entre a área fonte na água subterrânea e o Ponto de Exposição	cm	4500	CETESB, 2009
αx	Dispersividade Longitudinal	m	4,50	α _x = x*0,1
αy	Dispersividade Transversal	m	1,49	α _y = α _x *0,33
αz	Dispersividade Vertical	m	0,23	α _z = α _x *0,05
δgw	Espessura da pluma dissolvida na água subterrânea	cm	200	ASTM (2002)
θacap	Conteúdo Volumétrico de Ar na Franja Capilar	cm3-ar/cm3-solo	0,046	θ _{acap} = 0,1 x θ _T
θef	Porosidade Efetiva	cm3/cm3	0,120	GELHAR, et al
θwcap	Conteúdo Volumétrico de Água na Franja Capilar	cm3-H2O/cm3-solo	0,414	θ _{wcap} = 0,9 x θ _T
Parâmetros de Transporte				
dp	Gradiente de Pressão	(g/cm.s ²)	0	CETESB, 2009
μar	Viscosidade do Ar	(g/cm.s ²)	1,81E-04	CETESB, 2009
Qs	Fluxo Convectivo ao longo das Fundações	(cm ³ /s)	0,000	CETESB, 2009
R	Constante Universal dos Gases	atm-L/mol-K	0,082	ASTM, 2002

PARÂMETROS DE EXPOSIÇÃO					
	VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	UNIDADE	RESIDENCIAL URBANO		REFERÊNCIA
				CRIANÇA	ADULTO	
ED	Duração da exposição	Anos	6		30	CETESB, 2001
ExpVida	Expectativa de Vida	Anos	72		72	ASTM, 2001
ATc	Tempo médio para efeitos carcinogênicos	dias	26280		26280	CETESB, 2009
ATn	Tempo médio para efeitos não carcinogênicos	dias	2190		10950	IBGE, 2008
BW	Massa corpórea	kg	15		70	Couto, 2006
ET	Tempo de Exposição para inalação de partículas e vapores do solo superficial	Horas/dia	4		2	US.EPA RAGS, 1989
ET	Tempo de Exposição para contato dérmico com água subterrânea	Horas/dia	2		4	US.EPA CEFR
ET	Tempo de Exposição para inalação de vapores em ambientes abertos	Horas/dia	8		8	RVM
ET	Tempo de Exposição para inalação de vapores em ambientes Fechados	Horas/dia	16		16	Capeletti, 2000
ET	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. - contato dérmico	Horas/dia	2		1	IBGE, 2008
ET	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. - inalação	Horas/dia	2		1	CETESB, 2009
ET	Tempo de Exposição durante recreação em água sup. - ingestão	Horas/dia	2		1	CETESB, 2009
EF	Frequência de Exposição para Contato dérmico com solo superficial	dias/ano	350		350	CETESB, 2009
EF	Frequência de Exposição para Contato dérmico com a água subterrânea	dias/ano	350		350	CETESB, 2009
EF	Frequência da Exposição para recreação	dias/ano	104		104	CETESB, 2009
EF	Frequência da Exposição	dias/ano	350		350	CETESB, 2009
EV	Frequência de Eventos para contato dérmico com o solo	eventos/dia	1		1	CETESB, 2009
IRs	Taxa de ingestão de solo	mg/dia	200,0		100,0	CETESB, 2009
IRaesp	Taxa de inalação diária em ambientes fechados	m³/hora	0,62		0,95	CETESB, 2009
IRaamb	Taxa de inalação diária em ambientes abertos	m³/hora	0,78		1,20	CETESB, 2009
IRw	Taxa de ingestão diária de água	L/dia	1,00		2,00	CETESB, 2009
IRrec	Taxa de ingestão de água durante a recreação na água superficial	L/hora	0,05		0,05	CETESB, 2009
AF	Fator de aderência do solo na pele	mg/cm²_evento	0,20		0,07	CETESB, 2009
SA	Área superficial da pele disponível para contato dérmico - solo e água subterrânea	cm²	4783		10367	CETESB, 2009
SArec	Área superficial da pele disponível para contato dérmico durante recreação na água superficial					CETESB, 2009
FI	Fração Ingerida da Fonte de Contaminação - Solo	-	1		1	CETESB, 2009
FD	Fração da fonte em contato dérmico	-	1		1	CETESB, 2009
THI	Quociente de Risco não Carcinogenico	-	1,00		1,00	CETESB, 2009
TR	Risco Carcinogênico	-	1,00E-05		1,00E-05	CETESB, 2009
VEGETAIS						
ED _{veg}	Duração da exposição para consumo de vegetais	Anos	6,00E+00		3,00E+01	USEPA, 2002d
EF _{veg}	Frequência de exposição para consumo de vegetais	dias/ano	3,50E+02		3,50E+02	CETESB, 2009
F _{veg}	Fração ingerida de vegetais provenientes de área contaminada	-	1,00E+00		1,00E+00	
ATc _{veg}	Tempo médio para carcinogênicos genotóxicos	dia	2,63E+04		2,63E+04	CETESB, 2005
ATnc _{veg}	Tempo médio para não carcinogênicos	dia	2,19E+03		1,10E+04	CETESB, 2009
IR _L	Taxa de ingestão de culturas caseiras foliáceas/estruturais	kg/dia	5,83E-02		1,39E-01	RIVM 711701040
IR _R	Taxa de ingestão de culturas tuberosas caseiras	kg/dia	5,95E-02		1,22E-01	RIVM 711701041
DP _{CONST.}	Constante de deposição de partículas nas folhas vegetais	-	1,00E-02		1,00E-02	
frk	Fator de conversão de peso em base seca para base úmida para raízes	-		5,99E+00		RIVM 711701042
frb	Fator de conversão de peso em base seca para base úmida para cultura foliáceas	-		1,02E+01		RIVM 711701043
Wp	Teor de umidade nas folhas da planta	g/g		8,00E-01		Trapp e Matteis, 1995
Lp	Conteúdo lipídico na planta foliácea	g/g		2,00E-02		Trapp e Matteis, 1995
b	Expoente de correção para diferenças entre lipídios da planta e octanol	-		9,50E-01		Trapp e Matteis, 1995
Am	Constante da taxa de metabolismo	1/dia		0,00E+00		consideração conservadora
Ap	Constante da taxa de foto-degradação	1/dia		0,00E+00		consideração conservadora
Ag	Constante da taxa de crescimento	1/dia		3,50E-02		consideração conservadora
V _L	Volume foliar	m³		2,00E-03		Trapp e Matteis, 1995
g	Condutividade	m/dia		8,64E+01		Trapp e Matteis, 1995
A _L	Área foliar	m²		5,00E+00		Trapp e Matteis, 1995
Vs	Fração de volume no solo	-		5,40E-01		CETESB, 2001
T _{ar}	Temperatura	K		2,98E+02		Trapp e Matteis, 1995
R	Constante Universal dos Gases	(Pa.m³)/(mol.K)		8,31E+00		CETESB, 2001
V _w	Fração de volume na água	-		1,79E-01		CETESB, 2001
V _a	Fração do volume no ar	-		2,81E-01		CETESB, 2001
Q	Fluxo de transpiração	L/dia		1,00E+00		Trapp, 2002
P _{plant}	Densidade do tecido da planta	kg/m³		8,00E+02		Rikken e Lijzen, 2004
fdws	Razão de base seca para base úmida em culturas foliáceas	kg dw/kg fw		9,80E-02		RIVM 711701043
W _{Trapp}	Teor de umidade nas raízes	gm/gm		8,90E-01		Trapp 2002
L _{Trapp}	Conteúdo lipídico na raiz	gm/gm		5,00E-03		Rikken e Lijzen, 2004
a	correção da densidade	-		1,22E+00		Trapp, 2002
b _{Trapp}	Fator empírico	-		7,70E-01		Rikken e Lijzen, 2004
V _{Trapp}	Volume radicular	L		1,00E+00		Trapp, 2002
k	Constante de primeira ordem da taxa de crescimento	1/dia		1,00E-01		Trapp, 2002
FATORES DE CONVERSÃO						
CFh	Fator de Conversão de dia para hora	hora/dia		24		-
CFx	Fator de Conversão de L para kg	kg/L		1,00E+00		-
CFd	Fator de Conversão de L para cm³	L/cm³		1,000E-03		-
CFt	Fator de Conversão de m³ para L	m³/L		1,000E-03		-
CFk	Fator de Conversão de mg para kg	kg/mg		1,000E-06		-
CFm	Fator de Conversão de cm³ para m³	cm³/m³		1,000E-06		-
CFn	Fator de Conversão de mg para ug	mg/ug		1,000E-03		-
CFi	Fator de Conversão de L ou Kg para m³	L/m³		1,000E+03		-
CFb	Fator de Conversão de L ou Kg para m³	mg/m³		1,000E-06		-
CFj	Fator de Conversão de L ou Kg para m³	kg/m³		1,000E+03		-

APÊNDICE C – LAUDOS LABORATORIAIS – COMBUSTÍVEIS

RELATÓRIO DE ENSAIO

INTERESSADO: ENGEO GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE LTDA
Rua Alameda Princesa Izabel, 531
CEP: 09.750-340 - São Bernardo do Campo/SP
Tel (11) 4121-7410

LABORATÓRIO CONTRATADO: Analytical Technology Serviços
Analíticos e Ambientais Ltda.

PROJETO: ENGEO/CONAM

IDENTIFICAÇÃO AT: LOG nº 1649/2009

Dados referentes ao Projeto

1. Identificação das amostras

ID AT	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
14749/2009-1.0	AMOSTRA: AMGAS / DATA: 18/05/2009 /HORA:14:49 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: ENGEO/CONAM
14750/2009-1.0	AMOSTRA: AMDIE / DATA: 18/05/2009 /HORA:15:05 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: ENGEO/CONAM

2. Custódia das amostras

Data de recebimento de amostra: 18/05/2009

Data de emissão do relatório eletrônico: 27/05/2009

Período de retenção das amostras: até 30 dias após a publicação (até essa data as amostras estarão disponíveis para devolução e/ou checagem)

3. Resultados de análises

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: VOC - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

LOGIN: 14749/2009-1.0

PONTO: AMGAS

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 14:49

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Diclorodifluormetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Clorometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Cloreto de Vinila	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Bromometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Cloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Triclorofluormetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Acetona	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
1,1-Dicloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Iodometano	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
Dissulfeto de Carbono	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
Cloreto de Metileno	400	µg/L	ND	2000,0	6000,0	1
Metil-t-butil-eter	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Trans-1,2-Dicloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Acetato de Vinila	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
1,1-Dicloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
2-Butanona	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
Cis-1,2-Dicloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
2,2-Dicloropropano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Bromoclorometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Clorofórmio	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,1,1-Tricloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,1-Dicloropropeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Tetracloroeto de Carbono	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2-Dicloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Benzeno	400	µg/L	4040,8	400,0	1200,0	1
Tricloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2-Dicloropropano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Dibromometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Bromodiclorometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
2-Cloroetilvinil eter	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
Trans-1,3-Dicloropropeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
4-Metil-2-Pentanona	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
Tolueno	400	µg/L	26011,2	400,0	1200,0	1
Cis-1,3-Dicloropropeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,1,2-Tricloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
2-Hexanona	400	µg/L	ND	1200,0	3600,0	1
1,3-Dicloropropano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Tetracloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Dibromoclorometano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2-Dibromoetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Clorobenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Etilbenzeno	400	µg/L	3079,2	400,0	1200,0	1
1,1,1,2-Tetracloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
m,p-Xilenos	400	µg/L	6946,8	400,0	1200,0	1
o-Xileno	400	µg/L	3249,2	400,0	1200,0	1
Estireno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Bromoformio	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Isopropilbenzeno	400	µg/L	931,2	400,0	1200,0	1
1,1,2,2-Tetracloroetano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2,3-Tricloropropano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
Bromobenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
n-Propilbenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,3,5-Trimetilbenzeno	400	µg/L	727,6	400,0	1200,0	1
2-Clorotolueno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
4-Clorotolueno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
terc-Butilbenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2,4-Trimetilbenzeno	400	µg/L	3780,4	400,0	1200,0	1
sec-Butilbenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
p-Isopropiltolueno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,4-Diclorobenzeno.	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1

n-Butilbenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,2,3-Triclorobenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1
1,3,5-Triclorobenzeno	400	µg/L	ND	400,0	1200,0	1

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
Dibromofluormetano	103,1	70-130
1,2-Dicloroetano-d4	94,1	70-130
Tolueno-d8	95,3	70-130
p-Bromofluorbenzeno	96,1	70-130

Observações:

N.D.: Não Detectado

L.D.: Limite de Detecção

L.Q.: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
1	USEPA 8260B	LOR013	25/05/2009	27/05/2009	2491/2009

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: SVOC - COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI-VOLÁTEIS

LOGIN: 14749/2009-1.0

PONTO: AMGAS

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 14:49

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Metil metanosulfonato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Etil metanosulfonato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Anilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroetil)eter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Clorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,3-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,4-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Álcool Benílico	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroisopropil)eter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
N-Nitrosodi-n-propilamina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexacloroetano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Nitrobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Isoforona	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Nitrofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Dimetilfenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroetoxi)metano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,4-Triclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Naftaleno	50	µg/L	506,4	5,00	15,0	4
4-Cloroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexaclorobutadieno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Cloro-3-Metilfenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Metilnaftaleno	50	µg/L	611,4	5,00	15,0	4
Hexaclorociclopentadieno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Metil-4,6-dinitrofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4,5-Triclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4,6-Triclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Cloronaftaleno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dimetilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Acenaftileno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
3-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Acenafteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dibenzofurano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,6-Dinitrotolueno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dietilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fluoreno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Clorofenil Fenil Éter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
N-Nitrosodifenilamina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Bromofenil Fenil Éter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexaclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Pentaclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fenantreno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Antraceno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Di-N-Butilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fluoranteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Pireno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Butil Benzilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(a)antraceno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Criseno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis[2-Etilexil]ftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Di-n-Octilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(b)fluoranteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(k)fluoranteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(a)pireno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Indeno(1,2,3-cd)pireno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dibenzo(a,h)antraceno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(g,h,i)perileno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4

o-Cresol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
m,p-Cresol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Dinitrotolueno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Azobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Carbazol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,3,4,6-Tetraclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Clorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,6-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
3,4-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Pentaclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,3,4,5-Tetraclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Crítérios de Aceitação (%)
2-Fluorfenol	54,8	40-135
Fenol-d6	65,1	40-135
2-Fluorbifenil	85,9	40-135
Nitrobenzeno-d5	101,6	40-135
Terfenil-d14	81,2	40-135
2,4,6-Tribromofenol	63,7	40-135

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
4	USEPA 8270D	LOR015	21/05/2009	22/05/2009	2401/2009

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: TPH-FP

LOGIN: 14749/2009-1.0

PONTO: AMGAS

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 14:49

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
C10	50	µg/L	1597,9	250,0	750,0	11
C11	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C12	50	µg/L	678,4	250,0	750,0	11
C13	50	µg/L	614,3	250,0	750,0	11
C14	50	µg/L	505,4	250,0	750,0	11
C15	50	µg/L	454,7	250,0	750,0	11
C16	50	µg/L	277,7	250,0	750,0	11
C17	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
Pristano	50	µg/L	270,3	250,0	750,0	11
C18	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
Fitano	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C19	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C20	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C21	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C22	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C23	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C24	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C25	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C26	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C27	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C28	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C29	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C30	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C31	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C32	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C33	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C34	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C35	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
C36	50	µg/L	ND	250,0	750,0	11
n-Alcanos	-	µg/L	4128,4	n/a	n/a	11
MCNR	-	µg/L	31485,7	n/a	n/a	11
HRP	-	µg/L	35602,3	n/a	n/a	11
TPH Total	-	µg/L	67088,1	7250,0	21750,0	11

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
C20-d42	(1)	40-135
C24-d50	(1)	40-135

Perfil Cromatográfico:

O perfil cromatográfico da amostra apresenta contaminação proveniente de compostos orgânicos derivados do petróleo, eluindo na faixa da gasolina.

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

(1) Recuperação do surrogate fora dos critérios de aceitação devido a interferência de matriz

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
11	USEPA 8015C	LOR005	21/05/2009	22/05/2009	2402/2009

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: VOC - COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS

LOGIN: 14750/2009-1.0

PONTO: AMDIE

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 15:05

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Diclorodifluormetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Clorometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Cloreto de Vinila	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Bromometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Cloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Triclorofluormetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Acetona	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
1,1-Dicloroeteno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Iodometano	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
Dissulfeto de Carbono	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
Cloreto de Metileno	100	µg/L	ND	500,0	1500,0	1
Metil-t-butil-eter	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Trans-1,2-Dicloroeteno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Acetato de Vinila	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
1,1-Dicloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
2-Butanona	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
Cis-1,2-Dicloroeteno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
2,2-Dicloropropano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Bromoclorometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Clorofórmio	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,1,1-Tricloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,1-Dicloropropeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Tetracloroeto de Carbono	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2-Dicloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Benzeno	100	µg/L	343,0	100,0	300,0	1
Tricloroeteno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2-Dicloropropano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Dibromometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Bromodiclorometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
2-Cloroetilvinil eter	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
Trans-1,3-Dicloropropeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
4-Metil-2-Pentanona	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
Tolueno	100	µg/L	4430,0	100,0	300,0	1
Cis-1,3-Dicloropropeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,1,2-Tricloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
2-Hexanona	100	µg/L	ND	300,0	900,0	1
1,3-Dicloropropano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Tetracloroeteno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Dibromoclorometano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2-Dibromoetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Clorobenzeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Etilbenzeno	100	µg/L	1323,8	100,0	300,0	1
1,1,1,2-Tetracloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
m,p-Xilenos	100	µg/L	3846,6	100,0	300,0	1
o-Xileno	100	µg/L	1948,3	100,0	300,0	1
Estireno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Bromofórmio	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Isopropilbenzeno	100	µg/L	827,7	100,0	300,0	1
1,1,2,2-Tetracloroetano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2,3-Tricloropropano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
Bromobenzeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
n-Propilbenzeno	100	µg/L	541,1	100,0	300,0	1
1,3,5-Trimetilbenzeno	100	µg/L	1241,8	100,0	300,0	1
2-Clorotolueno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
4-Clorotolueno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
terc-Butilbenzeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2,4-Trimetilbenzeno	100	µg/L	6793,3	100,0	300,0	1
sec-Butilbenzeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
p-Isopropiltolueno	100	µg/L	231,4	100,0	300,0	1
1,4-Diclorobenzeno.	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
n-Butilbenzeno	100	µg/L	347,4	100,0	300,0	1

Analytical
Technology

Rua Bittencourt Sampaio, 105 V. Mariana 04126-060 São Paulo SP Tel. 11 5904 8800 Fax. 11 5904 8801

www.analyticaltechnology.com.br

CRL 0212

1,2-Dibromo-3-Cloropropano	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1
1,2,3-Triclorobenzeno	100	µg/L	420,0	100,0	300,0	1
1,3,5-Triclorobenzeno	100	µg/L	ND	100,0	300,0	1

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
Dibromofluormetano	84,2	70-130
1,2-Dicloroetano-d4	89,8	70-130
Tolueno-d8	95,7	70-130
p-Bromofluorbenzeno	89,0	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
1	USEPA 8260B	LOR013	25/05/2009	27/05/2009	2491/2009

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: SVOC - COMPOSTOS ORGÂNICOS SEMI-VOLÁTEIS

LOGIN: 14750/2009-1.0

PONTO: AMDIE

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 15:05

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Metil metanosulfonato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Etil metanosulfonato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Anilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroetil)eter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Clorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,3-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,4-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Álcool Benílico	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2-Diclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroisopropil)eter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
N-Nitrosodi-n-propilamina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexacloroetano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Nitrobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Isoforona	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Nitrofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Dimetilfenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis(2-Cloroetoxi)metano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,4-Triclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Naftaleno	50	µg/L	420,3	5,00	15,0	4
4-Cloroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexaclorobutadieno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Cloro-3-Metilfenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Metilnaftaleno	50	µg/L	750,6	5,00	15,0	4
Hexaclorociclopentadieno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Metil-4,6-dinitrofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4,5-Triclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4,6-Triclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Cloronaftaleno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dimetilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Acenaftileno	50	µg/L	12,8	5,00	15,0	4
3-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Acenafteno	50	µg/L	6,23	5,00	15,0	4
Dibenzofurano	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,6-Dinitrotolueno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dietilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fluoreno	50	µg/L	62,9	5,00	15,0	4
4-Clorofenil Fenil Éter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Nitroanilina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
N-Nitrosodifenilamina	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Bromofenil Fenil Éter	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Hexaclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Pentaclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fenantreno	50	µg/L	61,1	5,00	15,0	4
Antraceno	50	µg/L	7,21	5,00	15,0	4
Di-N-Butilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Fluoranteno	50	µg/L	12,5	5,00	15,0	4
Pireno	50	µg/L	37,6	5,00	15,0	4
Butil Benzilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(a)antraceno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Criseno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Bis[2-Etilexil]ftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Di-n-Octilftalato	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(b)fluoranteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(k)fluoranteno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(a)pireno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Indeno(1,2,3-cd)pireno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Dibenzo(a,h)antraceno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Benzo(g,h,i)perileno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4

Analytical
Technology

Rua Bittencourt Sampaio, 105 - V. Mariana 04126-060 São Paulo SP Tel. 11 5904 8800 Fax. 11 5904 8801

www.analyticaltechnology.com.br

o-Cresol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
m,p-Cresol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,4-Dinitrotolueno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Azobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Carbazol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,3,4,6-Tetraclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
4-Clorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,6-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,3,5-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
3,4-Diclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
Pentaclorobenzeno	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4
2,3,4,5-Tetraclorofenol	50	µg/L	ND	5,00	15,0	4

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
2-Fluorfenol	50,4	40-135
Fenol-d6	62,2	40-135
2-Fluorbifenil	109,6	40-135
Nitrobenzeno-d5	99,0	40-135
Terfenil-d14	125,2	40-135
2,4,6-Tribromofenol	79,8	40-135

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
4	USEPA 8270D	LOR015	21/05/2009	22/05/2009	2401/2009

PROJETO: ENGEO/CONAM

ENSAIO: TPH-FP

LOGIN: 14750/2009-1.0

PONTO: AMDIE

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 18/05/2009

HORA: 15:05

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
C10	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C11	200	µg/L	2440,0	1000,0	3000,0	11
C12	200	µg/L	3762,0	1000,0	3000,0	11
C13	200	µg/L	5073,5	1000,0	3000,0	11
C14	200	µg/L	5512,6	1000,0	3000,0	11
C15	200	µg/L	5277,5	1000,0	3000,0	11
C16	200	µg/L	2916,3	1000,0	3000,0	11
C17	200	µg/L	2279,6	1000,0	3000,0	11
Pristano	200	µg/L	2827,9	1000,0	3000,0	11
C18	200	µg/L	4280,0	1000,0	3000,0	11
Fitano	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C19	200	µg/L	2243,0	1000,0	3000,0	11
C20	200	µg/L	1766,2	1000,0	3000,0	11
C21	200	µg/L	11455,1	1000,0	3000,0	11
C22	200	µg/L	1138,1	1000,0	3000,0	11
C23	200	µg/L	1015,5	1000,0	3000,0	11
C24	200	µg/L	1015,1	1000,0	3000,0	11
C25	200	µg/L	1020,5	1000,0	3000,0	11
C26	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C27	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C28	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C29	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C30	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C31	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C32	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C33	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C34	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C35	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
C36	200	µg/L	ND	1000,0	3000,0	11
n-Alcanos	-	µg/L	51194,8	n/a	n/a	11
MCNR	-	µg/L	116432,5	n/a	n/a	11
HRP	-	µg/L	272623,2	n/a	n/a	11
TPH Total	-	µg/L	389055,7	29000,0	87000,0	11

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
C20-d42	(1)	40-135
C24-d50	(1)	40-135

Perfil Cromatográfico:

O perfil cromatográfico da amostra apresenta contaminação proveniente de compostos orgânicos derivados do petróleo, eluindo na faixa do óleo diesel.

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

(1) Recuperação do surrogate fora dos critérios de aceitação devido a interferência de matriz

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
11	USEPA 8015C	LOR005	21/05/2009	22/05/2009	2402/2009

QA/QC - 2491/2009 - Branco de Análise - VOC - Água.

PROJETO: ENGEO/CONAM					
PONTO: BRANCO			MATRIZ: ÁGUA		

Composto	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Diclorodifluormetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Clorometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Cloreto de Vinila	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Bromometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Cloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Triclorofluormetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Acetona	µg/L	ND	3,00	9,00	1
1,1-Dicloroeteno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Iodometano	µg/L	ND	3,00	9,00	1
Dissulfeto de Carbono	µg/L	ND	3,00	9,00	1
Cloreto de Metileno	µg/L	ND	5,00	15,0	1
Metil-t-butil-eter	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Trans-1,2-Dicloroeteno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Acetato de Vinila	µg/L	ND	3,00	9,00	1
1,1-Dicloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
2-Butanona	µg/L	ND	3,00	9,00	1
Cis-1,2-Dicloroeteno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
2,2-Dicloropropano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Bromoclorometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Clorofórmio	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,1,1-Tricloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,1-Dicloropropeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Tetracloreto de Carbono	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2-Dicloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Benzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Tricloroeteno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2-Dicloropropano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Dibromometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Bromodiclorometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
2-Cloroetilvinil eter	µg/L	ND	3,00	9,00	1
Trans-1,3-Dicloropropeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
4-Metil-2-Pentanona	µg/L	ND	3,00	9,00	1
Tolueno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Cis-1,3-Dicloropropeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,1,2-Tricloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
2-Hexanona	µg/L	ND	3,00	9,00	1
1,3-Dicloropropano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Tetracloroeteno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Dibromoclorometano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2-Dibromoetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Clorobenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Etilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,1,1,2-Tetracloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
m,p-Xilenos	µg/L	ND	1,00	3,00	1
o-Xileno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Estireno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Bromoformio	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Isopropilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,1,2,2-Tetracloroetano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2,3-Tricloropropano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
Bromobenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
n-Propilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,3,5-Trimetilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
2-Clorotolueno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
4-Clorotolueno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
terc-Butilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2,4-Trimetilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
sec-Butilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
p-Isopropiltolueno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,4-Diclorobenzeno.	µg/L	ND	1,00	3,00	1
n-Butilbenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,2,3-Triclorobenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1
1,3,5-Triclorobenzeno	µg/L	ND	1,00	3,00	1

Analytical
Technology

Rua Bittencourt Sampaio, 105 V. Mariana 04126-060 São Paulo SP Tel. 11 5904 8800 Fax. 11 5904 8801

www.analyticaltechnology.com.br

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle

Dibromofluormetano
1,2-Dicloroetano-d4
Tolueno-d8
p-Bromofluorbenzeno

Recuperação (%)

108,3
102,2
98,5
107,4

Critérios de Aceitação (%)

70-130
70-130
70-130
70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
1	USEPA 8260B	LOR013	25/05/2009	27/05/2009	2491/2009

QA/QC - 2491/2009 - Spike - VOC - Água.

PROJETO: ENGEO/CONAM	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: ÁGUA

Composto	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Critério Aceitação (%)	Ref.
1,1-Dicloroetano	µg/L	9,34	10,0	93,4	70-130	1
Benzeno	µg/L	9,25	10,0	92,5	70-130	1
Clorobenzeno	µg/L	8,48	10,0	84,8	70-130	1
Tolueno	µg/L	8,97	10,0	89,7	70-130	1
Tricloroetano	µg/L	9,28	10,0	92,8	70-130	1

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
Dibromofluorometano	95,2	70-130
1,2-Dicloroetano-d4	99,6	70-130
Tolueno-d8	97,1	70-130
p-Bromofluorbenzeno	112,6	70-130

Observações:

N.D.: Não Detectado

L.D.: Limite de Detecção

L.Q.: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
1	USEPA 8260B	LOR013	25/05/2009	27/05/2009	2491/2009

QA/QC - 2401/2009 - Branco de Análise - SVOC - Água.

PROJETO: ENGEO/CONAM					
PONTO: BRANCO			MATRIZ: ÁGUA		

Composto	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Metil metanosulfonato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Etil metanosulfonato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Fenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Anilina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Bis(2-Cloroetil)eter	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Clorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,3-Diclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,4-Diclorobenzeno.	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Álcool Benzílico	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,2-Diclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Bis(2-Cloroisopropil)eter	µg/L	ND	0,100	0,300	4
N-Nitrosodi-n-propilamina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Hexacloroetano	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Nitrobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Isoforona	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Nitrofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,4-Dimetilfenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Bis(2-Cloroetoxi)metano	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,4-Diclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Naftaleno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Cloroanilina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Hexaclorobutadieno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Cloro-3-Metilfenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Metilnaftaleno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Hexaclorociclopentadieno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Metil-4,6-dinitrofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,4,5-Triclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Cloronaftaleno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2-Nitroanilina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Dimetilftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Acenaftileno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
3-Nitroanilina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Acenafteno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Dibenzofurano	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,6-Dinitrotolueno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Dietilftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Fluoreno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Clorofenil Fenil Éter	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Nitroanilina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
N-Nitrosodifenilamina	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Bromofenil Fenil Éter	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Hexaclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Pentaclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Fenantreno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Antraceno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Di-N-Butilftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Fluoranteno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Pireno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Butil Benzilftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Benz(a)antraceno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Criseno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Bis[2-Etilexil]ftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Di-n-Octilftalato	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Benzo(b)fluoranteno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Benzo(k)fluoranteno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Benzo(a)pireno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Dibenzo(a,h)antraceno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Benzo(g,h,i)perileno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
o-Cresol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
m,p-Cresol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,4-Dinitrotolueno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Azobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4

Analytical
Technology

Rua Bittencourt Sampaio, 105 V. Mariana 04126-060 São Paulo SP Tel. 11 5904 8800 Fax. 11 5904 8801

www.analyticaltechnology.com.br

Carbazol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,3,4,6-Tetraclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
4-Clorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,6-Diclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,2,3,4-Tetraclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
3,4-Diclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4
Pentaclorobenzeno	µg/L	ND	0,100	0,300	4
2,3,4,5-Tetraclorofenol	µg/L	ND	0,100	0,300	4

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
2-Fluorfenol	43,9	40-135
Fenol-d6	48,1	40-135
2-Fluorbifenil	74,3	40-135
Nitrobenzeno-d5	88,5	40-135
Terfenil-d14	104,5	40-135
2,4,6-Tribromofenol	47,0	40-135

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
4	USEPA 8270D	LOR015	21/05/2009	22/05/2009	2401/2009

QA/QC - 2401/2009 - Spike - SVOC - Água

PROJETO: ENGEO/CONAM	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: ÁGUA

Composto	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Critério Aceitação (%)	Ref.
Fenol	µg/L	2,53	5,0	50,5	40-135	4
2-Clorofenol	µg/L	4,49	5,0	89,7	40-135	4
1,4-Diclorobenzeno.	µg/L	3,91	5,0	78,1	40-135	4
N-Nitrosodi-n-propilamina	µg/L	4,45	5,0	89,0	40-135	4
1,2,4-Triclorobenzeno	µg/L	3,09	5,0	61,7	40-135	4
4-Cloro-3-Metilfenol	µg/L	3,04	5,0	60,8	40-135	4
Acenafteno	µg/L	4,39	5,0	87,9	40-135	4
Pentaclorofenol	µg/L	5,68	5,0	113,5	40-135	4
Pireno	µg/L	4,40	5,0	88,1	40-135	4
2,4-Dinitrotolueno	µg/L	5,58	5,0	111,6	40-135	4

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
2-Fluorfenol	43,4	40-135
Fenol-d6	59,5	40-135
2-Fluorbifenil	82,8	40-135
Nitrobenzeno-d5	110,1	40-135
Terfenil-d14	112,6	40-135
2,4,6-Tribromofenol	64,2	40-135

Observações:

N.D.: Não Detectado

L.D.: Limite de Detecção

L.Q.: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
4	USEPA 8270D	LOR015	21/05/2009	21/05/2009	2401/2009

QA/QC - 2402/2009 - Branco de Análise - TPH-FP - Água

PROJETO: ENGEO/CONAM					
PONTO: BRANCO			MATRIZ: ÁGUA		
Composto	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
C10	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C11	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C12	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C13	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C14	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C15	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C16	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C17	µg/L	ND	5,00	15,0	11
Pristano	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C18	µg/L	ND	5,00	15,0	11
Fitano	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C19	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C20	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C21	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C22	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C23	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C24	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C25	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C26	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C27	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C28	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C29	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C30	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C31	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C32	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C33	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C34	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C35	µg/L	ND	5,00	15,0	11
C36	µg/L	ND	5,00	15,0	11
n-Alcanos	µg/L	ND	-	-	11
MCNR	µg/L	ND	-	-	11
HRP	µg/L	ND	-	-	11
TPH Total	µg/L	ND	145,0	435,0	11

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
C20-d42	88,4	40-135
C24-d50	91,3	40-135

Analytical
Technology

Rua Bittencourt Sampaio, 105 V. Mariana 04126-060 São Paulo SP Tel. 11 5904 8800 Fax. 11 5904 8801

www.analyticaltechnology.com.br

Perfil Cromatográfico:

Não Aplicável

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
11	USEPA 8015C	LOR005	21/05/2009	21/05/2009	2402/2009

QA/QC - 2402/2009 - Spike - TPH-FP - Água

PROJETO: ENGEO/CONAM	
PONTO: SPIKE	MATRIZ: ÁGUA

Composto	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Critério Aceitação (%)	Ref.
C10	µg/L	10,9	20,0	54,4	40-135	11
C11	µg/L	11,7	20,0	58,5	40-135	11
C12	µg/L	12,4	20,0	61,9	40-135	11
C13	µg/L	13,2	20,0	66,0	40-135	11
C14	µg/L	14,0	20,0	70,0	40-135	11
C15	µg/L	14,4	20,0	72,0	40-135	11
C16	µg/L	15,0	20,0	75,2	40-135	11
C17	µg/L	15,2	20,0	76,0	40-135	11
Pristano	µg/L	15,7	20,0	78,3	40-135	11
C18	µg/L	15,8	20,0	79,2	40-135	11
Fitano	µg/L	15,5	20,0	77,6	40-135	11
C19	µg/L	15,0	20,0	74,9	40-135	11
C20	µg/L	15,4	20,0	77,2	40-135	11
C21	µg/L	15,4	20,0	77,2	40-135	11
C22	µg/L	15,1	20,0	75,4	40-135	11
C23	µg/L	15,7	20,0	78,5	40-135	11
C24	µg/L	16,2	20,0	81,2	40-135	11
C25	µg/L	16,0	20,0	80,0	40-135	11
C26	µg/L	15,8	20,0	78,9	40-135	11
C27	µg/L	15,1	20,0	75,7	40-135	11
C28	µg/L	15,3	20,0	76,5	40-135	11
C29	µg/L	15,2	20,0	75,8	40-135	11
C30	µg/L	15,1	20,0	75,4	40-135	11
C31	µg/L	14,7	20,0	73,5	40-135	11
C32	µg/L	15,0	20,0	74,9	40-135	11
C33	µg/L	15,2	20,0	76,1	40-135	11
C34	µg/L	15,0	20,0	75,2	40-135	11
C35	µg/L	15,1	20,0	75,4	40-135	11
C36	µg/L	14,7	20,0	73,4	40-135	11
n-Alcanos	µg/L	397,7	n/a	-	40-135	11
MCNR	µg/L	n/a	n/a	-	40-135	11
TPH Total	µg/L	n/a	n/a	-	40-135	11
HRP	µg/L	n/a	n/a	-	40-135	11

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
C20-d42	78,2	40-135
C24-d50	77,4	40-135

Perfil Cromatográfico:

O perfil cromatográfico da amostra apresenta contaminação por óleo diesel intemperizado.

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
11	USEPA 8015C	LOR005	21/05/2009	21/05/2009	2402/2009

4. Responsabilidade técnica

Ana Paula Ahualli	CRQ 4ª Região nº 04121814
-------------------	---------------------------

5. Informações Adicionais

- Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado.
- O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre/Inmetro que avaliou a competência do laboratório.
- As referências internas foram baseadas e validadas a partir das referências externas.

6. Anexos

- ✓ Cadeia de Custódia.

7. Aprovação do relatório

Relatório aprovado segundo especificações comerciais (proposta 51.09_Rev.01) e técnicas com base nos procedimentos do Sistema da Qualidade Analytical Technology e referências externas.

Claudete de Vasconcelos Coelho
CRQ 4ª Região nº 04200739
Química

APÊNDICE D – LAUDOS LABORATORIAIS – SOD

RELATÓRIO DE ENSAIO

INTERESSADO:

LABORATÓRIO CONTRATADO: Analytical Technology Serviços Analíticos e Ambientais Ltda.

PROJETO: CONAM

IDENTIFICAÇÃO AT: LOG nº 606/2009

Dados referentes ao Projeto

1. Identificação da amostra

ID AT	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
5750/2009-1.0	AMOSTRA: S1-FC / DATA: 16/02/2009 / HORA:14:36 / MATRIZ: SOLO / PROJETO: CONAM

2. Custódia da amostra

Data de recebimento de amostra: 18/02/2009

Data de emissão do relatório eletrônico: 05/03/2009

Período de retenção das amostras: até 30 dias após a publicação (até essa data as amostras estarão disponíveis para devolução e/ou checagem)

3. Resultados de análises

PROJETO: CONAM		
ENSAIO: SOD (DEMANDA OXIDANTE DO SOLO) -SUB		
LOGIN: 5750/2009-1.0	PONTO: S1-FC	
MATRIZ: SOLO	DATA: 16/02/2009	HORA: 14:36

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
SOD (SOD Conc. 1=3g/L)	1	g/kg	15,0	-	-	0
SOD (SOD Conc. 2=5g/L)	1	g/kg	25,0	-	-	0
SOD (SOD Conc. 3=10g/L)	1	g/kg	39,5	-	-	0

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Análise realizada pelo fornecedor homologado pelo SGAT

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
0	FMC	---	---	27/02/2009	---

4. Responsabilidade técnica

Ana Paula Ahualli	CRQ 4ª Região nº 04121814
--------------------------	----------------------------------

5. Informações Adicionais

- Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado.
- O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.
- As referências internas foram baseadas e validadas a partir das referências externas.

6. Anexos

- ✓ Cadeia de Custódia.

7. Aprovação do relatório

Relatório aprovado segundo especificações comerciais (proposta 206.09) e técnicas com base nos procedimentos do Sistema da Qualidade Analytical Technology e referências externas.

Glauco F. de Sousa da Silva
CRQ 4ª Região nº 04439405
Gerente Técnico

São Paulo, 16 março 2009

CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda
End. R. Mourato Coelho, 90 cjto 24 - Pinheiros
05417000 São Paulo - SP

Relatório de Ensaio

Título: PROJETO CONAM

Estudo No.	20090177
Amostras No.	1520-1521
Data de amostragem	9 março 2009
Data de recebimento da amostra	9 março 2009
Responsável pela amostra	ACT A. Chiarot

Responsável pelo projeto	CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda, A. Ruiz Picchi, São Paulo
Cliente	CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda, São Paulo
Endereço de cobrança	CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda, São Paulo
Relatório para	CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda, A. Ruiz Picchi, São Paulo
email	CONAM CONSULTORIA AMBIENTAL Ltda, A. Ruiz Picchi, São Paulo

BACHEMA Serviços Analíticos Ambientais Ltda

revisado por:

Alceu Totti Silveira Junior
Analista Químico C.R.Q 04160064

aprovado por:

Adriana Marra
Supervisor C.R.Q 004146763

Descrição da amostra

Amostra No.	Tipo	Identificação da amostra	Data de amostragem / Data de recebimento da amostra
1520	B	B 20090177	09.03.09 / 09.03.09
1521	SO	001 SOD S SO	09.03.09 / 09.03.09

Abreviações

B	Branco de Temperatura
AS	Água subterrânea
AF	Água superficial
EF	Efluente líquido
EG	Efluente gasoso
AG	Amostra geotécnica
LD	Lodo
TT	Tratamento de vapores e líquidos
RS	Resíduo
SD	Sedimento
SO	Solo
BCO	Branco
PK	Controle Positivo (Amostra Fortificada)

Observações

GUIA 00257

Notas

Este Relatório de Ensaio somente pode ser reproduzido em sua forma integral. A reprodução parcial requer autorização por escrito do laboratório
Este Relatório de Ensaio é válido somente para as amostras recebidas
Os métodos utilizados neste(s) ensaio(s) apresentam-se conformes em relação ao método referenciado
Caso o ensaio tenha apresentado desvios, adições ou exclusões, estes serão listados no item observações do relatório

Procedimentos Analíticos Utilizados

SOD em Solo - POP ME.070 Rev01

Identificação da amostraAmostra No.
Data de Amostragem
Hora da coleta**001 - SOD S
SO**1521
09.03.09
12:00**Datas**

Data de Análise (SOD)

13.03.09**Demanda de Oxidante no Solo (SOD)**

SOD (SOD Conc.1=3g/L)

g/Kg

19,1

SOD (SOD Conc.2=5g/L)

g/Kg

23,5

SOD (SOD Conc.3=10g/L)

g/Kg

49,0**Observações**

Amostra No.: 1521

SOD (SOD Conc.1=3g/L)

Ativação com NaOH suficiente para pH >12.

SOD (SOD Conc.2=5g/L)

Ativação com NaOH suficiente para pH >12.

SOD (SOD Conc.3=10g/L)

Ativação com NaOH suficiente para pH >12.

APÊNDICE E – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

16-Abr-09 09:53

16-Abr-09 11:31

18-Abr-09 13:17

**APÊNDICE F – LAUDOS LABORATORIAIS DO MONITORAMENTO
DA 1ª CAMPANHA DE INJEÇÃO**

Serviços Analíticos Ambientais

Rua Galatéia, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo/SP

PABX.: +55(11)2221-0127

www.corplab.net

brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 2140409 - RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Cliente: : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**

Endereço: : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP

Nome do Solicitante: : Sr. Paulo Valadão

Projeto: **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **2140409**

Data do Recebimento das amostras: 24/4/2009

Relatório de Ensaio **2140409**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Compostos	Método	Unidade	Tipo de análise	Holding Time
Ferro II (Fe ²⁺)	SM 3500 FeB	mg.L ⁻¹	Análise Colorimétrica	48 horas
Sulfato	EPA 375.4	mg.L ⁻¹	Análise Turbidimétrica	28 dias

Relatório de Ensaio **2140409**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz: **Água**
Identificação do Branco: B2140409-01
Identificação do LCS (Spike): LCS2140409-01

Compostos	Branco do Método			Spike ou LCS				Data	
	Unidades	Resultado	LQ	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)	Preparação	Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,10	0,10	1,01	1,00	101	75 - 125	--	24/4/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	< 5,0	5,0	23,4	30,0	78	75 - 125	--	28/4/2009

Relatório de Ensaio 2140409
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Identificação da amostra: PM - 01

Amostra (ID) Corplab: 2140409-01						
Data de coleta: 23/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	1,0	1	0,100	--	24/4/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	807	40	200,00	--	28/4/2009

Identificação da amostra: PM - 02

Amostra (ID) Corplab: 2140409-02						
Data de coleta: 23/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,100	1	0,100	--	24/4/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	899	40	200,00	--	28/4/2009

Identificação da amostra: PM - 04

Amostra (ID) Corplab: 2140409-03						
Data de coleta: 23/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,100	1	0,100	--	24/4/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1756	40	200,00	--	28/4/2009

Relatório de Ensaio 2140409
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de Via Clássica em amostras de águas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Marcelo Takata Gerente Técnico CRQ 4ª Região 04254994

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais

Rua Galatéia, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo/SP

PABX.: +55(11)2221-0127

www.corplab.net

brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 2620509 - RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Cliente: : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**

Endereço: : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP

Nome do Solicitante: : Sr. Paulo Valadão

Projeto: **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **2620509**

Data do Recebimento das amostras: 22/5/2009

Relatório de Ensaio **2620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Compostos	Método	Unidade	Tipo de análise	Holding Time
Ferro II (Fe ²⁺)	SM 3500 FeB	mg.L ⁻¹	Análise Colorimétrica	48 horas
Sulfato	EPA 375.4	mg.L ⁻¹	Análise Turbidimétrica	28 dias

Relatório de Ensaio **2620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz: **Água**
Identificação do Branco: B2620509-01
Identificação do LCS (Spike): LCS2620509-01

Compostos	Branco do Método			Spike ou LCS				Data	
	Unidades	Resultado	LQ	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)	Preparação	Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,10	0,10	0,92	1,00	92	75 - 125	--	22/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	< 5,0	5,00	31	30,0	103	75 - 125	--	25/5/2009

Relatório de Ensaio **2620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab: 2620509-01						
Data de coleta: 21/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	5,87	12,5	1,25	--	22/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	221	50	250	--	25/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab: 2620509-02						
Data de coleta: 21/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,11	1	0,10	--	22/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	800	50	250	--	25/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab: 2620509-03						
Data de coleta: 21/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,29	1	0,10	--	22/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	838	50	250	--	25/5/2009

Relatório de Ensaio 2620509
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de Via Clássica em amostras de águas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Marcelo Takata Gerente Técnico CRQ 4ª Região 04254994

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatéia, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo/SP
PABX.: +55(11)2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 1620509 - RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Cliente: : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço: : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante: : Sr. Paulo Valadão
Projeto: **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **1620509**

Data do Recebimento das amostras: 15/5/2009

Relatório de Ensaio **1620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Compostos	Método	Unidade	Tipo de análise	Holding Time
Ferro II (Fe ²⁺)	SM 3500 FeB	mg.L ⁻¹	Análise Colorimétrica	48 horas
Sulfato	EPA 375.4	mg.L ⁻¹	Análise Turbidimétrica	28 dias

Relatório de Ensaio **1620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz: **Água**
Identificação do Branco: B16205090-01
Identificação do LCS (Spike): LCS1620509-01

Compostos	Branco do Método			Spike ou LCS				Data	
	Unidades	Resultado	LQ	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)	Preparação	Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,10	0,10	1	1,00	100	75 - 125	--	16/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	< 5,0	5,00	24	30,0	80	75 - 125	--	20/5/2009

Relatório de Ensaio **1620509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab: 1620509-01							
Data de coleta: 14/5/2009							
Matriz: Água							
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	--	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	10,5	5	0,50	--	--	16/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1186	25	125,00	--	--	20/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab: 1620509-02							
Data de coleta: 14/5/2009							
Matriz: Água							
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	--	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,21	1	0,10	--	--	16/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1010	25	125,00	--	--	20/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab: 1620509-03							
Data de coleta: 14/5/2009							
Matriz: Água							
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	--	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,64	1	0,10	--	--	16/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1020	25	125,00	--	--	20/5/2009

Relatório de Ensaio 1620509
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de Via Clássica em amostras de águas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Marcelo Takata Gerente Técnico CRQ 4ª Região 04254994

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatea, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo / SP
Tel.: +55(11) 2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 1620609 - RESULTADOS DE COMPOSTOS PAHs

Cliente : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante : Sr. Paulo Valadão
Projeto : **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **1620609**

Data do Recebimento das amostras: 12/06/2009

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz : **Água** Data de preparação : 15/06/2009
Identificação do Branco : PAHB150609-01 Data de análise : 17/06/2009
Identificação do LCS (Spike) : PAHLCS150609-01 Unidade : $\mu\text{g.L}^{-1}$

Compostos	CAS Number	Branco do Método			Spike ou LCS			
		Resultado	LQ	--	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)
Acenaftileno	83-32-9	< 0,15	0,15	--	3,0	5	61	30 - 140
Acenafteno	98-86-2	< 0,15	0,15	--	3,1	5	62	30 - 140
Antraceno	120-12-7	< 0,15	0,15	--	3,1	5	61	30 - 140
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	0,15	--	2,9	5	57	30 - 140
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	0,15	--	2,5	5	50	30 - 140
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	0,15	--	2,3	5	45	30 - 140
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	0,15	--	2,8	5	56	30 - 140
Criseno	218-01-9	< 0,15	0,15	--	3,3	5	66	30 - 140
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	0,15	--	2,9	5	59	30 - 140
Fluoreno	86-73-7	< 0,15	0,15	--	3,1	5	62	30 - 140
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Naftaleno	91-20-3	< 0,15	0,15	--	3,8	5	76	30 - 140
Fenantreno	85-01-8	< 0,15	0,15	--	2,8	5	56	30 - 140
Pireno	129-00-0	< 0,15	0,15	--	2,9	5	58	30 - 140
Surrogates	Recuperação do Branco (%)	Recuperação do Spike (%)			Limites CQ (%)			
2-fluorobifenil	36	49			35 - 125			
Terfenil-d14	40	56			38 - 118			

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 01	Data de Preparação	: 15/06/2009
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 20/06/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	0,35	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	0,48	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	520 (fator dil.: 100)	--	15
Fenantreno	85-01-8	0,53	--	0,15
Pireno	129-00-0	< 0,15	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	65	35 - 125		
Terfenil-d14	61	38 - 118		

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 02	Data de Preparação	: 15/06/2009
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 20/06/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	1,1	--	0,15
Antraceno	120-12-7	2,0	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	5,3	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	1,6	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	158 (fator dil.:10)	--	1,5
Fenantreno	85-01-8	15	--	0,15
Pireno	129-00-0	4,6	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	83	35 - 125		
Terfenil-d14	39	38 - 118		

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 03**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 03	Data de Preparação	: 15/06/2009
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 20/06/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	0,79	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	1,4	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	318 (fator dil.:20)	--	3,0
Fenantreno	85-01-8	0,49	--	0,15
Pireno	129-00-0	< 0,15	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	66	35 - 125		
Terfenil-d14	54	38 - 118		

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 04	Data de Preparação	: 15/06/2009
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 20/06/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	< 0,15	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	0,93	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	224 (fator dil.:20)	--	3,0
Fenantreno	85-01-8	1,0	--	0,15
Pireno	129-00-0	< 0,15	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	53	35 - 125		
Terfenil-d14	44	38 - 118		

Relatório de Ensaio 1620609
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de PAH em amostras de água pelos métodos EPA 3510/8270.
Quantidade de amostra utilizada para realizar os ensaios: 1000 mL para amostras aquosas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D. - Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Lídia Katsuoka Coordenadora de Laboratório CRQ 4ª Região 04228605
Responsabilidade Técnica: Marcelo Takata Gerente Técnico - CRQ 4ª Região 04254994	

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatea, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo / SP
Tel.: +55(11) 2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 1620609 - RESULTADOS DE COMPOSTOS BTEX

Cliente : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante : Sr. Paulo Valadão
Projeto : **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **1620609**

Data do Recebimento das amostras: 12/06/2009

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz	: Água	Data de preparação	: 22/06/2009
Identificação do Branco	: VB220609-01	Data de análise	: 22/06/2009
Identificação do LCS (Spike)	: VLCS220609-01	Unidade	: µg.L ⁻¹

Compostos	CAS Number	Branco do Método			Spike ou LCS			
		Resultado	LQ	--	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)
Benzeno	71-43-2	< 5	5	--	36	50	72	70 - 130
Etilbenzeno	100-41-4	< 5	5	--	51	50	102	70 - 130
Tolueno	108-88-3	< 5	5	--	44	50	88	70 - 130
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	< 5	5	--	49	50	98	70 - 130
o-xileno	95-47-6	< 5	5	--	46	50	92	70 - 130
Surrogates	Recuperação do Branco (%)	Recuperação do Spike (%)			Limites CQ (%)			
Fluorbenzeno	78	86			70 - 130			
1,4 Diclorobenzeno d4	100	104			70 - 130			

Relatório de Ensaio 1620609
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B

Identificação da amostra: PM - 01

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 01	Data de Preparação	: 22/06/2009	
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 22/06/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	4800	100	--
Etilbenzeno	100-41-4	1100	100	--
Tolueno	108-88-3	160	5	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	660	100	--
o-xileno	95-47-6	61	5	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	80	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	92	70 - 130		

Identificação da amostra: PM - 02

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 02	Data de Preparação	: 22/06/2009	
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 22/06/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	4000	50	--
Etilbenzeno	100-41-4	580	50	--
Tolueno	108-88-3	170	50	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	1200	50	--
o-xileno	95-47-6	400	5	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	100	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	110	70 - 130		

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B

Identificação da amostra: **PM - 03**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 03	Data de Preparação	: 22/06/2009	
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 22/06/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	6300	50	--
Etilbenzeno	100-41-4	1500	50	--
Tolueno	108-88-3	320	5	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	1000	5	--
o-xileno	95-47-6	400	5	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	74	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	118	70 - 130		

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab	: 1620609 - 04	Data de Preparação	: 22/06/2009	
Data de coleta	: 10/06/2009	Data de Análise	: 22/06/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	1400	50	--
Etilbenzeno	100-41-4	890	50	--
Tolueno	108-88-3	230	5	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	870	50	--
o-xileno	95-47-6	480	5	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	72	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	114	70 - 130		

Relatório de Ensaio **1620609**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de BTEX em amostras de água pelos métodos EPA5021A e EPA8021B.

Quantidade de amostra utilizada para realizar os ensaios: 10mL para amostras aquosas

E Valor excedeu a curva de calibração.

Observações:

- (1) - L.Q. - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D. - Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Fabiana Imagawa Coordenadora de Laboratório CRQ 4ª Região 04149190
Responsabilidade Técnica: Marcelo Takata Gerente Técnico - CRQ 4ª Região 04254994	

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatea, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo / SP
Tel.: +55(11) 2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 0750509 - RESULTADOS DE COMPOSTOS PAHs

Cliente : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante : Sr. Paulo Valadão
Projeto : **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **0750509**

Data do Recebimento das amostras: 08/05/2009

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz : **Água** Data de preparação : 12/05/2009
Identificação do Branco : PAHB120509-01 Data de análise : 13/05/2009
Identificação do LCS (Spike) : PAHLCS120509-01 Unidade : $\mu\text{g.L}^{-1}$

Compostos	CAS Number	Branco do Método			Spike ou LCS			
		Resultado	LQ	--	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	0,15	--	3,53	5	71	30 - 140
Acenafeno	98-86-2	< 0,15	0,15	--	3,46	5	69	30 - 140
Antraceno	120-12-7	< 0,15	0,15	--	4,09	5	82	30 - 140
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	0,15	--	3,11	5	62	30 - 140
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	0,15	--	3,89	5	78	30 - 140
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	0,15	--	3,58	5	72	30 - 140
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	0,15	--	4,00	5	80	30 - 140
Criseno	218-01-9	< 0,15	0,15	--	3,79	5	76	30 - 140
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	0,15	--	1,99	5	40	30 - 140
Fluoreno	86-73-7	< 0,15	0,15	--	3,62	5	72	30 - 140
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	0,15	--	N.A	N.A	N.A	N.A
Naftaleno	91-20-3	< 0,15	0,15	--	3,51	5	70	30 - 140
Fenantreno	85-01-8	< 0,15	0,15	--	3,76	5	75	30 - 140
Pireno	129-00-0	< 0,15	0,15	--	3,85	5	77	30 - 140
Surrogates	Recuperação do Branco (%)	Recuperação do Spike (%)			Limites CQ (%)			
2-fluorobifenil	51	78			35 - 125			
Terfenil-d14	73	76			38 - 118			

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 01	Data de Preparação	: 12/05/2009
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 18/05/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	0,3	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	0,28	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	0,39	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	267 (fator dil.: 10)	--	1,5
Fenantreno	85-01-8	0,42	--	0,15
Pireno	129-00-0	0,26	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	47	35 - 125		
Terfenil-d14	38	38 - 118		

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 02	Data de Preparação	: 12/05/2009
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 18/05/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenaftileno	83-32-9	0,17	--	0,15
Acenafteno	98-86-2	1,1	--	0,15
Antraceno	120-12-7	0,54	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	0,43	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,26	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	0,4	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	0,17	--	0,15
Criseno	218-01-9	0,41	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	1,6	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	1,2	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	222 (fator dil.:10)	--	1,5
Fenantreno	85-01-8	2,2	--	0,15
Pireno	129-00-0	1,4	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	50	35 - 125		
Terfenil-d14	49	38 - 118		

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 03**

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 03	Data de Preparação	: 12/05/2009
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 18/05/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenaftileno	83-32-9	0,16	--	0,15
Acenafteno	98-86-2	0,6	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	1,1	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	260 (fator dil.: 10)	--	1,5
Fenantreno	85-01-8	0,37	--	0,15
Pireno	129-00-0	< 0,15	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	35	35 - 125		
Terfenil-d14	46	38 - 118		

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE PAH PELO MÉTODO EPA 3510/8270

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 04	Data de Preparação	: 12/05/2009
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 18/05/2009
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1
Unidade	: µg.L ⁻¹		

Compostos	CAS Number	Resultado	--	LQ
Acenafileno	83-32-9	< 0,15	--	0,15
Acenafeno	98-86-2	0,16	--	0,15
Antraceno	120-12-7	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)antraceno	56-55-3	< 0,15	--	0,15
Benzo(a)pireno	50-32-8	< 0,15	--	0,15
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	< 0,15	--	0,15
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	< 0,15	--	0,15
Criseno	218-01-9	< 0,15	--	0,15
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	< 0,15	--	0,15
Fluoranteno	206-44-0	< 0,15	--	0,15
Fluoreno	86-73-7	0,49	--	0,15
Indeno(1,2,3-cd)pireno	193-39-5	< 0,15	--	0,15
Naftaleno	91-20-3	121 (fator dil.: 10)	--	1,5
Fenantreno	85-01-8	0,78	--	0,15
Pireno	129-00-0	< 0,15	--	0,15
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
2-fluorobifenil	49	35 - 125		
Terfenil-d14	49	38 - 118		

Relatório de Ensaio 0750509
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de PAH em amostras de água pelos métodos EPA 3510/8270.
Quantidade de amostra utilizada para realizar os ensaios: 1000 mL para amostras aquosas.

Observações:

- (1) - L.Q. - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D. - Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) - *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Lídia Katsuoka Coordenadora de Laboratório CRQ 4ª Região 04228605
Responsabilidade Técnica: Marcelo Takata Gerente Técnico - CRQ 4ª Região 04254994	

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatea, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo / SP
Tel.: +55(11) 2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 0750509 - RESULTADOS DE COMPOSTOS BTEX

Cliente : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante : Sr. Paulo Valadão
Projeto : **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **0750509**

Data do Recebimento das amostras: 08/05/2009

Relatório de Ensaio **0750509**
Engo Geotecnia e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz : **Água** Data de preparação : 14/05/2009
Identificação do Branco : VB140509-01 Data de análise : 14/05/2009
Identificação do LCS (Spike) : VLCS140509-01 Unidade $\mu\text{g.L}^{-1}$

Compostos	CAS Number	Branco do Método			Spike ou LCS			
		Resultado	LQ	--	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)
Benzeno	71-43-2	< 5	5	--	59	50	118	70 - 130
Etilbenzeno	100-41-4	< 5	5	--	48	50	96	70 - 130
Tolueno	108-88-3	< 5	5	--	45	50	90	70 - 130
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	< 5	5	--	92	100	92	70 - 130
o-xileno	95-47-6	< 5	5	--	48	50	96	70 - 130
Surrogates	Recuperação do Branco (%)	Recuperação do Spike (%)			Limites CQ (%)			
Fluorbenzeno	108	106			70 - 130			
1,4 Diclorobenzeno d4	110	114			70 - 130			

Relatório de Ensaio 0750509
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B

Identificação da amostra: PM - 01

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 01	Data de Preparação	: 14/05/2009	
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 14/05/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 10	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	1100 (fator dil.:10)	50	--
Etilbenzeno	100-41-4	230 (fator dil.:10)	50	--
Tolueno	108-88-3	60 (fator dil.:10)	50	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	210 (fator dil.:10)	50	--
o-xileno	95-47-6	70 (fator dil.:10)	50	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	116	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	110	70 - 130		

Identificação da amostra: PM - 02

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 02	Data de Preparação	: 14/05/2009	
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 14/05/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	3000 (fator dil.:20)	100	--
Etilbenzeno	100-41-4	320 (fator dil.:20)	100	--
Tolueno	108-88-3	160 (fator dil.:20)	100	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	720 (fator dil.:20)	100	--
o-xileno	95-47-6	60 (fator dil.:10)	50	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	114	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	114	70 - 130		

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheira Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADO DE BTEX PELO MÉTODO EPA 5021A/8021B

Identificação da amostra: PM - 03

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 03	Data de Preparação	: 14/05/2009	
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 14/05/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	6800 (fator dil.:50)	250	--
Etilbenzeno	100-41-4	1300 (fator dil.:50)	250	--
Tolueno	108-88-3	82 (fator dil.:10)	50	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	700 (fator dil.:50)	250	--
o-xileno	95-47-6	60 (fator dil.:10)	50	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	114	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	108	70 - 130		

Identificação da amostra: PM - 04

Amostra (ID) Corplab	: 0750509 - 04	Data de Preparação	: 14/05/2009	
Data de coleta	: 07/05/2009	Data de Análise	: 14/05/2009	
Matriz	: Água	Fator de diluição	: 1	
Unidade	µg.L ⁻¹			
Compostos	CAS Number	Resultado	LQ	--
Benzeno	71-43-2	590 (fator dil:10)	50	--
Etilbenzeno	100-41-4	110 (fator dil.:10)	50	--
Tolueno	108-88-3	34	5	--
(m+p) xileno	108-38-3/ 106-42-3	50 (fator dil:10)	50	--
o-xileno	95-47-6	9,0	5	--
Surrogates	Resultado da Recuperação (%)	Limites CQ (%)		
Fluorbenzeno	108	70 - 130		
1,4 Diclorobenzeno d4	114	70 - 130		

Relatório de Ensaio **0750509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere as análises de BTEX em amostras de água pelos métodos EPA5021A e EPA8021B.
Quantidade de amostra utilizada para realizar os ensaios: 10mL para amostras aquosas

Observações:

- (1) - L.Q. - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Fabiana Imagawa Coordenadora de Laboratório CRQ 4ª Região 04149190
Responsabilidade Técnica: Marcelo Takata Gerente Técnico - CRQ 4ª Região 04254994	

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatéia, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo/SP
PABX.: +55(11)2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 0730509 - RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Cliente : **Engeo - Geotecnia e Meio Ambiente**

Endereço : Alameda Princesa Isabel, 531

Nome do Solicitante : Sr. Paulo Valadão

Projeto : **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **0730509**

Data do Recebimento das amostras: 8/5/2009

Relatório de Ensaio **0730509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Compostos	Método	Unidade	Tipo de análise	Holding Time
Ferro II (Fe ²⁺)	SM 3500 FeB	mg.L ⁻¹	Análise Colorimétrica	48 horas
Sulfato	EPA 375.4	mg.L ⁻¹	Análise Turbidimétrica	28 dias

Relatório de Ensaio **0730509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz: **Água**
Identificação do Branco: B0730509-01
Identificação do LCS (Spike): LCS0730509-01

Compostos	Branco do Método			Spike ou LCS				Data	
	Unidades	Resultado	LQ	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)	Preparação	Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,10	0,10	1,08	1,00	108	75 - 125	--	09/05/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	< 5,0	5,00	32	30,0	107	75 - 125	--	13/05/2009

Relatório de Ensaio **0730509**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab: 0730509-01						
Data de coleta: 7/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,100	1	0,10	--	09/05/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1022	25	125,00	--	13/05/2009

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab: 0730509-02						
Data de coleta: 7/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,100	1	0,10	--	09/05/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	993	25	125,00	--	13/05/2009

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab: 0730509-03						
Data de coleta: 7/5/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,100	1	0,10	--	09/05/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	975	25	125,00	--	13/05/2009

Relatório de Ensaio 0730509
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de Via Clássica em amostras de águas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Marcelo Takata Gerente Técnico CRQ 4ª Região 04254994

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatéia, 1824 - Vila Guilherme - São Paulo/SP
PABX.: +55(11)2221-0127
www.corplab.net
brasil@corplab.net

RELATÓRIO DE ENSAIO 3020409 - RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Cliente: : **Engeo Geotecnia e Meio Ambiente**
Endereço: : Alameda Princesa Izabel, 531 - São Bernardo do Campo - SP
Nome do Solicitante: : Sr. Paulo Valadão
Projeto: **CONAM**

Identificação Corplab Brasil: **3020409**

Data do Recebimento das amostras: 30/4/2009

Relatório de Ensaio **3020409**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Compostos	Método	Unidade	Tipo de análise	Holding Time
Ferro II (Fe ²⁺)	SM 3500 FeB	mg.L ⁻¹	Análise Colorimétrica	48 horas
Sulfato	EPA 375.4	mg.L ⁻¹	Análise Turbidimétrica	28 dias

Relatório de Ensaio **3020409**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA
AMOSTRAS DE CONTROLE DE QUALIDADE - BRANCO DO MÉTODO E LCS

Matriz: **Água**
Identificação do Branco: B3020409-01
Identificação do LCS (Spike): LCS3020409-01

Compostos	Branco do Método			Spike ou LCS				Data	
	Unidades	Resultado	LQ	Resultado Spike	Spike Adicionado	% Recuperação	Limites CQ (%)	Preparação	Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	< 0,10	0,10	0,96	1,00	96	75 - 125	--	1/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	< 5,0	5,0	32	30,0	107	75 - 125	--	13/5/2009

Relatório de Ensaio **3020409**
Engenheiro Geotécnica e Meio Ambiente
CONAM

RESULTADOS DE VIA CLÁSSICA

Identificação da amostra: **PM - 01**

Amostra (ID) Corplab: 3020409-01						
Data de coleta: 29/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,44	1	0,100	--	1/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1241	25	125,00	--	13/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 02**

Amostra (ID) Corplab: 3020409-02						
Data de coleta: 29/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,24	1	0,100	--	1/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1159	25	125,00	--	13/5/2009

Identificação da amostra: **PM - 04**

Amostra (ID) Corplab: 3020409-03						
Data de coleta: 29/4/2009						
Matriz: Água						
Compostos	Unidades	Resultado	Fator diluição	LQ	Data da Preparação	Data da Análise
Ferro II	mg.L ⁻¹	0,38	1	0,100	--	1/5/2009
Sulfato	mg.L ⁻¹	1339	25	125,00	--	13/5/2009

Relatório de Ensaio 3020409
Engenheiro Geotecnia e Meio Ambiente
CONAM

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Este laudo se refere às análises de Via Clássica em amostras de águas.

Observações:

- (1) - LQ - Limite de Quantificação da Amostra
- (2) - L.D. - Limite de Detecção do Método
- (3) - N.D.- Valor não detectado (abaixo do limite de detecção)
- (4) *J - Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)
- (5) - O(s) resultado(s) da(s) análise(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca.
- (6) - N.A. - Não aplicável.
- (7) - Limites de CQ - Limites de Controle de Qualidade - Faixa aceitável para recuperação de surrogates e LCS

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

O relatório apresentado foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS	
Marcelo Takata Gerente Técnico CRQ 4ª Região 04254994

Cópias deste relatório não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

**APÊNDICE G – LAUDOS LABORATORIAIS DO ENSAIO DE
BANCADA E LAUDOS LABORATORIAIS DO MONITORAMENTO
DA 2ª CAMPANHA DE INJEÇÃO**

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatéia, 1824 – Santana – São Paulo/SP
Fone/Fax: +55(11)2221-0127
www.corplab.net / brasil@corplab.net

CONTRATANTE

Engeo Geotecnia e Meio Ambiente

Paulo Valadão

--- Alameda Princesa Izabel, 531 - Jd. Nova Petropolis - São Bernardo do Campo SP
São Bernardo do Campo / SP - 09.771-110

SOLICITANTE

Engeo Geotecnia e Meio Ambiente

Paulo Valadão

--- Alameda Princesa Izabel, 531 - Jd. Nova Petropolis - São Bernardo do Campo SP
São Bernardo do Campo / SP - 09.771-110

Prezado(a) Sr(a). Paulo Valadão,

Segue em anexo os resultados obtidos nas análises laboratoriais, referentes ao projeto **CONAM Remediação** cujas amostras foram recebidas em nosso laboratório em 20/08/2009.

Este projeto recebeu identificação Corplab 1960809 e é composto das seguintes amostras:

Nº da Amostra	Identificação da Amostra	Data/Hora de Coleta	Matriz
5661/2009-1.0	PM - 01	18/8/2009 11:40:00	Água
5662/2009-1.0	PM - 02	18/8/2009 12:00:00	Água
5663/2009-1.0	PM - 04	18/8/2009 12:20:00	Água
5664/2009-1.0	TESTE	18/8/2009 12:50:00	Água

1960809

CORPLAB BRASIL

Cliente: EnGeo - Geotecnia e Meio Ambiente Ltda.
Endereço: Alameda Princesa Isabel, 531
Cidade: São Bernardo do Campo UF: SP
E-mail: paulo@engeoamb.com.br

Cadeia de Custódia

ID do Projeto: ConAm - Remediação
Resp. projeto: Paulo Valadão
Tel. / Fax: (11) 4121-7410
E-mail: paulo@engeoamb.com.br

LOG Nº

PROPOSTA Nº: 549.800.9

Coleta realizada por? ☒ Cliente ☐ Terceirizada

Responsável pela Coleta: Paulo Valadão

Empresa: EnGeo - Geotecnia e Meio Ambiente Ltda.
Endereço: Alameda Princesa Isabel, 531
Cidade: São Bernardo do Campo UF: SP
E-mail: paulo@engeoamb.com.br / alneu@engeoamb.com.br

Matrizes solicitadas

Logim	Data	Hora	ID da amostra	Matriz	Q. Res.
3031	18/8/2009	11:40	PM-01	ASB	3
3032	18/8/2009	12:00	PM-02	ASB	3
3033	18/8/2009	12:20	PM-04	ASB	3
3034	18/8/2009	12:50	TESTE	ASB	1

Entregue por (nome / visto)
Alneu Vias Boas

Recebida por (nome / visto)
Paulo Valadão

Prazos acordados
Rush ☐ Normal ☒

Observações gerais

942-54,66 52

ANÁLISES REQUERIDAS

ANÁLISES REQUERIDAS	CO	CH	VO	SA	OD	SV	Y	T	P	H	M	W	CO	CH	VO	SA	OD	SV	Y	T	P	H	M	W
CO																								
CH																								
VO																								
SA																								
OD																								
SV																								
Y																								
T																								
P																								
H																								
M																								
W																								

LISTA DE VERIFICAÇÃO DE RECEBIMENTO DE AMOSTRAS	
Data: 20/08/2009	
Identificação Corplab: 1960809	Cliente: Engeo Geotecnia e Meio Ambiente
Envio das Amostras	Corplab
As amostras foram recebidas em caixas térmicas?	Sim
Data de abertura da caixa térmica:	19/08/2009
O branco de temperatura estava presente?	Sim
Temperatura da caixa térmica (°C):	5
A identificação nos frascos coincide com a cadeia de custódia?	Sim
Os frascos foram recebidos intactos?	Sim
As amostras foram recebidas dentro do prazo de validade?	Sim
As amostras estavam com o preservante correto?	Sim
Os frascos eram apropriados para o tipo de análise?	Sim
Há quantidade suficiente de amostra para análise?	Sim
Os frascos para análise de compostos voláteis (VOC, BTEX, Metano, etc.) estavam isentos de bolhas?	Sim
Houve necessidade de notificação de não conformidade ao cliente?	Não
Observações e Comentários:	---
Filtrada no Campo?	N.A.
Temperatura correta para recebimento das amostras: $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$	
Responsável:	Dirce Caetano

Identificação da amostra: PM - 01					
Nº Amostra:	5661/2009-1.0	Matriz:	Água	% de Sólidos:	N.A

PAH	
Data e Hora de Preparação:	21/8/2009 16:40:24
Data e Hora de Análise:	2/9/2009 09:16:01
Nº do Controle de Qualidade:	1108/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
Acenafteno	83-32-9	0,50	µg/L	1	0,15	0,015
Acenaftileno	208-96-8	0,132*J	µg/L	1	0,15	0,015
Antraceno	120-12-7	0,138*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)antraceno	56-55-3	0,091*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,038*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	0,088*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	0,041*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo[g,h,i]perileno	191-24-2	0,033*J	µg/L	1	0,15	0,015
Criseno	218-01-9	0,104*J	µg/L	1	0,15	0,015
Dibenzo[a,h]antraceno	53-70-3	0,020*J	µg/L	1	0,15	0,015
Fenantreno	85-01-8	1,0	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoranteno	206-44-0	0,37	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoreno	86-73-7	0,64	µg/L	1	0,15	0,015
Indeno[1,2,3-cd]pireno	193-39-5	0,046*J	µg/L	1	0,15	0,015
Naftaleno	91-20-3	451	µg/L	20	3,0	0,30
Pireno	129-00-0	0,36	µg/L	1	0,15	0,015

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
2-Fluorobifenil	321-60-8	*H	35 - 125
Terfenil-d14	1718-51-0	*H	38 - 118

BTEX	
Data e Hora de Preparação:	18/8/2009 11:40:00
Data e Hora de Análise:	25/8/2009 13:47:57
Nº do Controle de Qualidade:	1188/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	1334	µg/L	20	200	40
Benzeno	71-43-2	3777	µg/L	20	100	20
Etilbenzeno	100-41-4	1860	µg/L	20	100	20
o-Xileno	95-47-6	118	µg/L	20	100	20
Tolueno	108-88-3	121	µg/L	20	100	20
Xilenos Totais	---	1452	µg/L	-	300	60

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
Fluorobenzeno	462-06-6	97	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	124	70 - 130

Identificação da amostra: PM - 02					
Nº Amostra:	5662/2009-1.0	Matriz:	Água	% de Sólidos:	N.A

PAH	
Data e Hora de Preparação:	21/8/2009 16:40:24
Data e Hora de Análise:	2/9/2009 09:23:03
Nº do Controle de Qualidade:	1108/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
Acenafteno	83-32-9	0,36	µg/L	1	0,15	0,015
Acenaftileno	208-96-8	0,106*J	µg/L	1	0,15	0,015
Antraceno	120-12-7	0,045*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)antraceno	56-55-3	0,051*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,031*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	0,034*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	0,021*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo[g,h,i]perileno	191-24-2	0,016*J	µg/L	1	0,15	0,015
Criseno	218-01-9	0,058*J	µg/L	1	0,15	0,015
Dibenzo[a,h]antraceno	53-70-3	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Fenantreno	85-01-8	0,84	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoranteno	206-44-0	0,20	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoreno	86-73-7	0,54	µg/L	1	0,15	0,015
Indeno[1,2,3-cd]pireno	193-39-5	0,019*J	µg/L	1	0,15	0,015
Naftaleno	91-20-3	230	µg/L	10	1,5	0,15
Pireno	129-00-0	0,19	µg/L	1	0,15	0,015

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
2-Fluorobifenil	321-60-8	37	35 - 125
Terfenil-d14	1718-51-0	*H	38 - 118

BTEX	
Data e Hora de Preparação:	18/8/2009 12:00:00
Data e Hora de Análise:	25/8/2009 13:47:57
Nº do Controle de Qualidade:	1188/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	1368	µg/L	10	100	20
Benzeno	71-43-2	4570	µg/L	50	250	50
Etilbenzeno	100-41-4	717	µg/L	10	50	10
o-Xileno	95-47-6	196	µg/L	10	50	10
Tolueno	108-88-3	260	µg/L	10	50	10
Xilenos Totais	---	1564	µg/L	-	150	30

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
Fluorobenzeno	462-06-6	100	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	129	70 - 130

Identificação da amostra: PM - 04					
Nº Amostra:	5663/2009-1.0	Matriz:	Água	% de Sólidos:	N.A

PAH	
Data e Hora de Preparação:	21/8/2009 16:40:24
Data e Hora de Análise:	27/8/2009 15:58:25
Nº do Controle de Qualidade:	1108/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
Acenafteno	83-32-9	0,063*J	µg/L	1	0,15	0,015
Acenaftileno	208-96-8	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Antraceno	120-12-7	0,046*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)antraceno	56-55-3	0,027*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(a)pireno	50-32-8	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	0,020*J	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Benzo[g,h,i]perileno	191-24-2	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Criseno	218-01-9	0,029*J	µg/L	1	0,15	0,015
Dibenzo[a,h]antraceno	53-70-3	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Fenantreno	85-01-8	0,125*J	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoranteno	206-44-0	0,054*J	µg/L	1	0,15	0,015
Fluoreno	86-73-7	0,078*J	µg/L	1	0,15	0,015
Indeno[1,2,3-cd]pireno	193-39-5	ND	µg/L	1	0,15	0,015
Naftaleno	91-20-3	9,2	µg/L	1	0,15	0,015
Pireno	129-00-0	0,058*J	µg/L	1	0,15	0,015

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
2-Fluorobifenil	321-60-8	*H	35 - 125
Terfenil-d14	1718-51-0	*H	38 - 118

BTEX	
Data e Hora de Preparação:	18/8/2009 12:20:00
Data e Hora de Análise:	25/8/2009 13:47:58
Nº do Controle de Qualidade:	1188/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	1864	µg/L	10	100	20
Benzeno	71-43-2	1207	µg/L	10	50	10
Etilbenzeno	100-41-4	1116	µg/L	10	50	10
o-Xileno	95-47-6	384	µg/L	10	50	10
Tolueno	108-88-3	245	µg/L	10	50	10
Xilenos Totais	---	2249	µg/L	-	150	30

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
Fluorobenzeno	462-06-6	98	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	124	70 - 130

Identificação da amostra: TESTE					
Nº Amostra:	5664/2009-1.0	Matriz:	Água	% de Sólidos:	N.A

BTEX	
Data e Hora de Preparação:	18/8/2009 12:50:00
Data e Hora de Análise:	26/8/2009 09:46:17
Nº do Controle de Qualidade:	1188/2009

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Dil.	LQ	LD
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	ND	µg/L	1	10	2,0
Benzeno	71-43-2	147	µg/L	10	50	10
Etilbenzeno	100-41-4	ND	µg/L	1	5,0	1,0
o-Xileno	95-47-6	ND	µg/L	1	5,0	1,0
Tolueno	108-88-3	ND	µg/L	1	5,0	1,0
Xilenos Totais	---	ND	µg/L	-	15	3,0

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites do Controle de Qualidade
Fluorobenzeno	462-06-6	111	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	121	70 - 130

Branco do Método - PAH (Água)

Nº Controle: 1108/2009 **Data e Hora de Preparação:** 21/8/2009 16:46:15
Matriz: Água **Data e Hora de Análise:** 27/8/2009 14:13:59

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	LQ	LD
1-Metilnaftaleno	90-12-0	ND	µg/L	0,15	0,015
2-Metilnaftaleno	91-57-6	ND	µg/L	0,15	0,015
Acenafteno	83-32-9	ND	µg/L	0,15	0,015
Acenaftileno	208-96-8	ND	µg/L	0,15	0,015
Antraceno	120-12-7	ND	µg/L	0,15	0,015
Benzo(a)antraceno	56-55-3	ND	µg/L	0,15	0,015
Benzo(a)pireno	50-32-8	ND	µg/L	0,15	0,015
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	ND	µg/L	0,15	0,015
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	ND	µg/L	0,15	0,015
Benzo[g,h,i]perileno	191-24-2	ND	µg/L	0,15	0,015
Criseno	218-01-9	ND	µg/L	0,15	0,015
Dibenzo[a,h]antraceno	53-70-3	ND	µg/L	0,15	0,015
Fenantreno	85-01-8	ND	µg/L	0,15	0,015
Fluoranteno	206-44-0	ND	µg/L	0,15	0,015
Fluoreno	86-73-7	ND	µg/L	0,15	0,015
Indeno[1,2,3-cd]pireno	193-39-5	ND	µg/L	0,15	0,015
Naftaleno	91-20-3	ND	µg/L	0,15	0,015
Pireno	129-00-0	ND	µg/L	0,15	0,015

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites de Controle de Qualidade (%)
2-Fluorobifenil	321-60-8	91	35 - 125
Terfenil-d14	1718-51-0	105	38 - 118

LCS - PAH (Água)

Nº Controle: 1108/2009 **Data e Hora de Preparação:** 21/8/2009 16:46:16
Matriz: Água **Data e Hora de Análise:** 27/8/2009 14:16:29

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Limites de Controle de Qualidade (%)
Acenafteno	83-32-9	86	%	30 - 140
Acenaftileno	208-96-8	88	%	30 - 140
Antraceno	120-12-7	84	%	30 - 140
Benzo(a)antraceno	56-55-3	83	%	30 - 140
Benzo(a)pireno	50-32-8	69	%	30 - 140
Benzo(b)fluoranteno	205-99-2	78	%	30 - 140
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	70	%	30 - 140
Benzo[g,h,i]perileno	191-24-2	51	%	30 - 140
Criseno	218-01-9	82	%	30 - 140
Dibenzo[a,h]antraceno	53-70-3	49	%	30 - 140
Fenantreno	85-01-8	87	%	30 - 140
Fluoranteno	206-44-0	97	%	30 - 140
Fluoreno	86-73-7	91	%	30 - 140
Indeno[1,2,3-cd]pireno	193-39-5	77	%	30 - 140
Naftaleno	91-20-3	89	%	30 - 140
Pireno	129-00-0	93	%	30 - 140

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites de Controle de Qualidade (%)
2-Fluorobifenil	321-60-8	66	35 - 125
Terfenil-d14	1718-51-0	61	38 - 118

Branco do Método - BTEX (Água)			
Nº Controle:	1188/2009	Data e Hora de Preparação:	25/8/2009 11:02:30
Matriz:	Água	Data e Hora de Análise:	25/8/2009 11:03:44

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	LQ	LD
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	ND	µg/L	10	2,0
Benzeno	71-43-2	ND	µg/L	5,0	1,0
Etilbenzeno	100-41-4	ND	µg/L	5,0	1,0
o-Xileno	95-47-6	ND	µg/L	5,0	1,0
Tolueno	108-88-3	ND	µg/L	5,0	1,0
Xilenos Totais	---	ND	µg/L	15	3,0

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites de Controle de Qualidade (%)
Fluorobenzeno	462-06-6	99	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	109	70 - 130

LCS - BTEX (Água)			
Nº Controle:	1188/2009	Data e Hora de Preparação:	25/8/2009 11:02:31
Matriz:	Água	Data e Hora de Análise:	25/8/2009 11:05:12

Compostos	CAS	Resultado	Unidade	Limites de Controle de Qualidade (%)
(m+p) Xileno	108-38-3 / 106-42-3	103	%	70 - 130
Benzeno	71-43-2	116	%	70 - 130
Etilbenzeno	100-41-4	83	%	70 - 130
o-Xileno	95-47-6	81	%	70 - 130
Tolueno	108-88-3	95	%	70 - 130

Surrogates	CAS	Resultado da Recuperação (%)	Limites de Controle de Qualidade (%)
Fluorobenzeno	462-06-6	102	70 - 130
1,2-Diclorobenzeno-d4	2199-69-1	110	70 - 130

Serviços Analíticos Ambientais
Rua Galatéa, 1824 – Santana – São Paulo/SP
Fone/Fax: +55(11)2221-0127
www.corplab.net / brasil@corplab.net

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

Métodos de referência - Preparo:

PAH/SVOC (Extração): USEPA 3510C - Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction

Métodos de referência - Análise:

PAH/SVOC: USEPA 8270D - Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)

BTEX: USEPA 8021B - Aromatic and Halogenated Volatiles by Gas Chromatography Using Photoionization and/or Electrolytic Conductivity Detectors

Abreviações:

L.Q. - Limite de Quantificação da Amostra

L.D. - Limite de Detecção do Método

N.D. - Valor não detectado (abaixo do limite de quantificação)

O(s) resultado(s) da(s) amostra(s) em matriz(es) sólida(s) é(são) expresso(s) na base seca

N.A. - Não aplicável

Flags:

@H – O limite foi elevado devido à interferência de matriz

@X – Resultado confirmado após redigestão e reanálise

*H – Resultado fora dos limites de controle de qualidade devido à interferência de matriz

*K – Resultado fora dos limites de controle de qualidade devido à necessária diluição

*J – Valor estimado (entre o limite de detecção e o limite de quantificação)

APROVAÇÃO DO RELATÓRIO

Este documento foi elaborado segundo os padrões de qualidade da Corplab Brasil e aprovado por:

RESPONSÁVEIS

Fabiana Imagawa
Coordenadora de Laboratório
CRQ IV – 04149190
fiimagawa@corplab.net

Luciana Eiko Fuji
Coordenadora de Laboratório
CRQ IV – 04261012
leikofuji@corplab.net

Impresso em 3 de abril de 2011. Este relatório cancela e substitui relatórios anteriores.

Cópias deste não podem ser reproduzidas sem autorização prévia do laboratório

RELATÓRIO DE ENSAIO

INTERESSADO: ENGEO GEOTECNIA E MEIO AMBIENTE LTDA
Rua Alameda Princesa Izabel, 531
CEP: 09.750-340 - São Bernardo do Campo/SP
Tel: (11) 4121.7410

LABORATÓRIO CONTRATADO: Analytical Technology Serviços
Analíticos e Ambientais Ltda.

PROJETO: CONAM

IDENTIFICAÇÃO AT: LOG nº 3681/2009

Dados referentes ao Projeto

1. Identificação das amostras

ID AT	IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO
32959/2009-1.0	AMOSTRA: PM-01 / DATA: 29/09/2009 / HORA:12:46 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: CONAM
32960/2009-1.0	AMOSTRA: PM-02 / DATA: 29/09/2009 / HORA:12:09 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: CONAM
32961/2009-1.0	AMOSTRA: PM-03 / DATA: 29/09/2009 / HORA:12:21 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: CONAM
32962/2009-1.0	AMOSTRA: PM-04 / DATA: 29/09/2009 / HORA:12:35 / MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA / PROJETO: CONAM

2. Custódia das amostras

Data de recebimento de amostra: 29/09/2009

Data de emissão do relatório eletrônico: 14/10/2009

Período de retenção das amostras: até 30 dias após a publicação (até essa data as amostras estarão disponíveis para devolução e/ou checagem)

3. Resultados de análises

PROJETO: CONAM

ENSAIO: BTEX

LOGIN: 32959/2009-1.0

PONTO: PM-01

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 29/09/2009

HORA: 12:46

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	20	µg/L	3046,3	6,00	18,0	56
Tolueno	20	µg/L	37,8	6,00	18,0	56
Etilbenzeno	20	µg/L	1207,9	6,00	18,0	56
m,p-Xilenos	20	µg/L	785,2	6,00	18,0	56
o-Xileno	20	µg/L	38,4	6,00	18,0	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle

Recuperação

Crítérios de Aceitação

Clorobenzeno-d5
1,2-Diclorobenzeno-d4

(%)
126,5
75,3

(%)
70-130
70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	13/10/2009	5735/2009

PROJETO: CONAM

ENSAIO: BTEX

LOGIN: 32960/2009-1.0

PONTO: PM-02

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 29/09/2009

HORA: 12:09

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	10	µg/L	880,4	3,00	9,00	56
Tolueno	10	µg/L	15,3	3,00	9,00	56
Etilbenzeno	10	µg/L	118,4	3,00	9,00	56
m,p-Xilenos	10	µg/L	182,1	3,00	9,00	56
o-Xileno	10	µg/L	14,6	3,00	9,00	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle

Recuperação (%)

Crítérios de Aceitação (%)

Clorobenzeno-d5
1,2-Diclorobenzeno-d4

125,0
108,3

70-130
70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	10/10/2009	5665/2009

PROJETO: CONAM

ENSAIO: BTEX

LOGIN: 32961/2009-1.0

PONTO: PM-03

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 29/09/2009

HORA: 12:21

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	5	µg/L	968,0	1,50	4,50	56
Tolueno	5	µg/L	38,1	1,50	4,50	56
Etilbenzeno	5	µg/L	683,6	1,50	4,50	56
m,p-Xilenos	5	µg/L	1340,4	1,50	4,50	56
o-Xileno	5	µg/L	322,3	1,50	4,50	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle

Recuperação

Critérios de Aceitação

	(%)	(%)
Clorobenzeno-d5	123,9	70-130
1,2-Diclorobenzeno-d4	119,0	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	10/10/2009	5665/2009

PROJETO: CONAM

ENSAIO: BTEX

LOGIN: 32962/2009-1.0

PONTO: PM-04

MATRIZ: ÁGUA SUBTERRÂNEA

DATA: 29/09/2009

HORA: 12:35

Composto	Diluição	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	2	µg/L	410,0	0,600	1,80	56
Tolueno	2	µg/L	4,99	0,600	1,80	56
Etilbenzeno	2	µg/L	5,53	0,600	1,80	56
m,p-Xilenos	2	µg/L	ND	0,600	1,80	56
o-Xileno	2	µg/L	ND	0,600	1,80	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle

Recuperação (%)

Crítérios de Aceitação (%)

Clorobenzeno-d5
1,2-Diclorobenzeno-d4

97,9
73,9

70-130
70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	10/10/2009	5665/2009

QA/QC - 5665/2009 - Branco de Análise - BTEX - Água

PROJETO: CONAM					
PONTO: BRANCO			MATRIZ: ÁGUA		

Composto	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
Tolueno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
Etilbenzeno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
m,p-Xilenos	µg/L	ND	0,300	0,900	56
o-Xileno	µg/L	ND	0,300	0,900	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Critérios de Aceitação (%)
Clorobenzeno-d5	123,6	70-130
1,2-Diclorobenzeno-d4	121,0	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	10/10/2009	5665/2009

QA/QC - 5665/2009 - Spike - BTEX - Água

PROJETO: CONAM						
PONTO: SPIKE			MATRIZ: ÁGUA			

Composto	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Critério Aceitação (%)	Ref.
Benzeno	µg/L	47,9	50,0	95,8	70-130	56
Tolueno	µg/L	45,2	50,0	90,5	70-130	56
Etilbenzeno	µg/L	43,2	50,0	86,5	70-130	56
m,p-Xilenos	µg/L	92,9	100,0	92,9	70-130	56
o-Xileno	µg/L	43,3	50,0	86,7	70-130	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Crítérios de Aceitação (%)
Clorobenzeno-d5	124,4	70-130
1,2-Diclorobenzeno-d4	124,1	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	10/10/2009	5665/2009

QA/QC - 5735/2009 - Branco de Análise - BTEX - Água

PROJETO: CONAM					
PONTO: BRANCO			MATRIZ: ÁGUA		

Composto	Unidade	Concentração	L.D	L.Q	Ref.
Benzeno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
Tolueno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
Etilbenzeno	µg/L	ND	0,300	0,900	56
m,p-Xilenos	µg/L	ND	0,300	0,900	56
o-Xileno	µg/L	ND	0,300	0,900	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Crítérios de Aceitação (%)
Clorobenzeno-d5	122,5	70-130
1,2-Diclorobenzeno-d4	102,0	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	13/10/2009	5735/2009

QA/QC - 5735/2009 - Spike - BTEX - Água

PROJETO: CONAM						
PONTO: SPIKE			MATRIZ: ÁGUA			

Composto	Unidade	Concentração Obtida	Concentração Teórica	Recuperação (%)	Critério Aceitação (%)	Ref.
Benzeno	µg/L	64,4	50,0	128,9	70-130	56
Tolueno	µg/L	63,4	50,0	126,8	70-130	56
Etilbenzeno	µg/L	63,3	50,0	126,5	70-130	56
m,p-Xilenos	µg/L	128,9	100,0	128,9	70-130	56
o-Xileno	µg/L	63,4	50,0	126,8	70-130	56

QA/QC - Recuperação dos padrões de controle e critérios de aceitação

Padrão de Controle	Recuperação (%)	Crítérios de Aceitação (%)
Clorobenzeno-d5	127,8	70-130
1,2-Diclorobenzeno-d4	101,6	70-130

Observações:

N.D: Não Detectado

L.D: Limite de Detecção

L.Q: Limite de Quantificação

Ref.	Referência Externa	Referência Interna	Data do Preparo	Data da Análise	QA/QC
56	USEPA 8021B	POPLOR007	05/10/2009	13/10/2009	5735/2009

4. Responsabilidade técnica

Ana Paula Ahualli	CRQ 4ª Região nº 04121814
-------------------	---------------------------

5. Informações Adicionais

- Procedimento e plano de amostragem foram definidos pelo cliente de acordo com o Projeto: CONAM
- Os resultados aqui apresentados referem-se exclusivamente às amostras enviadas pelo interessado.
- O relatório de ensaio só deve ser reproduzido por completo. A reprodução parcial requer aprovação por escrita deste laboratório.
- Este relatório atende aos requisitos de acreditação da Cgcre/Inmetro que avaliou a competência do laboratório.
- As referências internas foram baseadas e validadas a partir das referências externas.

6. Anexos

- ✓ Cadeia de Custódia.

7. Aprovação do relatório

Relatório aprovado segundo especificações comerciais (proposta 51.09_Rev.01) e com base nos documentos do Sistema da Qualidade Analytical Technology.

Daniela de Santi, MSc.
CRQ 4ª Região nº 04261977
Química

**ANEXO A – FICHA CADASTRAL DO IMÓVEL (ABNT NBR
15.515/2007)**

1 Identificação da área			
1.1 Razão social: _____			
1.2 Denominação atual do local: _____ (Nome fantasia ou nome identificador)			
1.3 CNPJ: _____			
1.4 Endereço: _____			
Distrito/Bairro:		CEP:	
Município:		Estado:	
Tel.:		E-mail:	
Zoneamento de uso e ocupação do solo: _____ _____ _____ _____			
1.5 Latitude: UTM		Longitude: UTM	
Quadrante:			
Folha topográfica:			
Datum/MC:		Bacia hidrográfica:	
1.6 Data da 1ª inspeção:		Data da inspeção atual:	
1.7 Entidade responsável: _____			
Responsável(is) e registro(s) técnico(s) pela inspeção atual: (relacionar) _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____			

1.8 Entidade responsável: _____	
Nome(s) e registro técnico do(s) responsável(is): _____ _____ _____	
Tel.: _____	E-mail: _____
1.9 Tipo de fonte potencial de contaminação:	
☐ Disposição de resíduos sólidos (Preencher item 2) ☐ Área industrial (Preencher item 3) ☐ Área de comércio e/ou armazenamento de produtos químicos, produtos perigosos, combustíveis e derivados de petróleo (Preencher item 3)	☐ Outras fontes (Preencher item 4) ☐ Não conhecida (Preencher item 4)
1.10 Denominação da fonte:	
_____ _____ _____ _____	
1.11 Código Nacional de Atividade Econômica do IBGE da fonte:	
Código e Descrição: _____ _____ _____ _____	
1.12 Situação da fonte quanto ao funcionamento:	
☐ Ativa(o) desde _____ ☐ Desativada(o): funcionamento de _____ até _____	
1.13 Área estimada: total da fonte/afetada: _____ / _____ (m ²)	
2 Disposição de resíduos sólidos	
2.1 Tipo de disposição	
☐ Aterro sanitário ☐ Aterro industrial ☐ Aterro de inertes	☐ Lixão ou vazadouro ☐ Bota-fora ☐ Outros: _____

2.2 Volume estimado e frequência de recebimento de resíduos sólidos:Volume: _____ (m³) Frequência: _____ (m³/dia)

Tipo de disposição	Quantidade	Unidade

2.3 Origem de resíduos sólidos:

☐ Resíduo industrial	☐ Resíduo de limpeza urbana
☐ Resíduo de serviço de saúde	☐ Materiais de dragagem
☐ Resíduo domiciliar	☐ Lodos do tratamento de águas residuárias
☐ Resíduo de mineração	☐ Outros: _____
☐ Resíduo de construção civil	☐ Desconhecido

2.4 Tipos de resíduos sólidos:

Denominação	Classificação	Quantidade	Unidade

2.5 Disposição desenvolvida:

☐ Acima da superfície do terreno	☐ Abaixo da superfície do terreno	☐ Acima e abaixo da superfície do terreno

Altura (valores estimados): Acima: _____ (m) Abaixo: _____ (m) Classificação: _____			
2.6 Existência de impermeabilização inferior:			
☐ Inexistente ☐ Membrana	☐ Argila e membrana ☐ Dupla Membrana	☐ Argila ☐ Outros: _____	☐ Desconhecida
2.7 Recobrimento operacional:			
☐ Sim Tipo de material de recobrimento/freqüência: _____		☐ Não	☐ Desconhecido
2.8 Operação de compactação:			
☐ Sim	☐ Não	☐ Desconhecida	
2.9 Existência de drenagens:			
☐ Sim ☐ Não ☐ Desconhecida ☐ De águas de escoamento superficial	☐ De nascentes ☐ De líquidos percolados ☐ De gases		
2.10 Destino dos líquidos percolados:			
☐ Água superficial ☐ Infiltração no solo ☐ Infiltração em poços ☐ Estação de tratamento público/terceiros ☐ Estação de tratamento própria	☐ Rede de esgoto ☐ Rede de águas pluviais ☐ Outros: _____ ☐ Inexistente ☐ Desconhecido		
2.11 Sistema de tratamento de líquidos percolados			
☐ Inexistente ☐ Desconhecido ☐ Lagoas ☐ Recirculação	☐ Processo físico-químico ☐ Sistema biológico ☐ Outros: _____ Tipo: _____		
2.12 Existência de catadores no local:		☐ Não	☐ Sim, trabalhando ☐ Sim, morando

2.13 Existência de impermeabilização superior:		
☐ Inexistente	☐ Adequado	☐ Inadequado
2.14 Material de impermeabilização superior:		
☐ Inexistente	☐ Argila e membrana	
☐ Solo argiloso compactado	☐ Pavimentação com asfalto/concreto	
☐ Solo	☐ Outros: _____	
☐ Membrana simples ou dupla	☐ Desconhecido	
3 Área industrial/Comercial		
3.1 Tipo de atividade industrial/comercial:		
☐ Mineração	☐ Produção e transformação de metais	☐ Celulose e papel
☐ Produtos químicos	☐ Recuperação de resíduos sólidos	☐ Couro
☐ Energia	☐ Borracha	☐ Madeira
☐ Produtos farmacêuticos	☐ Armazenamento de produtos químicos e combustível	☐ Outras _____
☐ Equipamentos eletroeletrônicos	☐ Têxtil	
3.2 Fonte potencial de contaminação:		
☐ Disposição de resíduos sólidos na área (preencher item 2)	☐ Armazenamento subterrâneo	☐ Manutenção
☐ Produção/Operação	☐ Tubulação aérea	☐ Subestação de energia elétrica
☐ Tratamento de fluentes/resíduos sólidos	☐ Tubulação subterrânea	☐ Outras: _____
☐ Armazenamento aéreo	☐ Infiltração	
3.3 Número de trabalhadores: _____		
3.4 Materiais utilizados/produzidos/armazenados		
Tipo de material:	☐ Insumo	☐ Produto
Forma de armazenamento:		
☐ Tanques subterrâneos (TQS)	☐ Depósito a céu aberto (DCA)	
☐ Tanques aéreos (TQA)	☐ Outros (OUT)	
☐ Área coberta (ACB)		

Tipo de material	Denominação	Quantidade	Unidade	Forma de armazenamento	Local de uso

3.5 Resíduos sólidos gerados:

Tipo de resíduo sólido	Quantidade	Unidade	Acondicionamento ^a	Local de armazenamento ^b	Destinação ^c

^a Acondicionamento: A granel (AGR); Caçamba (CAÇ); Tambores/Contêineres (TBC); Fardos (FAR); Sacos plásticos (SAP); Tanque subterrâneo (TQS); Tanque aéreo (TQA); Inexistente (INE); Outras formas (OUT) ou Desconhecido (DES).

^b Local de armazenamento: Piso revestido (PR); Área coberta (AC); Área descoberta (AD) ou Bacia de contenção (BC).

^c Destinação: Aterro de terceiros (AT); Aterro próprio (AT1); *Landfarming* de terceiros (LF); *Landfarming* próprio (LF1); Venda/Reciclagem (VE); Lagoa (LA); Poço de infiltração (PI); Irrigação (IR); Compostagem (CO); Armazenamento em galpão (AG); Disposição a céu aberto (DC); Incinerador (IN); Queima a céu aberto (QU); Infiltração no solo (IF); Estocagem (ES); Coprocessamento (CP); Outros (OU) ou Desconhecido (DE)

3.6 Destino das águas residuárias:

☐ Água superficial ☐ Infiltração no solo ☐ Infiltração em poços ☐ Estação de tratamento de esgotos: ☐ Interna ☐ Externa	☐ Estação de tratamento de efluentes industriais: ☐ Interna ☐ Externa ☐ Rede de esgoto/águas pluviais ☐ Inexistente ☐ Desconhecido
--	---

3.7 Tipo de sistema de tratamento de águas residuárias:

☐ Inexistente ☐ Lagoas ☐ Recirculação ☐ Processos físico-químico	☐ Processo biológico ☐ Caixa de retenção de sólidos ☐ Caixa separadora água/óleo (SAO)	☐ Outros: _____ ☐ Desconhecido
---	---	---

Tipo:

3.8 Tipo de revestimento da superfície do solo

Área/local	Quantidade	Tipo de revestimento ^a	Estado de conservação ^b

^a Tipo de revestimento: Inexistente; Aterro argiloso; Aterro arenoso; Dupla membrana; Argila e membrana; Solo/cimento; Pavimentação com asfalto; Pavimentação com concreto; Pavimentação com paralelepípedo; Pavimentação com piso articulado; Outros ou Desconhecida.

^b Estado de conservação: Adequada (AD); Inadequada (ID) ou Sem condição de avaliar (SC).

3.9 Existência de vazamentos/infiltrações

☐ Tanques de armazenamento aéreos	☐ No tratamento/armazenamento de resíduos sólidos
☐ Tanques de armazenamento subterrâneos	☐ Inexistente
☐ Tubulações aéreas	☐ Desconhecida
☐ Tubulações subterrâneas	☐ Outros: _____
☐ No processo produtivo	
☐ Na ETE	

4 Outras fontes/Fontes não conhecidas

4.1 Tipo:

☐ Acidentes	☐ Estações de bombeamento
☐ Atividade agrícola	☐ Outras: _____
☐ Cemitérios	☐ Não conhecida
☐ Terminais de carga	
☐ Subestações de energia	

4.2 Causa:

☐ Colisão/tombamento de veículos rodoviários ou ferroviários
☐ Corrosão de dutos
☐ Vazamentos

☐ Infiltração
☐ Outras: _____
☐ Não conhecida

4.3 Data ou período da ocorrência: ____/____/____

4.4 Substâncias/material/resíduo sólido

Denominação	Quantidade estimada	Unidade

4.5 Meios ou estruturas receptoras das substâncias/materiais/resíduos sólidos envolvidos:

☐ Água superficial
☐ Solo
☐ Poços

☐ Estação de tratamento própria
☐ Rede de esgoto/águas pluviais
☐ Outros: _____

4.6 Tipo e condição de revestimento da superfície da área:

Área ^a	Tipo de revestimento ^b	Condição do revestimento ^c

^a Áreas: Produção, Armazenamento de insumos/matérias-primas e produtos, Tratamento de resíduos sólidos, manutenção ou Outras (especificar).
^b Tipo de revestimento: Inexistente; Aterro argiloso; Aterro arenoso; Dupla membrana; Argila e membrana; Solo/cimento; Pavimentação com asfalto; Pavimentação com concreto; Pavimentação com paralelepípedo; Pavimentação com piso articulado; Outros ou Desconhecida.
^c Condição do revestimento: Adequada (AD); Inadequada (ID) ou Sem condição de avaliar (SC).

5 Descrição da área e suas adjacências		
5.1 Substâncias presentes na área. Preencher com C (Confirmado) ou P (Presumido)		
☐ Solventes halogenados ☐ Solventes aromáticos ☐ Solventes aromáticos halogenados ☐ PAH ☐ PCB ☐ Metano/outros vapores/gases	☐ Combustíveis líquidos ☐ Metais ☐ Outros inorgânicos ☐ Fenóis ☐ Biocidas ☐ Ftalatos	☐ Dioxinas e furanos ☐ Anilinas ☐ Radionuclídeos ☐ Microbiológicos ☐ Outros: _____
5.2 Ocupação do solo/áreas com bens a proteger. Preencher com d (dentro) ou f (fora):		
☐ Zona ferroviária ☐ Zona viária ☐ Estacionamento ☐ Aeroporto ☐ Porto ☐ Área militar ☐ Área comercial ☐ Área industrial ☐ Comércio e/ou armazenamento de produtos químicos, produtos perigosos, combustíveis e derivados de petróleo ☐ Área/Bens de interesse público ☐ Mineração ☐ Utilidades (rede de esgoto, telefone, gás etc.) ☐ Cemitério	☐ Residencial com hortas, alta densidade populacional (≥ 20 casas) ☐ Residencial com hortas, baixa densidade populacional (< 20 casas) ☐ Residencial sem hortas, alta densidade populacional (≥ 20 casas) ☐ Residencial sem hortas, baixa densidade populacional (< 20 casas) ☐ Parque, área verde ☐ Parque infantil/jardim infantil ☐ Área de lazer e desportos/circulação ☐ Escola/Creche ☐ Hospital/Posto de saúde ☐ Hortas ☐ Área de pecuária ☐ Área agrícola	☐ Mata natural ☐ Área de proteção ambiental ☐ Área de proteção de mananciais ☐ Bacia hidrográfica para abastecimento ☐ Zona de recarga de aquíferos ou aquíferos utilizados para abastecimento ☐ Corpos hídricos, área inundável, várzea ☐ Represa para abastecimento público ☐ Água superficial para abastecimento público ☐ Poço para abastecimento público ☐ Poço para abastecimento domiciliar/industrial ☐ Outros: _____
5.3 Uso atual da área:		
☐ Planta industrial desativada ☐ Edificação industrial com uso residencial ☐ Edificação industrial com uso comercial	☐ Edificação industrial com uso cultural ☐ Edificação industrial com uso industrial ☐ Edificação comercial ☐ Edificação residencial	☐ Edificação cultural ☐ Planta industrial ativa ☐ Sem edificações ☐ Outros: _____

5.4 Existência anterior de outra fonte potencial de contaminação na área:

Razão social: _____

☐ Industrial	☐ Outros: _____
☐ De comércio e/ou armazenamento de produtos químicos, produtos perigosos, combustíveis e derivados de petróleo	☐ Inexistente
☐ Disposição de resíduos sólidos	☐ Desconhecido

5.5 Distância até a edificação mais próxima da área:

☐ < 10 m	☐ > 100 m
☐ 10 m – 50 m	☐ Inexistente
☐ 50 m – 100 m	

5.6 Posição da área no relevo:

☐ Várzea	☐ Topo
☐ Fundo de vale	☐ Plana
☐ Encosta	☐ Outros _____

Observações de modificações do relevo:

5.7 Textura predominante do solo:

☐ Argilosa	☐ Granular
☐ Siltosa	☐ Não identificável
☐ Arenosa	

Denominação da área	Textura predominante	Observações

5.8 Existência de solo contaminado:

☐ Contaminado	☐ Análise não realizada
☐ Não contaminado	☐ Desconhecida

5.9 Variação do nível da água subterrânea na área														
☐ Inferida	☐ Medida	☐ Desconhecida												
de _____ m a _____ m.														
Se desconhecida, ir para 5.11														
5.10 Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea														
☐ Em contato com o resíduo sólido/solo potencialmente contaminado	☐ Abaixo do resíduo sólido/solo potencialmente contaminado	☐ Desconhecido												
5.11 Existência de água subterrânea contaminada:														
☐ Sim	☐ Não	☐ Desconhecida												
5.12 Uso da água subterrânea potencialmente afetada pela contaminação														
☐ Abastecimento público ☐ Abastecimento domiciliar ☐ Irrigação/dessedentação/piscicultura ☐ Recreação	☐ Industrial ☐ Desconhecido ☐ Inexistente													
5.13 Contexto hidrogeológico da área														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Hidrogeologia predominante</th> <th style="width: 33%;">Pressão</th> <th style="width: 33%;">Recarga/Descarga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐ Meio poroso</td> <td>☐ Livre</td> <td>☐ Área de recarga</td> </tr> <tr> <td>☐ Cristalino</td> <td>☐ Confinado</td> <td>☐ Área de descarga</td> </tr> <tr> <td>☐ Cárstico</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Hidrogeologia predominante	Pressão	Recarga/Descarga	☐ Meio poroso	☐ Livre	☐ Área de recarga	☐ Cristalino	☐ Confinado	☐ Área de descarga	☐ Cárstico		
Hidrogeologia predominante	Pressão	Recarga/Descarga												
☐ Meio poroso	☐ Livre	☐ Área de recarga												
☐ Cristalino	☐ Confinado	☐ Área de descarga												
☐ Cárstico														
NOTA Assinalar apenas uma opção em cada coluna.														
Descrição sucinta da geologia regional:														
<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 5px;"></div>														
5.14 Existência de água superficial potencialmente contaminada:														
☐ Não ☐ Sim, utilizada para abastecimento público/privado ☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar	☐ Sim, não utilizada para abastecimento ☐ Sim, utilizada para irrigação/dessedentação/piscicultura ☐ Sim, utilizada para pesca	☐ Sim, utilizada para recreação ☐ Desconhecida												

5.15 Possibilidade de enchente na área:		
☐ Não	☐ Sim	☐ Desconhecida
6 Eventos importantes/existência de riscos		
6.1 Ocorrência de acidentes e/ou eventos importantes em áreas de disposição de resíduos sólidos ou em áreas com solo potencialmente contaminado		
☐ Recalque ☐ Desabamento ☐ Erosão ☐ Escavações e movimentos de terra ☐ Danos à vegetação ☐ Dispersão de poeira contendo contaminantes do local	☐ Danos aos animais ☐ Danos à saúde ☐ Danos materiais ☐ Explosão ☐ Incêndio ☐ Emissão perceptível de gases/vapores do solo	☐ Proliferação de vetores ☐ Desconhecida ☐ Inexistente ☐ Outros: _____
6.2 Erosão existente (tipo predominante):		
☐ Inexistente ☐ Laminar	☐ Sulco ☐ Voçoroca	
6.3 Indicações perceptíveis na superfície do solo:		
☐ Presença do contaminante ☐ Presença de odor ☐ Presença de coloração alterada ☐ Presença de alteração ou ausência da vegetação	☐ Inexistente ☐ Desconhecida ☐ Outros _____	
6.4 Informações sobre a presença de gases/vapores no entorno:		
☐ Sim	☐ Não	☐ Desconhecida
7 Atividades anteriores desenvolvidas na área		
7.1 Denominação anterior do local: _____		
7.2 Investigação confirmatória anterior:		
☐ Sim	☐ Não	

Executante: _____

Data de início: _____ Data de encerramento: _____

Resumo dos resultados:

Parâmetro analisado	Concentração	Unidade	Meio amostrado	Valor de comparação ^a

^a Valor orientador, valor máximo permissível, concentração metabaseada no risco ou outros.

Observações: _____

7.3 Investigação detalhada anterior:

() Sim () Não

Executante: _____

Data da início: _____ Data de encerramento: _____

Observações: _____

7.4 Avaliação de risco anterior:

() Sim () Não

Executante: _____		
Data de início: _____ Data de encerramento: _____		
Existência de risco à saúde:	☐ Sim	☐ Não
Observações:		
<div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border-bottom: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div>		

9 Observações gerais:

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no handwriting or other markings on the paper.

10 Croqui da área/Modelo conceitual

Croqui/Seção esquemática

Modelo conceitual [Utilizar as siglas AP (Área com potencial) e AC (Área contaminada)]

Fontes	Classificação (AP ou AC)	Substâncias ou produtos	Mecanismos de liberação	Via de transporte dos contaminantes	Receptores/ bens a proteger

NOTA As áreas ou atividades consideradas sem potencial de contaminação devem ser listadas no corpo do relatório nos seus respectivos itens. Não havendo AP ou AC, expressar a inexistência destas na conclusão.

11 Mapa de localização da área