



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA
ENGENHARIA QUÍMICA

JARIELLY NUNES VIEIRA

**INVESTIGAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM UMA
INDÚSTRIA SALINEIRA DO RN**

MOSSORÓ- 2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

V665i VIEIRA, JARIELLY.
INVESTIGAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM UMA
INDÚSTRIA SALINEIRA DO RN / JARIELLY VIEIRA. -
2018.
40 f. : il.

Orientador: Rafael Barbosa Rios.
Coorientador: Carlos Alberto Duarte.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
Química, 2018.

1. passivo ambiental. 2. salina. 3.
hidrocarbonetos. I. Rios, Rafael Barbosa, orient.
II. Duarte, Carlos Alberto, co-orient. III.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JARIELLY NUNES VIEIRA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO NA EMPRESA SOLUTAL EM
UMA INVESTIGAÇÃO DE PASSIVO AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA
SALINEIRA DO RN**

Relatório de estágio supervisionado
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido – UFERSA, Campus
Mossoró, para a obtenção do título de
Bacharela em Engenharia Química.

Orientador (a): Prof. Dr. Rafael Barbosa
Rios

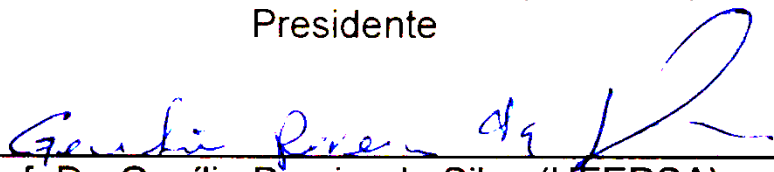
Co-orientador: Carlos Alberto Duarte
Gomes

APROVADO EM: 21/03/18

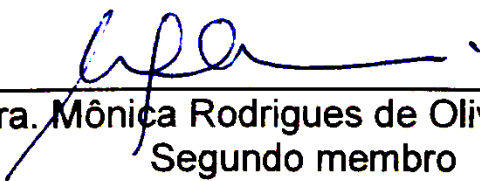
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Rafael Barbosa Rios (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Gecílio Pereira da Silva (UFERSA)
Primeiro membro



Profa. Dra. Mônica Rodrigues de Oliveira (UFERSA)
Segundo membro

MOSSORÓ/RN

2018

DEDICATÓRIA

Ao meu amado irmão Jaquissandro Vieira da Costa (*In Memoriam*)

À minha mãe, Raimunda Vieira da Silva

AGRADECIMENTOS

Hoje é dia de júbilo. Chegou o dia de firmar e oficializar mais uma vitória alcançada: o diploma de Engenheira Química. Até aqui houve muito esforço e dedicação. O sonho começou no ensino médio, devido ao gosto por ciências.

Então, nada mais justo do que transformar os sentimentos em palavras e de modo singelo citar pessoas importantes, as quais fizeram parte dessa jornada e, com fé, espero que permaneçam na minha vida enquanto for possível.

Tenho muito a agradecer ao Grande Arquiteto do Universo, nosso poderoso Deus.

Grata à

Rennan Lopes por ter sido professor, mentor e ter me influenciado nas ciências em geral, em especial na Física e na Química. Além disso pela amizade estabelecida, que continua além da sala de aula. Parabéns, sua semente germinou.

Djaneide pelo ensino da Matemática, companheirismo e confiança durante o Ensino Médio. Você contribuiu e muito para obtenção desse diploma. Obrigada.

Vera Lúcia por ter me dado a oportunidade de moradia em Natal-RN, pelo cuidado e por ter estado comigo em momentos difíceis. Considero família.

Yasmin Maia pelos longos anos de amizade, convivência e preocupação.

Edna Lúcia pela recepção desde o dia da matrícula no Bacharelado em Ciência e Tecnologia na UFERSA, campus Caraúbas até a oportunidade de ingressar na carreira de pesquisadora através do programa voluntário, PIVIC, na área ambiental. Você foi professora e mãe.

Luiz Carlos Aires pela oportunidade de trabalhar em prol da comunidade de Caraúbas-RN através da universidade levando o pouco do meu conhecimento adquirido aos alunos da rede pública de ensino e cursinho comunitário para o ENEM. Você ensinou um dos pilares da universidade, a extensão.

Myrna, pelo seu ensino da filosofia da ciência. Me fez enxergar a necessidade do lado humano na engenharia. Obrigada também pela oportunidade no projeto de teatro, ele engrandeceu bastante.

Eveline Matias pela confiança, por compartilhar das suas grandes habilidades no laboratório de Simulação Computacional. Saiba que te admiro e quero ser como você um dia.

Roner Costa pela oportunidade de ser pesquisadora no Laboratório de Simulação Computacional, pelo incentivo a continuar com Engenharia Química, pelo crédito e confiança dados a mim. Por mostrar o caminho do bem, apesar das adversidades e testes lançados pela carreira acadêmica. Você é orientador, professor, pai e sobretudo incentivador. Parabéns, você cumpre bem sua missão.

Professor Rafael Rios, por me acalmar nas horas difíceis das suas provas, pela paciência, pela exigência de excelência e pela oportunidade de me orientar nesse

trabalho. Grata também pelo aconselhamento profissional. Você é admirável, um exemplo para todos aqueles que desejam continuar como engenheiros químicos docentes.

Rebecca Galvão pela grande amizade e companheirismo.

Ana Sarah Maia pela amizade boa e pelas dificuldades passadas no laboratório.

Hugo Andersson pela amizade sincera, pelas confidências e pela colaboração nos estudos. Que a amizade seja sempre além da parceria de profissão.

Petersson pela amizade e pela paz que você sempre me passou. Obrigada Brother.

Colegas e amigos que não foram citados em especial, mas tiveram participação nessa etapa da vida.

Ricardo Duarte pelo seu amor e companheirismo, incentivo nas horas difíceis, por me fazer enxergar além do comum. Você é um anjo que Deus colocou na minha vida.

Carlos Duarte pela oportunidade de estágio na empresa SOLUTAL. Você é um chefe admirável o qual eu me espelho e me esforço para seguir seu exemplo de inteligência, honestidade, competência e humanidade.

Luzinete Vieira, minha tia, por sua ajuda em oração e nos auxílios a mim concedidos, você é especial Tia Lu.

Geralda Carneiro, minha madrinha e segunda mãe, por cuidar de mim em pensamento e pelo seu carinho maravilhoso.

João Vieira, meu querido tio, por preocupar-se comigo e pela força dada a mim nessa batalha.

Minha mãe Raimunda Vieira por todo o sacrifício que você realizou para me trazer até aqui. Não há ciência que explique seu amor. Não quero compreender as dificuldades que nós duas passamos. Esse curso pertence a você também.

Meu pai Lindembergue Conrado pela vida e por me mostrar que ela nunca será perfeita.

“Se vi além do comum, foi por estar sobre ombros de gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

Na indústria salineira há fontes potencialmente poluidoras do meio ambiente. Algumas atividades desenvolvidas nesse setor são responsáveis por gerar resíduos que não se degradam naturalmente, podendo contaminar solos e rios. Este estudo direcionase à levantamentos e investigação de passivo ambiental por contaminação de hidrocarbonetos numa salina, em Areia Branca-RN. Isto porquê é de suma importância, para qualquer empreendimento, contabilizar seus ativos e passivos ambientais. Assim, a investigação de contaminação por hidrocarbonetos é uma das medidas tomadas a fim de manter as atividades dentro do especificado pelas normas. Foram feitas coletas, análises e laudos a partir de dados qualitativos e quantitativos dos parâmetros BTEX, HPAs, TPHs e malha VOC's, numa área de posto de abastecimento no interior da empresa. Os resultados mostraram que não apresentou, em nenhum dos pontos analisados, fases dissolvidas ou fases livres, portanto, não será necessária a realização de Investigação de Passivo Ambiental Detalhada, para delimitações de plumas, e nem a elaboração de Análise de Risco à Saúde Humana, bem como possíveis ações de remediações.

Palavras-chave: passivo ambiental, salina, hidrocarbonetos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Detector de gases TIGER LT, Íon-Science.....	24
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Hidrocarbonetos do parâmetro BTEX.....	17
Tabela 2 – Hidrocarbonetos e riscos à saúde humana	19
Tabela 3 – Concentração dos Componentes Orgânicos Voláteis (VOC) em cada furo	30
Tabela 4 – Informações das amostras coletadas	32
Tabela 5 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de solo (HPA e BTEX)	34
Tabela 6 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de solo (TPH FP)	35
Tabela 7 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de água (TPH FP) ...	37
Tabela 8 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de água (TPH FP) ...	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos
CH	Carga Hidráulica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
DC	Diesel Comum
IPA	Investigação de Passivo Ambiental
MS	Ministério da Saúde
LQ	Limite de Quantificação
NA (1)	Não Aplicável
NA (2)	Nível de Água
ND	Não Detectado
PAH (HPA)	<i>Polycyclics Aromatics Hydrocarbons</i> (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos)
PM	Ponto de Monitoramento
PPM	Parte por Milhão
pH	Potencial Hidrogênico
SASC	Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível
SAAC	Sistema de Armazenamento Aéreo de Combustível
SD	Sondagem
SQI	Substância Química de Interesse
TPH FP	Hidrocarbonetos Totais do Petróleo Fracionado (<i>fingerprint</i>)
TR	Termo de Referência
VI	Valor de Intervenção
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
VP	Valor de Prevenção
VRQ	Valor de Referência de Qualidade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos Gerais	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1. Contaminação e Remediação dos Solos	16
3.1.1 Ativo e Passivo Ambiental	16
3.2. Petróleo e Seus Derivados	17
3.3. Valores Orientadores.....	19
3.4. Política Ambiental.....	20
3.5. Tratamentos de Solos e Água.....	21
3.5.1 Remediação biológica	22
3.5.2 Remediação química.....	22
4. METODOLOGIA.....	24
4.1. Plano de Amostragem	24
4.2. Medição de Componentes Orgânicos Voláteis (VOC).....	24
4.2.1 Postos de monitoramento e aquisição de dados	24
4.2.2.Equipamentos	25
4.2.3 Locais de sondagem	25
4.3. Substâncias Químicas Investigadas (SQI)	26
4.4. Localização dos Pontos de Amostragem	27
4.5. Profundidade das Amostras	27
4.6.Procedimentos de coleta.....	27
4.6.1 Amostras de solo.....	28
4.6.2.Amostras de água	28
4.7. Armazenamento das amostras.....	29
4.8.Laboratório e Análises Químicas.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1. Sondagem	30
5.2. Análises Químicas.....	31
6. CONCLUSÕES	40
7. REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

Na indústria salineira há fontes potencialmente poluidoras do meio ambiente. Dentro dos seus limites existem setores como a área de lavagem de veículos, de máquinas e de tratores, além do posto de abastecimento de combustíveis, e do setor de oficinas e manutenção. As atividades desenvolvidas nesses limites são responsáveis por gerar resíduos que não se degradam naturalmente, podendo contaminar solos e rios. Sendo a contaminação das águas subterrâneas a mais preocupante, em especial, os aquíferos, que são usados como fonte de abastecimento de água para o consumo humano.

Diante disso, é importante avaliar a presença de hidrocarbonetos no subsolo, resultantes de possíveis contaminações provocadas por vazamentos ou derramamentos de combustíveis e lubrificantes nas áreas e setores acima mencionados. Segundo Custance *et al.* (1992), para essas contaminações, existem técnicas de remediação: química (oxidação química *in-situ*), biológica (atenuação natural e biorremediação) e física (extração de vapores no solo). Cada técnica de tratamento é dependente de vários fatores: condições físicas, químicas e biológicas do local contaminado; concentração do contaminante e; tempo requerido para a degradação ou a remoção do composto alvo, conforme a técnica empregada.

Este estudo direciona-se à levantamentos e investigação de passivo ambiental por contaminação de hidrocarbonetos numa indústria salineira, em Areia Branca-RN, através da empresa de consultoria, engenharia e soluções ambientais (SOLUTAL) Mossoró-RN.

Dessa forma, diante dos riscos ambientais que podem ocorrer pela contaminação por hidrocarbonetos presentes nas indústrias salineiras, esse estudo pretende avaliar a presença de hidrocarbonetos a partir de coletas, análises e laudos de dados qualitativos e quantitativos.

Os dos parâmetros BTEX, HPAs, TPHs e malha VOC's para que possa ser tomada alguma medida de inertização na indústria salineira avaliada.

No Rio Grande do Norte há uma grande disponibilidade de matéria-prima necessária para executar esse método uma vez que é o maior produtor regional de cal virgem e hidratada. Assim, a matéria-prima disponível para realizar remediações das contaminações aqui mencionadas, as quais podem ocorrer principalmente em

postos de combustíveis ou outros empreendimentos que manipulem petróleo e/ou derivados de petróleo é abundante e de baixo custo.

Para qualquer empreendimento é de suma importância conhecer seus ativos e passivos ambientais. Estes últimos são definidos como as obrigações de curto e longo prazo que as empresas assumem a fim de promover o melhoramento ambiental. Assim, a investigação de contaminação por hidrocarbonetos é uma das medidas tomadas a fim de manter as atividades dentro do especificado pelas normas.

2. OBJETIVOS

Esse estudo, através da Investigação de Passivo Ambiental (IPA) na salina, tem objetivos gerais e específicos direcionar a compreensão da contaminação por hidrocarbonetos e sua inertização.

2.1 Objetivos Gerais

Levantamento e investigação de passivo ambiental por contaminação de hidrocarbonetos numa empresa salineira, em Areia Branca-RN, através da consultoria da empresa *SOLUTAL*, em Mossoró-RN.

2.2 Objetivos Específicos

Fazer coletas, análises e laudos a partir de dados qualitativos e quantitativos dos parâmetros BTEX, HPAs, TPHs e malha VOC's, numa área de posto de abastecimento no interior da empresa salineira no município de Areia Branca-RN.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Contaminação e Remediação dos Solos

A crescente industrialização a partir da década de 70, devido ao grande desenvolvimento econômico, causou um aumento no número de postos de combustíveis. Inevitavelmente, nesse caso, a indústria do petróleo trouxe consigo derramamentos acidentais de petróleo e seus derivados durante a exploração, o refino, o transporte e as operações de armazenamento. Ao infiltrar no solo, os componentes do petróleo causam a contaminação de solos e rios. Essas ocorrências vêm motivando, durante os últimos anos, a realização de pesquisas relacionadas com a remediação de sítios contaminados, por exemplo (Aislabe *et al.*, 2004; Marín *et al.*, 2006).

As pesquisas nessa área são importantes para o melhor entendimento da dinâmica da contaminação e do desenvolvimento de uma estratégia de remediação. De fato, quando ocorre o derramamento de gasolina em solos, por exemplo, uma das principais preocupações é a contaminação das águas subterrâneas. Podendo, portanto, contaminar aquíferos que são usados como fontes de abastecimento de água para o consumo humano (Custance *et al.*, 1992).

Os frequentes derramamentos de petróleo e seus derivados registrados em solos brasileiros vêm motivando o desenvolvimento de novas técnicas que visem, principalmente, a descontaminação das matrizes, água e solo.

3.1.1 Ativo e Passivo Ambiental

De acordo com Santos, Silva, Souza (2001) está incluso em ativo ambiental as máquinas, os equipamentos e insumos utilizados diretamente no processo produtivo, empregados na eliminação de resíduos poluentes ou para o descarte correto de resíduos sólidos. Os ativos ambientais agregam ainda itens consumidos na pós-operação para a limpeza dos locais afetados por poluentes ou para purificar os resíduos produtivos, como as águas, os gases e os detritos que serão depositos no meio ambiente natural de alguma maneira.

São exemplos de ativos ambiental: investimentos em pesquisas, implementação de tecnologias, maquinário e instalações utilizadas para projetos de educação ambiental.

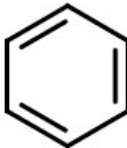
É comum que atividade empresarial cause algum desequilíbrio ambiental, como a poluição sonora, do ar, de rios e a destruição de áreas verdes. Todo o capital utilizado exclusivamente para minimização ou extinção desses impactos é considerado um passivo ambiental. O passivo ambiental são as obrigações assumidas por um negócio, que podem ser espontâneas ou não, que objetivam proteger, recuperar e preservar o meio ambiente. Em termos contábeis, ele seria toda obrigação, dever e capital aplicado a curto e longo prazo — inclusive o percentual no lucro — que decorre da influência da atividade empresarial no meio ambiente.

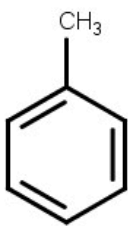
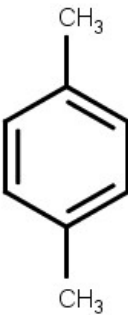
Na prática, exemplos de ações a serem tomadas são recuperação de áreas degradadas, indenizações por danos ao meio ambiente, reflorestamento, criação e execução de projetos para amenizar danos, e pagamento de multas em razão de danos ambientais.

3.2. Petróleo e Seus Derivados

Segundo Andrade, Augusto, Jardim (2010), o petróleo é uma mistura complexa na qual os hidrocarbonetos são a fração mais representativa. Dentre eles, os que exigem maior preocupação ambiental são: benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (isômeros: orto-, meta- e para-xileno). Esses compostos também conhecidos como BTEX, são definidos como hidrocarbonetos monoaromáticos. A Tabela 1 apresenta informações sobre esses componentes.

Tabela 1 – Hidrocarbonetos do parâmetro BTEX

Substância	Fórmula Química	Estrutura Química	Massa molar
Benzeno	C ₆ H ₆		78,114 g/mol

Tolueno	$C_6H_5CH_3$		92,141 g/mol
Etileno	C_2H_4	$H_2C=CH_2$	28,054 g/mol
p-Xileno	C_8H_{10}		106,16 g/mol

Fonte: PUBCHEM OPENCHEMISTRYDATABASE (2018).

O BTEX é o principal grupo a ser identificado e quantificado antes e durante o processo de remediação, uma vez que é tóxico ao meio ambiente e ao ser humano. Estes componentes são depressores do sistema nervoso central e apresentam toxicidade crônica mais significativas do que os hidrocarbonetos alifáticos.

Outros parâmetros que devem ser medidos são os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e hidrocarbonetos totais do petróleo (HTP), que são escolhidos, principalmente, pela toxicidade, mobilidade e persistência no meio ambiente. Os compostos orgânicos voláteis (COV ou VOC) também são contaminantes que devem ser detectados.

Qualquer contaminação oriunda dessas fontes merece atenção, não apenas pelo contato direto desses compostos (como a inalação de vapores), mas também quanto à sua presença em águas utilizadas para o consumo humano.

3.2.1. Riscos à saúde humana

Na Tabela 2 está descrito os devidos riscos à saúde humana relacionados ao contato com os componentes do BTEX.

Tabela 2 – Hidrocarbonetos e riscos à saúde humana

Componente	Risco
Benzeno	Danos agudos ao sistema nervoso central e danos crônicos à medula óssea. Além disso, é cancerígeno.
Tolueno	A toxicidade do tolueno afeta o sistema nervoso central de humanos e animais tanto de forma aguda, como crônica.
Etileno	Sua alta exposição está associada com a diminuição da pressão arterial, diminuição da pulsação, retardo no período da resposta visual-motora, aumento dos limiares do olfato e audição, e na tensão do aparelho termorregulador.
Xileno	Irritação dos olhos, pele, nariz, garganta; tonturas, excitação, sonolência, falta de coordenação; anorexia, náuseas, vômitos, dor abdominal; dermatite.

Fonte: PUBCHEM OPENCHEMISTRYDATABASE (2018).

3.3. Valores Orientadores

Ao realizar uma investigação na qual são detectadas e medidas as concentrações de algumas substâncias químicas é necessário que os valores obtidos sejam comparados com valores definidos na Resolução do CONAMA 409/2009. Essa resolução 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.

Os valores orientadores são concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a qualidade e as alterações do solo e da água subterrânea. Os valores são classificados em:

- Valor de Referência de Qualidade-VRQ: é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos;
- Valor de Prevenção-VP: é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais.
- Valor de Investigação-VI: é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado.

3.4. Política Ambiental

De acordo com a Resolução do CONAMA Nº 420/2009, é necessário que haja prevenção à contaminação do solo com o intuito de preservar a sua funcionalidade e proteger a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, visto que áreas contaminadas podem oferecer risco à saúde pública e ao meio ambiente.

Assim, é necessária a prevenção da contaminação do subsolo e das águas subterrâneas, que são bens públicos e reservas estratégicas para o abastecimento e desenvolvimento sustentável.

Diante da necessidade dessas prevenções, é preciso a definição de uma estratégia, ou seja, um plano esquemático e bem elaborado. Nele deve ser estabelecido critérios para definição de valores orientadores que sirvam de parâmetros para a prevenção da contaminação dos solos e para definir diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas.

Além dessas considerações feitas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, há leis criadas para melhor regular e preservar o meio ambiente. De acordo com o Art

2º, LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981, da Política Nacional de Meio Ambiente;

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana [...] (BRASIL, 1981)

Dentre alguns princípios estabelecidos pela Política Nacional do Meio Ambiente, vale destacar a seguir aqueles, que, de certa forma, são mais práticos:

[...] II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais; IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas; V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; [...]. (BRASIL, 1981)

E princípios que visam manter a qualidade ambiental a longo prazo, por meio de conscientização e educação:

[...] VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental; VIII - recuperação de áreas degradadas; IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação; X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente [...]. (BRASIL, 1981)

3.5. Tratamentos de Solos e Água

Tendo em vista as necessidades, obrigatoriedades e os princípios definidos na Política Nacional de Meio Ambiente, um bom enfoque é o tratamento dos solos e águas. De acordo com o tipo de solo e de seus parâmetros físico-químicos, bem como as condições climáticas, é possível remediar a contaminação causada pelos hidrocarbonetos.

Dentre os mais importantes tipos de tratamentos de solos estão: o químico e o biológico (atenuação natural e bioremediação).

3.5.1 Remediação biológica

Essa técnica apresenta vantagens em relação à aplicação pelo uso de equipamentos de fácil obtenção, instalação e operação. Nesse caso, podem ser requeridos monitoramento contínuo por tempos longos e/ou manutenção do sítio submetido à biorremediação; as atividades são realizadas *in-situ*, e além disso, gera distúrbios mínimos ao meio ambiente.

Por outro lado, a técnica é ineficiente para compostos orgânicos que ficam adsorvidos no solo, tornando-os indisponíveis à biodegradação. Na maioria dos casos, essa técnica não produz compostos tóxicos, que devem ser dispostos e tratados em outro local. As propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo e as condições climáticas podem alterar a taxa de biodegradação. Essa técnica é muito eficiente na biodegradação de petróleo e seus derivados em solos permeáveis. Em condições ótimas de operação, apresenta custos menores em comparação às técnicas alternativas de remediação.

A biorremediação é menos eficiente em períodos menores de tempo em comparação às outras técnicas de remediação. Pode ser combinada com outras técnicas, para acelerar o processo de descontaminação. Contaminantes de baixa solubilidade em concentrações elevadas, como os HTP, podem ser tóxicos aos microorganismos e/ou não biodegradáveis, inviabilizando a utilização da técnica. Dificuldade de utilização em solos argilosos ou com baixa permeabilidade.

3.5.2 Remediação química

Em Andrade (2010), é relatado que a remediação química se baseia na oxidação química *in-situ* (ISCO), a qual trata de utilizar produtos químicos reativos diretamente no local contaminado. Isso tem por objetivo degradar rapidamente os contaminantes por meio de reações químicas que promovem a oxidação ou a redução das espécies de interesse presentes em uma determinada área.

A pluma é definida como o local onde estão distribuídos os contaminantes, normalmente, lançados a partir de uma fonte pontual. É possível prever a extensão e a expansão da pluma através de modelos teóricos e cálculos matemáticos. Esses modelos são obtidos utilizando dados a partir da caracterização do solo (como a

permeabilidade), da água subterrânea (como o gradiente hidráulico, a velocidade e o tipo de recarga) e dos contaminantes que estão sendo despejados.

Para área com elevadas contaminações, a oxidação química é tida como uma etapa de pré-tratamento. Após essa etapa é que há condições adequadas para o emprego de outras técnicas, como a remediação biológica.

Processos químicos oxidativos avançados (POA) destacam-se como uma alternativa promissora. Sua eficiência ocorre devido a geração de espécies químicas radicalares e altamente oxidantes, como o radical hidroxila ($\text{OH}\cdot$).

Esses radicais são capazes de destruir ou hidrolisarem, em curto período de tempo, contaminantes considerados de difícil degradação, como os hidrocarbonetos de petróleo.

Os POA, em função de suas eficiências comprovadas na degradação de contaminantes de petróleo e seus derivados, representam, atualmente, uma alternativa importante para a mitigação de problemas ambientais (Andrade, 2005). Dentre as técnicas químicas relacionadas com os POA, as mais utilizadas são: reagente de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}/\text{H}^+$), persulfato ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$), permanganato (MnO_4^-), ozônio (O_3/UV ; $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$; O_3/OH^- ; $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$), $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ e fotocatalise heterogênea (TiO_2/UV).

4. METODOLOGIA

Nesse trabalho foi realizado:

- Avaliação do subsolo por meio de medições de Compostos Voláteis Orgânicos (VOCs), na profundidade de 01 metro, na área investigada;
- Análises laboratoriais de determinações dos parâmetros BTEX, HPA e TPH.

4.1. Plano de Amostragem

As sete primeiras etapas da IPA, realizados na área do empreendimento, serviram como base para a elaboração do Plano de Amostragem. Esse, por sua vez, é o meio pelo qual obteve-se os dados para confirmar, ou não, a contaminação do solo e da água na área investigada, por hidrocarbonetos derivados de petróleo (BTEX, PAH e TPH *fingerprint*).

4.2. Medição de Componentes Orgânicos Voláteis (VOC)

4.2.1. Postos de monitoramento e aquisição de dados

Este estudo é baseado nas orientações técnicas do Termo de Referência do CONEMA (nº 06/11).

No mapeamento dos pontos de maiores concentrações e geração de dados, para determinação da instalação dos pontos de monitoramento, utilizou-se os métodos *screening* (varreduras, reconhecimento ou rastreamento).

Na etapa de avaliação, tendo como base a área onde possivelmente pode haver contaminação, foram utilizados métodos de campo, de modo semiquantitativo. Isso em prol da confirmação da existência qualitativa de contaminantes (orgânicos e inorgânicos), delimitação da possível distribuição espacial da contaminação e estabelecimento da magnitude em que essa possível contaminação poderia se encontrar (quantitativamente e semiquantitativamente).

A definição de contaminação da área afetada foi realizada numa segunda etapa de aquisição de dados. Para isso executou-se:

- Mapeamento de pontos de maiores concentrações (*hot spots*);
- Definição de localizações das sondagens e poços de monitoramentos;
- Definição de continuidade do processo.

4.2.2. Equipamentos

Para medição de compostos orgânicos voláteis (VOC), utilizou-se um detector de entrada de nível de VOC (TIGER LT – Ion-Science), Figura 1. Sua tecnologia é baseada em um sensor de detecção de fotoionização (PID), capaz de registrar, com precisão, gases de 0 a 5.000 ppm, com uma sensibilidade mínima de 0,1 ppm.

Figura 1 – Detector de gases TIGER LT, Íon-Science



Fonte: ÍON SCIENCE (2017).

4.2.3. Locais de sondagem

Após os levantamentos das informações preliminares nos locais suspeitos de contaminação foram determinados os pontos para sondagem de medição de VOC. Os locais escolhidos foram os de maiores evidências ou que continham indícios de potenciais contaminações. São eles:

- Posto de Abastecimento de Combustíveis, onde estavam localizados os tanques aéreos, as tubulações, bomba de abastecimento e filtro de combustível. Abastecimento exclusivo de óleo diesel.
- Área de Lavagem;
- Área de Oficina Mecânica.

Os trabalhos de sondagens, método Soil Gas Survey, foram iniciados no dia 20 de janeiro de 2017. No total foram feitos 64 (sessenta e quatro) furos, com broca de 12 mm a um metro de profundidade.

4.2.4. Medição de VOC das Amostras Enviadas ao Laboratório

Efetuuou-se a medição de Compostos Orgânicos Voláteis na área em estudo como posto a seguir:

- Por ocasião da abertura das sondagens foram necessárias as coletas de solo a cada metro.
- O solo coletado foi separado em duas alíquotas (partes), sendo: uma destinada à medição de VOC; e a outra para envase no frasco de coleta, observando-se o resultado de maior medição de VOC;
- Na presença do nível de água, oriundo do lençol freático, fez-se necessária a medição de VOC no solo da franja capilar. Dessa forma foram realizadas duas medições de VOC, também a cada metro da franja capilar.
- Ao todo, foram realizadas na área do estudo 06 (seis) sondagens. Em cinco delas foram encontrados os níveis de água após 1 metro de profundidade. Assim, foram feitas duas medições de VOC: uma na profundidade de 1,00 m; e a outra na franja capilar. A medição de VOC no ponto SD01 aconteceu em apenas uma profundidade, em virtude da franja capilar se encontrar a 1,00 metro.

4.3. Substâncias Químicas Investigadas (SQI)

No estudo foi realizada a verificação de hidrocarbonetos derivados de petróleo, BTEX, PAH e TPH *fingerprint*. Tal escolha se deu em virtude das características predominantes do empreendimento investigado, áreas potencialmente poluidoras

(nos setores da área de lavagem de veículos, máquinas e tratores; do posto de abastecimento de combustíveis; e do setor de oficinas e manutenção).

Considerou-se também, na determinação de indicação dos possíveis contaminantes, as investigações preliminares do estudo e o histórico industrial do empreendimento.

4.4. Localização dos Pontos de Amostragem

O quantitativo de pontos de amostragem e suas localizações foram estabelecidos em conformidade com o Anexo II da Resolução nº 06/11 do CONEMA.

Na área do Posto de Abastecimento de Combustíveis foram encontrados dois tanques aéreos de 15.000 litros, cada um, ambos vazios, sem sinais de quaisquer vazamentos ou violações. Na mesma área também constavam os espaços de instalação de uma bomba de abastecimento e um filtro de óleo diesel. Ambos também retirados para manutenção preventiva e o local não apresentou nenhum sinal de vazamento no passado.

Na área de lavagem de veículos, máquinas e tratores, não havia qualquer equipamento instalado no período da investigação, porém, a área de objeto do estudo estava demarcada para a investigação do presente estudo. Não há registros históricos de vazamentos, acidentes ou derramamentos de SQIs.

4.5. Profundidade das Amostras

As sondagens realizadas no solo da área de investigação do empreendimento variaram entre 1 e 2 metros de profundidade, devido às características e capacidade potencial dos contaminantes identificados.

4.6. Procedimentos de coleta

A seguir, destacou-se os principais procedimentos de coleta das amostras de solo e de água localizadas nas três áreas investigadas (Posto de Abastecimento, Posto de Lavagem e Oficina Mecânica).

4.6.1. Amostras de solo

Para coletar as amostras de solo procedeu-se como segue:

- Escavou-se e coletou-se as amostras de solo, com um trado manual, a cada metro;
- Dividiu-se as amostras em duas partes;
- Separou-se a primeira parte para mantê-la sob refrigeração;
- Embalou-se a segunda parte em sacola plástica e, após as quebras de torrões de solo e agitação, manteve-se em repouso por 10 minutos;
- Após o repouso, realizou-se a agitação da amostra por 15 segundos. Em seguida, mediu-se os VOC com o detector de gases modelo TIGER LT;
- A primeira parte da amostra da profundidade que apareceu com maior concentração de VOC foi acondicionada em frasco de vidro, com septo de teflon, para ser enviada ao laboratório de análises (Qualy Lab).

4.6.2. Amostras de água

Para análise de água, foram instalados três poços de monitoramento destinados à coleta de água subterrânea. Para cada coleta, utilizou-se um medidor de nível, um *bayler*, frascos de coletas, etiquetas de identificação e caixa de isopor para o acondicionamento da água.

Realizou-se os procedimentos de amostragem de acordo com a sequência abaixo:

- Inspeção dos pontos;
- Medição do nível de água do poço;
- Realização de purga;
- Coleta da água;
- Acondicionamento das amostras em frascos;
- Identificação e acondicionamento das amostras em frascos adequados e refrigeração para posterior remessa ao laboratório (Qualy Lab), no Rio de Janeiro (RJ);
- Acondicionamento das amostras para envio ao laboratório.

Instalou-se poços de monitoramentos para a coleta de água subterrânea em quatro pontos em que foram encontrados níveis de água.

4.7. Armazenamento das amostras

Após coletadas, as amostras foram enviadas para a sede da Solutal, a 45 km do empreendimento, onde foram preparadas para o envio ao laboratório credenciado. Os armazenamentos das amostras foram feitos em conformidade com os critérios técnicos recomendados, em frascos específicos para o parâmetro e matriz escolhidos para a análise.

As amostras permaneceram sob a refrigeração ($4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$), durante todo o tempo de chegada ao laboratório, conforme recomendado para os parâmetros de hidrocarbonetos (BTEX, PAH e TPH *fingerprint*).

Em seguida, as amostras foram enviadas ao laboratório em caixa de isopor com gelo na temperatura ideal.

4.8. Laboratório e Análises Químicas

As amostras para análises foram enviadas o laboratório Qualy Lab – Análises Ambientais, localizado à rua André Pinto, nº 44, bairro Ramos, Rio de Janeiro (RJ), CEP 21031-790.

Os parâmetros analisados foram: BTEX, PAH e TPH *fingerprint* para a identificação de possível contaminação de hidrocarbonetos derivados de petróleo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas áreas investigadas, registrou-se, em cada ponto, as condições postas abaixo.

- A área de lavagem de veículos, tratores e máquinas não se encontrava em operação ativa. O espaço a que se destinava anteriormente o serviço de lavagem. Não há qualquer equipamento instalado na referida área;
- A área de Oficina Mecânica encontrava-se em plena atividade;
- A área do Posto de Abastecimento de Combustíveis é composta por dois tanques aéreos, instalados numa área circundada por paredes de contenção e piso de concreto. Ambos estavam vazios e não haviam sinais evidentes de vazamentos e, quando ativos, armazenavam, apenas, óleo diesel. A bomba, com bico de abastecimento, o filtro de óleo diesel e o quadro de comando elétrico foram removidos dessa unidade de abastecimento, em julho de 2016, para manutenção preventiva e adequações ambientais. Portanto, no momento da elaboração deste estudo, o Posto de Combustíveis do empreendimento também não se encontrava em operação.
- O estudo considerou todas as extensões das áreas que são objetos deste relatório, conforme os procedimentos técnicos e as orientações contidas no Termo de Referência.

A seguir, tem-se os resultados obtidos da sondagem realizada para medição numa malha VOC, e os parâmetros BTEX, HPA, HTP *fingerprint* nas amostras de solo de água.

5.1. Sondagem

As concentrações detectadas na malha VOC estão dispostas na Tabela 3.

Tabela 3 – Concentração dos Componentes Orgânicos Voláteis (VOC) em cada furo

FURO	VOC (ppm)	FURO	VOC (ppm)	FURO	VOC (ppm)	FURO	VOC (ppm)
------	--------------	------	--------------	------	--------------	------	--------------

01	0,2	02	0,1	03	0,3	04	17,5
05	11,7	06	17,2	07	0,2	08	0,4
09	6,7	10	11,8	11	0,6	12	0,5
13	0,4	14	0,2	15	0,8	16	0,3
17	0,2	18	0,3	19	0,1	20	0,7
21	0,6	22	0,2	23	0,8	24	0,2
25	0,3	26	0,2	27	0,1	28	0,1
29	0,2	30	0,3	31	0,2	32	0,1
33	0,2	34	0,4	35	0,3	36	0,2
37	21,1	38	0,3	39	0,3	40	0,0
41	30,7	42	0,0	43	0,2	44	0,5
45	40,8	46	11,1	47	0,3	48	0,6
49	0,0	50	0,2	51	66,8	52	61,2
53	0,3	54	0,1	55	0,2	56	6,1
57	25,2	58	0,3	59	0,2	60	0,1
61	0,1	62	0,0	63	0,1	64	0,0

Fonte: Autoria própria (2017).

Os pontos nos quais apresentaram valores de VOC acima do equivalente a 30 ppm estão destacados de vermelho, embora não sinalizem altos riscos potenciais. Ainda assim, preferiu-se seguir com a continuidade da investigação até o final do estudo para maior segurança de seu resultado e da operacionalidade do empreendimento.

5.2. Análises Químicas

As amostras de solo para análise química foram coletadas, imediatamente, depois de encerradas as sondagens, em conformidade com os procedimentos e critérios já aqui descritos. As informações sobre as amostras coletadas são sumarizadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Informações das amostras coletadas

Data	Referência	Ordem de Serviço (LAB.)	Parâmetro	Matriz
31/01/2017	PM01 SL 1,70 m (Posto de Lavagem)	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	SOLO
31/01/2017	PM02 SL 1,00 m (Área de Oficinas)	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	SOLO
31/01/2017	PM03 SL 1,90 m (Posto de Combustível)	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	SOLO
09/02/2017	PM01	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	ÁGUA SUBTERRÂNEA
09/02/2017	PM02	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	ÁGUA SUBTERRÂNEA
09/02/2017	PM03	12.640/16	BTEX, HPA, TPH FP	ÁGUA SUBTERRÂNEA

Fonte: Autoria própria (2017).

As coletas de águas subterrâneas dos poços instalados ocorreram no dia 09 de fevereiro de 2017, após sete dias de suas instalações.

Como pode ser observado na Tabela 5, os chamados Pontos de Monitoramento (PM01, PM02 e PM03) estão localizados, respectivamente, nas áreas de Lavagem, Oficina Mecânica e Posto de Abastecimento de Combustível. Consta que as Substâncias Químicas de Interesse (SQI) nas sondagens foram analisadas para os parâmetros HPA e BTEX.

Tabela 5 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de solo (HPA e BTEX)

Parâmetro	PM01	PM02	PM03
	SL 1,70	SL 1,00	SL 1,90
Amostra		Solo	
HPA		mg/kg	
Antraceno	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(a)antraceno	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(a)Pireno	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(ghi)pirileno	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(k)fluoretano	<0,002	<0,002	<0,002
Criseno	<0,002	<0,002	<0,002
Dibenzo(ah)antraceno	<0,002	<0,002	<0,002
Fenantreno	<0,002	<0,002	<0,002
Indeno(123-cd)pireno	<0,002	<0,002	<0,002
Naftaleno	<0,002	<0,002	<0,002
BTEX		mg/kg	
Benzeno	<0,005	<0,005	<0,005
Etilbenzeno	<0,005	<0,005	<0,005
Tolueno	<0,005	<0,005	<0,005
Xilenos Totais	<0,005	<0,005	<0,005

Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com os critérios contidos na Resolução 420/09 do Conama, a classificação do solo analisado, considerando os níveis das substâncias químicas encontradas, está enquadrada como Classe 01 – Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao Valor de Referência de Qualidade (VRQ).

Os resultados apresentados para TPH FP das amostras PM01, PM02 e PM03, localizadas, respectivamente, nas áreas de Lavagem, Oficina Mecânica (próximo à caixa separadora de água e óleo SAO) e Posto de Abastecimento de Combustível estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de solo (TPH FP)

PARÂMETRO	PM01 SL 1,70 m	PM02 SL 1,00 m	PM03 SL 1,90 m
Amostra	Solo mg/Kg		
n-C08	<0,1	<0,1	<0,1
n-C09	<0,1	<0,1	<0,1
n-C10	<0,1	<0,1	<0,1
n-C11	<0,1	<0,1	<0,1
n-C12	<0,1	<0,1	<0,1
n-C13	<0,1	<0,1	<0,1
n-C14	<0,1	<0,1	<0,1
n-C15	<0,1	<0,1	<0,1
n-C16	<0,1	<0,1	<0,1
n-C17	<0,1	<0,1	<0,1
n-C18	<0,1	<0,1	<0,1
n-C19	<0,1	<0,1	<0,1
n-C20	<0,1	<0,1	<0,1
n-C21	<0,1	<0,1	<0,1
n-C22	<0,1	<0,1	<0,1
n-C23	<0,1	<0,1	<0,1
n-C24	<0,1	<0,1	<0,1
n-C25	<0,1	<0,1	<0,1
n-C26	<0,1	<0,1	<0,1

PARÂMETRO	PM01 SL 1,70 m	PM02 SL 1,00 m	PM03 SL 1,90 m
n-C27	<0,1	<0,1	<0,1
n-C28	<0,1	<0,1	<0,1
n-C29	<0,1	<0,1	<0,1
TPH	<0,1	<0,1	<0,1
n-C31	<0,1	<0,1	<0,1
n-C32	<0,1	<0,1	<0,1
n-C33	<0,1	<0,1	<0,1
n-C34	<0,1	<0,1	<0,1
n-C35	<0,1	<0,1	<0,1
n-C36	<0,1	<0,1	<0,1
n-C38	<0,1	<0,1	<0,1
n-C39	<0,1	<0,1	<0,1
n-C40	<0,1	<0,1	<0,1
Pristano	<0,1	<0,1	<0,1
Fitano	<0,1	<0,1	<0,1
n-Alcanos	<0,1	<0,1	<0,1
HRP	<0,1	<0,1	<0,1
MCNR	<0,1	<0,1	<0,1

Fonte: Autoria própria (2017).

Sabe-se que os derivados de petróleo possuem faixas das cadeias carbônicas de C08 a C40 de acordo com as seguintes faixas: gasolina (C08 a C11); querosene (C11 a C14); diesel (C14 a C20); e óleos lubrificantes (C20 a C40).

Observa-se, portanto, que as amostras PM01, PM02 e PM03, na faixa das cadeias (C08 a C40), as concentrações estão abaixo do Limite de Detecção do laboratório e com valores menores ao VRQ, não sendo identificado nenhum traço desses compostos nas áreas investigadas deste estudo. Não cabe nenhuma medida de intervenção ou preventiva para esta situação.

Na Tabela 7 estão descritos os resultados das análises de água dos três Poços de Monitoramento (PM01, PM02 e PM03) instalados, respectivamente, nas áreas de Lavagem; Oficina Mecânica (próximo à Caixa Separadora de Água e óleo – SAO); e Posto de Abastecimento de Combustível.

O resultado laboratorial para todos os parâmetros analisados encontra-se abaixo do Limite de Detecção do Laboratório. Portanto, também para os parâmetros de HPA e BTEX das amostras de água analisadas para este estudo, não foi identificado nenhum traço destes compostos na área de investigação. Não cabem medidas de intervenção e/ou preventivas para esta situação estudada.

Por meio de análises dos laudos de água identificou-se que não existe VI e nem VP. Todos os resultados estão menores que os VRQ.

Tabela 7 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de água (TPH FP)

PARÂMETRO	PM01 1,70 m	PM02 1,00 m	PM03 1,90 m
Amostra	Área de Lavagem	Área de Oficina	Posto de Combustível
HPA		µg/L	
Antraceno	<0,018	<0,018	<0,018
Benzo(a)antraceno	<0,018	<0,018	<0,018
Benzo(a)Pireno	<0,018	<0,018	<0,018
Benzo(ghi)pirileno	<0,018	<0,018	<0,018
Benzo(k)fluoretano	<0,018	<0,018	<0,018
Criseno	<0,018	<0,018	<0,018
Dibenzo(ah)antraceno	<0,018	<0,018	<0,018
Fenantreno	<0,018	<0,018	<0,018
Indeno(123-cd)pireno	<0,018	<0,018	<0,018
Naftaleno	<1,0	<1,0	<1,0
BTEX		µg/L	
Benzeno	<1,0	<1,0	<1,0
Etilbenzeno	<1,0	<1,0	<1,0
Tolueno	<1,0	<1,0	<1,0
Xilenos Totais	<1,0	<1,0	<1,0

Fonte: Autoria própria (2017).

Na Tabela 8 estão inseridos os resultados laboratoriais para o parâmetro HTP FP (cadeias carbônicas) das amostras de águas subterrâneas coletadas nos Pontos de Monitoramento (PM01, PM02 e PM03), instalados nas áreas de Lavagem, Oficina

Mecânica (próximo à Caixa Separadora de Água e Óleo – ASO) Posto de Abastecimento de Combustível, respectivamente.

Com base nos dados dos resultados das análises de águas subterrâneas, pode-se constatar que tanto as Cadeias Carbônicas quanto o TPH Total estão abaixo do Limite de Detecção do Laboratório. Portanto, não são passíveis de VI e nem de VP, pois não foi identificado nenhum traço desses compostos na área de investigação, objeto deste estudo.

Tabela 8 – Resultados laboratoriais das amostras para matriz de água (TPH FP)

PARÂMETRO	PM01 - 1,70 m	PM02 - 1,00 m	PM03 - 1,90 m
Amostra	Área de Lavagem	Área de Oficina	Posto de Combustível
	mg/L		
n-C08	<0,120	<0,120	<0,120
n-C09	<0,120	<0,120	<0,120
n-C10	<0,120	<0,120	<0,120
n-C11	<0,120	<0,120	<0,120
n-C12	<0,120	<0,120	<0,120
n-C13	<0,120	<0,120	<0,120
n-C14	<0,120	<0,120	<0,120
n-C15	<0,120	<0,120	<0,120
n-C16	<0,120	<0,120	<0,120
n-C17	<0,120	<0,120	<0,120
n-C18	<0,120	<0,120	<0,120
n-C19	<0,120	<0,120	<0,120
n-C20	<0,120	<0,120	<0,120
n-C21	<0,120	<0,120	<0,120
n-C22	<0,120	<0,120	<0,120
n-C23	<0,120	<0,120	<0,120
n-C24	<0,120	<0,120	<0,120
n-C25	<0,120	<0,120	<0,120
n-C26	<0,120	<0,120	<0,120

n-C27	<0,120	<0,120	<0,120
n-C28	<0,120	<0,120	<0,120
n-C29	<0,120	<0,120	<0,120
TPH	<0,120	<0,120	<0,120
n-C31	<0,120	<0,120	<0,120
n-C32	<0,120	<0,120	<0,120
n-C33	<0,120	<0,120	<0,120
n-C34	<0,120	<0,120	<0,120
n-C35	<0,120	<0,120	<0,120
n-C36	<0,120	<0,120	<0,120
n-C38	<0,120	<0,120	<0,120
n-C39	<0,120	<0,120	<0,120
n-C40	<0,120	<0,120	<0,120
Pristano	<0,120	<0,120	<0,120
Fitano	<0,120	<0,120	<0,120
n-alcanos	<0,120	<0,120	<0,120
HRP	<0,120	<0,120	<0,120
MCNR	<0,120	<0,120	<0,120

Fonte: Autoria própria (2017).

6. CONCLUSÕES

Mediante os resultados obtidos na etapa de composto orgânicos voláteis (VOC), o presente estudo de investigação conclui que nos 64 (sessenta e quatro) pontos de sondagens foram detectadas concentrações que variaram de 0 ppm (em, pelo menos, cinco pontos) a 66,8 ppm (ponto máximo).

Em nenhum dos resultados das análises químicas, realizadas pelo laboratório Qualy Lab, do Rio de Janeiro (RJ), foi detectado, no solo, a presença de Substâncias Químicas de Interesse (SQI) acima dos Valores de Referência de Qualidade (VRQ), não sendo necessário o monitoramento do solo.

Os resultados das análises de águas subterrâneas, extraídas e coletadas dos pontos PM01, PM02 e PM03, também não apresentaram valores de SQI acima dos VRQ, apresentando-se abaixo do Limite de Detecção do Laboratório. Portanto, não são passíveis de investigação, intervenção e/ou prevenção, uma vez que não foi identificado nenhum traço desses compostos na área de investigação, objeto deste estudo.

Conclui-se que a área investigada, neste estudo, não apresentou, em nenhum dos pontos analisados, fases dissolvidas ou fases livres. Portanto, não será necessária a realização de Investigação de Passivo Ambiental Detalhada, para delimitações de plumas, e nem a elaboração de Análise de Risco à Saúde Humana, bem como possíveis ações de remediações.

Por outro lado, caso houvesse sido detectada contaminações acima do permitido, a empresa SOLUTAL continuaria com o trabalho utilizando um método de remediação já consolidado. Tal método consiste na aplicação da cal no solo.

7. REFERÊNCIAS

AISSLABIE, J.; SAUL, D.J. & FOGHT, J.M. Bioremediation of hydrocarbon-contaminated polar soils. *Extremophiles*, 10:171-179, 2006.

ANDRADE, J.A. Otimização da reação de Fenton visando aplicações na remediação *in-situ* e *ex-situ* de águas subterrâneas. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 249p. (Dissertação de Mestrado).

ANDRADE, Juliano de Almeida; AUGUSTO, Fabio; JARDIM, Isabel Cristina Sales. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. *Eclética química*. V 35, n 3, 2010.

CUSTANCE, S.R.; MCCAWE, P.A.; KOPF, A.C. & SULLIVAN, M.J. Environmental fate of the chemical mixtures: crude oil, jp-5, mineral spirits, and diesel fuel. *J. Soil Contam.*, 1:379-386, 1992.

MARÍN, J.A.; MORENO, J.L.; HERNÁNDEZ, T. & GARCÍA, C. Bioremediation by composting of heavy oil

refinery sludge in semiarid conditions. *Biodegradation*, 17:251-261, 2006.

National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. *Dimethylbenzenes*. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6850715#section=Top>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. *Ethylene*. Disponível em : <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethene#section=Top>>. Acesso em: 24 jan. 2018

National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine. *Toluene*. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/toluene>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

RESOLUÇÃO Nº 420, DE 28 DE DEZEMBRO DE 2009, Publicado no DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. [Resolução CONAMA Nº 420/2009 - Ministério do Meio Ambiente](#). Disponível em <www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf>. Acesso em: 10 jan de 2018.

SANTOS, Adalto de Oliveira; SILVA, Fernando Benedito da; SOUZA, Synval de. Contabilidade Ambiental: Um Estudo sobre sua Aplicabilidade em Empresas Brasileiras. *Revista Contabilidade & Finanças FIPECAFI - FEA - USP*, São Paulo, FIPECAFI, v.16, n. 27, p. 89 - 99, setembro/dezembro 2001.