

FACULDADE CAMPO LIMPO PAULISTA
BACHARELADO EM QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso

Alexandre Francisco de Oliveira – 9215

Orientação: Profa. Dra. Sabrina de Almeida Marques

A importância da descontaminação do solo a saúde.

Alexandre Francisco de Oliveira

A Importância da descontaminação do solo a saúde.

“Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Campo Limpo Paulista para obtenção do Título de Bacharel em Química sob orientação da Profa. Dra. Sabrina de Almeida Marques”.

Campo Limpo Paulista
2012

Dedico este trabalho a todas as pessoas,
que estiveram envolvidas na elaboração.

AGRADECIMENTOS

À Professora Sabrina de Almeida Marques por sua atenção, dedicação, confiança e compreensão;

À minha família, pelo carinho, compreensão, apoio e incentivo para a minha formação;

À coordenadora e a todos os professores que fazem ou fizeram parte do corpo docente do curso de Química Bacharelado da Faculdade de Campo Limpo Paulista;

Aos colegas e amigos de classe, pela ajuda, apoio e atenção;

A todos que, de alguma forma, contribuíram para minha formação e o desenvolvimento deste trabalho.

Obrigado a todos.

RESUMO

O crescimento industrial e econômico no Brasil aumenta potencialmente o consumo dos recursos naturais e também a contaminação do mesmo pelas indústrias e postos de gasolinas. Com tudo isso é exigido uma grande estruturação de toda a cadeia produtiva dos derivados do petróleo, desde novas descobertas de campos de petróleo passando pela formação de vários polos petroquímicos e o aumento das redes de distribuição, a ponta dessa cadeia.

Em vista da estrutura logística da produção e comercialização do petróleo e de seus derivados existe a potencial contaminação de solos e águas subterrâneas, principalmente por vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneos em postos de combustíveis, devido aos maus cuidados com os tanques de armazenamento e transportes de má qualidade.

Diante destes fatores é importante ainda que se tenha um conhecimento das propriedades de degradação dos contaminantes e sua reatividade com o solo, assim como técnicas de descontaminação e métodos de tratamento que visam reduzir a concentração e toxicidade dos contaminantes, e os métodos de confinamento, que têm como objetivo principal a redução da mobilidade dos contaminantes.

Os contaminantes derivados de petróleo são o benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos, hoje em dia há vários tipos de descontaminação que possuem como objetivo diminuir a concentração e toxicidade dos contaminantes.

Uma das formas mais eficazes e concretas para o tratamento de solos contaminados com derivados de petróleo e solventes diversos é por meio do calor como a técnica de Dessorção Térmica, a utilização do calor para a remediação do solo trabalha promovendo a circulação do ar e seu mecanismo de ação é pela volatilização.

Palavras-chave: Dessorção Térmica; Técnica de Descontaminação; Toxicologia dos Hidrocarbonetos; Derivados do Petróleo.

ABSTRACT

The Brazilian industrial and economic growth potentially increased the consumption of natural resources and also contamination by industries and even gas stations. This growing logistics of production and marketing of oil and its derivatives leads to potential contamination of soils and groundwater, especially leaks in the underground by storage tanks at gas stations due to poor care of the storage tanks and shoddy transport.

Given these factors it is important to have knowledge of the properties of degradation of the contaminants and their reactivity with soil and knowledge of decontamination techniques treatment methods that aim to reduce the concentration and toxicity of contaminants, and methods reduce the mobility of contaminants.

These methods intend to decrease concentration and toxicity of the contaminants. The most common compounds in the soil due to fuel are xylene, toluene, benzene and ethylbenzene.

The decontamination of the soil can be performed using thermal desorption which uses heat that promotes air circulation.

Keywords: Thermal Desorption; Technical Decontamination; Toxicology of hydrocarbons; Oil derivatives.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	8
Lista de Figuras	9
Introdução	10
Justificativa	12
Objetivos	13
Metodologia	14
CAPÍTULO 1 – CONTAMINAÇÃO DO SOLO	15
1.1 – Fontes de Contaminação	15
1.1.1 – Adsorção	16
1.1.2 – Absorção	16
1.1.3 - Erosão	16
CAPÍTULOS 2 – CONTAMINANTES DO SOLO	18
2.1 Hidrocarbonetos (HC)	19
CAPITULO 3 – TOXICOLOGIAS E LEGISLAÇÃO DOS CONTAMINANTES	21
3.1 – Benzeno	21
3.2 – Tolueno	22
3.3 – Etilbenzeno	23
3.4 – Xilenos	24
3.5 – Legislação	25
CAPITULO 4 – MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO	27
4.1 - Técnicas de Descontaminação	28
4.2 – Aterro	29
4.3 - Co-Processamento	30
4.4 – Incineração	31
4.5 - Dessorção Térmica	32
Considerações Finais	36
Referências Bibliográficas	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Densidade dos Compostos orgânicos voláteis	19
Tabela 2: Solubilidade em água e pressão de vapor	28
Tabela 3: Valores dos coeficientes para os copostos voláteis	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Acidente na Refinaria de Petróleo em Amuay Venezuela	15
Figura 2: Vazamento de Óleo no Solo	17
Figura 3: Vazamento em Tanque Subterrâneo	20
Figura 4: Estrutura do Benzeno em Cartaz de Perigo (Danger)	22
Figura 5: Estrutura do Tolueno	23
Figura 6: Estrutura do Etilbenzeno	24
Figura 7: Xilenos orto,meta e para Xilenos respectivamente	25
Figura 8: Aterros Sanitários	29
Figura 9: Processo de Co – Processamento	30
Figura 10: Processo de Incineração	31
Figura 11: Processo de Dessorção Térmica	33
Figura 12: Equipamentos para Dessorção Térmica Móvel	34
Figura 13: Aspecto do solo Contaminado com Resíduo de Óleo (A) e Tratado por Dessorção Térmica. (B)	35

INTRODUÇÃO

Há muitos anos constantemente são geradas uma grande quantidade e diversidade de resíduos que afetam diretamente ou indiretamente o meio ambiente por via de contaminação do solo, da água ou do ar (MARIANO, 2006).

Esses resíduos são lançados ao meio ambiente principalmente nos solos, onde o mesmo pode ser contaminado por diversas maneiras, dentre elas vazamento em dutos e tanques, falha no processo industrial, falta no tratamento de seus efluentes, armazenamento inadequado, acidentes no processo industrial, postos de combustíveis inoperantes e de má conservação. Pode ocorrer ainda no transporte de substâncias com o potencial maior de toxicologia para o meio ambiente, na produção de subprodutos indesejados, e emissão de gases (ANDRADE, 2010).

Dentre as alternativas para tratamento destes solos contaminados por compostos orgânicos como hidrocarbonetos derivados de petróleo, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dentre outros estão os métodos que utilizam calor como forma de descontaminação. Estes têm se mostrado com maior eficiência e resultados significativos para o meio ambiente e os benefícios que se pode ter em larga escala em relação ao reuso do solo ou disposição novamente na natureza, levando-se em consideração questões práticas como a eficiência dos seus resultados e o ser humano, além do reuso deste mesmo solo para outros meios como aterros, construções civis e reflorestamentos (SILVA, 2002).

Dessorção térmica é um processo físico de separação que envolve energia térmica para aquecimento do resíduo até a sua volatilização fazendo com que o mesmo se desprenda do solo e haja a sua descontaminação, a importância de se tratar compostos orgânicos com o uso de calor como uma alternativa viável é que possibilita uma maior aplicação em diferentes lugares, pois dependendo do tipo de método requerido pode-se não só transportar o solo contaminado, mas também levar o próprio maquinário que faz essa descontaminação, liberando-se o solo para uma nova utilização (PEDROZO, 1989).

O presente trabalho visa fornecer um maior esclarecimento teórico aos profissionais da área sobre o uso da técnica de “Dessorção Térmica” e seus benefícios ao meio ambiente e apresentar a eficiência na remediação de solos

contaminados por resíduos com derivados de petróleo como hidrocarbonetos, sob condições controladas (ROSSI, 2010).

JUSTIFICATIVA

O interesse em desenvolver o trabalho de conclusão de curso sobre este tema ocorreu durante o trabalho na empresa *Essencis Soluções Ambientais* trabalhando em laboratório com o recebimento e destinação dos caminhões para o devido descarregamento dos resíduos no aterro. Naquele momento, era realizada uma análise para constatar se o mesmo pode ser ou não disposto em local previamente descrito pelos documentos recebidos ou se o mesmo seria remanejado a outro local dependendo da classe discriminada ou das análises feitas em laboratório.

Dependendo da avaliação, os motoristas que transportavam os solos contaminados eram orientados a fazer o descarregamento do mesmo em local discriminado pela empresa.

Diante deste fato, informar os profissionais da área sobre o assunto para que os mesmos possam auxiliar a população que vive ao redor e que não conhece os fundamentos de um aterro sanitário e sua funcionalidade é de fundamental importância para o meio ambiente.

OBJETIVOS

Geral

- Demonstrar os principais contaminantes do solo.
- Mostrar os tipos de métodos para a remediação de solo.
- Apresentar a toxicologia dos hidrocarbonetos vindos de derivados do petróleo como óleos e gasolina.

METODOLOGIA

Para o presente trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica em artigos relacionados à comparação entre métodos de remediação de solos contaminados com derivados do petróleo, óleos e hidrocarbonetos empregando tecnologias térmicas.

A busca foi realizada em base de dados como Scielo, livros, e outras fontes que se mostraram relevantes, tais como: (Souza 2009), (Andrade, 2010), que foram de grande auxílio para a elaboração do contexto.

Utilizaram-se artigos científicos dos últimos 15 anos nos seguintes idiomas: Português, espanhol.

As palavras chaves empregadas na pesquisa bibliográfica foram: solos contaminados com hidrocarbonetos, toxicologia de hidrocarbonetos; remediação de solos contaminados, métodos para remediação de solos contaminados com derivados de petróleo, química verde, Dessorção Térmica.

CAPÍTULO 1 – CONTAMINAÇÃO DO SOLO

1.1 Fontes de Contaminações.

O petróleo e seus derivados como óleos e outros constituintes são um dos recursos energéticos mais utilizados e são classificados como uma mistura complexa de compostos não aquosos e hidrofóbicos como n-alcanos, aromáticos, e resinas (MINDRISZ, 2006).

Constituindo esses compostos estão os hidrocarbonetos que dentre todos são os que dão características únicas aos derivados do petróleo. O próprio óleo é uma emulsão basicamente composta por água, sólidos grosseiros, hidrocarbonetos e compostos de difícil biodegradação e seu manejo e reaproveitamento é dificultado em virtude de sua composição extremamente variável (SCHIMER, 2005).

Diversos são os impactos ambientais acarretados por poluentes no solo, podendo o organismo ser afetado diretamente devido ao efeito tóxico dessas substâncias, ocorrendo mudanças no metabolismo, crescimento e desenvolvimento.

Além disso, as substâncias presentes no solo, também representam riscos para as águas subterrâneas e superficiais devido aos processos de absorção e erosão que os solos possam estar sujeitos.

A figura 1 ilustra uma refinaria de petróleo onde ocorreu um incêndio devido a vazamentos e com isso a possível contaminação do solo (SOUZA, 2009).



Figura 1: Acidente na Refinaria de Petróleo em Amuay Venezuela (ADMIRO NEWS, 2012)

1.1.1 Adsorção.

Adsorção é o processo em que as moléculas de um fluido nesse caso o petróleo, óleos e seus derivados a uma superfície sólida (solo); o grau de adsorção depende da temperatura, da pressão e da área da superfície os sólidos porosos como o solo são ótimo adsorvente.

1.1.2 Absorção.

Absorção é o processo que se dá ao contato do contaminante com o solo, o óleo apesar de apresentar densidade elevada pode ser lentamente absorvido pelo solo, conservando o mesmo por muito mais tempo, e liberando seus gases com o passar do tempo. (LARINI, 1997)

1.1.3 Erosão.

A erosão é um processo complexo que se manifesta em intensidade variável, dependendo da importância relativa do clima, solo, topografia, vegetação e uso do solo e atividade do homem. Dentro desse contexto, contaminação e cobertura do solo são os fatores mais importantes para este tipo de fenômeno (PIRES, 2003).

Os hidrocarbonetos de petróleo incluindo aqueles que são aromáticos policíclicos são considerados poluentes ambientais perigosos, pois representam riscos ao ambiente e à vida devido a sua toxicidade e mutagenicidade, sendo assim, são necessárias medidas de preservação para evitar a presença desses compostos no ambiente (MARIANO, 2006).

O óleo é constituído de uma mistura de hidrocarbonetos totais de petróleo incluindo os hidrocarbonetos aromáticos como o benzeno, tolueno, etilbenzeno, orto, meta e para - xilenos, e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (AZAMBUJA, 2000).

Dentre os tipos de contaminações provenientes do petróleo uma de extrema importância é a contaminação de reservatórios subterrâneos que sejam utilizados como fonte de abastecimento (ANDRADE, 2010).

Muitos hidrocarbonetos são encontrados na contaminação de solos de indústrias, postos de gasolina e aterros diversos pelos quais os mais comuns, e

dentre todos os mais tóxicos estão os aromáticos que são encontrados na fração mais leve na destilação do petróleo. Os principais hidrocarbonetos aromáticos de petróleo são os compostos da série do tolueno, benzeno e meta-xileno e para-xileno (MARIANO, 2006). A figura 2 ilustra um vazamento de óleo no solo.



Figura 2: Vazamento de Óleo no Solo (TEIXEIRA, 20012).

CAPÍTULO 2 – CONTAMINANTE DO SOLO

Os tipos de contaminação do solo não podem ser identificados diretamente a olho nu e em certas ocasiões este contaminante é absorvido rapidamente no subsolo sem ao menos ser constatado (SCHIMER, 2005).

Entre todos os casos observados, a contaminação é descoberta devido aos agravantes emitidos por ela como má vegetação, alteração na qualidade da água, surgimento de algum tipo de doença ou contaminação devido a exposição da população próxima as áreas contaminadas. Para se ter a certeza da contaminação é necessário um vasto exame do local por um órgão ambiental competente através de uma análise de risco para saúde humana e segurança pública (ROSSI, 2010).

Todos os poluentes são definidos como substâncias químicas naturais ou sintéticas que ao serem liberadas no ambiente apresentam efeitos indesejáveis aos seres vivos e ao equilíbrio dos ecossistemas. Dentre os diversos tipos de poluentes orgânicos podem ser citados os solventes orgânicos clorados e todos os derivados de petróleo (MARIANO, 2006).

Os hidrocarbonetos liberados no ambiente ficam sujeitos a numerosos processos que podem alterar sua composição. Os compostos altamente voláteis podem sofrer evaporação, os compostos solúveis na água podem ser dispersos e penetrar no solo. A biodegradabilidade dos hidrocarbonetos depende primeiramente da estrutura química do composto, mas também é influenciada fortemente pelo seu estado físico e sua toxicidade (SANTOS, 2005).

Os hidrocarbonetos aromáticos mais frequentemente encontrados em contaminações do solo são benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno. Pela sua alta volatilidade, alta solubilidade e alta biodegradabilidade os compostos aromáticos estão entre os primeiros a contaminarem o solo quando livres e os primeiros a atingirem as águas subterrâneas. Em vazamentos com maior tempo de contaminação ou com mais tempo já exposto no meio ambiente, o solo pode conter relativamente poucos compostos aromáticos sendo os mesmos mais nocivos ao meio ambiente e ao homem (ALMEIDA, 2007).

Os contaminantes derivados de petróleo e seus hidrocarbonetos penetram no subsolo como líquido, estes são classificados de acordo com sua densidade em líquidos leves na fase não aquosa que são compostos com densidade menor que a

água, (como exemplo os hidrocarbonetos do petróleo: benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) conforme tabela abaixo, (MOSCHINI, 2005).

Composto	Fórmula Molecular	Massa Molar (g mol ⁻¹)	Densidade (g cm ⁻³)
Benzeno	C ₆ H ₆	78,10	0,880
Tolueno	C ₇ H ₈	92,10	0,867
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	106,20	0,867
p - Xileno	C ₈ H ₁₀	106,20	0,860
m - Xileno	C ₈ H ₁₀	106,20	0,864
o - Xileno	C ₈ H ₁₀	106,20	0,880

Tabela 1: Densidade dos Compostos orgânicos voláteis.

2.1 Hidrocarbonetos (HC)

Os hidrocarbonetos são compostos constituídos apenas por hidrogênio e carbono (RUSSELL, 1994).

Os hidrocarbonetos aromáticos (tolueno, benzeno, etilbenzeno e xilenos) são usados para descrever uma grande família de várias centenas de compostos químicos originados do refino do petróleo cru (PATNAIK, 1996).

Alguns dos hidrocarbonetos aromáticos são uma mistura de muitos compostos e podem ser tóxicos aos seres vivos, a exemplo do etilbenzeno que pode afetar o sistema nervoso, a medula óssea, provocar dores de cabeça, náusea, anemia e leucemia. Já os hidrocarbonetos de petróleo são poluentes hidrofóbicos e tendem a ficar fortemente retidos na matriz do solo, diminuindo assim sua disponibilidade à remoção. (MEIRE, 2007).

Os hidrocarbonetos aromáticos mais voláteis quando presentes no solo podem ser liberados ou sofrerem uma variedade de processos físico-químicos, sendo que estas liberações ocorrem em resposta às alterações na saturação do solo, às modificações na química da água e do gás, e às mudanças nas propriedades da superfície do solo (TROVÃO, 2007).

A figura 3 ilustra um vazamento em tanque subterrâneo.



Figura 3: Vazamento em Tanque Subterrâneo (TEIXEIRA, 2012)

Os hidrocarbonetos são suscetíveis a reações de substituição, não ocorrendo quebra das ligações, conservando o anel benzênico e mantendo o seu caráter aromático no produto formado, que em condições apropriadas podem ser alvo de reações de adição (CAMPOS, 1997).

Compostos desse tipo são muito resistentes à oxidação, enquanto os seus derivados (Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos), por apresentarem cadeia lateral, sofrem oxidação via radical, os compostos do grupo aromático são constituintes da gasolina tendo, portanto, grande importância ambiental, são os mais solúveis e biodegradáveis hidrocarbonetos de petróleo e difundem-se rapidamente quando em contato com a água (SOLOMOS, 2001).

CAPITULO 3 – TOXICOLOGIA E LEGISLAÇÃO DOS CONTAMINANTES.

Toxicologia é a ciência que estuda os efeitos adversos das substâncias químicas sobre os organismos, é importante saber determinar a quantidade ou concentração desse material, pois o contato dos mesmos ao organismo é prejudicial.

Algumas substâncias têm em pequenas quantidades um efeito positivo sobre o corpo e tornam-se mais perigosas quando em maiores concentrações (MEIRE, 2007).

Dentre esses compostos estão os derivados do petróleo (benzeno, tolueno, etilbenzeno e os xilenos) que são hidrocarbonetos de maior facilidade de absorção tanto em vazamentos no solo quanto por inalações nas vias respiratórias quando esses são liberados na forma de gás ao meio ambiente (MENEGHETTI, 2007).

3.1 Benzeno

O benzeno cuja fórmula molecular é C_6H_6 é um composto volátil e inflamável utilizado em grande escala na indústria química na síntese de outros compostos tais como o etilbenzeno, e outros hidrocarbonetos aromáticos, que em sua maioria é utilizado como aditivo em gasolina para aumentar a octanagem, o teor máximo de benzeno permitido em produtos acabados é de no máximo cerca de 0,1%, já sua concentração máxima permitida em na gasolina automotiva é de até 1% v/v (CETESB, 2012).

O benzeno é emitido ao ar como fumaça partindo dos escapamentos dos veículos automotivos, fumaça de cigarro e como resíduo na sua grande maioria durante sua produção, a permanência deste tipo de substância no ar atmosférico varia de poucas horas a dias dependendo do ambiente, clima e concentração de outros poluentes. O principal meio de exposição ao homem pelo benzeno é o ar, a inalação de altas concentrações deste composto por curto tempo pode causar sonolência, enjoo, aceleração do ritmo cardíaco, cefaleia, tremor, confusão mental e inconsciência. A ingestão de alimentos e bebidas contaminados com altos teores de

benzeno pode produzir vômito, irritação no estômago, enjoo, sonolência, convulsão, aceleração do batimento cardíaco e morte (COSTA, 2002).

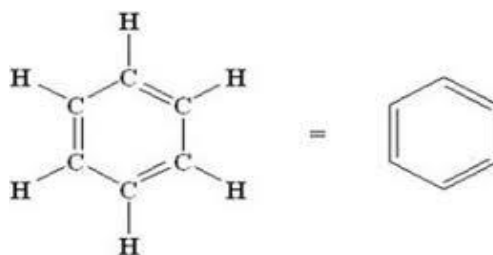


Figura 4: Estrutura do Benzeno (COSTA, 2002).

3.2 Tolueno

O tolueno é um hidrocarboneto aromático, sua fórmula é $C_6H_5CH_3$, sua porcentagem de aceitação em vista ambiental é de cerca de menos de 1%. Ao contato com o organismo do ser humano é distribuído nos tecidos ricos em gordura e tecidos altamente vascularizados e na corrente sanguínea e após a absorção, é encontrado em concentrações altíssimas nos tecidos gordurosos como o cérebro, particularmente a substância branca, a medula óssea, fígado, rins e tecidos nervosos (PEDROZO, 1989).

O tolueno é largamente usado na produção de produtos como gasolinas, solventes e agentes de limpeza. Em sua grande maioria é utilizado em síntese de outros produtos químicos orgânicos, tais como o benzeno. Este composto está em maior quantidade em óleos e sua produção vem através do refinamento de petróleo (MEIRE, 2007).

O maior contribuinte ambiental de vazamento de tolueno é a produção e uso da gasolina, uma infinita quantidade de tolueno é introduzida no meio ambiente anualmente através do uso da gasolina e da produção e processos de refinamento de petróleo. A variedade de tipo de exposição ao tolueno e as doses relativas acarretam vários tipos de sintomas de intoxicação podendo causar irritação dos olhos e garganta, coordenação, cefaleia, confusão, tonturas e sensação de intoxicação, náusea, anorexia, confusão, perda do autocontrole, perdas

momentâneas de memória, nervosismo, fadiga muscular podendo até levar a morte com altas concentrações (FOSTER, 1994).

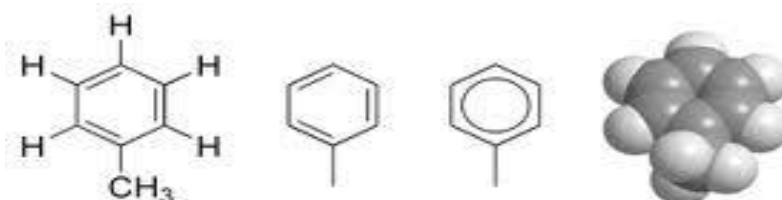


Figura 5: Estrutura do Tolueno (LARINI, 1997)

3.3 Etilbenzeno

O etilbenzeno é também um hidrocarboneto aromático e um dos derivados naturais no petróleo, líquido incolor inflamável muito utilizado como solvente, e na indústria do plástico e da borracha é matéria prima para a produção do estireno (PEDROZO, 1989).

Industrialmente ele está presente em misturas complexas como da gasolina automotiva, mas pode ser utilizado também em solventes para uso industrial, considerado um dos solventes mais utilizados e fabricados na indústria petrolífera com médias altíssimas, se tratando em toneladas por ano, dos quais a maior parte é utilizada na produção de estireno e, o restante, ao uso como solvente (LARINI, 1997),

A probabilidade de vazamentos e contaminação do solo com o etilbenzeno é uma grande preocupação e cuidados para não expor o ser humano a esta toxicidade têm que ser tomadas, pois os danos ao contato direto e indireto com o etilbenzeno são muitos já que o etilbenzeno é absorvido na maioria das vezes através das vias respiratórias, por ter características de rápida volatilização (PASTORELLO, 2008).

Humanos e animais expostos ao etilbenzeno exibem ainda alguns traços de ácidos e de etilfenóis como forma de metabolismo no organismo, o ácido etilbenzeno no ar exalado pode ser usado como indicador biológico da exposição ocupacional.

Em exposição prolongada o etilbenzeno pode causar além de fadiga também cefaléia, irritação dos olhos e da via aérea, proporcionando irritação neuro sensorial e depressora do sistema nervoso central. Já o longo contato tem causas como ressecamento e dermatite, sendo suas características toxicológicas são demasiadamente fortes a tanto que pode causar ao ser humano o risco de carcinogênico (CETESB 2012).

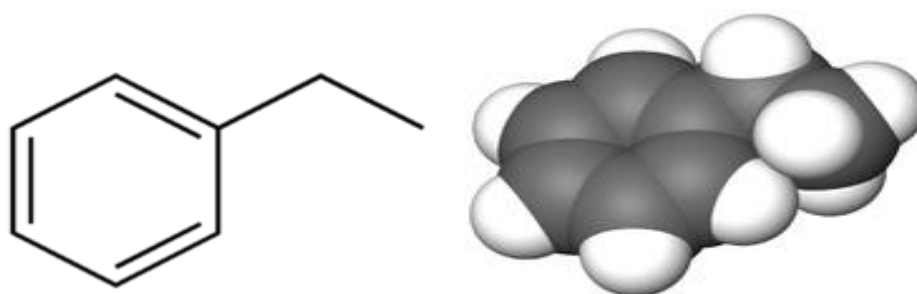


Figura 6: Estrutura do Etilbenzeno (LARINI, 1997).

3.4 Xilenos

Os xilenos ou dimetilbenzeno são hidrocarbonetos aromáticos considerados como líquidos incolores são constituídos de uma mistura do isômero orto, meta e para, que constitui um alto ponto de ebulição 139-144 °C (variando de acordo com o isômero) são insolúveis em água e solúveis em álcool, acetona, éter, clorofórmio, benzeno, entre outros. (GUTERRES, 2010).

Sua utilização varia dependendo do seu objetivo final em indústrias, tais como na indústria química, de plásticos, fibras sintéticas, couro, tecidos e papéis, tem utilidade como agente de limpeza e desengordurante (MEIRE, 2007).

A principal via de penetração é a respiratória, devido a alta volatilidade dos xilenos, é muito solúvel no sangue e nos tecidos, especialmente no tecido gorduroso, é absorvido através da pele íntegra na forma líquida e na forma de vapor (ANDRADE, 2010).

Na intoxicação do xileno este se concentra na medula óssea, no cérebro e baço, sua absorção é de quase 100% pois menos de 5% são eliminados inalterados pelos pulmões (LAURINI 2007).

Os diversos efeitos na exposição ao xileno são fadiga, tontura, tremores e embriaguez, em grandes concentrações, ocorre inconsciência e morte por depressão do sistema nervoso central, devido à parada respiratória, também podendo ocorrer óbito por arritmia cardíaca ou fibrilação ventricular (MAZZUCO, 2004).

O xileno tem grande poder irritante nas mucosas das vias respiratórias, na pele e nos olhos, provocando vasodilatação e ocorre sensação de aquecimento no corpo e avermelhamento da face, seus vapores provocam irritação ocular, lesão de córnea e fotofobia. A aspiração do xileno para os pulmões provoca edema pulmonar e hemorragia, já no organismo mais precisamente no fígado causa a oxidação dos grupamentos metilas ou oxidação aromática, já sobre a pele, o contato prolongado com a forma líquida leva a desengorduramento, causando fissuras, dermatites e eczema (SILVA, 2002).

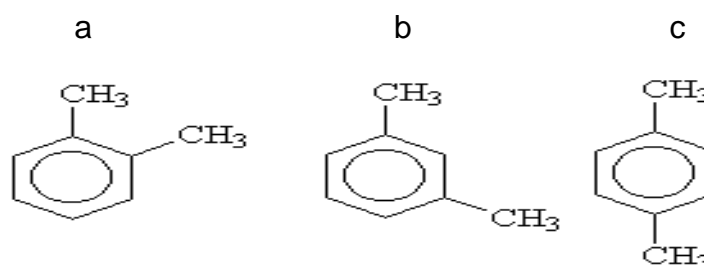


Figura 7: Xilenos Orto (a), Meta (b) e Para (c) (GUTERRES, 2010).

3.5 Legislação

O Brasil dispõe de várias sanções e leis que determinam o total cuidado com os resíduos gerados pelas indústrias petrolíferas, químicas e plásticas independentemente do uso correto e de certificados de meio ambiente.

Há fiscalização para que nenhum tipo de acontecimento seja ele em transporte ou vazamento da própria empresa aconteça, porém com postos de gasolina não se tomam o devido cuidado dos solos onde foram empregados os tanques de armazenamento de combustíveis favorecendo a intoxicação dos seres humanos e a contaminação dos lençóis freáticos (BRASIL, 1998).

No país, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) são os responsáveis pelo controle e fiscalização dos níveis de concentrações de substâncias químicas e fornecem orientação sobre a condição de qualidade de solo e de água subterrânea.

Estes órgãos são utilizados como instrumentos para prevenção e controle da contaminação e gerenciamento de áreas contaminadas sob investigação, estabelecendo diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias, em decorrência de suas atividades (CONAMA, 1997).

Todo o tipo de poluição ambiental provocada por combustíveis derivados de petróleo e seus solventes, tornou necessária a criação desses órgãos responsáveis pelo cuidado necessário ao meio ambiente e promoveu-se a edição de leis, decretos, resoluções e normas para proteção, como também o monitoramento da qualidade do solo e dos recursos hídricos nas áreas de influência dos postos de combustíveis, indústrias e até no meio de transporte destes compostos (BRASIL, 1998).

No âmbito federal, a questão de controle de impactos ambientais referentes à poluição causada por postos de combustíveis é normatizada em um amplo amparo legal. Todo e qualquer tipo de contaminação ambiental é considerado crime ambiental pela Lei Federal 9.605/98, regulamentada pelo Decreto 3.179/99, a legislação brasileira obriga todos os postos, indústrias e qualquer pequena empresa fabricante ou revendedora de combustíveis a serem devidamente licenciados pelos órgãos ambientais competentes após cadastramento do mesmo (CONAMA, 2002).

CAPITULO 4 – MÉTODOS DE DESCONTAMINAÇÃO

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) fiscaliza e monitora atividades que geram poluição, tentando preservar a qualidade do meio ambiente, fazendo-se aplicar das leis cabíveis e orientando sobre as diferentes técnicas de remediação (CETESB, 2008).

É importante ressaltar que dentre as técnicas de remediação aplicadas para solos, as mais utilizadas pela CETESB são a extração de vapores e a remoção do resíduo neste caso o solo, os aterros sanitários não são uma tecnologia de destruição são apenas métodos de confinamento.

Os compostos empregados naquele solo contaminado e enterrados podem ser liberados ao ambiente próximo, principalmente através das águas subterrâneas e da volatilização para o ar (CETESB, 2012).

Mesmo com pesquisas e investimentos, os aterros sanitários mais modernos, de última geração, ainda são descritos como potenciais riscos ao meio ambiente (GREENPEACE, 1998).

Para controlar a emissão destes compostos, deve se tratar o solo para a sua recuperação por meio da incineração, Dessorção Térmica e Co-Processamento, (MARIANO, 2006).

Hoje em dia há vários tipos de descontaminação que podem ser classificadas dependendo do critério utilizado, como por exemplo: objetivo, estado de desenvolvimento, localização do tratamento, processo principal, aplicabilidade aos diferentes tipos de solo, aplicabilidade às classes de contaminantes, destino final dos contaminantes, etc. (ALMEIDA, 2007).

Todos os tipos de métodos de descontaminação de solos que visam reduzir a concentração ou toxicidade dos contaminantes são designados por métodos de tratamento, quando se usa como critério o principal processo envolvido, os tratamentos podem dividir-se nos seguintes grupos: biológicos, físico-químicos e térmicos (PIRES, 2003).

4.1 Técnicas de Descontaminação

Uma das formas mais eficazes e concretas para o tratamento de derivados de petróleo e solventes diversos é por meio do calor que tem se mostrado muito eficiente quando comparado a outras soluções, principalmente levando-se em consideração questões práticas como a eficiência dos seus resultados e o seu tempo de execução. A utilização do calor para a remediação do solo trabalha promovendo a circulação do ar e seu mecanismo de ação é pela volatilização.

Esta técnica é aplicável a solos de diversas escalas e de diferentes seguimentos como solos vindos de escavações ou de remediação de postos de combustíveis com uma média a alta permeabilidade que foi contaminada por compostos voláteis e semi - voláteis. (SCHIRMER, 2005).

Os contaminantes derivados de petróleo, por serem facilmente volatilizados e apresentarem grande capacidade de degradação devido a seu baixo ponto de vaporização, são os mais adequados para o uso de sistemas de extração de vapores, principalmente os compostos do grupo dos aromáticos, que são os mais solúveis e voláteis presentes na gasolina.

Os principais fatores impostos para a determinação da técnica e sua maior eficácia no tratamento são a pressão de vapor e a solubilidade em água, pois como se trata de pressão de vapor quanto maior é esta pressão em um composto, mais suscetível ele é a evaporação conforme tabela (ROSSI, 2010).

Composto	Fórmula Molecular	Solubilidade em água (25° C) (mg L ⁻¹)	Pressão de vapor (atm)
Benzeno	C ₆ H ₆	1780	0,1250
Tolueno	C ₇ H ₈	515	0,0370
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	152	0,0125
p - Xileno	C ₈ H ₁₀	198	0,00895
m - Xileno	C ₈ H ₁₀	187	0,00803
o - Xileno	C ₈ H ₁₀	175	0,00697

Tabela 2: Solubilidade em água e pressão de vapor

4.2 Aterro

A solução adotada para disposição final dos resíduos são os aterros que são construídos com uma tecnologia de impermeabilização de solos, incluindo camadas de argila e geomembrana, que protegem o solo e a água subterrânea do contato com os resíduos e com o efluente gerado (ALMEIDA, 2007).

Estes devem possuir eficientes sistemas de drenagem e tratamento de efluentes líquidos e gasosos, seu controle e monitoramento devem ser contínuos, abrangendo análises de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, emissões atmosféricas e acompanhamento preventivo da qualidade do solo na área de operações e nas imediações (GOMES, 2009).

Desde o recebimento da carga à destinação, todo processo deve ser gerenciado a partir de procedimentos e parâmetros rigorosos, permitindo total rastreabilidade, visando diminuir os riscos de contaminação aos lençóis freáticos e intoxicação aos cidadãos que próximos a esta área residem (SOUZA, 2009). A figura 8 ilustra um aterro sanitário.



Figura 8: Aterros Sanitários (ESSENCIS, 2012).

4.3 Co-processamento

Co-processamento é uma das tecnologias de destruição térmica de resíduos em fornos de cimento, e se trata de uma técnica de remoção de contaminantes de hidrocarbonetos.

Pode ser considerada uma solução pró-sustentabilidade, pois engloba o uso e aproveitamento energético dos resíduos ou sua utilização como matéria-prima na indústria cimenteira sem afetar a qualidade do produto final. Para isso, os resíduos são submetidos a um processo de blindagem, que envolve sua mistura e homogeneização, assegurando um ótimo desempenho operacional e as características adequadas ao produto final. A tecnologia de Co-processamento pode ser aplicada a uma ampla gama de resíduos líquidos, sólidos e semi-sólidos originários de atividades industriais como petroquímica, química, siderurgia, celulose e papel (ROSSI, 2010). A tecnologia de co-Processamento está ilustrada na figura 9.

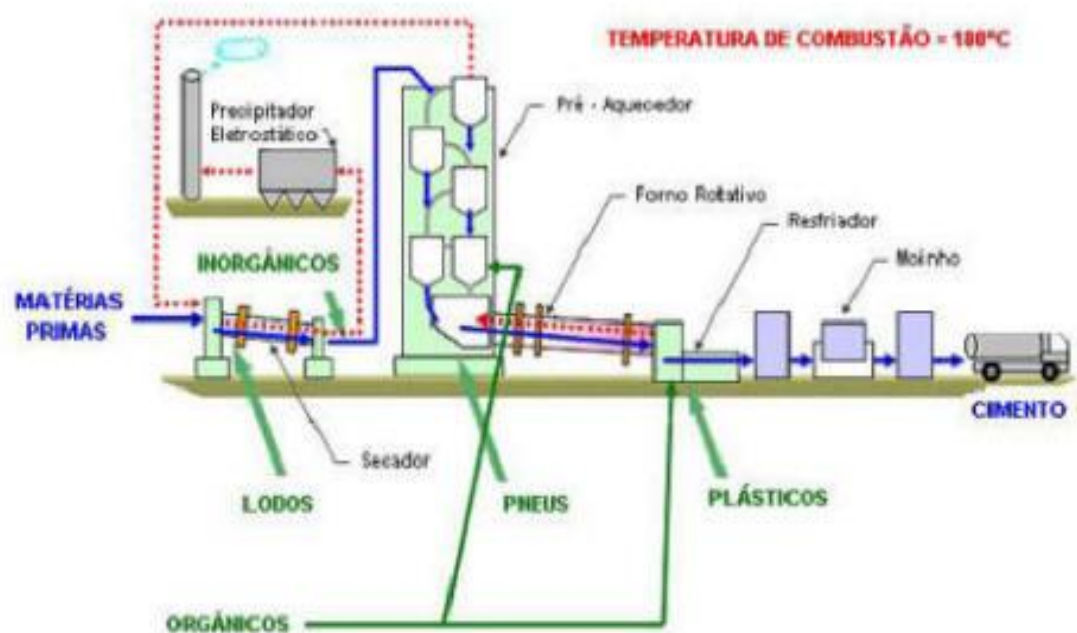


Figura 9: Processo de Co – Processamento (RTAMBIENTAL, 2012).

4.4 Incineração

Incineração é um processo de queima dos contaminantes derivados do petróleo de extrema eficiência, seguro para resíduos de alta periculosidade que requerem completa destruição. Este processo é realizado via oxidação térmica em altas temperaturas 800°C a 1200°C, controlado, de forma a reduzir o volume, o peso e as características de periculosidade do solo tratado. Alguns dos tipos de resíduos que podem ser tratados neste tipo de técnica são os resíduos sólidos, pastosos, líquidos e gasosos, resíduos orgânicos clorados e não clorados, borra de tinta, agro defensivos, borras oleosas, farmacêuticos, resíduos de laboratório, resinas, resíduos inorgânicos contaminados com óleo, entre outros (SCHIRMER, 2005). Este processo está mostrado na figura 10.

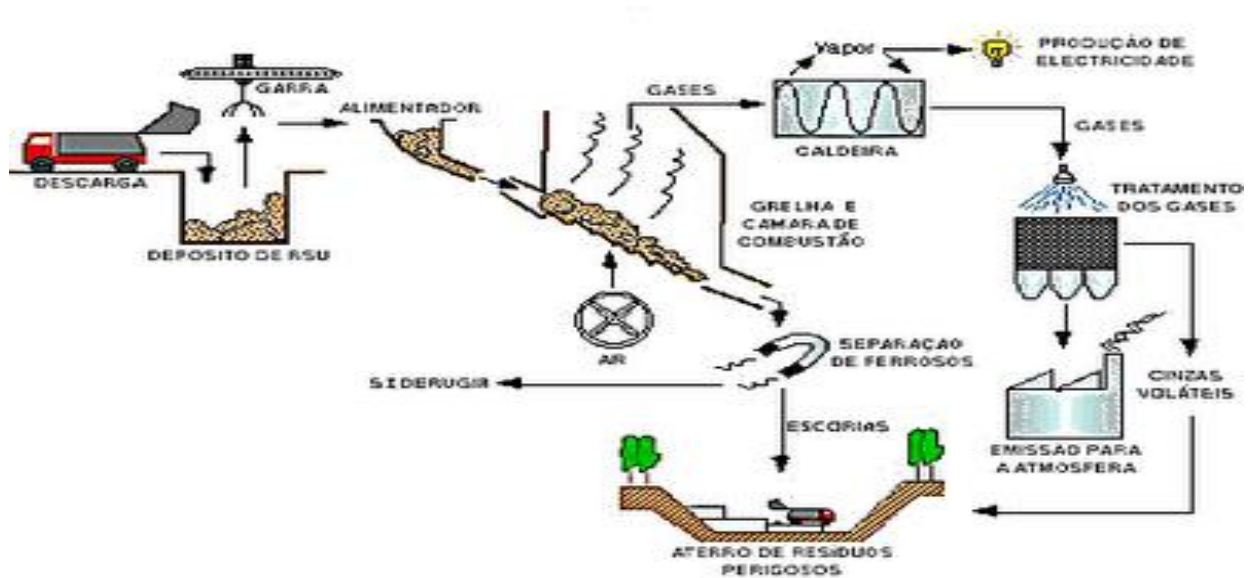


Figura 10: Processo de Incineração (GOMES, 2011).

4.5 Dessorção Térmica

Uma das tecnologias de maior eficiência e rápida para tratamento de solos oriundos de contaminação de derivados de petróleo e seus hidrocarbonetos não recicláveis como gasolina, óleo diesel e querosene, é a técnica de Dessorção Térmica.

Esta técnica consiste no aquecimento do solo em forno rotativo a uma temperatura suficientemente alta para que os constituintes orgânicos sejam volatilizados (ANDRADE, 2010).

Assim, a concentração de hidrocarbonetos é reduzida a níveis que permitem a disposição no solo, no local de origem ou uma nova utilização, em favor da sustentabilidade. Os gases contendo os constituintes orgânicos passam por um filtro e são destruídos termicamente em câmaras de pós-combustão, esta operação é de alto benefício ambiental e poupa os recursos naturais, pois não utiliza água, pois a refrigeração é a ar (SILVA, 2002).

A utilização do biogás gerado minimiza a utilização de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), na queima, a unidade que faz este tipo de tratamento pode ser tanto fixa em aterros quanto móvel, sendo possível assim o seu transporte para qualquer localidade facilitando uma melhor retirada do solo contaminado prevenindo possíveis acidentes de transporte e minimizando a intoxicação das pessoas no momento de retirada e transporte deste solo (GUTERRES, 2010).

Temos em vista a utilização da técnica de Dessorção térmica em relação à técnica de Incineração esta abrange fatores de maior importância em relação a custo, reutilização do solo e gasto energético, é classificada em dois grupos de aquecimento; direto e indireto, pelo aquecimento direto transfere-se calor através da radiação e convecção de gás para o sólido, já no aquecimento indireto o calor é transferido através da técnica por condução ou promove-se o aquecimento através de bastonetes de resistência elétrica (MARIANO, 2006).

Uma das maiores vantagens de se tratar solos contaminados a partir da Dessorção Térmica é que pode ser utilizado tanto em locais com níveis de baixos índices de contaminação, quanto para locais de índices muito elevados de contaminação, contribuindo assim com o mínimo risco de mobilidade dos

contaminantes. A destruição dos contaminantes é completa e o processo não é prejudicado pela heterogeneidade do subsolo, além de ser rápida e segura (MARIANI, 2003).

Em comparações a outras técnicas de remediação, este método não requer que nenhum tipo de produto químico de qualquer natureza seja injetado no subsolo como processo de remediação para contaminantes com alta solubilidade (ALMEIDA, 2007).

O processo de Dessorção Térmica ocorre da seguinte maneira: o solo é previamente aquecido em altas temperaturas 600°C onde em seguida ocorre a vaporização do fluido que está contido neste solo. Após a vaporização ocorre a oxidação do contaminante, junto da coleta dos vapores para posterior tratamento dos mesmos em superfície. É importante salientar que os vapores têm que ser colhidos rapidamente para evitar que se condensem novamente em zonas mais frias do solo (RAIMUNDO, 2000). O processo de Dessorção Térmica está mostrado na figura 11.



Figura 11: Processo de Dessorção Térmica (RAIMUNDO, 2000)

A Técnica de Dessorção Térmica é baseada no princípio de que a pressão de vapor dos contaminantes orgânicos cresce com a elevação de temperatura, sua

relação entre temperatura e pressão de vapor para vários componentes orgânicos pode ser estimada usando a equação de Antoine que tem a seguinte forma genérica (GOMES, 2011).

$$\ln (VP) = ANTa - ANTb / (T+ANTc)$$

Sendo:

Ln (VP) – logaritmo da pressão de vapor
ANTa - coeficiente A da equação de Antoine
ANTb - coeficiente B da equação de Antoine
ANT c - coeficiente C da equação de Antoine T – Temperatura

Substância	Fórmula	A	B	C
Benzeno	C_6H_6	6,90565	1211,03	220,79
Etilbenzeno	C_8H_{10}	6,95719	1424,26	213,21
Tolueno	C_7H_8	6,95464	1344,80	219,48
o-Xileno	C_8H_{10}	6,99891	1474,68	213,69
m-Xileno	C_8H_{10}	7,00908	1462,27	215,11
p-Xileno	C_8H_{10}	6,99052	1453,43	215,31

Tabela 3: Valores dos coeficientes para os copostos voláteis

Os coeficientes adotados são parâmetros dependentes das unidades de pressão e temperatura usadas, pois dependendo do solo e seu contaminante a variação de temperatura e pressão de vapor são diferentes (MARIANI, 2003).

Os equipamentos utilizados na técnica de Dessorção Térmica estão mostrados na figura 12.



Figura 12: Equipamentos para Dessorção Térmica Móvel (ESSENCIS, 2012).

A Dessorção Térmica é uma técnica que não emite nos gases de exaustão odores nem resíduos, permitindo que um solo que não atingiu níveis seguros em relação a uma concentração desejada de contaminantes possa ser novamente submetido ao tratamento. É uma técnica versátil, adaptando-se aos mais diversos tipos de solo (argilosos, arenosos, com rochas, matas), pois se trata, em sua primeira etapa, da usual escavação que é realizada frequentemente em obras civis (SOUZA, 2009).

Uma comparação do solo contaminado e do tratado por Dessorção Térmica está ilustrada na figura 13.

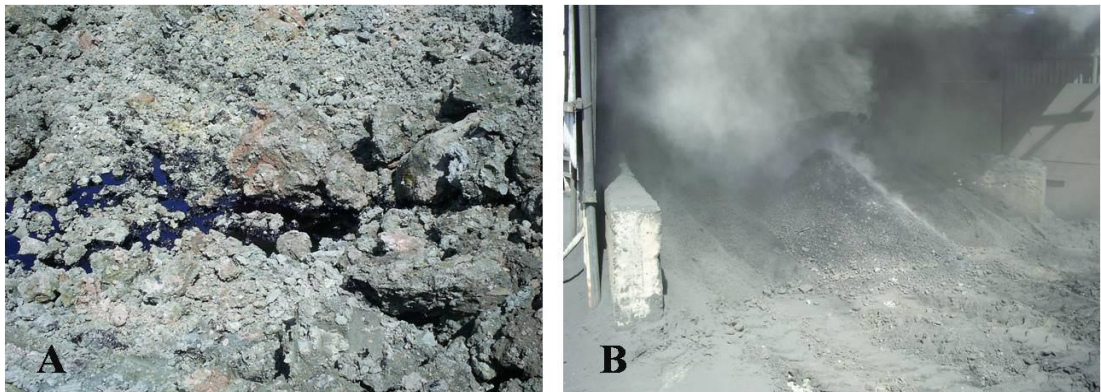


Figura 13: Aspecto do solo Contaminado com Resíduo de Óleo (A) e Tratado por Dessorção Térmica. (B) (GOMES, 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, no Brasil, a contaminação do solo está sendo tratada com maior atenção tendo em vista todos os órgãos fiscalizadores e pouca, mas concisa conscientização da sociedade frente a uma possível escassez de recursos naturais.

A grande quantidade de postos de combustíveis no país e a grande quantidade de refinarias e suas produções aceleradas de combustíveis, e óleos e seus derivados e a idade avançada por grande parte dos tanques de armazenamento justificam a preocupação quanto à poluição ambiental, embora atualmente existam técnicas avançadas de remediação de ambientes contaminados, a prevenção ainda é a melhor forma de conservação destes recursos.

Os casos abordados neste trabalho destinam a salientar o poder toxicológico dos compostos orgânicos derivados do petróleo (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xilenos) e os riscos que o homem corre com os vazamentos eminentes.

Atualmente os órgãos fiscalizadores estão promovendo destinação de solos com esse tipo de contaminante e técnicas existentes para tratamento (Incineração, Co-Processamento e Dessorção Térmica).

Este tratamento visa o uso do calor térmico sem riscos ao meio ambiente e ao ser humano promovendo assim um melhor manejo e destinação para os diversos tipos de solos contaminados com compostos orgânicos e que são uma grande preocupação tanto para os órgãos fiscalizadores quanto para químicos e população preocupadas com o futuro do nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE. A J; AUGUSTO F; JARDIM. C. S. F; **Biorremediação de Solos Contaminados por Petróleo e Seus Derivados 2010**. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010046702010000300002&script=sci_arttext
Acesso em: 5 Agosto de 2012.

ADMIRO NEW´S; **Novo Incêndio na Refinaria da Venezuela Começa a ser Controlado 2012**. Disponível em: http://www.admironews.com.br/2012_09_16_archive.html.
Acesso em 5 de agosto de 2012.

ALMEIDA M. F; SOUZA. M. D, LUIZ G. J; **Contaminação por Hidrocarbonetos em Postos de Serviços de Abaetetuba-pa: Um Estudo com Georadar. 2007**
Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/pdpetro/4/resumos/4pdpetro_6_2_0240-1.pdf.
Acesso em: 26 de setembro de 2012

AZANBUJA O, COSTA. F. U. A; NANNI. S. A; **v-042 - O Emprego da Prospecção Geofísica na Avaliação de Plumões de Contaminação por Hidrocarbonetos 2000**.
Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/v-042.pdf>.
Acesso em: 02 Setembro de 2012.

BRASIL, Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõem sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente Seção III, Artigos 41 e 43.**
Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm
Acesso em: 29 de Setembro de 2012.

CAMPOS, M. M; **Fundamentos da Química Orgânica São Paulo**: Edgar Blucher, p. 178.1997.

CETESB 2008 - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental Resíduo Sólido. 2008.**
Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/residuossolidos/residuos-urbanos/3-res%20s%20adidos-s%20s%20lidos-industriais>
Acesso em: 30 de setembro de 2012

CETESB 2012 - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental BENZENO, 2012** Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/benzeno.pdf> Acesso em: 09 Setembros. 2012.

CONAMA 1997 - **Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução n. 237, de 19 de Dezembro de 1997.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 29 de setembro de 2012.

CONAMA 2002 - **Conselho Nacional do Meio Ambiente art. 3º e art. 14 da Resolução nº 319 de 04/12/2002.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/202/arquivos/conama_res_cons_2007_391_est_gios_sucessionais_de_florestas_pb_202.pdf. Acesso em: 30 de Setembro de 2012.

COSTA. A. F. M; COSTA. F. B. M; **BENZENO: UMA QUESTÃO DE SAÚDE PÚBLICA 2002.** Disponível em: <http://www.uff.br/toxicologiaclinica/Toxicologia%20do%20Benzeno.pdf2002>. Acesso em: 16 de Setembro de 2012.

ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS; **Central de Tratamento e Valorização Ambiental 2012.** Disponível em: <http://www.essencis.com.br/tratamento-e-destinacao-de-residuos> >. Acesso em 09 de Setembro de 2012.

FOSTER M. K. L; MARIO T; SEMIRAMIS L.T; **Toxicologia do Tolueno: Aspectos Relacionados ao Abuso, Rev. Saúde Pública vol.28 NO. 2 São Paulo 1994.** Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=S0034-89101994000200011>. Acesso em: 09 de setembro 2012.

GREENPEAC 1988 - **Poluente Orgânica Persistente Poluição Invisível e Global 1998.** Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/poluentes.pdf>>. Acesso em: 30 de Setembro de. 2005.

GOMES. F; **Energia. Aproveitamento energético de resíduos, aterro sanitário, Biometanização, Co-processamento, digestão anaeróbia, digestão anaeróbica, Energia, FEAM, incineração, resíduo, resíduo sólido urbano, resíduos é energia, rsu 2009.** Resíduo é Energia – Seminário aponta alternativas para aproveitamento de resíduos. Disponível em: <http://supercarbonoativar.wordpress.com/2009/03/21/evento-aponta-alternativas-para-aproveitamento-de-residuos/>>. Acesso em: 12 de Julho de 2012.

GOMES. V. R. U; **Tratamento Microbiológico Sequencial de Solo Proveniente de Unidade de Dessorção Térmica 2011;** Departamento de Engenharia Bioquímica Programa de Pós- Graduação em Tecnologia de Processos Químicos Bioquímicos. Disponível em: <http://tpqb.eq.ufrj.br/download/tratamento-microbiologico-sequencial-de-solo.pdf> >. Acesso em 14 de outubro de 2012

GUTERRES F. F. R; **Análise por Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência (Clue) de Amostras Urinárias de Trabalhadores Expostos Ocupacionalmente a Solventes Orgânicos em uma Indústria no Município de Maravilha – sc, brasil 2010.** Disponível em:

<<http://www5.unochapeco.edu.br/pergamum/biblioteca/php/imagens/000069/0000696E.pdf>>.

Acesso em 29 de setembro de 2012.

LARINI. L; **Toxicologia.** 3ª Edição. Editora Manoele Ltda. São Paulo, SP – Brasil, 1997. Pág. 30 a 37

MARIANI. C. V; EMERSON. M; **Curso de Engenharia Química – Um Relato Sobre as Aplicações Adotadas 2003.** Disponível em:

<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT101.pdf>>

Acesso em 14 de outubro de 2012.

MARIANO. P. A; **Avaliação do Potencial de Biorremediação de Solos e de Águas Subterrâneas Contaminados com Óleo Diesel 2006.**

Disponível em: <http://www.anp.gov.br/capitalhumano/arquivos/prh05/adriano-pinto-mariano_prh05_unesp_d.pdf>.

Acesso em: 29 julho. 2012.

MAZZUCO. L. M; **Atenuação Natural de Hidrocarbonetos Aromáticos em Aquíferos Contaminados com Óleo Diesel. Florianópolis: UFSC, 2004.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós Graduação em Química, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/16286>>.

Acesso em 29 de Setembro de 2012.

MEIRE. O. R; AZEVEDO. A; TORRES P. M. A; **Aspectos Eco toxicológicos de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos 2007.** Disponível em:

<<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/view/178/104>>.

Acesso em: 26 de Agosto de 2012.

MENEGHETTI, L. R. R; **Biorremediação na Descontaminação de Solo Residual de Basalto Contaminado com Óleo Diesel e Biodiesel. 2007.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia) Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2007. Disponível em:

<http://geotecniaambiental.com.br/pt/arquivos/dissertacoes/liliane_rebechi.pdf>

Acesso em 26 de setembro de 2012.

MINDRISZ, A. C. **“Avaliação da Contaminação da Água Subterrânea de Poços Tubulares, por Combustíveis Fósseis, no Município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à gestão ambiental”.** 2006. 231 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2006.

Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-28092006-091158/es.php>>.

Acesso em 30 de setembro de 2012.

MOSCHINI L. E; SANTOS. E. J; PIRES S. R. J; **Environmental Diagnosis of Risk Areas Related to Gas Stations 2005 PPG-ERN/UFSCar**; Via Washington Luiz, Km 235; C. P. 676; 13565-905; São Carlos - SP – Brasil. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/babt/v48n4/25729.pdf>>. Acesso em 26 de Setembro de 2012.

PASTORELLO, N. A. H. **Avaliação dos Riscos Ocupacionais a Compostos Orgânicos Voláteis em Ambientes Aeroportuários 2008**: Implementação de Metodologia. Dissertação de Mestrado, São Paulo. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/ctn/anexos/AcervoDigital/dissert.Nilce-riscos_ambi.aeroportuarios.pdf>. Acesso em 29 de Agosto de 2012.

PATNAIK, P. **Handbook of Environmental Analysis: Chemical Pollutants in Air, Water, soil, and Solid Wastes. 1996.** 604 p. Visto em 09 de setembro de 2012.

PEDROZO. F. M. M; SIQUEIRA. E. P. B. M; **Solventes de Cola: Abuso e Efeitos Nocivos à Saúde 1989, Glue Solvents: Abuse and Harmful Effects on Health, Instituto Médico Legal do Estado de São Paulo**, II Departamento de Fisiologia e Farmacologia da Escola de Farmácia e Odontologia de Alfenas, MG – Brasil. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003489101989000400009&lng=pt>. Acesso em 16 de setembro de 2012.

PIRES, F.R; SOUZA, C.M., SILVA, A.A., PROCÓPIO, S.O. FERREIRA, L.R; **Fitorremediação de Solos Contaminados com Herbicidas. 2003.** Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010083582003000200020&script=sci_arttext> Acesso em 15 julho de 2012.

RTA. ENGENHARIA AMBIENTAL, **Co processamento**, 2012. Disponível em: < <http://www.rtaambiental.com.br/tecnologia.htm>>

RAIMUNDO, R. S.; RIZZO, A. C. L. **Efeito da Adição de Surfactantes na Biodegradação de Hidrocarbonetos de Petróleo em Solo. Rio de Janeiro, 2000.** Revista CIATEC – UPF, vol.3 (2), p.p.19-31, 2000.

ROSSI. L. S. M; **Tratamento de Resíduos: Muito Mais do que uma Responsabilidade, a Única Forma de Salvar o Planeta 2010.** Disponível em: <<http://www.racine.com.br/setor-industrial/portal-racine/setor-industrial/tratamento-de-residuos-muito-mais-do-que-uma-responsabilidade-a-unica-forma-de-salvar-o-planeta>>. Acesso em: 09 setembro 2012.

RUSSELL, J. B. **Química Geral.** Tradução: M. Guekezian, 2. ed., v. I, São Paulo: Makron Books, 1994.

SANTOS. G. S. M; MACCARINI M; MAYA R. B; RENATA F.M; ZACARIAS. N. R; **Aspectos Toxicológicos dos Hidrocarbonetos de Petróleo Exposição A Hidrocarbonetos Monocíclicos Aromáticos 2005.** Disponível em:

<http://www.moodle.navista.com.br/data/6/moddata/forum/23/256/aspectos_toxicologicos_dos_hidrocarbonetos_petroleo.doc>.

Acesso em 09 de Setembro de 2012.

SCHIRMER. N. W; **Tratamento de Compostos Orgânicos Voláteis (cov) em Refinarias de Principais Tecnologias 2005.** VI Semana de Estudos de Engenharia Ambiental. Disponível em:

<[Http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/TRATAMENTO%20DE%20COMPOSTOS%20ORG%C2NICOS%20VOL%C1TEIS.pdf](http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_08/TRATAMENTO%20DE%20COMPOSTOS%20ORG%C2NICOS%20VOL%C1TEIS.pdf)>.

Acesso em 09 Setembro de 2012.

SILVA. L. B. R; **Contaminação de Poços Rasos no Bairro Brisamar, Itaguaí, RJ, por Derramamento de Gasolina: Concentração de Btex e Avaliação da Qualidade da Água Consumida pela População 2002.**

Disponível em: <<http://teses.iciet.fiocruz.br/pdf/silvarlbd.pdf>>.

Acesso em 26 de agosto de 2012.

SOUZA. P C; **Avaliação e Valoração dos Impactos Ambientais no Processo de Operação de Postos Revendedores de Combustíveis 2009.**

Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufri.br/download/impactos-ambientais-dos-postos-de-combustivel.pdf>>.

Acesso em: 30 de Setembro de 2012.

SOLOMOS & FREYHLE; **Química Orgânica** Volume 1 oitava edição Itc ,Capitulo 2.2 Hidrocarbonetos Alcanos, Alcenos, Alcinos e Compostos Aromáticos Representativos 2001 pág. 50 á 53.

TROVÃO. R. S. (Catálogo USP) **Análise Ambiental de Solos e Águas Subterrâneas Contaminadas com Gasolina: Estudo de Caso no Município de Guarulhos - SP 2007.** Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-09082007-183630/pt-br.php>>.

Acesso em: 12 de Julho de 2012.

TEIXEIRA, M. R; **VIVATERRA; Sociedade de Defesa, Pesquisa e Educação Ambiental, "Nosso Planeta é resiliente. Basta o homem aprender a respeitá-lo" Ricardo Marandino Teixeira - Engº. Florestal, 2002.** Disponível em:

<http://www.vivaterra.org.br/vivaterra_poluicao_solo.htm>.

Acesso em 12 de Julho de 2012.

FISPQ dos Hidrocarbonetos em Anexo.

Benzeno



fispq-quim-esp-solbrax-dat.pdf

Etilbenzeno



FISPQ_EB_Port.pdf

Tolueno



tolueno.pdf

Xilenos



59618.pdf