

1

Introdução

Os derivados do petróleo detêm uma grande importância na sociedade atual, que dificilmente se encontrará outro grupo de produtos que se lhes possa comparar. São obtidos a partir do petróleo, substâncias diversas como os combustíveis, os óleos e massas lubrificantes, os asfaltos, as tintas e os plásticos.

Sem prejuízo de todas as vantagens sócio-econômicas associadas à indústria do petróleo, não se poderão nunca desprezar alguns importantes malfícios que dela advêm. A poluição que é gerada, por si e pela utilização dos seus produtos, se tem revelado como alvo das maiores preocupações atuais.

Um risco de contaminação potencial pode ser associado a esta indústria, visto os muitos acidentes que ocorrem em alguma etapa da produção da indústria petroleira, que levam contaminação por hidrocarbonetos ao meio ambiente atingindo oceanos, rios, água subterrânea e solos. É notícia quase que comum o relato de acidente em todo mundo que causam o derrame, muitas vezes, de grande quantidade de petróleo e de seus derivados, seja no transporte por dutos, ferrovias, marítimo, fluvial e rodoviário como também em etapas na extração e refino. Existe ainda a contaminação causada por vazamento de tanques de postos de combustíveis que contaminam o solo e a água subterrânea.

Os pequenos vazamentos, provenientes do transporte marítimo representam cerca de 98% das perdas totais de petróleo e derivados, e são considerados "normais" por vários autores. Já as perdas acidentais, que correspondem aos 2% restantes, contribuem com o lançamento de, aproximadamente, 400.000 toneladas por ano de óleo (IPIECA, 1991).

São os grandes vazamentos que mais chamam a atenção da maioria das pessoas. O primeiro caso conhecido envolveu o encalhe do navio Torrey Canyon, em 1967, com 123.000 toneladas de óleo derramadas, atingindo a zona costeira da Inglaterra e da França, causando mortandade de aves e prejuízos à pesca e ao turismo. Em 1978, ocorreu o encalhe do navio Amoco Cadiz, também na costa da Inglaterra, com liberação de 230.000 toneladas de óleo ao mar, que provocaram um grande desastre ambiental (OSIR, 1998). No Brasil, o primeiro

grande episódio conhecido ocorreu em agosto de 1974, quando o petroleiro Takimya Maru chocou-se com uma rocha no Canal de São Sebastião, litoral norte de São Paulo, causando o vazamento aproximado de 6.000 toneladas (CETESB, 2004).

Da década de trinta até os dias atuais, a indústria do petróleo vem crescendo progressivamente. Foram descobertos novos campos petrolíferos, aperfeiçoadas as explorações submarinas, construídos superpetroleiros transoceânicos, inaugurados terminais de carga e descarga de petróleo e derivados, refinarias e oleodutos interestaduais e internacionais. Conseqüentemente, foram sendo liberados cada vez mais petróleo, seus derivados e resíduos oleosos ao meio ambiente, provenientes dos motores e das lavagens de tanques de navios cargueiros, petroleiros e pesqueiros, da descarga de água de lastro, e os vazamentos provenientes das operações de carga e descarga nos portos (CETESB, 2004).

Paralelamente a esse “desenvolvimento” houve também o crescimento e o despertar de uma consciência ambiental voltada aos problemas causados ao meio ambiente por essa e por outras indústrias impactantes, havendo um maior rigor de órgãos e agências ambientais do governo, organizações não governamentais (ONG's), ministério público e a sociedade em geral. Nasceu também nas próprias indústrias impactantes o espírito de preservação e solução para que suas atividades sejam menos ofensivas ao meio ambiente. Em alguns casos, essas ações foram forçosamente implementadas por estas indústrias estarem obrigadas a adequar sua postura e política às normas e leis vigentes.

Hoje, as Agências Ambientais têm o poder de punir e fiscalizar atividades que possam causar danos à natureza. Muitas vezes aplicando multas bem elevadas, as quais, em sua maioria já destinadas à programas de remediação e limpeza de áreas contaminadas. Como exemplo da ordem que podem chegar essas multas, uma companhia de Nova Iorque cujo navio derramou 98000 galões de óleo na costa de Massachusetts, em 27 de abril de 2003, foi condenada a pagar R\$ 30 milhões por esse derrame. No Brasil, em janeiro de 2000, a Petrobrás foi condenada a pagar R\$ 50 milhões em multa pelo derrame de 2 milhões de toneladas de óleo da Baía de Guanabara.

Infelizmente, acidentes com combustíveis continuam a acontecer e, muitas vezes, não tem só o meio ambiente como vítima. Conforme visto no O Globo (2004), recentemente no Irã um trem desgovernado carregado com combustível, enxofre e fertilizantes descarrilou e explodiu, espalhando destruição por cinco aldeias iranianas. Dos 51 vagões do trem, 17 tinham enxofre, seis

continham gasolina, sete estavam repletos de fertilizantes e dez traziam um carregamento de algodão, todos materiais inflamáveis. Nesse acidente além dos danos ao meio ambiente, pelo menos 295 pessoas morreram e mais de 400 ficaram feridas, grande parte delas bombeiros e moradores da região que foram tentar apagar os incêndios causados pelas primeiras explosões.

Um caso histórico da atuação de órgãos ambientais juntamente com a sociedade e empresas envolvidas diretamente com o problema para a descontaminação de áreas contaminadas é visto na cidade Praia de Ávila na Califórnia nos Estados Unidos (Progressive Engineer, 2003).

Durante 100 anos a indústria bombeava óleo dos campos central e da costa da Califórnia, a alguns quilômetros de distância, para tanques enormes na Praia de Ávila. Bombeando, por tubulações sob a cidade, o petróleo não refinado, gasolina e diesel para as instalações de armazenamento a espera de navios que transportavam esse material. Com o passar do tempo, os vazamentos em oleodutos, a pluma gerada por um derramamento de derivados de petróleo, da ordem de alguns milhões de litros, ocorridos no subsolo começou a mover-se em direção ao oceano.

A Progressive Engineer (2003) relata que a contaminação nessa cidade chegou a tal ponto que dois jovens foram lançados para fora do apartamento por uma explosão causada por vazamento de gases das tubulações subterrâneas que atingiu a chama piloto do aquecedor. Em outro ponto da cidade, em uma escavação de uma fundação rasa, observou-se a presença de uma grande quantidade de gasolina misturada à água subterrânea. Por esses e por outros casos chegou-se a uma situação extrema que mobilizou toda a sociedade.

Uma equipe multidisciplinar identificou em um trabalho cauteloso todas as áreas subterrâneas contaminadas. Através de escavações e retiradas do solo contaminado e, também, através de bombeamento feito em poços instalados eram retiradas enormes quantidades de hidrocarbonetos. A cidade foi praticamente reconstruída devido à necessidade, muitas vezes, de fazer demolições para a retirada de solo contaminado sob as construções.

O problema de contaminação por hidrocarbonetos existe, sendo necessário o estudo e o desenvolvimento de técnicas eficientes para a remediação de áreas atingidas.

1.1. Justificativa e Objetivo

O Brasil sofre com a falta de uma estrutura legal ambiental eficiente para regular projetos que envolvem a remediação de solos e águas subterrâneas. Não existem parâmetros definidos em lei, por exemplo, para o nível de descontaminação que se deve atingirem um solo impactado com hidrocarbonetos totais de petróleo ou compostos orgânicos voláteis. A falta desse arcabouço legal desencadeia consequências indesejáveis sobre este mercado. A escassa disponibilidade de equipamentos para projetos de remediação vai desde uma tampa de poço de monitoramento até “sofisticados” equipamentos de incineração. Fatores como estes fazem com que um projeto de remediação no país sofra incertezas técnicas extremas. Sabe-se, também, pela literatura disponível, que projetos envolvendo a descontaminação de solos e/ou águas subterrâneas normalmente assumem custos que podem alcançar facilmente a casa dos milhões de reais. Este tipo de investimento, às vezes não planejado, pode afetar a saúde financeira de uma empresa.

O objetivo deste trabalho é apresentar, propor e avaliar o uso da técnica de dessorção térmica para descontaminação de materiais contaminados por derrame de óleo. Paralelamente, buscou-se desenvolver um protótipo de um sistema *in situ* adequado a remediação desses materiais. Esse protótipo que se busca aqui desenvolver, tem todas as suas características voltadas para sua utilização *in situ*, buscando-se representar um modelo reduzido de uma aplicação real desse equipamento e dessa técnica nas condições de campo.

É importante ressaltar que esse trabalho é parte de uma linha de pesquisa na área de geotecnia ambiental, seguida na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Essa foi a linha de pesquisa seguida por Portes, 2002; Oliveira, 2002; Mergulhão, 2003; Souza, 2003; Duarte, 2004. Quaisquer incertezas e/ou dúvidas aqui levantadas possivelmente serão esclarecidas em trabalhos futuros.

1.2.Organização da dissertação

Este trabalho foi dividido em sete capítulos, os quais são brevemente descritos a seguir.

Capítulo 1 – Introdução – é apresentado um breve comentário a respeito da importância do estudo de métodos de descontaminação para limpeza de

materiais contaminados por hidrocarbonetos de petróleo, mostrando alguns casos de acidentes de grandes proporções ocorridos, apresentado o objetivo principal desse trabalho e como foi dividida essa dissertação.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica – nesse capítulo é apresentado a técnica de dessorção térmica, fazendo considerações relevantes a respeito desse método de remediação, como o funcionamento da técnica, vantagens de sua utilização, comportamento do fluxo de calor, tudo baseado em consultas na literatura existente que relatam essa técnica de remediação.

Capítulo 3 - Desenvolvimento de um novo protótipo de dessorção térmica *in situ* – aqui é mostrado os equipamentos desenvolvidos bem como materiais especiais utilizados na confecção desse protótipo. São apresentadas as principais características desses equipamentos e a importância de cada um para o protótipo desenvolvido.

Capítulo 4 - Avaliação da técnica de dessorção térmica na remediação de materiais contaminados por hidrocarbonetos de petróleo – nessa parte da dissertação faz-se inicialmente a apresentação de trabalhos preliminares que mostram a avaliação do método de dessorção térmica com o mini sistema de dessorção térmica anteriormente desenvolvido na PUC-RIO.

Capítulo 5 – Teste do novo protótipo de dessorção térmica *in situ* desenvolvido – nesse capítulo é feita a avaliação do novo protótipo desenvolvido. Sendo apresentados para essas avaliações as análises e resultados obtidos.

Capítulo 6 – Conclusões e Sugestões – finalmente são mostradas todas as conclusões desse trabalho e as sugestões para trabalhos futuros com respeito ao trabalho desenvolvido.

Referências Bibliográficas – onde estão listados os materiais consultados para o desenvolvimento dessa dissertação.

Ainda consta na parte final dessa dissertação, um apêndice que mostra como programar o controlador de temperatura.