

VI-109 – REMOÇÃO DE FASE LIVRE POR MEIO DE ESCAVAÇÃO DO SOLO E TRATAMENTO *EX SITU* VISANDO ALTERAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Cristiane Lorena Rodrigues⁽¹⁾

Técnicóloga em Sanemaneto pela UNICAMP, Mestre em Hidrogeologia pelo Instituto de Geociências da USP (IGc/USP). Coordenadora de Projetos da Waterloo Brasil.

Flavio Lima

Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento pela FATEC, Analista Ambiental da Waterloo Brasil Ltda.

Lilian Puerta Machado Silveira

Engenheira Ambiental pelas Faculdades Oswaldo Cruz. Gestora Técnica da Waterloo Brasil.

Ana Paula Spolidoro Queiroz

Bióloga formada pela Universidade de São Paulo (USP), Mestre em Microbiologia Ambiental pelo Instituto de Biociências (IB-USP). Gerente Geral da Waterloo Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Rua Deputado Lacerda Franco, 300, cj 121 - Pinheiros – São Paulo - SP - CEP: 30310-760 – Brasil - Tel: (11) 3030-9344 - e-mail: crislr_lorena@yahoo.com.br

RESUMO

O crescimento das cidades ao longo dos anos tem proporcionado mudança no perfil urbanístico nos grandes centros, que tem sido causada, principalmente pelo êxodo dos centros industriais para novas regiões. Com a decadência dos antigos bairros industriais, verificou-se o aparecimento de uma quantidade significativa de imóveis vazios e subutilizados (edificações fabris, galpões, depósitos, etc), que apesar da localização, próximas aos centros apresentam restrições para mudança de uso, uma vez que muitas delas encontram-se com o solo e a água subterrânea contaminados. No município de Santo André/SP havia uma área contaminada por mistura de óleo diesel e querosene, os quais encontravam-se em fase livre. Devido às condições hidrogeológicas da área, como por exemplo, nível d'água inferior a 2m e solo argiloso e ao tempo disponível para início das obras civis para construção de torres comerciais e residenciais no terreno, a técnica escolhida para reabilitação da área para uso declarado foi a escavação do solo na zona não saturada e saturada para tratamento *ex situ*. A escavação e destinação do solo durou 15 dias úteis e resultou no envio de 5.087,03 toneladas para tratamento biológico (biopilha) e posterior destinação em aterro industrial. Após a recomposição da cava escavada, foram instalados poços de monitoramento que permitiram avaliar a água subterrânea. Verificou-se que a escavação realizada na área auxiliou na remoção da fase livre e devido à eliminação da fonte de contaminação, observou-se também a redução nas concentrações de compostos orgânicos característicos de contaminação e óleo diesel e querosene. A área foi recuperada em 90 dias, permitindo a implantação do empreendimento imobiliário.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Remediação, Áreas Degradadas, Mudança de Uso do Solo e Escavação.

INTRODUÇÃO

A expansão imobiliária, comum nas zonas urbanas, têm influenciado na alteração no zoneamento das cidades. Verifica-se que nas décadas passadas algumas áreas apresentavam características estritamente industriais e que atualmente vem se transformando e passam a ser ocupadas por edificações com uso comercial e até mesmo residencial.

Nas principais regiões metropolitanas brasileiras empreendimentos imobiliários vem sendo instalados em áreas que no passado operaram indústrias diversas. Em contrapartida, as indústrias migram para cidades onde o zoneamento permite a instalação de condomínios industriais que favorecem o controle ambiental.

Para a mudança do uso e ocupação do solo, principalmente onde áreas industriais serão ocupadas por empreendimentos imobiliários residenciais é necessária realização de estudos ambientais, tais como avaliação preliminar, investigação confirmatória, detalhada e avaliação de risco à saúde humana, que visam a verificação

de impacto causado pelas atividades industriais. Estas atividades são realizadas conforme regulamentação/fiscalização dos órgãos ambientais competentes.

A avaliação da qualidade do solo e da água subterrânea visa subsidiar a autorização de mudança de uso e ocupação do solo como também garantir que os futuros moradores ou trabalhadores nestes locais não sejam expostos às substâncias químicas que possam oferecer risco à saúde dos mesmos.

Uma indústria de tintas e vernizes operou de 1986 até 2010 em uma área de 17.160 m² no município de Santo André/SP. Após seu descomissionamento, a área foi adquirida por uma incorporadora para a implantação de um empreendimento imobiliário, constituídos por 3 torres residenciais e 1 torres de escritórios comerciais.

Os estudos ambientais foram iniciados logo após a compra do terreno indicaram a presença de fase livre de óleo diesel e querosene como também a pluma de fase dissolvida de xilenos com concentrações superiores a 12mg/L, que representava risco à saúde dos futuros moradores e trabalhadores comerciais que se instalariam no local, impedindo assim, a implantação do empreendimento imobiliário.

A escavação com tratamento *ex situ* do solo tem como principal vantagem a remoção da fonte de contaminação do solo e da água subterrânea, eliminando rapidamente a contaminação. Em comparação com outras técnicas de remediação aplicáveis em áreas contaminadas por compostos orgânicos, a escavação pode ser vantajosa, pois quando realizada de maneira adequada, elimina as chances de haver novas ocorrências de contaminação (*rebounds*), uma vez que a fase residual também é removida. Além disso, a técnica permite que os resultados positivos são obtidos logo após o término da escavação e recomposição da cava. Em contrapartida o custo de transporte e destinação, como também a profundidade da escavação podem ser fatores limitantes para a aplicação da técnica de remediação.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na aplicação da escavação do solo para a remoção da fase livre em uma área contaminada por hidrocarbonetos visando a reabilitação do local para mudança do uso da área (industrial para residencial).

MATERIAIS E MÉTODO

Para a recuperação da área visando a mudança do uso do solo de industrial para residencial, foi selecionada a técnica de escavação do solo com tratamento *ex situ*. A escolha da técnica aplicada baseou-se nas características da contaminação, condições hidrogeológicas e no prazo de remediação da área em função do cronograma da obra civil a ser realizada.

A área em questão apresentava nível d'água variando de 1 a 2 m e abrangia uma área de aproximadamente 500 m², fase livre de mistura de óleo diesel e querosene com espessura de até 0,49 m. A contaminação estava localizada na antiga área industrial, mais precisamente sob a área de produção de tintas.

A escavação foi realizada em uma área de aproximadamente 665 m² e atingiu uma profundidade máxima de 4 m. No total, foram escavados e destinados cerca de 4.846 toneladas de solo contaminado os quais foram destinados para o tratamento biológico (biopilha) e em seguida dispostos em aterro Classe II. Vale ressaltar que antes da escavação foi realizada a demolição do piso da fábrica, o qual foi segregado e enviado para um aterro licenciado para receber resíduos Classe IIA (material não inerte).

Durante a escavação a água acumulada na cava foi bombeada para uma estação de tratamento de efluentes instalada na área. O efluente bombeado, era direcionado para uma caixa separadora água e óleo, e após separação, encaminhado para filtro para remoção dos sólidos e posterior passagem por filtros de carvão ativado. O efluente de entrada e saída era coletado e analisado conforme Resolução CONAMA 430 e Artigo 19A do Decreto Estadual do Estado de São Paulo n. 8468 de 1976, em seguida descartado na rede pública de esgoto.

Para avaliação da qualidade do solo e verificação da necessidade de continuidade da escavação foram coletadas 20 amostras de solo nas paredes e fundo da cava as quais foram enviadas ao laboratório para determinação das

concentrações dos parâmetros VOC (Compostos Orgânicos Voláteis), SVOC (Compostos Orgânicos Semi-Voláteis), TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo) e Metais Totais.

Após a confirmação do restabelecimento da qualidade do solo, a cava foi recomposta com solo de origem conhecida, comprovada por meio de análises químicas.

Para a confirmação da eficiência da remediação, foram instalados poços de monitoramento, de acordo com a NBR 15.495 (2007). Os poços de monitoramento foram instalados nos mesmos locais onde antes da remediação havia poços que apresentavam fase livre.

Após a constatação da ausência de fase livre, procedeu-se a coleta de água subterrânea, a qual foi realizada pelo método de baixa vazão. As amostras de água subterrânea foram enviadas ao laboratório para a determinação das concentrações dos compostos VOC (Compostos Orgânicos Voláteis), SVOC (Compostos Orgânicos Semi-Voláteis), TPH (Hidrocarbonetos Totais de Petróleo) e Metais Dissolvidos.

Os resultados das análises químicas realizadas tanto no solo quanto na água subterrânea foram comparados com os Valores de Intervenção estabelecidos pela CETESB (2005). No caso das amostras de solo foi utilizado o cenário residencial para comparação.

RESULTADOS

As escavação gerou 5.087,03 toneladas de resíduos, que foram enviados para o tratamento biológico (biopilha) e em seguida para o Aterro Industrial. Foram também destinadas 567,69 toneladas de concreto gerado na demolição do piso da antiga fábrica de tintas e vernizes antes da escavação. A Figura 1 ilustra a quantidade diária de solo escavado.

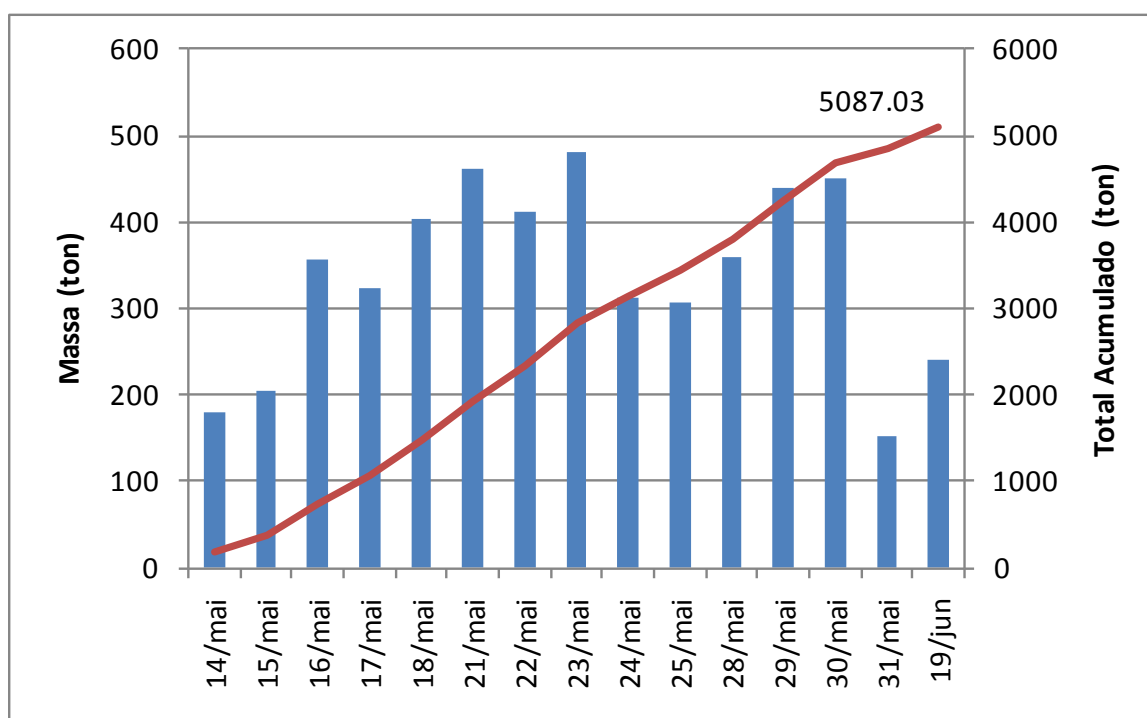


Figura 1: Quantidade diária escavada

A escavação ocorreu em 15 dias úteis formando uma cava de 665 m². Após a escavação foram coletadas 12 amostras de solo nas paredes e outras 8 no fundo da cava. Na Tabela 1 são apresentados os resultados das análises químicas.

Tabela 1: Concentrações dos compostos orgânicos nas amostras de solo coletadas na cava

Composto	Fundo (mg/kg)		Paredes (mg/kg)		VI – Cetesb (residencial)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Benzeno	0	0	0	0	0,08
Tolueno	0,024	0,036	0,026	0,3388	0,14
Etilbenzeno	0,0078	0,169	0,0342	23,815	40
Xilenos totais	0,0339	21,944	0,0659	68,7194	30
Benzo(a)antraceno	0,0045	0,0213	0,0253	0,0253	20
Benzo(a)pireno	0,004	0,3620	0,0157	0,0602	1,5
Fenantreno	0,0049	0,1136	0,0047	0,6765	40
Naftaleno	0,0050	0,0218	0,0042	0,401	60
TPH total	45,800	45,800	6,99	513,67	1000

VI = Valor de Intervenção

O composto benzeno não foi identificado nas amostras de solo analisadas. Observa-se também concentração de xilenos totais acima do valor de intervenção para cenário industriais na amostra de solo coletada na parede da cava. Esta concentração está associada a um antigo tanque de armazenamento de xilol. Devido a este valor, a parede da cava foi novamente escavada, e amostrada. Enfim, os resultados das amostras indicaram que as concentrações estavam em acordo com os Valores de Intervenção para cenários residenciais estabelecidos pela CETESB (2005) e a cava pode ser recomposta. Vale ressaltar que foram detectados compostos do grupo PAH (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), característicos de contaminação de óleo diesel.

Para avaliação da presença de fase livre foram reinstalados 7 poços de monitoramento, que após desenvolvimento e período de espera de 7 dias foram amostrados pelo método de baixa vazão. Em nenhum poço de monitoramento foi verificada fase livre, constatando-se assim a eficiência do método adotado. Ressalta-se que antes da remediação os poços apresentavam fase livre de mistura de óleo diesel e querosene de até 0,49 m.

A Tabela 2 apresenta os resultados analíticos das amostras de água subterrânea coletadas nos poços de monitoramento e a comparação com os dados obtidos antes da remediação.

Tabela 2: Concentrações dos compostos orgânicos nas amostras de água subterrânea e comparação dos resultados antes da escavação.

Composto	Antes da Escavação out/10 (ug/L)		Após a Escavação jun/12 (ug/L)		VI – Cetesb (ug/L)
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
Benzeno	67	67	57,460	57,460	5
Tolueno	1932	1932	9,900	15,970	700
Etilbenzeno	5201	5201	31,020	474,730	300
Xilenos totais	12520	12520	131,090	10384,860	500
Benzo(a)antraceno	0	0	0,054	0,148	1,75
Benzo(a)pireno	0	0	0,164	0,164	0,7
Fenantreno	0,06	1,1	0,054	0,120	140
Naftaleno	0,06	33	0,091	4,222	140
TPH total	5000	37000	428,065	7628,102	600

Os dados apresentados na Tabela 2 indicam que houve a redução dos compostos orgânico em fase dissolvida após a remoção da fase livre por meio de escavação. Verifica-se a redução de 99% da concentração de Tolueno, 90% de etilbenzeno, 79% de TPH total.

Apesar da eliminação da fase livre e a redução dos compostos de interesse, verificou-se que alguns compostos apresentavam concentrações acima dos Valores de Intervenção (Cetesb, 2005), como por exemplo benzeno, etilbenzeno, xilenos e TPH total.

Em função dos resultado acima dos estabelecidos pela Cetesb, foi realizada a avaliação de risco à saúde humana na qual considerou-se os cenários futuros referente aos moradores residenciais, trabalhadores dos escritórios bem como os trabalhadores de obra que irão executar a obra civil.

Verificou-se ausência de risco à saúde humana para os cenários reais, entretanto foi constatado risco à saúde dos receptores referente à ingestão de água subterrânea a partir do aquífero livre. Por este motivo, foi tomada a medida institucional de restrição de uso da água subterrânea.

CONCLUSÕES

A técnica de remediação selecionada, escavação com tratamento do solo *ex situ* possibilitou a remoção de cerca de 5.080 toneladas de solo contaminado e consequentemente a eliminação da fase livre. A ausência de contaminação do solo foi comprovada por meios de análises químicas de amostras coletadas na cava.

A área em que será implantado o empreendimento imobiliário foi remediada em cerca de 90 dias, o que permitiu atendimento ao prazo estipulado para início das obras civis.

Com base nos resultados, verifica-se a ausência de contaminação por fase livre de óleo diesel e quereone, como também a diminuição das concentrações dos compostos de interesse até valores que não oferecem risco à saúde dos futuros moradores e trabalhadores comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETESB, 2004. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2004), Manual de Gerenciamento de Áreas contaminadas.
2. CETESB, 2005. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2005). Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências.
3. CETESB, 2007. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2007). Decisão de diretoria nº 103/2007 de 22 de junho de 2007. Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas