

II CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO

CONSIDERAÇÕES SOBRE PROJETO DE TRANSPORTE DE VAPORES PARA REMEDIAÇÃO DO SOLO

Caroline Barbosa Monteiro¹; Julieta Echeverri Vergara²; André Luís Brasil Cavalcante³

Resumo –A remediação de áreas contaminadas tem alcançado relevância no contexto ambiental mundial devido ao nível de exigência crescente por parte dos órgãos reguladores, como soluções a acidentes ambientais, tratamento de passivos ambientais e adequação de obras. Projetos de remediação de contaminantes orgânicos voláteis (VOCs) ou semivoláteis (SVOCs) visam essencialmente a extração de contaminantes da zona não saturada do solo, onde atuam, entre outros parâmetros, a vazão do ar, a umidade e o teor de matéria orgânica natural. Este trabalho apresenta considerações sobre as fases requeridas para o desenvolvimento de um projeto de remediação de solos contaminados, empregando a técnica SVE/AS (Sistema de Extração de Vapores e *Air Sparging*), concepção, fundamentos, equipamentos, materiais envolvidos e tópicos relativos ao monitoramento desses sistemas.

Abstract –Remediation of a site has achieved relevance to the environmental global level due to growing demand from regulators, as solutions to environmental accidents, treatment of environmental liabilities and adequacy of works. Remediation projects of volatile organic compounds (VOCs) and semi-volatile (SVOCs) are essentially aimed the extraction of contaminants from the unsaturated soil, where they operate, among other parameters, the flow of air, the moisture and the organic matter content. This paper presents considerations on the phases required for the development of a draft remediation of contaminated soils, using the technique SVE/AS system (Soil Vapor Extraction and Air Sparging), design, grounds, equipment, materials involved and topics related to monitoring these systems.

Palavras-Chave – Projeto de Remediação, Sistema de Extração de Vapores, Air Sparging.

CONCEPÇÃO

Um projeto de remediação do solo pela remoção de VOCs parte de testes pilotos, estudos preliminares para obtenção de informações, como raio de influência dos poços de extração, taxas de fluxo de gás, vácuo ótimo aplicado e taxas de remoção de contaminantes. Entre os dados exigidos está a profundidade e área de extensão da contaminação, concentração de contaminantes, profundidade do nível d'água, tipo de solo e propriedades como estrutura, textura, permeabilidade e umidade.

Devem ser consideradas características locais, como permeabilidade, porosidade, densidade do solo, fração de carbono orgânico, índice de vazios, raio de influência de

¹ UnB: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, 70910-900 Brasília, DF, (61) 31070961, (61) fax 3307 1931, monteirocb@unb.br

² UnB: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, 70910-900 Brasília, DF, (61) 31070961, (61) fax 3307 1931, jevergara@unb.br

³ UnB: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, FT, 70910-900 Brasília, DF, (61) 3107 1269, (61) fax 3307 1931, abrasil@unb.br

cada compartimento, número de poços de extração e injeção, características do contaminante, planta da área, interferências subterrâneas, cota do nível d'água, metas de remediação e detalhamento da estratégia requerida para tratamento de vapores e efluentes gerados. Kristensen *et al.* (2010) propõe medições da porosidade total, teor gravimétrico de água, estudos de variabilidade e correlação espacial e estudos de microorganismos atuantes na biodregadação, como parte da avaliação de risco em processos de remediação.

FUNDAMENTOS

A cerca do desempenho de sistemas SVE percebe-se influência direta da permeabilidade do solo e da volatilidade dos contaminantes, atuações significativas da pressão de vapor, constante de Henry (que aponta graus de volatilização para os VOCs) composição e ponto de ebulição dos contaminantes. Segundo EPA (1994) para valores de permeabilidade intrínseca inferiores a 10^{-8}cm^2 há efetividade do SVE sendo que para os inferiores a 10^{-10}cm^2 o SVE tende a ineficácia. A estrutura e estratificação do solo cooperam para determinação da intensidade e posição do fluxo de vapores, sendo que fluxos preferenciais podem elevar o período necessário a remediação. Para a volatilidade dos VOCs, pressões de vapor superiores a 5mmHg, constante de Henry maior que 100 atm e pontos de ebulição entre 250 e 300°C são favoráveis a SVE.

Os estudos pilotos funcionam como o ponto inicial para extrapolações em escala de campo. Na fase concepção deve-se definir o raio de influência, parâmetro entre os mais importantes a ser determinado, dependendo da permeabilidade intrínseca lateral e vertical no nível d'água, profundidade dada pelo tipo de material, tipo de solo, e determinação do número e espaçamento dos poços. Concentrações iniciais dos contaminantes são úteis para estimar a taxa de remoção de massa de contaminante, o tempo necessário para operação de um SVE e a necessidade de tratamento do vapor antes de sua descarga.

Estudos demonstram que o processo de remediação por SVE pode durar de dias a anos, em função do tipo de contaminante (ZHAO & ZYTNER, 2008). A volatilidade, permeabilidade, índice de vazios, umidade e quantidade de matéria orgânica presentes no solo estão entre os principais fatores atuantes na eficácia e eficiência da remediação (ALBERGARIA *et al.*, 2006). Presença de matéria orgânica no solo tende a interferir no processo de remediação intervindo na capacidade de sorção de VOCs, reduzindo a mobilidade e volatilidade dos contaminantes, tornando o processo de extração mais lento e caro (ALVIM-FERRAZ *et al.*, 2006).

A escolha da posição e número de poços de extração deve atender prioritariamente áreas mais contaminadas e menos permeáveis. O bombeamento múltiplo é composto por conexão simultânea dos poços à bomba de sucção, mantendo-se inclinação favorável ao fluxo de condensados na direção dos poços. O tratamento do vapor pode ocorrer por filtro de água e filtro de material particulado, e a seleção da bomba (tipo e tamanho) deve ocorrer considerando a pressão de vácuo e da taxa de fluxo necessárias. Em projetos de SVE comumente são observados parâmetros como a pressão nos poços, taxa de fluxo de ar/vapor, taxa de massas de contaminantes removidos, temperatura e vapores expelidos via bomba.

PROCESSOS OPERACIONAIS

O funcionamento de um sistema SVE/AS é iniciado pela injeção de ar via poços de injeção para aeração e volatilização dos VOCs da fase dissolvida contida na água subterrânea, via compressor radial. A estimativa do raio de influência dos poços de AS pode ser feita por aproximação macroscópica do volume do aquífero impactado (BRAIDA & ONG, 2001). Posteriormente, por meio de outro compressor radial é gerado vácuo no tanque de decantação em direção aos poços de extração instalados na zona não saturada. No tanque de decantação, o vapor contaminado gerado é extraído e filtrado para remoção de sólidos antes da passagem pelo compressor radial. Em seguida, o araste da umidade capturada, dar-se no sentido do interior do tanque de decantação, podendo, a drenagem do tanque, ser controlada por chave de nível para desligamento automático da bomba. Os vapores removidos pelo vácuo nos poços são liberados na saída do compressor radial e encaminhados para o filtro e à unidade de tratamento para posterior liberação à atmosfera via chaminés.

MONITORAMENTO

Alguns procedimentos devem ser adotados para monitoramento de sistemas SVE/AS, como a verificação periódica das tubulações para impedir a oxidação do ferro ou demais metais localizados na fração úmida dos gases aspirados, precipitações nas tubulações, filtros de sólidos, e ainda na bomba, fatores que poderiam comprometer a eficiência do sistema. O elemento filtrante deve ser trocado em frequência que tende a variar conforme a concentração dos contaminantes e tempo de saturação do carvão (ESQUERRE, 2011). Não deve haver umidade no interior do compressor radial e os filtros de sólidos do interior do tanque de vácuo devem ser trocados seguindo exigências

identificadas em inspeções periódicas. A temperatura de funcionamento do compressor radial deve ser monitorada, pois elevações superiores a 60° C podem provocar o travamento do rotor, pela dilatação da palheta do compressor.

O não funcionamento de sistemas SVE/AS pode ser devido, desde falhas na conexão do cabo como danificação do compressor radial. Mangueiras estranguladas, entrada de ar nas tubulações e boca do poço ou isolamento do espaço anular ineficientes. Alguns casos em que o sistema esteja em funcionamento, mas sem extrair vapores pelo poço, podem ocorrer pelo dimensionamento inadequado do motor, perda de carga nas tubulações, saturação ou colmatação do filtro, entre outros fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERGARIA, J. T.; ALVIM-FERRAZ, M.C.M.& DELERUE-MATOS, C. Remediation efficiency of vapour extraction of sandy soils contaminated with cyclohexane: Influence of air flow rate, water and natural organic matter content. Elsevier Ltda, Environmental Pollution (143) 146 e 152, 2006.

ALVIM-FERRAZ, M.C.M.; ALBERGARIA, J. T. & DELERUE-MATOS, C. (2006). Soil remediation time to achieve clean-up goals - II: Influence of natural organic matter and water contents. Elsevier Ltda, Chemosphere (64) 817–825, 2006.

BRAIDA, W.J. & ONG, S. K. Air sparging effectiveness: laboratory characterization of air-channel mass transfer zone for VOC volatilization. Elsevier Science B.V., Journal of Hazardous Materials (B87) 241–258, 2001.

EPA. Underground Storage Tanks, Air Sparging 1994. United States Environmental Protection Agency – EPA, 1994, Acessado 01 de Maio de 2011. Disponível em: <http://www.epa.gov/swerust1/cat/airsparg.htm>

ESQUERRE, K. P. S. O. R. Extração de Vapor do Solo e *Air Sparging*. Graduação de Engenharia Ambiental, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Departamento de Engenharia Ambiental. Acessado em 15 de abril de 2011. Disponível em: [ftp://www.puccampinas.edu.br/pub/professores/ceatec/demanboro/Material7\(19Set\)/SVE&AirSparging.pdf](ftp://www.puccampinas.edu.br/pub/professores/ceatec/demanboro/Material7(19Set)/SVE&AirSparging.pdf)

KRISTENSEN, A.H., POULSENA T.G., MORTENSEN L., MOLDRUPA P. Variability of soil potential for biodegradation of petroleum hydrocarbons in a heterogeneous subsurface. Elsevier Ltda Journal of hazardous materials, 179(1-3), pp.573-80, 2010. Acessado em 01 de maio de 2011, Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20363074>.

ZHAO, J.& ZYTNER, R. G. Estimation of SVE closure time. Elsevier Science B.V., Journal of Hazardous Materials (153) 575–581, 2008.