

APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOTÉCNICOS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

Guilherme Campanhã Bechara¹

RESUMO

Este trabalho descreve sucintamente algumas das aplicações da geotecnia ambiental em áreas contaminadas, bem como as tecnologias de execução destas intervenções, visando à contenção, recuperação e/ou revitalização de áreas contaminadas. Entre elas, destaca-se o geoconfinamento, contenções hidráulicas, solidificação/estabilização *in situ*, aplicação de oxidantes e barreiras reativas, bem como seus métodos construtivos. Para garantir a eficiência, a qualidade e definir a concepção das misturas em função da tipologia da contaminação, ensaios de bancada são fundamentais para definir os critérios de projeto.

ABSTRACT

The present work aims to briefly demonstrate comment on some of the applications of environmental geotechniques in contaminated areas, as well as current technologies available to implement interventions designed to containment, recovery or revitalization of contaminated areas. These technologies encompass geoconfinement, hydraulic containment, *in situ* solidification/stabilization, and use of oxidants and reactive barriers. To ensure efficiency, quality and specific formulation of the treatment mixtures, previous bench tests are essential to establish optimal parameters.

PALAVRAS-CHAVE

Geotecnia Ambiental

Áreas Contaminadas

Remediação

¹ Brasfond Fundações Especiais S.A.
Rua Olimpíadas, 200 – Vila Olímpia – São Paulo – SP
CEP: 04551-000 – Tel: (11) 3028-9800 – Fax: (11) 3028-9811
guilherme.bechara@brasfond.com.br

XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVIII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços

1. INTRODUÇÃO

Para a recuperação de áreas contaminadas, foram desenvolvidas diversas tecnologias de tratamento e contenção. Dentre as tecnologias reconhecidas, países desenvolvidos como Estados Unidos e Alemanha utilizam metodologias provenientes da Geotecnia Ambiental para a recuperação e revitalização de áreas contaminadas há pelo menos duas décadas.

2. APLICAÇÕES

A Geotecnia Ambiental é hoje entendida como o ramo da Engenharia Geotécnica que trata da proteção ao meio ambiente contra impactos antrópicos (BOSCOV, 2008 [1]). Entre as aplicações da Geotecnia Ambiental, destaca-se neste trabalho o geoconfinamento, contenções hidráulicas, solidificação/estabilização, aplicação de oxidantes e barreiras reativas.

Segundo Boscov (2008 [1]), o confinamento de uma área contaminada é obtido pela construção conjunta de cobertura de superfície para evitar lixiviação, barreiras verticais e barreiras horizontais de fundo para impedir o deslocamento da pluma de contaminação. As barreiras devem possuir permeabilidade inferior à do solo natural e devem ser compatíveis com os contaminantes.

A contenção hidráulica, ainda segundo Boscov (2008 [1]), tem como objetivo impedir o deslocamento de uma pluma de contaminantes através das águas subterrâneas. Trata-se de uma contenção física por paredes de baixa permeabilidade.

A solidificação/estabilização *in situ*, é uma tecnologia que não decompõe os contaminantes, mas constitui um tratamento permanente que promove sua imobilização e encapsulamento. A solidificação caracteriza-se pela adição de agentes ligantes ao solo contaminado, promovendo sua imobilização e retenção em uma matriz sólida. A estabilização é caracterizada pela alteração do contaminante para um estado quimicamente imóvel (não lixiviável) (USEPA, 2009 [2]).

A remediação por oxidação química visa à destruição dos contaminantes por reações de oxidação avançada, promovendo sua mineralização a compostos estáveis e inócuos como gás carbônico e água. O sucesso do projeto está relacionado à forma de aplicação do oxidante, visto que para que aconteça a reação, o oxidante deve entrar em contato com o contaminante.

Segundo Nobre (2007 [3]), barreiras reativas permeáveis têm sido reconhecidas mundialmente como um processo de remediação *in situ* eficiente no tratamento de contaminantes orgânicos e inorgânicos. São construídas pela escavação de uma trincheira perpendicular à pluma de contaminação e preenchimento da mesma com o material reativo.

3. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO

Diversas metodologias de construção das intervenções acima descritas podem ser utilizadas. Para barreiras verticais de baixa permeabilidade, Azambuja (2004 [4]) define que uma das técnicas de construção muito difundida no mundo desde a década de 40 (Engenharia Civil), é o método de construção do tipo *slurry wall* ou parede-diafragma. São caracterizadas pela concretagem submersa de uma trincheira escavada, resultando em um muro vertical de baixa permeabilidade, de profundidade e espessuras variáveis. A escavação é realizada em uma suspensão de lama bentonítica ou polímeros e pode ser por *clamshell* ou ainda por retroescavadeiras, onde os limitantes são a profundidade de projeto e a litologia a ser perfurada.

Barreiras verticais de baixa permeabilidade, bem como tampões de fundo podem ser construídas pela sobreposição (secância) de colunas, onde a intersecção dos raios de cada coluna se sobrepõe, permitindo a construção de paredes contínuas (barreiras) ou massas consolidadas (tampões de fundo). Esta metodologia usa a técnica de *Jet Grouting*.

Abramento *et al.* (1998 [5]) conceituam o *jet grouting* como o uso da força de impacto de um jato hidráulico com a função de desagregar o solo. Trata-se de um processo de injeção de ar, água e calda de cimento, a velocidades elevadas (200 a 320 m/s) e altíssima pressão (200 a 500 vezes a pressão atmosférica). A injeção é realizada por pequenos orifícios que cortam o solo, misturando-o à calda injetada, formando colunas de solo-cimento que variam de 0,4 a 3,0 m de diâmetro e em torno de 10^{-6} cm/s de coeficiente de permeabilidade, podendo atingir 40 m de profundidade.

O *Soil Mixing* é um método reconhecido para tratar terrenos, mesmo em profundidade, sem recorrer à escavação. São metodologias de mistura solo-ligante que utilizam processos mecânicos, por isto são aplicáveis na injeção de oxidantes e na solidificação/estabilização da massa contaminada. Segundo Caputo (2010 [6]), o *Cutter Soil Mixing* (CSM) se baseia na utilização do *cutter* da hidrofresa, acoplado a uma haste que penetra no solo provocando a quebra estrutural do solo, concomitante com a injeção de uma mistura pré-determinada, formando painéis homogêneos retangulares de solo cimento e quando construídos lado a lado, uma parede contínua, com espessuras que variam de 0,5 a 1,2 m de largura e profundidades de 35 m ou mais, resultando em um coeficiente de permeabilidade que atinge 10^{-6} cm/s ou mais em função da geologia local.

4. INCERTEZAS

Incertezas sobre a eficiência dos métodos podem ser levantadas em função da tipologia e concentração dos contaminantes e sua interação com as misturas a serem aplicadas. Ensaio de bancada são fundamentais para determinar os parâmetros do projeto, sugerindo-se determinação da permeabilidade; compatibilidade físico-química com os contaminantes; resistência à compressão

simples; estimativa de durabilidade; e ensaios de lixiviação, entre outros. Para reproduzir as misturas determinadas em laboratório é importante o monitoramento dos parâmetros da injeção em campo como, por exemplo, a verticalidade dos painéis/colunas.

5. CONCLUSÕES

Métodos geotécnicos para a recuperação de áreas contaminadas são internacionalmente reconhecidos, comprovadamente efetivos e requerem tempo de implantação e resultados efetivos com rapidez superior às metodologias de remediação tradicionalmente utilizadas no Brasil.

Fundamentais para o sucesso do projeto são os ensaios de bancada, os controles de qualidade e o monitoramento dos equipamentos durante a execução em campo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABMS/ABEF, 1998. **Fundações-Teoria e Prática**, capítulo 18, Abramento, M.; Koshima, A.; Zirlis, A. C.; capítulo 13, Reforço do Terreno, Pini, 2ª edição. [5]

AZAMBUJA, R.M.B., 2004. **Comportamento Mecânico e Hidráulico de Misturas de Solo-Cimento-Bentonita para a Aplicação em Barreiras Verticais de Contenção de Contaminantes**. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFRGS [4].

BOSCOV, M. E. G., 2008. **Geotecnia Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. [1]

CAPUTO, A.N. “**Inovações Tecnológicas em Fundações Contenções**”. Artigo. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (15:2010: Gramado, RS). Engenharia geotécnica para o desenvolvimento: Inovação e Sustentabilidade: Anais / XV Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. (São Paulo):ABMS, 2010 [6].

Nobre, M.M.M., Nobre, R.C.M., Galvão, A.S.S. e Pereira, P.A. (2011). **Desempenho de uma Barreira Reativa Permeável Após 5 Anos de Vida Útil**. Anais do VII Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental – REGEO. Belo Horizonte, MG, Brasil: 2011 [3].

USEPA, 2009. U.S. Environmental Protection Agency EPA/600/R-09/148 November 2009. **Technology Performance Review: Selecting and Using Solidification/Stabilization Treatment for Site Remediation** National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development, OH 45268. Disponível em: <http://www.epa.gov/nrmrl>. [2]