

DEFINIÇÃO DE ZONAS-ALVO DE BOMBEAMENTO PARA REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS UTILIZANDO FERRAMENTAS DE ALTA RESOLUÇÃO

Marcos Tanaka Riyis ¹; Rafael Muraro Derrite ²; Mauro Tanaka Riyis ³

RESUMO

O bombeamento e tratamento (P&T) é uma técnica de remediação largamente utilizada no Brasil e no exterior. Para que o P&T tenha a eficiência e eficácia necessárias para a reabilitação da área, é essencial que sejam estimados alguns parâmetros hidráulicos que são obtidos em teste piloto, nesse caso, um teste de bombeamento. No entanto, a realização do teste piloto pode gerar distúrbios significativos no aquífero e no transporte de contaminantes, se não for precedido de um adequado Modelo Conceitual do Site (CSM). O presente trabalho mostra uma Investigação que teve como objetivo elaborar um CSM para identificar corretamente as camadas condutivas para dimensionar um teste de bombeamento adequado. Como ferramentas de investigação de alta resolução (HRSC), foram utilizadas: amostragem de solo (*Dual Tube* e *Piston Sampler*), ensaios de piezocone de resistividade (RCPTu), de dissipação de poro pressão (PPDT) e slug tests pontuais via *Direct Push* (DPST). Foram avaliados cinco pontos em uma área de 80 m², até 6,0 m de profundidade com nível de água em torno de 0,80 m no bairro de Jurubatuba, em São Paulo-SP. Foram identificadas três zonas de fluxo, intercaladas por zonas de armazenamento. Um teste de bombeamento realizado sem esse CSM instalaria os poços com as seções filtrantes atravessando todas as camadas, causando, além da diminuição da eficiência do bombeamento, uma interconexão das camadas, que poderia acarretar na migração da contaminação entre as diferentes zonas de fluxo. O estudo mostra que um adequado CSM é peça-chave para o projeto de remediação.

ABSTRACT

Pump and treat (P&T) is a remediation technique widely used in Brazil. Order for the P & T has the efficiency and effectiveness required for site rehabilitation, it is essential estimated some hydraulic parameters, which are obtained in the pilot test, in this case, a pumping test. However, the pilot test itself can generate significant disturbances in the aquifer and in contaminant transport, if it was not preceded by a suitable Conceptual Site Model (CSM). This work shows a site investigation that aimed to develop a CSM to correctly identify the conductive layers in an appropriate scale and dimensioning a proper pumping test. As high-resolution site characterization (HRSC) tools, were used: Direct Push soil sampling tools (*Dual Tube* and *Piston Sampler*), resistivity piezocone tests (RCPTu), pore pressure dissipation tests (PPDT) and punctual Direct Push slug tests (DPST). Five sample points were investigated in a 80 m² area up to 6.0 m deep with water level around 0.80 m in São Paulo-SP. Three flux zones were identified interspersed by storage zones. A pumping test conducted without that CSM would install the pumping wells with the screen filter through all the layers, causing, in addition to the decrease in pumping efficiency, interconnection of layers, which could result in contaminated migration between

¹ ECD Sondagens Ambientais / Centro Universitário SENAC – (15) 3222-0522 – marcos@ecdambiental.com.br

² Naturea Soluções Socioambientais – rafael@naturea.com.br

³ ECD Sondagens Ambientais Ltda – (15) 3222-0522 – mauro@ecdambiental.com.br

different flux zones. This paper shows that the CSM is the key-point to a P&T remediation project.

Palavras-chave: Investigação de alta resolução, áreas contaminadas, remediação, modelo conceitual, teste de bombeamento

Keywords: High-resolution site characterization, conceptual site model, remediation, pump test, contaminated lands

1 – INTRODUÇÃO

O bombeamento e tratamento (P&T) é uma técnica de remediação de áreas contaminadas largamente utilizada no Brasil e no exterior. Dados da CETESB de 2013 [1] mostram que 913 casos de remediação utilizaram P&T e 870 casos utilizaram Extração Multifásica (MPE). Somando-se as duas técnicas, observa-se que 1783, ou quase 2/3 das 2674 áreas contaminadas que passam ou passaram por um processo de remediação até 2013 no estado de SP, utilizaram uma das duas técnicas.

Documentos nacionais [2] e internacionais [3]; [4] indicam que, para um adequado projeto de remediação envolvendo P&T e/ou MPE, é preciso que sejam levados em consideração alguns parâmetros hidráulicos do aquífero, como condutividade, raio de influência, vazão e rebaixamento. Esses parâmetros devem ser obtidos através de um teste piloto, que, para esses métodos de remediação, devem conter ao menos um teste de bombeamento.

No entanto, a realização do teste de bombeamento por si só pode gerar distúrbios significativos no aquífero e no transporte de contaminantes, se não for precedido de um adequado Modelo Conceitual do Site (CSM), uma vez que foi idealizado para estudar a produção de água subterrânea para o consumo [3], [5]. Testes de bombeamento para remediação de áreas contaminadas requerem cuidados adicionais, como: disposição de efluentes contaminados, avaliação de distúrbios no aquífero decorrentes do próprio teste, a observação da escala do estudo, que deve se preocupar muito mais com os detalhes e que os testes de bombeamento tradicionais. Alguns autores [6], [7] recomendam a realização de testes em camadas específicas, por esses levarem em conta as heterogeneidades, variável mais crítica para o sucesso da remediação e porque 90% do fluxo ocorre em menos de 10% do volume do aquífero.

O presente trabalho mostra uma investigação do meio físico em escala de detalhe utilizando ferramentas de alta resolução (HRSC), em uma área de 80 m² no bairro de Jurubatuba, cidade de São Paulo, com geologia estratificada típica do Quaternário e nível

de água (NA) de 0,80 m. O estudo foi realizado da superfície até uma camada confinante, que se inicia a 5,80 m de profundidade.

2 – RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Em cada um dos 05 pontos de investigação, foram realizados: amostragem de solo *Direct Push – Dual Tube* e/ou *Piston Sampler*; ensaios de piezocone de resistividade (RCPTu) concomitantes com ensaios de dissipação de poro pressão (PPDT) nas zonas de armazenamento e ensaios *Slug Test* em hastes de amostragem de água pontuais cravadas por *Direct Push* (DPST). O conjunto dessas ferramentas permitiu que fossem estabelecidos perfis e seções detalhadas que embasaram um CSM sólido para a área de estudo, inclusive com perfis contínuos de condutividades hidráulicas (K).

O CSM indicou a presença, entre 0,0 e 6,0 m de profundidade, de três diferentes zonas de fluxo na área, com K ao redor de 1×10^{-3} cm/s: uma ao redor de 1,80 m, uma ao redor de 3,0 m e a terceira ao redor de 5,70 m, intercaladas por zonas de armazenamento, com K ao redor de 1×10^{-6} cm/s, todas acima de um aquífero local, com K menor que 1×10^{-8} cm/s. Um exemplo de perfil de condutividades hidráulicas está na Tabela 1, que mostra os valores de K obtidos através dos PPDT nas zonas de armazenamento e dos DPST em duas zonas de fluxo.

Tabela 1. Valores pontuais de K (cm/s) em cada profundidade no ponto R-02

Profundidade	K (cm/s)
0,91	4,33E-07
1,50-1,80	2,50E-03
2,74	1,88E-05
4,71	8,36E-06
5,15	6,63E-08
5,59	3,05E-06
5,60-5,90	6,90E-03
6,40	1,45E-08

Alguns autores [6] dizem que a etapa mais importante do teste de bombeamento para remediação é a elaboração de um adequado CSM, e o delineamento do teste de bombeamento deve ser elaborado levando-se em conta o CSM, estimando-se o raio de influência, o rebaixamento e a posição tridimensional dos pontos de monitoramento. Em meios heterogêneos com camadas pouco espessas, caso típico do bairro de Jurubatuba,

os pontos de observação devem monitorar todas as camadas. Idealmente, o projeto deve prever um teste em cada camada condicionante de fluxo. Os testes de bombeamento tradicionais consideram o meio homogêneo, mas, como pôde ser visto no presente estudo, há variação de 5 ordens de grandeza na condutividade hidráulica em apenas 6 metros, ou seja, esse paradigma não é válido para testes de bombeamento para remediação de áreas contaminadas.

No presente caso, se um teste de bombeamento tradicional, com seção filtrante longa e poços de 4" de diâmetro fosse conduzido na área, certamente as diferentes zonas de fluxo seriam interconectadas em decorrência da execução do teste, causando a perda na eficiência no teste e conseqüentemente na obtenção dos parâmetros hidráulicos do projeto de remediação. Além disso, potencializaria a migração da massa de contaminantes através das diferentes camadas, provavelmente aumentando o transporte de contaminantes onde antes ele não estava.

Como conclusão do trabalho, pode-se dizer que a elaboração do CSM em escala de detalhe é condição básica para a realização de um teste piloto para remediação que envolva bombeamento, ou corre-se o risco desse teste causar mais problemas na área.

4 – REFERÊNCIAS

- [1] CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo. **Relação de Áreas Contaminadas – 2013: Texto Explicativo**. 2013. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/areas-contaminadas/2013/texto-explicativo.pdf>>
- [2] CETESB – Companhia Ambiental de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 1999. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/manual.asp>
- [3] OHIO ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Technical Guidance Manual for Hydrogeologic Investigations and Ground Water Monitoring – Cap 4: Slug and Pumping Test – Revision 1**. 2006
- [4] USEPA. **Pump and Treat Ground-Water Remediation: A Guide for Decision Makers and Practitioners**. EPA/625/R-95/005. 1996
- [5] SIEGRIST, Robert L.; CRIMI, Michelle; SIMPKIN, Thomas J. **In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation**. New York: Springer Science & Business Media. 678 p. 2011.
- [6] PAYNE, Fred C.; QUINNAN, Joseph A.; POTTER, Scott T. **Remediation Hydraulics**. Boca Raton: CRC Press. 432 p. 2008
- [7] SUTHERSAN, S., DIVINE, C., QUINNAN, J. and NICHOLS, E. **Flux-Informed Remediation Decision Making**. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 30: 36–45. doi: 10.1111/j.1745-6592.2009.01274.x. 2010