

### **MONITORAMENTO MULTINÍVEL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS COM SISTEMA CONTÍNUO DE TUBO MULTICANAL (CMT)**

Eduardo Dutra de Armas<sup>1</sup>; Denise Santos da Silva<sup>1</sup>; Rafael Dutra de Armas<sup>2</sup>

**Resumo** – A delimitação de plumas de contaminação é uma tarefa complexa em virtude da migração diferencial de contaminantes frente às condições hidrogeológicas do meio. Os sistemas contínuos de monitoramento como o CMT™ apresentam vantagens econômicas e técnicas sobre os sistemas de poços convencionais. A avaliação de sua viabilidade para aplicação em condições hidrogeológicas brasileiras foi o objetivo deste trabalho, visando o monitoramento de uma pluma de tetracloroetileno e seus metabólitos, em um sítio contaminado no município de São Paulo. O custo para implantação do sistema para monitoramento de sete camadas litológicas até a profundidade máxima de 9,0 metros foi 36% inferior ao custo estimado de instalação de poços convencionais. Tecnicamente, o sistema propiciou a caracterização de um perfil vertical de distribuição dos contaminantes monitorados.

**Abstract** – The delineation of contamination plumes is a complex task because of differential migration of contaminants face of the hydrogeological conditions. The continuous monitoring systems such as CMT™ present technical and economic advantages over other systems, as conventional wells. The assessment of its suitability for application to hydrogeological conditions in Brazil was the aim of this work, associated to the monitoring of a plume of tetrachloroethylene and its metabolites in a contaminated site in São Paulo, Brazil. The cost for implementing the system to monitor seven distinct lithological layers up to 9.0 meters below ground was 36% lower than the estimated cost for installation of conventional wells. Technically, the system allowed the characterization of a vertical profile for distribution of monitored contaminants.

**Palavras-Chave** – poço; monitoramento; CMT; multinível

---

<sup>1</sup> Centro Universitário Salesiano de São Paulo - UNISAL, Rua Dom Bosco, 100, Santa Catarina, Americana-SP, CEP 13466-327, (19)81924072, eduarmasrs@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Departamento de Ciência do Solo, Av. Pádua Dias, 11, São Judas, Piracicaba-SP, CEP 13418-900

## 1 – INTRODUÇÃO

A migração de contaminantes em águas subterrâneas é um fenômeno complexo e a caracterização da extensão de sua pluma é um processo oneroso, difícil e repleto de incertezas, devido aos inúmeros problemas associados com a profundidade da contaminação, dificuldade de determinação da fonte de contaminantes e a possibilidade de alteração da direção de fluxo devido a variações sazonais.

Por muitos anos, a caracterização de plumas de contaminantes foi feita com base em amostras de água subterrânea coletadas em poços convencionais de seção filtrante ampla (*open-hole*), variando de um a vários metros e cobrindo zonas com características hidrogeológicas distintas. No entanto, estudos já evidenciaram que a ocorrência de zonas com condutividade hidráulica diferenciada ao longo da seção filtrante resulta em potencial fluxo vertical dentro do poço. Segundo Williams & Conger (1990) [1], em locais contaminados, este fluxo vertical pode dispersar a contaminação através do poço, partindo de zonas de maior carga hidráulica para zonas de menor carga, as quais poderiam não estar contaminadas. Este fenômeno leva a ocorrência de contaminação cruzada, gerando resultados analíticos ambíguos ou completamente errados. Na presença de fluxo vertical, amostragem em baixo fluxo, adjacente a uma fratura, não assegura que a água seja proveniente única e exclusivamente da zona fraturada. Além disso, pesquisas apontam que muitas plumas de contaminantes são finas ou apresentam extensa estratificação vertical, não podendo ser devidamente caracterizadas através dos poços de monitoramento convencionais.

Em virtude dessas limitações, sistemas de monitoramento em zonas discretas (DZM) foram desenvolvidos e inúmeras pesquisas e aplicações têm surgido, demonstrando sua viabilidade em distintos ambientes, variando de solos sedimentares até rochas fraturadas. Basicamente, três sistemas de DZMs estão disponíveis: o primeiro envolve um conjunto de poços instalados individualmente com perfurações separadas em distintas profundidades (*clusters*); o segundo é caracterizado por um grupo de poços instalados conjuntamente em uma única abertura, mas em profundidades variadas (*nested*); o terceiro grupo engloba os sistemas contínuos, com diversas zonas de interface para profundidades pré-definidas, instaladas em perfuração única. Este terceiro sistema foi desenvolvido para superar as limitações dos dois primeiros, como a inviabilidade econômica de se instalar inúmeros poços em *cluster*, e as dificuldades de garantir um perfeito selamento das camadas no sistema *nested*.

## 2 – OBJETIVOS

Avaliação do potencial técnico e econômico do monitoramento multinível de água subterrânea contaminada com tetracloroetileno e seus metabólitos, por meio do sistema contínuo de tubo multicanal - CMT™ (Continuous Multichannel Tubing).

## 3 – ESTUDO DE CASO

Este projeto foi conduzido em uma área contaminada no município de São Paulo-SP, onde procedimentos de investigação em poços convencionais apontaram a ocorrência de compostos orgânicos voláteis (VOCs), principalmente tetracloroetileno, tricloroetileno, cis-1,2-dicloroetileno e cloreto de vinila, em níveis acima dos limites de intervenção da CETESB. Para a caracterização da pluma de VOCs foi realizada a instalação pioneira no Brasil, de três poços CMT, em região de solo sedimentar, com nível médio de lençol freático a 1,5 m abaixo da superfície do solo, compostos por sete portas de monitoramento a 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 m de profundidade. Os poços foram perfurados com uma perfuratriz hidráulica, marca GeoProbe, modelo Advance 6600, com trados helicoidais ocos (hollow stem augers).

O sistema CMT consiste de um tubo flexível de polietileno de alta densidade (PEAD), com 43 mm de diâmetro externo, extrusado com partições internas de modo a formar sete canais discretos que percorrem o comprimento do tubo, sendo um canal central hexagonal de diâmetro nominal de 10 mm e seis canais circundantes de 13 mm de diâmetro [2].

As zonas de monitoramento do CMT são definidas por meio de um conjunto de portas abertas em posições desejadas em cada um dos canais. Desta forma, cada canal é conectado hidráulicamente a apenas uma zona de monitoramento. O isolamento vertical da parte inferior da porta é feito pela inserção de um plugue de expansão, evitando o acesso a água estagnada no canal. Cada porta é envolta por uma tela de aço inoxidável de 0,15 mm, ou de dimensão definida em função da distribuição de partículas da área, evitando a entrada de materiais que possam obstruir a porta. O canal central é mantido aberto na base do tubo e uma ponteira revestida com tela de aço inoxidável é acoplada, permitindo o monitoramento da zona mais profunda.

O custo para implantação de 1 (um) poço CMT com 7 portas de monitoramento, nas profundidades citadas, foi de aproximadamente R\$ 4.900,00, dos quais 74% referem-se ao custo com materiais e o restante com a perfuração. O sistema mostrou-se viável economicamente, uma vez que, comparativamente, a instalação de 7 poços convencionais de 2" de diâmetro resultaria em custo similar com materiais, mas com um

aumento do custo total para R\$7.700,00, em decorrência do aumento nos custos de perfuração. Apesar de algumas dificuldades operacionais durante a instalação do sistema, em decorrência do elevado teor de argilas em suspensão, dificultando a sedimentação das camadas de pré-filtro e bentonita, foi possível instalar um poço com sete zonas por dia, representando uma vantagem operacional deste sistema. À medida que a instalação de poços em zonas mais profundas faz-se necessária, maior é a vantagem econômica e técnica do sistema CMT sobre o de poços convencionais. O monitoramento de parâmetros físico-químicos da água evidenciou um perfeito isolamento das camadas e funcionalidade do sistema. A análise de VOCs mostrou um perfil vertical distinto nos três poços implantados, proporcionando a avaliação da estratificação dos contaminantes monitorados.

Uma das grandes vantagens deste sistema é a possibilidade de prepará-lo, com relativa facilidade e sem despender muito tempo, no próprio local de instalação, após a obtenção de dados hidrogeológicos por algum método exploratório. Inúmeras outras vantagens são apontadas para o sistema, como: baixo custo e fácil utilização; possibilidade de monitoramento de sete zonas independentes em um único poço; ausência de juntas de acoplamento, responsáveis por vazamentos e aumento no custo; possibilidade de definição de portas e coleta em qualquer local na extensão do tubo; confiabilidade no selamento entre as zonas de amostragem; montagem *in situ*; instalação rápida, evitando contaminação cruzada pelo longo tempo de exposição; reduzido volume de purga; repetitividade de resultados analíticos de amostras de água e vapor; possibilidade de instalação por meio de técnicas comuns de perfuração ou direct-push.

No entanto, algumas limitações estão associadas ao sistema, como a necessidade de equipamentos comerciais de pequeno diâmetro para permitir a mensuração do nível de água e coleta de amostras; o sistema é restrito a 90 m de profundidade; e, em virtude de zonas discretas de monitoramento, não há a possibilidade de comparação com os resultados oriundos de poços convencionais.

#### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Williams, J.H.; Conger, R.W., 1990. Preliminary delineation of contaminated water-bearing fractures intersected by open-hole bedrock wells. **Ground Water Monitoring Review**, v.10, n.4, p.118-126.
- [2] Einarson, M.D.; Cherry, J.A. A new multilevel ground water monitoring system using multichannel tubing. **Ground Water Monitoring & Remediation**, v. 22, n. 4, p. 52-65, 2002.