

# PILOTO DE BIOESTIMULAÇÃO UTILIZANDO CACHAÇA PARA O TRATAMENTO DO TETRACLOROETENO E SEUS SUBPRODUTOS

Janaina Palma<sup>1</sup>; Gabriel Abilio<sup>2</sup>; Christopher John Wilson<sup>3</sup>, Natalia Nogueira<sup>4</sup>.

## Resumo

A Declaração Redutiva Estimulada (DRE) é uma tecnologia comprovada de remediação, cujo processo redutivo pode ser iniciado por uma variedade de fontes de carbono orgânico. A ARCADIS Logos tem recentemente estudado e está avaliando o uso de cachaça como fonte de carbono, visto que em determinados locais do Brasil a cachaça é uma alternativa mais acessível e econômica. Neste trabalho foi instalado um sistema piloto de DRE para o composto Tetracloroeteno, através da injeção de cerca de 27 m<sup>3</sup> de solução de cachaça a 3% e de água. Os resultados indicaram diminuição significativa das concentrações de Tetracloroeteno e geração de seus produtos de degradação nos poços do sistema piloto e do entorno; os resultados obtidos na campanha realizada 4 meses após a injeção mostraram a formação de uma zona reativa de 40m de comprimento.

## Abstract

Enhanced reductive dechlorination (ERD) is a proven remedial technology and the reductive process can be initiated by a variety of organic carbon sources. ARCADIS Logos has most recently targeted and is evaluating the use of cachaça as an organic carbon source, since in certain locations within Brazil it is a more accessible and economical alternative. In this work an ERD pilot system was installed to reduce tetrachloroethene, through injection of about 27 m<sup>3</sup> of 3% of cachaça and water solution. The results indicated significant decrease of tetrachloroethene concentrations and generation of its degradation products in the wells of the pilot system and of the surroundings; results of the campaign carried out 4 months after injection showed the formation of a reactive zone of 40m in length.

**Palavras-chaves:** Tetracloroeteno, Declaração Redutiva Estimulada, Remediação Ambiental, Cachaça.

<sup>1</sup> ARCADIS Logos | Divisão Meio Ambiente. Rua Líbero Badaró, 293 – 19º andar - 01009-906 - Centro - SP – BR. T. 55 11 3117-3171. janaina.palma@arcadislogos.com.br

<sup>2</sup> ARCADIS Logos | Divisão Meio Ambiente. Rua Líbero Badaró, 293 – 19º andar - 01009-906 - Centro - SP – BR. T. 55 11 3117-3171. gabriel.abilio@arcadislogos.com.br

<sup>3</sup> ARCADIS Logos | Divisão Meio Ambiente. Rua Líbero Badaró, 293 – 19º andar - 01009-906 - Centro - SP – BR. T. 55 11 3117-3171. chris.wilson@arcadislogos.com.br

<sup>4</sup> ARCADIS Logos | Divisão Meio Ambiente. Rua Líbero Badaró, 293 – 19º andar - 01009-906 - Centro - SP – BR. T. 55 11 3117-3171. natalia.nogueira@arcadislogos.com.br

## **1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS**

O presente documento tem como objetivo apresentar os resultados obtidos pelo sistema piloto de remediação utilizando a técnica de Decloração Redutiva Estimulada (DRE) em uma unidade industrial localizada no interior do Estado de São Paulo. Como produto bioestimulante foi utilizada a cachaça (aguardente de cana de açúcar).

### **1.1 Modelo conceitual**

A área de estudo está localizada geologicamente em terrenos constituídos por solos de alteração de rochas do embasamento cristalino do Proterozóico Inferior (Complexo Varginha-Guaxupé). As medidas em campo indicam presença de aquífero de caráter livre, condicionado ao material inconsolidado residual, e nível de água variando de 7,99 m a 29,15 m de profundidade. O gradiente hidráulico na área do teste é da ordem de 3 m/ano.

A indústria foi instalada no local na década de 70 e utilizou o Tetracloroetano como solvente até a década de 90. As investigações ambientais indicaram alteração na qualidade da água subterrânea para tetracloroetano (PCE). As várias etapas de investigação não indicaram concentrações na matriz solo em níveis superiores aos limites adotados como referência, nem foram encontrados compostos oriundos da degradação do PCE em concentrações significativas.

## **2. TRABALHOS EFETUADOS**

O plano de trabalho incluiu 3 etapas, sendo:

### **2.1 Instalação da rede de poços para o teste piloto**

Foi instalado um poço de injeção (PI-01) e três poços de observação (PO-01, PO-02 e PO-03, respectivamente a 1, 2 e 3 metros de distância). Os poços foram instalados com as mesmas características construtivas, incluindo intervalo da seção filtrante (aproximadamente 23,0 a 26,0 m, respeitando a distribuição geológica). Outros poços de monitoramento presentes no entorno foram utilizados para monitorar o teste.

### **2.2 Amostragem de água subterrânea**

Foram realizadas campanhas de amostragem de água subterrânea dos poços integrantes do teste piloto e dos poços de monitoramento localizados no entorno, nos seguintes períodos: antes do teste (*baseline*), durante o teste (a cada 2 m<sup>3</sup> injetados) e após a injeção (nos períodos de 4, 6, 8 e 16 semanas após a injeção).

## 2.3 Teste Piloto

O teste piloto consistiu na injeção no poço PI-01 de um volume de cerca de 27 m<sup>3</sup> de solução contendo água e cachaça, e como traçador o corante fluoresceno. A solução de injeção continha concentração de 40 mg/L de corante e 3% de volume de cachaça. A injeção foi realizada por gravidade, sendo que a taxa média de fluxo de injeção foi de aproximadamente 11,8 L/min.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Resultados obtidos pelo teste-piloto

Com o objetivo de avaliar a degradação dos compostos organoclorados após 4 meses do término da injeção (fevereiro de 2013), foram realizadas campanhas de amostragem dos poços pertencentes à rede de monitoramento do teste piloto. O comparativo dos resultados entre o *baseline* e a campanha realizada 4 meses após a injeção encontra-se na **tabelas 1**.

**Tabela 1:** Comparativo entre resultados pré e pós-injeção.

Parâmetros Analisados	PM-31		PM-33		PO-01		PO-02		PO-03		Limites CETESB (2005)[ <sup>1</sup> ]
	B*	F*	B*	F*	B*	F*	B*	F*	B*	F*	
Tetracloroetano	3110	563	954	131	434	14	881	9,9	1471	52	40
Tricloroetano	4	117	< 1	< 1	1,9	3,5	2,5	3,7	3,5	11	70
Cis-1,2-Dicloroetano	< 1	689	< 1	6,4	1,5	628	2,8	2611	< 1	4128	50(**)
Cloreto de Vinila	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2,6	< 1	1,3	5
Eteno	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5	5	-
Etano	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	-
Metano	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	793	< 5	160	< 5	146	-
Carbono Orgânico Total	< 1	2,4	< 1	1,1	< 1	1460	< 1	1680	< 1	13,8	-

B\* = campanha *baseline*; F\* = campanha 4 meses após a injeção;

(\*\*) = limite para somatória de cis + trans-1,2-dicloroetano.

O **tetracloroetano** (PCE) reduziu em todos os poços dose-resposta, alcançando inclusive concentrações inferiores ao limite da CETESB de 40 µg/L nos poços PO-01 e PO-02. Os poços pertencentes à rede de monitoramento também sofreram reduções nas concentrações de **Tetracloroetano**.

Visto a geração de produtos quando da degradação do tetracloroetano, a soma dos compostos **cis + trans 1,2-dicloroetano** (DCE) é observada em concentrações

superiores àquelas obtidas antes do teste piloto em todos os poços de monitoramento; **cloreto de vinila** (CV) e eteno foram detectados nos poços PO-02 e PO-03, e metano foi detectado nos três poços de observação.

Observou-se que no poço PO-03, onde durante a injeção não foram encontradas concentrações de TOC, ocorreu degradação de PCE com geração de DCE após 4 meses, indicando a possibilidade de se tratar de uma área sem intercomunicação direta com a área de injeção.

Analisando-se os resultados obtidos para **carbono orgânico total** (TOC), pode-se observar que ainda foi possível encontrar o composto injetado nos poços dose resposta PO-01 e PO-02.

## 4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados alcançados pelo Teste Piloto, conclui-se:

- O teste piloto demonstrou a possibilidade de o meio propiciar a degradação dos compostos orgânicos voláteis na área de interesse através da bioestimulação por injeção de solução de cachaça. Isto pôde ser notado pela diminuição significativa das concentrações de tetracloroetano, bem como da geração de seus produtos de degradação durante 4 meses após o término da injeção, visto que anteriormente ao teste tais produtos não existiam no local em concentrações relevantes;
- Baseado nos resultados obtidos na campanha após 4 meses ao término da injeção, nota-se que a zona reativa criada na área do PI-01 (poço de injeção) foi capaz de se estender por aproximadamente 40 m de comprimento;
- A eficácia de cachaça como uma fonte de carbono para o processo de DRE continuará a ser monitorada no local.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO - CETESB 2005. Valores Orientados para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Decisão da Diretoria da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB nº 195-2005- e de 23 de novembro de 2005.