

## SISTEMA DE REMEDIAÇÃO *IN-SITU* DE SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA ATRAVÉS DE OXIDAÇÃO QUÍMICA COM INJEÇÃO DE OZÔNIO

**Autor(es):** Marcelo Almeida Fernandez Soto<sup>1</sup>; Rosialine Marques Roedel<sup>2</sup>; Leonardo Mascarenhas<sup>3</sup>; Jordon Werlang<sup>4</sup>; Eduardo dos Santos Fontoura<sup>5</sup>; Miguel de O. Neto<sup>6</sup>

### RESUMO:

A Cetrel apresenta aqui os resultados e a eficiência obtida na aplicação de uma tecnologia limpa para remediação de solos e águas subterrâneas. A remediação *in situ* pela técnica de oxidação química utilizando o ozônio é inovadora, pouco aplicada no Brasil e o estudo de caso aqui apresentado é o primeiro caso aplicado na região Nordeste.

A injeção de ozônio em solo e em água subterrâneas contaminadas conseguiu chegar a uma porcentagem de 96% de remoção de massa para o composto aromático Benzeno com apenas 6 meses de operação. Essa redução também pode ser comprovada para outros compostos como o 4,7-Metano-1H-Indeno, com remoção total de 95%, o Cloreto de Vinila com redução de 92% e também para o O-Xileno, removendo um total de 52% da sua massa inicial. Toda essa diminuição de massa sem geração de resíduos secundários passíveis de tratamento e custo operacional, caso que é visto em sistema de remediação mais tradicionais como o *Pump and Treat*.

Acreditamos que o sucesso da aplicação desse projeto em áreas industriais amplia o entendimento de que mesmo as tecnologias aplicadas para remediação e tratamento de contaminações devam ser sustentáveis e buscar a produção zero de resíduo no decorrer do processo.

**Palavra chave:** Remediação; oxidação; ozônio; *In-situ*.

### ABSTRACT:

Cetrel here presents the results and the efficiency gained from the implementation of a clean technology for remediation of soil and groundwater. Remediation in situ by chemical oxidation technique using ozone is innovative, little used in Brazil and the case study presented here is the first case applied in the Northeast.

The ozone injection into soil and groundwater contaminated succeeded in reaching a percentage of 96% by mass for removing benzene the aromatic compound with only 6

<sup>1</sup> Eng. Químico, Cetrel Odebrecht Ambiental Via Atlantica, Km 9, Camaçari, Bahia. +55 71 3634-6923. [marcelosoto@odebrecht.com](mailto:marcelosoto@odebrecht.com)

<sup>2</sup> Eng. Ambiental, Cetrel Odebrecht Ambiental, Via Atlantica, Km 9, Camaçari, Bahia. +55 71 3634-9828. [rosialineroedel@odebrecht.com](mailto:rosialineroedel@odebrecht.com)

<sup>3</sup> Geólogo, Cetrel Odebrecht Ambiental, Via Atlantica, Km 9, Camaçari, Bahia. +55 71 3634-6902. [leonardomascarenhas@odebrecht.com](mailto:leonardomascarenhas@odebrecht.com)

<sup>4</sup> Eng. Químico, Cetrel Odebrecht Ambiental, Via Atlantica, Km 9, Camaçari, Bahia. +55 71 3634-6902. [jordon@odebrecht.com](mailto:jordon@odebrecht.com)

<sup>5</sup> Químico, Cetrel Odebrecht Ambiental, Via Atlantica, Km 9, Camaçari, Bahia. +55 71 3634-6951. [eduardofontoura@odebrecht.com](mailto:eduardofontoura@odebrecht.com)

<sup>6</sup> Tec. em Geologia, Cetrel Odebrecht Ambiental, Via Atlantica Km 9, Camaçari, Bahia. +55713634-6923. [miguelneto@odebrecht.com](mailto:miguelneto@odebrecht.com)

months of operation. This reduction can also be proven to other compounds such as 4,7-Methane-1H-Indene, with total removal of 95%, the vinyl chloride with 92% reduction and also to the O-Xylene, removing a total of 52% of its initial mass. All this mass reduction without generating secondary waste suitable for treatment and operational cost, if it is seen in more traditional remediation system as the Pump and Treat.

We believe that the successful implementation of this project in industrial areas broadens the understanding that even the applied technologies for remediation and treatment of contamination should be sustainable and pursue zero waste production in the process.

**Keywords:** Remediation; oxidation; ozone; In-situ.

## 1. INTRODUÇÃO

As empresas hoje vêm buscando novas soluções para resolver os problemas de contaminação das unidades industriais principalmente devido aos órgãos ambientais estarem sendo mais restritivos com relação a esse problema. Com isso o uso de soluções mais limpa de remediação vem ganhando espaço no mercado em relação ao já conhecido sistema de *pump and treat* principalmente devido a geração zero de resíduos secundários.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do projeto foi a aplicação da técnica de oxidação química, nunca antes utilizada na BAHIA, utilizando o ozônio como agente oxidante para eliminação dos contaminantes organoclorados e aromáticos presentes na água subterrânea, e dessa forma, remediar a área com a geração zero de resíduos no decorrer do processo.

## 3. ESTUDO DE CASO

A unidade industrial onde foi aplicado o processo de remediação está localizada na região de Camaçari. Investigações ambientais preliminares evidenciaram a presença de uma contaminação ocasionada pela operação de uma antiga caixa separadora água / óleo (CSAO) gerando resíduos principalmente de matérias organoclorados e aromáticos.

Com o objetivo de reduzir os valores das concentrações dos contaminantes para atender aos valores referenciados na análise de risco a saúde humana, foi aplicado uma remediação emergencial *in-situ* utilizando ozônio como agente oxidante dos compostos orgânicos. O ozônio foi injetado através do uso de poços com perfis característicos para

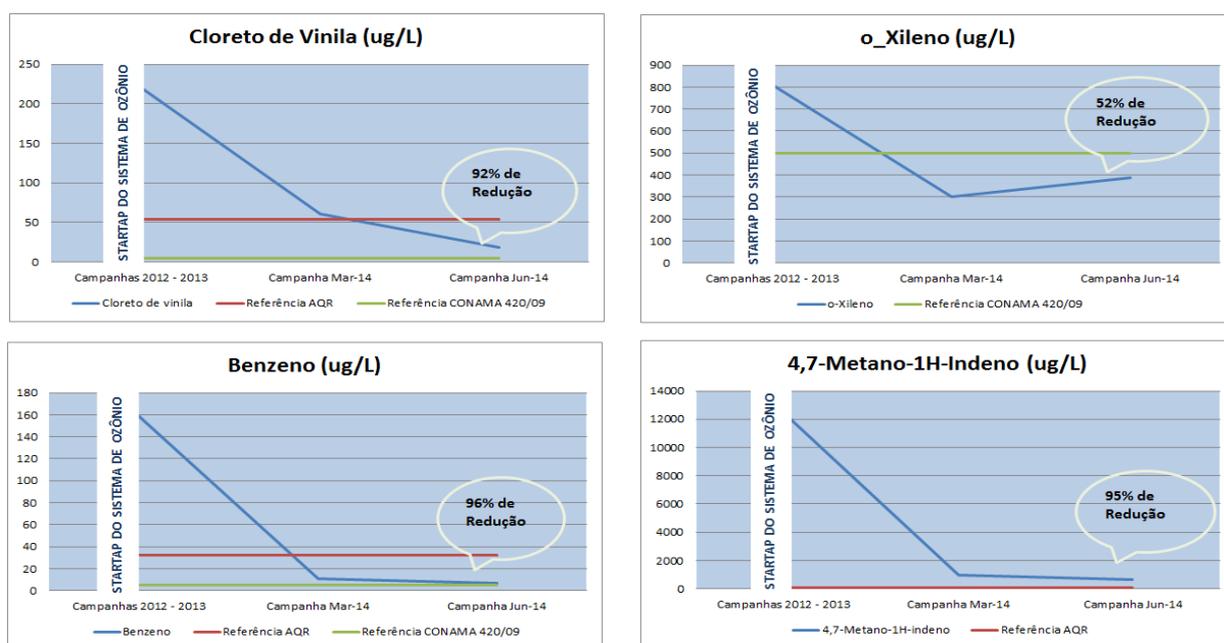
injeção de gás e então dissolvido na água subterrânea reagindo com os compostos orgânicos, oxidando-os diretamente ou indiretamente através da formação do radical hidroxila (OH), sendo capaz de oxidar compostos constituintes do BTXE, PAHs, MTBE e alguns compostos organoclorados. A **Figura 1** apresenta os poços de injeção de ozônio juntamente com a quantidade de O<sub>3</sub> aplicado no ambiente subterrâneo em 6 meses de operação.



**Figura 1** Poços e injeção e volume injetado

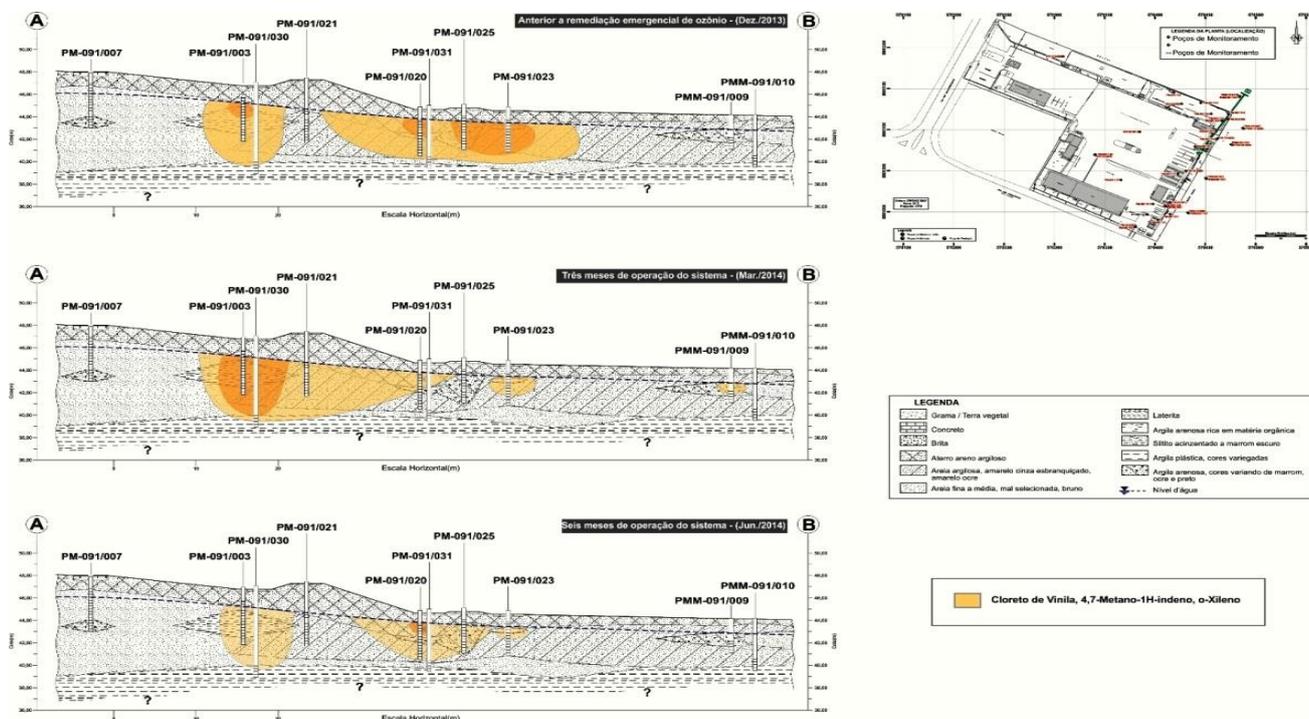
Na **Figura 2**, são apresentados os indicadores de eficiência da remediação, onde é possível verificar a redução das concentrações dos contaminantes presentes nas águas subterrâneas. Para o Benzeno essa redução chegou a 96%, o 4,7-Metano-1H-Indeno essa redução foi de 95%, para o Cloreto de Vinila chegou-se a 92% de remoção e para o O-xileno essa redução foi de 52%. É válido salientar que essas reduções foram atingidas com apenas 6 meses de operação, o que representa um alta eficiência na remediação.

As concentrações desses compostos foram reduzidas a ponto da análise de risco da área aplicada ter apresentado resultado aceitável contra os riscos e cenários estudados.



**Figura 2.** Concentrações máximas observadas para os compostos de interesse antes e após 6 meses de operação

Já a **Figura 3**. mostra a evolução do sistema em perfil, considerando o espalhamento dessa pluma de contaminantes antes do início da operação e após 6 meses de operação do sistema, onde a destruição dos compostos fica mais evidenciada. Nessa pluma, foi feita uma superposição de 4 compostos orgânicos, o Cloreto de Vinila, o O-xileno e o 4,7-Metano-1H-Indeno



**Figura 3.** Evolução em perfil da contaminação da área a cada 3 meses.

#### 4. CONCLUSÃO

O método de remediação aplicada apresentou bons resultados para destruição de massa de contaminante aromáticos e organoclorados presente no meio subterrâneo chegando a degradar 96% para o Benzeno. A grande vantagem desse tipo de remediação é que não se gera uma resíduo secundário que necessita ser tratado, facilitando o processo de remediações emergenciais e eliminando um custo a mais com tratamento de resíduos em projetos desse tipo.

#### 5. REFERÊNCIAS

- LFR-Levine Fricke. (s.d.). **Introduction to Ozone Injection Technology**. Raritan , New Jersey, USA.
- Nimmer, M. A. (2000). **In-Mu Ozonation of Contaminated Groundwater. Environmental Progress**, 183-195.
- Siegrist, R. L. (2011). **In Situ Chemical Oxidation for Groundwater Remediation**. Springer.