

TEMA: Técnicas de Remediação de Solos e Águas Subterrâneas; Bioremediação.

Biorremediação In Situ de Cloroetenos em um Aquífero Costeiro

William A. Newman^{1*}, Jeffrey Hanson & Laura V. Tani

¹ RNAS Remediation Products, Mineápolis, MN, EUA

*Autor correspondente: bill.newman@rnasinc.com

Resumo

Em 2008, uma área contaminada no estado da Califórnia, costa oeste dos Estados Unidos da América, foi identificada com uma fonte de contaminação que consiste numa fase líquida densa não aquosa (DNAPL, sigla em inglês) com organoclorados. Considerando que o tratamento por redução química através da Biorremediação Anaeróbica Aprimorada In Situ (EISB, sigla em inglês para "*Enhanced In Situ Bioremediation*"), uma tecnologia de remediação por redução química aceita e utilizada há mais de 20 anos em diversos países, foi decidido que seria uma excelente opção para o site. Entre janeiro de 2009 e agosto de 2010, foram injetados quase 300.000 kg de produtos combinados, o óleo vegetal emulsionado (EVO, sigla em inglês "*Emulsified Vegetal Oil*"), uma cultura de bioadição e bicarbonato de sódio numa rede de poços na fonte de contaminação e em seis biobarreiras sob a pluma. A decloração completa de TCE a eteno foi observada nos poços de injeção da área da fonte de contaminação, nos poços das biobarreiras e nos poços da atenuação natural monitorada instalados a jusante das áreas de tratamento. No entanto, as concentrações dos produtos de degradação (DCE e VC) ainda estavam elevadas, com indícios que estejam se movendo na fase dissolvida. Portanto, devido a presença de sulfato natural, foi estabelecido que injeções extras de óleo emulsionado a serem implementadas a cada dois ou três anos para manter ativa a tecnologia EISB.

Palavras-Chave: Biorremediação, Anaeróbica, In Situ, EISB, Biobarreiras, Cloroetenos.

O site contaminado é caracterizado por camadas solos de areia fina, tendo o tricloroetano (TCE) como contaminante principal, concentrações acima de 250 ppb na pluma dissolvida, em profundidades variando entre 18 e 52 m, abrangendo cerca de 30 hectares e se estendendo por quase 1 km a jusante da fonte de contaminação, o que ultrapassou os limites do terreno. É de conhecimento comum que, em condições anaeróbicas, muitas espécies de bactérias são capazes de reduzir o TCE em dicloroetileno nas formas cis e trans (DCE), porém a redução adicional de DCE a eteno somente é possível quando bactérias promovam a decloração estejam presentes (*Dehalococcoides* ou *Dhc*).

Para este caso, foi selecionada a redução química por EISB, com tecnologias de bioestimulação (doador de elétrons) e bioaugmentação (adição de microrganismos). Considerando uma combinação do EVO da RNAS Remediation Products (Newman Zone) para tratar a fonte de contaminação e a pluma dissolvida neste site. Alguns locais não possuem populações naturais suficientes da *Dhc* para o tratamento efetivo de DCE. Por isso, foi necessária a injeção de uma cultura de bioadição (*Dhc* KB-1) para ativar a remediação do site, até que um número ótimo de células de microrganismos *Dhc* seja alcançado. No entanto, a atuação dos microrganismos (*Dhc*) depende das condições ideais de pH para concluir a biodegradação dos organoclorados. O pH inicial pode ser ajustado, com a injeção de bicarbonato de sódio para subir a níveis aceitáveis (ficando na faixa neutra, entre 6,5-7,5), pois ao aumentar o pH da água subterrânea os microrganismos conseguem sobreviver e se multiplicar.

Em 2008, foi projetada a estratégia de tratamento para permitir uma melhor distribuição dos produtos no site. Assim sendo, o sistema de injeção foi dividido em uma rede de 56 poços de injeção localizados diretamente sobre a fonte de contaminação, além de seis biobarreiras distribuídas ao longo da extensão da pluma dissolvida, com um total de 154 poços, conforme mostrado abaixo na **Figura 1**. Estes poços foram instalados em determinados ângulos do fluxo de água subterrânea, com o intuito de tratar diretamente na direção do espraiamento da pluma dissolvida.

Entre janeiro de 2009 e agosto de 2010, um total de aproximadamente 286.000 kg da emulsão dos

produtos foram injetados na fonte de contaminação e nas seis biobarreiras sob a pluma, que permitiram a decloração completa de TCE a eteno, inclusive nos poços da atenuação natural monitorada instalados a jusante das áreas de tratamento, como pode ser observado nas **Figuras 2 e 3**. No entanto, porções significativas da pluma dissolvida permaneceram com elevadas concentrações dos produtos de degradação (DCE e VC), com indícios que estejam se movendo na fase dissolvida.



Figura 1 – Estratégia de tratamento e localização dos pontos de injeção na fonte e na pluma.

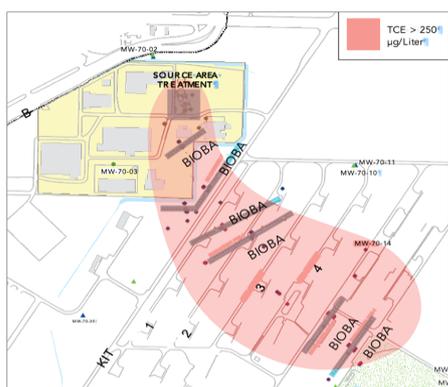


Figura 2 – Extensão da pluma de TCE em 2008.

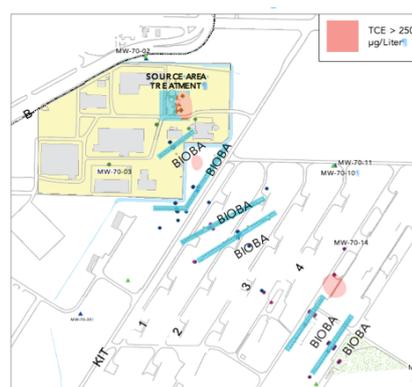


Figura 3 – Extensão da pluma de TCE em 2012.

Além disso, existem indícios de que alguns compostos como TCE, DCE e VC na fase dissolvida estejam se movendo para o norte da biobarreira SHB-3. A instalação de poços de injeção adicionais também foi sugerida para delimitar esta barreira na direção norte. Os resultados da modelagem preveem a necessidade de manutenção das zonas de tratamento EISB em até 15 anos, para que a maioria dos contaminantes dissolvidos que atravessassem as biobarreiras e possam ser reduzidos a eteno.

Entretanto, o tratamento dentro da fonte de contaminação pode ser melhorado por meio da instalação de poços de injeção adicionais em alguns locais que aparentam ser resistentes ao tratamento. O fluxo relativamente alto de sulfato natural requer injeções de óleo emulsionado a serem implementadas a cada dois ou três anos para manter ativa a tecnologia EISB.

Referências

Air Force Center for Environmental Excellence (AFCEE). 2007. *Protocol for Bioremediation of Chlorinated Solvents Using Edible Oil*. Acedido em: 20 de Maio de 2022, em: <https://clu-in.org/download/remed/Final-Edible-Oil-Protocol-October-2007.pdf>

Office of Solid Waste and Emergency Response (US EPA). 2013. *Introduction to In Situ Bioremediation of Groundwater*. Acedido em: 20 de Maio de 2022, em: <https://semsubpub.epa.gov/work/11/171054.pdf>