

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO OXIDANTE PERSULFATO DE POTÁSSIO ASSOCIADO A TÉCNICA DE ELETROCINESE

Lilian Puerta Machado Silveira¹; Bruna Oliveira Agostinho ²; Ellen Caroline Puglia Leite ³; Yasmin Cosme Lima ³; Tatiana Satiko Terada Horimouti ³; Sheila Aparecida Correia Furquim⁴; Juliana Gardenalli Freitas ⁵

RESUMO

A oxidação química é uma técnica para remediação de solos e água subterrâneas, porém, para a sua eficiência, é fundamental promover o contato do contaminante com o oxidante. Para promover o contato, a injeção de oxidantes pode ser associada com a técnica de eletrocinese. Esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dessa associação, bem como sugerir uma forma de aplicação das mesmas. Foram realizados ensaios em um modelo 2D simulando a injeção de persulfato com e sem a aplicação da eletrocinese em um meio não-reativo. Os resultados indicaram que a eletrocinese consegue arrastar o oxidante para a região de interesse, aumentando a velocidade de migração em aproximadamente 60% e que a injeção do persulfato anterior à aplicação da corrente elétrica mantém sua persistência, permitindo o seu alcance em maiores distâncias.

Palavras-chave: oxidação química, eletrocinese, persulfato

ABSTRACT

Chemical oxidation is a technique for soil and groundwater remediation, however, to be effective, the oxidant must contact the contaminant. To achieve this, the oxidant injection may be associated with electrokinetic. This study aimed to evaluate the effects of this association and propose a way for implementation. Tests were performed on a 2D model simulating the injection of persulfate with and without electrokinetic. Electrokinetic was capable of directing the oxidant to the region of interest, increasing migration speed by approximately 60% and that the injection of persulfate prior to the application of electrical current maintains its persistence, allowing a long distance migration.

Keywords: chemical oxidation, electrokinetic, persulfate

1

Afiliação: ¹ Estudante do curso de mestrado em Análises Ambientais Integradas - UNIFESP; e-mail: li.puerta.machado@gmail.com; ² Estudante do curso de graduação de Engenharia Química – UNIFESP; ³ Estudante do curso de graduação em Ciências Ambientais; ⁴ Docente da UNIFESP; ⁵ Docente da UNIFESP; e-mail: jgfreitas@unifesp.br.

1 – INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A oxidação química é uma técnica para remediação de solos e águas subterrâneas contaminados com compostos orgânicos e envolve a injeção de espécies químicas nos meios impactados que irão transformar contaminantes orgânicos em espécies menos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente [1]. Dentre os oxidantes, pode-se citar o persulfato, que vem se destacando pela sua eficiência na oxidação de compostos orgânicos, maior estabilidade e menor reatividade com a matéria orgânica, se comparado a outros oxidantes como o permanganato de potássio [2, 3]. No entanto, o maior desafio da oxidação química é promover o contato do contaminante com oxidante [1]. Para superar esta limitação, alguns estudos estão associando a oxidação química a eletrocinese, que é uma técnica baseada na aplicação de corrente elétrica. Alguns dos efeitos gerados pelo potencial elétrico aplicado envolvem a dessorção dos contaminantes, eletromigração das espécies dissolvidas e geração de fluxo eletroosmótico [4]. Destaca-se que a eletrólise da água gera frentes ácidas e alcalinas, promovendo modificações significativas no pH.

No caso da aplicação conjunta com o oxidante persulfato, a aplicação da corrente elétrica pode ter efeitos positivos e negativos para a remediação. Os efeitos positivos estariam associados à possibilidade de direcionar a migração do oxidante para as regiões de interesse, e uma possível ativação alcalina do persulfato aumentando seu potencial de oxidação através da geração de radicais mais reativos. Por outro lado, a ativação e, portanto, maior reatividade do persulfato pode causar uma diminuição na persistência e no raio de influência, aumentando o custo e o tempo da remediação.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos, tanto positivos quanto negativos, da associação das duas técnicas, bem como sugerir uma melhor forma de aplicação das mesmas quando associadas.

2 - METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no Laboratório Multidisciplinar de Águas e Solos da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e foram realizados testes de visualização em modelo bidimensional em duas etapas: 1) avaliação do comportamento do persulfato quando injetado sem adição da eletrocinese e 2) persulfato em conjunto com a eletrocinese, nas mesmas condições do Ensaio 1. Os testes utilizaram esferas de vidro de granulometria

entre 250 e 500 *mesh* representando um solo homogêneo e não reativo, e água sintética representando a água subterrânea, com fluoresceína como traçador. O ensaio com a aplicação da corrente elétrica teve a adição de cloreto de sódio (33 mg/L), visando a criação de uma água de maior condutividade elétrica e que permitisse a condução da corrente.

Os testes foram realizados em modelos 2D que contém diversos pontos de amostragem espaçados em uma malha quadrática e uma parede de vidro na parte frontal, que permite a visualização da migração do oxidante. Para a aplicação da corrente contínua utilizou-se uma fonte de energia de 30V e eletrodos de grafite (ânodo e cátodo). Em ambos os ensaios, foi injetado 50 mL de uma solução de persulfato de potássio (14 g/L) contendo cloreto de potássio (500 mg/L). Os ensaios foram avaliados visualmente e através dos resultados de persulfato e cloreto (utilizado como traçador do persulfato).

3 – RESULTADOS

No primeiro ensaio a injeção ocorreu na franja capilar e indicou migração descendente do persulfato. No segundo ensaio, a injeção ocorreu praticamente na zona saturada e em um poço localizado próximo ao cátodo, já que ensaios preliminares indicaram que este seria o melhor local de injeção. Neste segundo ensaio, verificou-se migração ascendente do oxidante em direção ao ânodo que estava posicionado na franja capilar, comprovando que a eletrocinese pode arrastar o oxidante para as regiões de interesse.

Em ambos os ensaios, a velocidade inicial do fluxo da água sintética foi regulada para 5,75 cm/s. Essa velocidade foi mantida constante no primeiro ensaio e ficou coerente com a velocidade de migração da pluma. No segundo ensaio, observou-se que a velocidade de migração da pluma de persulfato teve um aumento de 60%, chegando a 7,8 cm/s. Ao longo do ensaio, em função das reações de eletrólise da água, verificou-se que a região da franja capilar próxima ao cátodo, começou a secar e com isso a velocidade de migração da pluma apresentou redução, sendo necessário finalizar o ensaio.

Para evitar que a frente alcalina entrasse em contato com o persulfato imediatamente, a injeção de persulfato ocorreu 30 minutos antes da aplicação da corrente elétrica. Os resultados indicaram que tal procedimento garantiu a manutenção da massa de persulfato sendo detectado em até 83% da concentração injetada após 3 h de ensaio e

64% após 5 h de ensaio, ou seja, os efeitos negativos da associação das duas técnicas foram minimizados com a injeção do oxidante anterior a aplicação da corrente elétrica.

4 – CONCLUSÕES

Foi verificado que a eletrocinese pode promover a migração do persulfato para regiões de interesse, bem como aumentar a velocidade de migração. Os efeitos negativos esperados de uma possível ativação do mesmo não ocorreram, sendo esta questão solucionada pela injeção do persulfato antes da aplicação da corrente elétrica.

5 – AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido com o apoio da FAPESP no projeto 2011/12158-2 e com a bolsa de mestrado fornecida pela CAPES.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Fan, G., Cang, L., Fang, G., Qin, W., Ge, L., Zhou, D. (2014). *Electrokinetic delivery of persulfate to remediate PCB's polluted soils: Effect of injection spot*. Chemosphere, 117 (410 – 418).
- [2] Rodriguez, C.P.M., (2006). *A influência das características dos solos na remediação de solos contaminados através de processos oxidativos avançados com persulfato e reagente de fenton*. Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental – PROCAM. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [3] Bjerg, P.L. (2008). *In Situ Chemical Oxidation – State of the Art*. ATV Jord og Grundvand. Schaeffergarden, Gentofte.
- [4] Acar, Y. B, Gale, R.J., Alshwabkeh, A.N., Marks, R.E, Puppala, S., Bricka, M., Parker, R. (1995) *Electrokinetic remediation: Basics and technology status*. Journal of Hazardous Materials, 40 (117-137).