

Adsorção do arsênio dissolvido em águas de drenagens ácidas mineiras por um óxido de ferro (ferrihidrita)

N. Silva (1), R. Fonseca (2), T. Valente (3), C. Pinho (2)

(1) Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Laboratório AmbiTerra, Évora, Portugal, motasilva.n@gmail.com

(2) Universidade de Évora, Instituto de Ciências da Terra, Laboratório AmbiTerra, Évora, Portugal

(3) Universidade do Minho, Instituto de Ciências da Terra, Braga, Portugal

Summary: The abandonment of mining areas without any planning to mitigate possible environmental damage, generated a scenario marked by serious impacts on water systems, among which are high metal content and acid drainage. The aim of this work is to evaluate the ability of a hydrated iron oxide (ferrihydrite) in retaining arsenic present in contaminated watercourses. Laboratory scale tests were carried out under conditions found in acidic waters at Mina de São Domingos, a former mining area inserted in the northern sector of the Iberian Pyrite Belt (IPB). Along the main water line of the region, pH values of 2 and dissolved arsenic concentrations of 32.3 mg/L were found.

Key words: adsorption, ferrihydrite, mining acid drainage, arsenic

Palavras-chave: adsorção, ferrihidrita, drenagem ácida mineira, arsênio

Introdução

A exploração de depósitos minerais expõe à superfície terrestre rejeitos e resíduos de rochas, que ao entrarem em contato com a atmosfera, tornam-se quimicamente instáveis. Em uma pilha de estéril contendo espécies minerais reduzidas, como a pirita, a qualidade da água drenada é em grande parte determinada pelos efeitos dos processos geoquímicos que controlam as taxas de intemperismo mineral e dos processos hidrológicos que controlam o fluxo insaturado. Entre as consequências da oxidação de minerais de sulfeto está a liberação de altas concentrações de SO_4^{2-} , H^+ e metais dissolvidos nas águas de drenagem das regiões mineiras (Smith & Beckie, 2003; Ptacek & Blowes, 2003).

O objetivo deste trabalho é avaliar o óxido de ferro hidratado sob a forma de ferrihidrita na capacidade de retenção do arsênio presente em águas de drenagem ácida mineira através do processo físico-químico da adsorção. A utilização de materiais de baixo custo, elevada disponibilidade na natureza e comprovada eficiência traria uma solução para a reabilitação de sistemas de águas degradados. Além disso, contribuiria para uma estratégia de economia circular baseada na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia.

Materiais e Métodos

A ferrihidrita utilizada neste trabalho é o resíduo do tratamento passivo das águas de drenagem ácida da mina de Jales, antiga área mineira situada na região

norte de Portugal. Sua capacidade de adsorção foi analisada por meio de ensaios cinéticos e de coluna de leito fixo. Os ensaios foram elaborados a partir da análise e coleta das águas das drenagens ácidas da Mina de São Domingos, inserida na Faixa Piritosa Ibérica (FPI) e representativa de impactos ambientais causados por antigas instalações de atividades mineiras (Figura 1). Ao longo da principal linha de drenagem na região, foram encontradas águas com valores de pH próximos a 2 e concentrações de As até 32,3 mg/L.

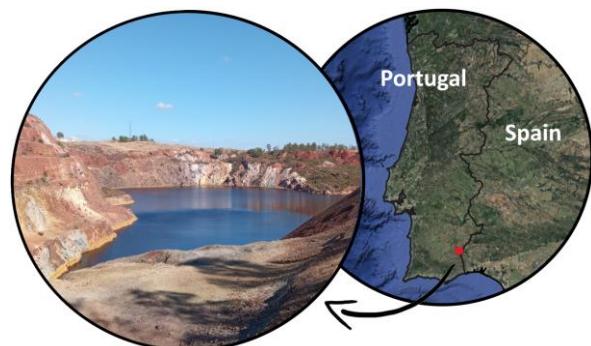


Fig. 1. Localização aproximada da Mina de São Domingos.

O objetivo do ensaio cinético foi o de avaliar o comportamento da ferrihidrita durante o processo de adsorção e verificar a remoção do As ao longo do tempo. A execução deste ensaio ocorreu através do contato direto entre o material sólido e soluções monoelementares de As produzidas em laboratório. Estas soluções apresentavam valores de pH próximo a 2 e concentração de As de 32 mg/L, correspondentes

ao ponto mais crítico das águas da Mina de São Domingos. Como certos elementos tendem a permanecer em solução quando em soluções que apresentam valores de pH muito baixos, foram realizados, também, ensaios com pH próximo a 7. As soluções ficaram em agitação com os materiais adsorventes por 0,5h; 1h; 2h; 6h; 12h e 24h. Ao final dos tempos pré-determinados, foram analisadas para verificação das possíveis diminuições das concentrações de As.

Posteriormente, colunas preenchidas com a ferrihidrita foram percoladas pelas próprias águas coletadas nas drenagens ácidas da Mina de São Domingos para simular e avaliar o comportamento da ferrihidrita em uma situação real. Foram utilizados 5 litros das águas coletadas, que percolaram durante 17 horas pelas colunas, com uma coleta de água por hora.

Discussão e Resultados

O ensaio cinético realizado com a solução monoelementar e valor de pH próximo a 2 mostrou grande eficiência na remoção do arsênio da solução. Após 24 horas de agitação, aproximadamente 86% do As havia sido removido. Em contrapartida, apenas 32% do elemento foi retirado da solução que apresentava a mesma concentração, mas valores de pH próximos ao neutro. A alta taxa de remoção em soluções de baixo pH pode estar relacionada com a atração eletrostática entre os oxiâniões de As e uma eventual carga positiva na superfície dos óxidos de ferro. Associado a isto, há a elevada afinidade química entre o As e o Fe, principal elemento da composição da ferrihidrita. A diminuição da remoção do As com o aumento do pH está relacionada à competição pelos locais de adsorção entre o grupo hidroxila (OH^-) e as espécies As(V), que constituem as principais formas dos oxiâniões de As.

No segundo ensaio, ao se percolar as águas coletadas na Mina de São Domingos pelas colunas preenchidas com ferrihidrita, houve um aumento significativo e

crescente do arsênio ao longo do tempo, chegando a apresentar valores quatro vezes maiores que a concentração inicial. Isto indica que as águas ácidas removeram o As contido na ferrihidrita, tornando o efluente mais concentrado. Neste caso, o aumento da concentração de As no efluente pode estar também relacionado com a presença abundante de ânions de sulfato na solução ácida inserida nas colunas. O sulfato pode ter sido adsorvido pelos óxidos de ferro em pH baixo, gerando uma competição com o arsenato pelos sítios de adsorção existentes na superfície da ferrihidrita.

Adsorção do As pela ferrihidrita

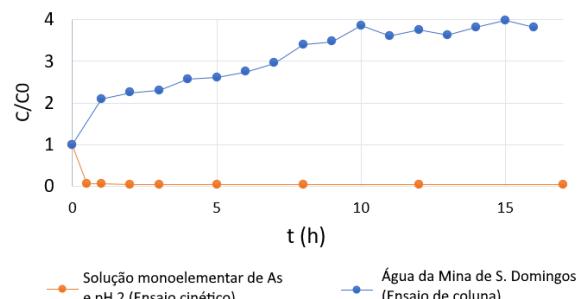


Fig. 1. Gráfico dos ensaios cinético e de coluna.

Conclusões

A remoção do As das águas contaminadas mostrou-se fortemente dependente do pH da solução. Isto ocorre devido às mudanças nas propriedades da superfície dos materiais e da composição da solução com a variação do pH. A ferrihidrita apresentou maiores taxas de remoção em soluções monoelementares de As em ambiente ácido, visto que a forma mais comum encontrada do As em ambientes como a Mina de São Domingos é a pentavalente, referido como o ânion arsenato (AsO_4^{3-}). Os ensaios de coluna mostraram que a concorrência entre os íons no preenchimento dos locais de adsorção dos materiais pode alterar significativamente a eficiência de remoção dos elementos.

Agradecimentos:

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto Nano-MINENV - MINERAIS COM RELEVÂNCIA AMBIENTAL EM SISTEMAS CONTAMINADOS POR DRENAGEM ÁCIDA: PROPRIEDADES E REATIVIDADE À ESCALA NANOMÉTRICA, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES e cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, Portugal 2020.

Referências

- Ptacek, C. J. & Blowes, W. D. (2003). Geochemistry of Concentrated Waters at Mine-Waste sites. In: J. L. Jambor, D. W. Blowes & A. I. M. Ritchie (eds.). Environmental Aspects of Mine Wastes. Short Course Handbook Vol. 31, Mineralogical Association of Canada, Ottawa, 239-260.
- Smith, L. & Beckie R. (2003). Hydrologic and Geochemical Transport Processes in Mine Waste Rock. In: J. L. Jambor, D. W. Blowes & A. I. M. Ritchie (eds.). Environmental Aspects of Mine Wastes. Short Course Handbook Vol. 31, Mineralogical Association of Canada, Ottawa, 51-72.