

Estudo de solubilização de ouro utilizando tiosulfato produzido por rota biotecnológica

Gold solubilisation Study using Thiosulphate out of biotechnological route

Thuanny Honório Soares

Bolsista Capacitação Institucional, Técnico em Química, IFRJ
tsoares@cetem.gov.br

Luís Gonzaga Santos Sobral

Orientador, Engenheiro Químico, Ph.D
lsobral@cetem.gov.br

Resumo

Nos últimos anos, o uso de tiosulfato tem sido considerado a alternativa mais atraente ao cianeto na lixiviação de ouro, com muitas pesquisas sendo realizadas em todo o mundo. Isto se baseia, principalmente, na sua baixa toxicidade e à sua utilização potencial em minérios com elevados teores de carbono, sujeitos ao efeito "pregrobbing" e que não podem ser facilmente tratados por cianetação convencional. O processo de lixiviação com tiosulfato na extração de ouro vem sendo revisto em termos do mecanismo de lixiviação, da termodinâmica, e da estabilidade do tiosulfato e opções de recuperação de ouro. Esse trabalho tem como objetivo realizar um estudo de lixiviação de ouro utilizando tiosulfato produzido por rota biotecnológica foi feito, em um primeiro momento, um pré-tratamento no minério (bio-oxidação) que visou reduzir o teor de sulfeto mineral.

Palavras chave: Ouro, bio-oxidação, tiosulfato

Abstract

In recent years, thiosulphate has been considered the most attractive alternative to cyanide for leaching gold, with many investigations taking place around the world. This is primarily based on its low toxicity and its potential use on 'preg-robbing' carbonaceous ores that cannot be readily treated by conventional cyanidation. The thiosulphate leaching process for gold and silver extraction has been reviewed in terms of the leaching mechanism, thermodynamics, thiosulphate stability and gold recovery options. This work study of gold leaching using thiosulphate produced by biotechnological route, an initial pre-treatment in the ore (bio-oxidation) was made, which aimed at reducing the content of mineral sulphide.

Key words: Gold, bio-oxidation, thiosulphate

1. INTRODUÇÃO

A cianetação é uma técnica conhecida desde o final do século passado, 1887 e, até hoje, é o processo mais utilizado pela maioria das mineradoras do mundo. O cianeto, quando na presença de um agente oxidante, o oxigênio do ar atmosférico, tem a capacidade de oxidar e dissolver o ouro produzindo um sal solúvel à base de

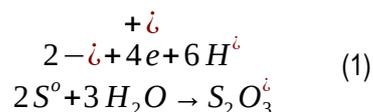
ouro, sódio e cianeto. Entretanto o cianeto de sódio é um composto altamente tóxico e pode ser letal ao homem e ao meio ambiente.

Diante desse cenário diversos estudos vêm sendo realizado visando o desenvolvimento de rotas tecnológicas, dentre os processos hidrometalúrgicos, que podem ser utilizados na extração de ouro, está a lixiviação com tiosulfato. Em escala industrial, o tiosulfato de sódio é produzido, principalmente, a partir de efluentes líquidos da fabricação do sulfeto de sódio ou corantes de enxofre. Um dos principais problemas da lixiviação com tiosulfato é o elevado consumo desse reagente durante a extração; além disso, o processo é geralmente lento (HILSON e MONHEMIUS, 2005). Ainda assim, sua utilização tem sido considerada como uma rota

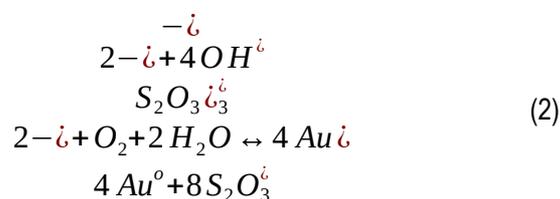
alternativa à cianetação considerando a toxicidade do cianeto e o fato do uso ou transporte de cianeto ser proibido em alguns países. Dentre os esforços que têm sido envidados pelo grupo de pesquisa em biohidrometalurgia do CETEM, no desenvolvimento de rotas alternativas para a extração de ouro, está a pesquisa que visa o desenvolvimento de um processo biotecnológico de produção de tiosulfato (Oliveira, 2018).

Nos processos biológicos de oxidação de compostos reduzidos de enxofre, o tiosulfato é produzido, como um intermediário de reação.

De acordo com Madigan et. al., (2004) ocorre à geração de tiosulfato durante a bio-oxidação do enxofre elementar por bactérias dos gêneros *Thiobacillus* e *Acidithiobacillus*, conforme a Equação 1, a seguir.

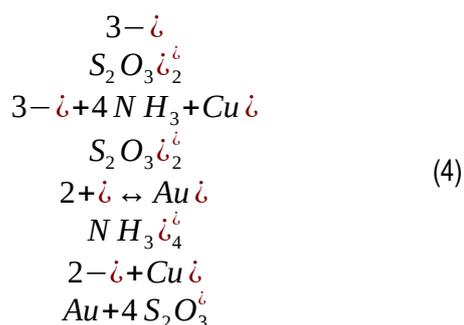
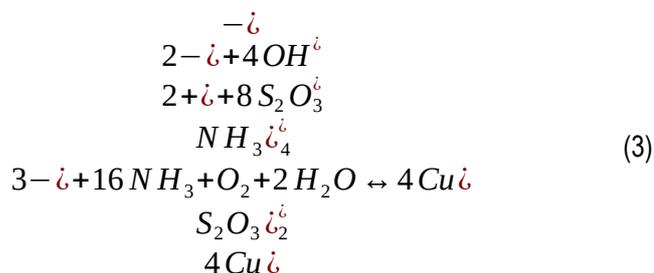


Em pH baixo (inferior a 4) o tiosulfato é instável e sua taxa de decomposição química depende da concentração. Nas culturas em ambiente limitado em tiosulfato, a taxa de decomposição química é insignificante em comparação à taxa de bio-oxidação do tiosulfato devido às baixas concentrações de substrato residual. Da mesma forma, se o ouro estiver presente no sistema, para formar um complexo estável com o tiosulfato, que reage com o ouro, na presença de oxigênio, antes de ser oxidado fazendo, dessa forma, com que o ouro em seu estado elementar (Au^0) seja solubilizado. O ouro se dissolve em solução alcalina de tiosulfato usando o oxigênio dissolvido como agente oxidante para formar o complexo com $Au(I)$, como mostra a Equação 2, a seguir.



Para que a reação de solubilização do ouro aconteça é necessário, ainda, a presença de oxigênio que é o agente oxidante. O tiosulfato atua como agente complexante da reação para formar um complexo aniônico com íons $Au(I)$.

A taxa de dissolução depende das concentrações de tiosulfato e oxigênio e da temperatura. Essa taxa de lixiviação é aumentada na presença de cobre (*i.e.*, soluções amoniacais de tiosulfato de cobre), como demonstrado por Zipperian *et al.*, 1986, que propuseram a seguinte reação (Equações 3 e 4):



Nos minérios que contêm elevados teores de sulfetos minerais, uma prática comum é realizar um pré-tratamento que pode ser a ustulação, lixiviação sob pressão ou bio-oxidação.

2. OBJETIVO

Avaliar a solubilização de ouro a partir da utilização de tiosulfato produzido por rota biotecnológica com controle analítico do processo.

3. METODOLOGIA

O pré-tratamento do minério de ouro consistiu na bio-oxidação utilizando um micro-organismo capaz de oxidar ferro e compostos reduzidos de enxofre cultivado sob temperatura de 35°C. Esse tratamento teve como objetivo reduzir o teor de sulfeto mineral contido no minério, e, dessa forma, aumentar a eficiência do processo extrativo, visto que sulfetos minerais também reagem com o reagente utilizado na lixiviação do ouro.

Previamente ao ensaio de bio-oxidação foi feita a adaptação do micro-organismo a partir de subcultivos sucessivos nos quais se aumentava, gradativamente, a quantidade de minério de ouro enquanto se reduzia, na mesma proporção, a concentração de fonte solúvel de energia. Dessa forma, o micro-organismo se acostumou a utilizar, como fonte de energia, os sulfetos minerais contidos no minério. Uma vez adaptado, o cultivo foi utilizado no experimento de bio-oxidação que foi realizado em frasco Erlenmeyer contendo os sais básicos do meio de cultivo MKM [(NH₄)₂SO₄ 0,4 g.L⁻¹; MgSO₄.7H₂O 0,4 g.L⁻¹ e K₂HPO₄ 0,04 g.L⁻¹] dissolvidos em água destilada e com pH ajustado para na faixa de 1,7 a 1,8 com H₂SO₄. A esse sistema foi adicionado 10% p/v de minério de ouro. Os frascos foram incubados sob temperatura de 35°C e agitação orbital de 150 rpm, por um período de 21 dias. Como monitoramento do processo foram feitas medidas de pH e Eh, além das amostragens para análise das concentrações de Ferro e Sulfato.

Para os ensaios de lixiviação do ouro foi utilizado a rota biotecnológica; para tanto foi utilizado uma bactéria oxidante de enxofre, mais especificamente do gênero *Thiobacillus thioeparus*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento de bio-oxidação

Durante os 28 dias de processo observou-se a contínua solubilização de ferro e de enxofre, conforme mostrado na Figura 1.

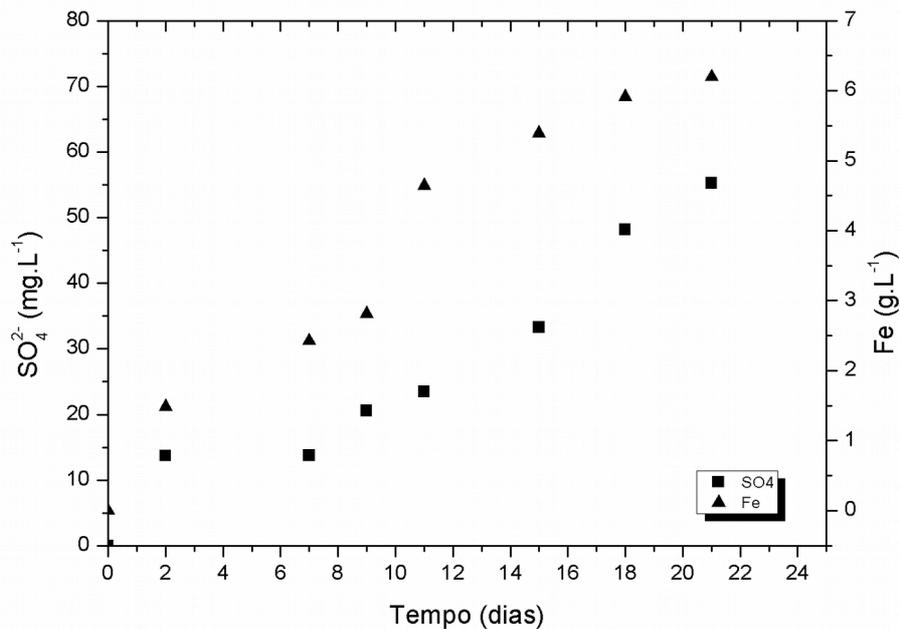
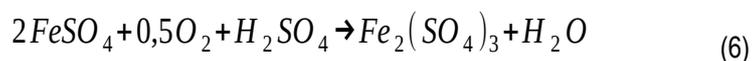
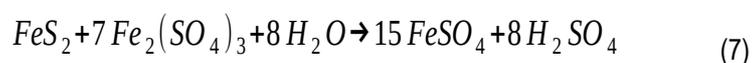


Figura 1. Solubilização de Ferro e de enxofre no experimento de bio-oxidação de minério de ouro.

Os micro-organismos oxidante de ferro promoveram a dissolução da pirita e da arsenopirita que compõem o minério em estudo, conforme mostra as Equações 5 e 6 (Oliveira, 2009).



O sulfato férrico, gerado a partir da Equação 6, é um eficiente agente lixiviante/oxidante, capaz de promover a dissolução de sulfetos minerais em geral, retornando ao estado ferroso, como mostra a Equação 7 (YAHYA e JOHNSON 2002).



A Figura 2 mostra a variação de pH ao longo do experimento. Nota-se a elevação do pH durante as primeiras 24 horas do seu início, sendo necessário adicionar uma quantidade de ácido equivalente a 24 kg de H₂SO₄ por tonelada de concentrado para ajustar o pH para 1,8.

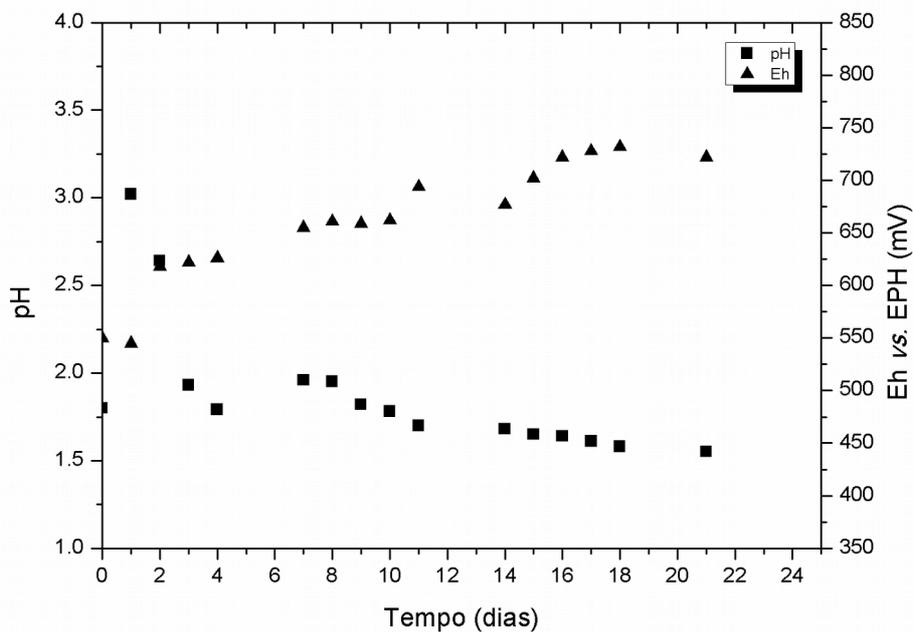


Figura 2. Variação de pH e de potencial redox no experimento de bio-oxidação de minério de ouro.

À medida que o processo oxidativo acontece, ocorre a geração de ácido no sistema reacional como consequência da reação de oxidação da pirita e, dessa forma, o pH se mantém em valores inferiores a 3,0 que é apropriado para evitar a precipitação de íons férricos que podem comprometer a eficiência do processo.

5. CONCLUSÃO

O micro-organismo oxidante de ferro utilizado no experimento de bio-oxidação foi capaz de solubilizar parte do ferro e do enxofre contido no minério na estrutura de sulfetos minerais. Com a redução do teor de sulfetos, foi possível perceber o aumento da eficiência do processo de extração de ouro.

6. OUTRAS ATIVIDADES

Durante ao longo do ano várias atividades foram desenvolvidas no laboratório além do trabalho que foi proposto, dentre eles foram destacados os principais citados abaixo.

6.1 Projeto: “Lixiviação de minério aurífero: uma abordagem tecnológica” (Oliveira, 2018).

Este estudo avaliou o potencial do uso de uma cepa de *Thiobacillus thioparus* na lixiviação de um concentrado aurífero no qual os principais sulfetos minerais presentes são: pirita (FeS₂), pirrotita (Fe(1-x)S) e arsenopirita (FeAsS). Preliminarmente, foram realizados ensaios de bio-oxidação em frascos agitados para promover a dissolução dos sulfetos minerais. O sólido remanescente foi submetido ao processo de extração de ouro em ensaios nos quais foi utilizado enxofre elementar (S⁰) como matéria prima para a produção de íons tiosulfato e, conseqüente solubilização do ouro contido por meio da formação de um complexo auro-tiosulfato Au(S₂O₃)₂³⁻. Os resultados foram satisfatórios e obteve-se um máximo de 28,08% de extração de ouro após 28 dias de lixiviação. Com a realização dos experimentos de lixiviação com tiosulfato gerado por rota

biotecnológica e, diretamente, no sistema reacional, conclui-se que existe a possibilidade de sua aplicação na extração de ouro, principalmente com a utilização de concentrados finamente cominuídos. Contudo, essa rota biotecnológica carece de estudos mais aprofundados, considerando, dentre outros parâmetros, o emprego de outras cepas bacterianas e a condução de experimentos de modo contínuo.

6.2 Organizações de Laboratório

Foi feita toda organização e inventario dos equipamentos e reagentes para o laboratório que ficou pronto após do incêndio.

6.3 Otimização de um método espectrofotométrico para quantificação de alumínio

Foram feitas otimizações de análises para teste de alumínio no qual foi utilizado o método analítico de espectrofotometria para a determinação do Al^{3+} presente, utilizando eriocromo cianina R. Esse método está sendo concluído para posteriormente ser publicado.

6.4 Estudo de análise de ferro para otimização de um método espectrofotométrico para quantificação de tiocianato

Esse método de análise está sendo pesquisado para fins de futuros projetos que será necessário a utilização, onde o objetivo é estudar as propriedades colorimétricas de dois sistemas de complexação para os íons, afim de avaliar a possibilidade de sua utilização na determinação espectrofotométrica do tiocianato.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBRUZZESE C., FORNARI P., MASSIDDA R., VEGLIO F., **Ubal dini S. Thiosulphate leaching for gold hydrometallurgy**. Hydrometallurgy 1995;39:265e76.
- FENG D., VAN DEVENTER J.S.J., **Leaching behaviour of sulphides in ammoniacal thiosulphate systems**. Hydrometallurgy 2002;63: 189e200
- HILSON, G., MONHEMIUS, A.J. **“Alternatives to Cyanide in the Gold Mining Industry: What Prospects for the Future?”**, Journal of Cleaner Production, 2005.
- LIDDEL, D.M., **“Handbook of non-ferrous metallurgy - Recovery of Metals”**, vol.2 McGraw-Hill, New York, 337 (1945).
- MADIGAN, M.T., MARTINKO, J.M., PARKER, J., **Microbiologia de Brock**, São Paulo: Prentice Hall, 2004;
- OLIVEIRA, A. D. N., SOBRAL, L. G. S., OLIVEIRA, D. M. Lixiviação de minério aurífero: uma abordagem biotecnológica = Gold ore leaching: a biotechnological approach. In: ANAIS DA JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. 5p.
- ZIPPERIAN, D., RAGHAVAN, S. & WILSON, J. P. (1986), Thiosulphate technology for precious metal recovery. *Presentation at 115th AIME Convention, New Orleans, March 1986.*

8. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pela infra-estrutura, ao Programa Institucional de Bolsa de Capacitação Institucional – PCI/CNPq pela concessão da bolsa, ao meu supervisor Dr. Luis Sobral e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.