

A fração correspondente a + 400 # apresenta-se como a mais eficiente na neutralização das diversas drenagens.

Comparando-se os Gráficos 2 e 3, constatou-se que a neutralização obtida a partir da utilização da nefelina sienito, classificada a seco, é maior que a úmido. O Gráfico 4, para a rocha calcária, quando comparado com o Gráfico 3, para a drenagem – controle, demonstra que a rocha calcária é mais eficiente na neutralização. Entretanto, com a drenagem 2 (mina de carvão) as capacidades de neutralização são similares. Não havendo, até o momento, explicação para tais resultados.

6. CONCLUSÕES

A neutralização das drenagens 1 e 2 não foi completa devido a precipitação de hidróxido férrico ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) sobre a superfície do nefelina sienito bem como da rocha calcária, comprometendo a eficiência do processo.

Os resultados apresentados indicam que a eficiência de neutralização dependerá da mineralogia da fonte geradora da drenagem ácida.

BIBLIOGRAFIA

1. KIM, A.G., HEISEY, B.S., KLEINMANN, R.L.P. et al. Acid mine drainage: control and abatement research. United States Bureau of Mines, USBM IC 8905, 1982, pp.22.
2. SANCHEZ, L.E., HENNIES, W.T., MÉDICI DE ESTON, S. et al. Cumulative impact and environmental liabilities in the Santa Catarina coalfield in southern Brazil. *3rd. Int.Conf. on Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production Proceedings*. 30th August-1st September 1994, Perth: Western Australia, pp.75-85.
3. NATURAL Resources Canada. Mend Programme. <http://www.NRCan.gc.ca/Mets/MEND>.
4. HAMILTON, W.R., WOOLLEY, A.R., BISHOP, A.C. *The Hamlyn guide to minerals, rocks and fossils*. London: Hamlyn Publishing Group Limited, 1974.
5. STANDARD methods for the examination of water and wastewater. In: CLESCERI, L.S., GREENBERG, A.E., TRUSSEL, R.R. (eds.). 17th ed., Washington, D.C: APHA, AWWA, WPCF, Part 2310, 1989

Tiosulfato como Reagente Alternativo para Lixiviação de Ouro (Parte II)

Gilcelia Borges David

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UERJ

Themis Carageorgos

Orientadora, Engenheira Química, Ph.D.

RESUMO

O presente trabalho apresenta resultados preliminares do estudo de recuperação de Au de solução amoniacal de tiosulfato de sódio. Foi usado o processo de extração por solventes, e o Aliquat 336 mostrou ser em extratante efetivo para o ouro contido em solução amoniacal de tiosulfato de sódio, atingindo 100% de Au extraído em um único estágio. A lixívia de tiosulfato continha 12-15 ppm de Au. A reextração do Au do orgânico carregado não apresentou os resultados esperados, recuperando apenas 15% do Au presente.

1. INTRODUÇÃO

O estudo da utilização da solução amoniacal de tiosulfato de sódio como reagente alternativo para lixiviação do ouro foi iniciado em 1996 (Parte I) e apresentado na JIC 97, resultando no estabelecimento das melhores condições de dissolução do ouro (0,4M de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; 0,7M NH_4OH ; 0,018M CuSO_4), usando-se a técnica do disco rotativo. O ouro assim obtido necessita então ser recuperado dessa lixívia para os processos subseqüentes.

O ouro é convencionalmente recuperado no processo de cianetação por adsorção em carvão (CIP-Carbon in Pulp) ou cementação com pó de zinco (Merrill Crowe Process)¹. Entretanto, segundo a literatura pesquisada^{2,3} esses processos não foram adequados para retirar o ouro das lixívias oriundas do processo de lixiviação com tiosulfato. Assim, dando continuidade ao estudo da solução de tiosulfato como reagente alternativo para lixiviação do ouro, o processo de extração por solventes, usando-se Aliquat 336, MIBK e Alamina 336 como extratantes, foi aplicado para a recuperação do ouro da lixívia de tiosulfato. A extração por solventes tem uma cinética de reação rápida e alta capacidade de carregamento com ouro. Esses fatores têm a capacidade de reduzir os equipamentos necessários e devem diminuir as exigências de refino do produto.

O Aliquat 336 mostrou ser o extratante mais adequado, removendo 100% do ouro e 50% do cobre contido na lixívia. O cobre é um metal sempre presente no sistema tiosulfato, visto que funciona como um catalisador na reação de lixiviação do ouro e, portanto, o seu comportamento durante a extração por solventes do ouro também precisa ser monitorado. A reextração do ouro do orgânico carregado tem sido a etapa mais difícil, e os resultados mais promissores até o momento indicam a solução de NaCl 1M a 80°C como a mais eficiente para reextração, removendo cerca de 15% do ouro presente.

2. OBJETIVO

2.1 Identificar os melhores extratantes, diluentes e reextratantes no processo de extração por solventes de ouro contido em solução amoniacal de tiosulfato de sódio.

2.2. Investigar parâmetros como: pH da solução reextratante, razão orgânico/aquoso e o tempo de contato na extração/reextração.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As lixívias usadas nos testes de extração por solvente de ouro foram obtidas usando-se a técnica do disco rotativo com uma solução amoniacal de tiosulfato de sódio (0,4M Na₂S₂O₃; 0,7M NH₄OH; 0,018M CuSO₄) e foram preparadas imediatamente antes de cada teste.

As lixívias obtidas, contendo cerca de 12-15 ppm de Au e 1000-1200 ppm de Cu foram então contactadas com diferentes extratantes (MIBK, Alamina 336 e Aliquat 336), diluídos em querosene ou Ascaid, conforme o teste, em funis de separação. Esses funis foram colocados em agitador mecânico IKA Labortechnik, HS 501 digital, por determinado intervalo de tempo. Terminado o contato, e após separação das fases, a fase aquosa foi analisada por espectrofotometria de absorção atômica para determinação do seu teor em Au e Cu. A concentração desses elementos na fase orgânica foi então calculada por diferença. A seguir, a fase orgânica carregada foi contactada, usando o mesmo procedimento citado para a extração, com diversas soluções reextratantes (H₂SO₄, HCl, NaOH, NaCl, etc). Após a separação das fases, a fase aquosa foi também analisada para a determinação das concentrações de Au e Cu reextraídas.

Testes com condicionamento prévio do extratante:

Nos testes com condicionamento prévio do extratante, no caso a Alamina 336, a mesma foi misturada a uma solução de tiosulfato de sódio 0,4M por determinado intervalo de tempo para a obtenção do respectivo sal de amina, que então foi utilizado como extratante.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Extração

A Tabela 1 mostra os testes realizados para a determinação do melhor extratante de ouro da lixívia amoniacal de tiosulfato.

Tabela 1 - Condições experimentais e resultados dos testes de extração por solvente de Au com MIBK, Alamina 336 e Aliquat 336

Testes	Extratante	Diluyente	Razão Extr/Di	Razão O/A	Au(%)	Cu(%)
1	MIBK	Querosene	1:1	1:1	0	0
2	MIBK	Ascaid	1:1	1:1	0	0
3	Alamina 336	Querosene	1:1	1:1	0	11,35
4	Alamina 336	Ascaid	1:1	1:1	0	19,64
5	Alamina 336**	Querosene	1:1	1:1	1	1
6	Aliquat 336	Ascaid	1:1	1:1	100	*
7	Aliquat 336	Querosene	1:1	1:1	100	*
8	Aliquat 336	Querosene	1:1,5	1:1	97	*
9	Aliquat 336	Querosene	1:3	1:1	97	*
10	Aliquat 336	Querosene	1:9	1:1	98	*
11	Aliquat 336	Querosene	1:19	1:1	100	*

* O cobre não pôde ser monitorado devido a problemas de precipitação do mesmo na lixívia.

** Com condicionamento prévio

O MIBK (Metilisobutilcetona) foi utilizado para os testes preliminares de extração por solventes do ouro de soluções amoniacais de tiosulfato. Esse reagente atua por solvatação do metal com simultâneo deslocamento das moléculas de água e formação de um complexo neutro, através de associação de íons³. A escolha se baseou no fato do MIBK ser um extratante comercial de ouro já utilizado para extração de ouro em análise química.

Contudo, o MIBK não mostrou-se um bom extratante para o ouro nas condições experimentais utilizadas.

As aminas foram apontadas^{1,3,4} como extratantes seletivos para Au e, portanto, a Alamina 336 foi utilizada com querosene (teste 3) e Ascaid (teste 4) como diluentes sem condicionamento prévio, e com querosene e condicionamento prévio (teste 5). De acordo com os resultados da extração, a Alamina 336 também não foi um extratante adequado para remoção do Au da solução amoniacal de tiosulfato de sódio.

Os sais de amônio também foram descritos^{1,3} como reagentes adequados para extração de Au, e nos testes subsequentes o Aliquat 336 foi utilizado em diferentes condições. Os resultados (testes 6 e 7) mostraram que o Aliquat 336 extraiu 100% do ouro contido na lixívia de tiosulfato de sódio, independentemente de se usar Ascaid ou querosene como diluentes. Nos testes seguintes, foi observada a influência da razão extratante/diluyente na extração do Au com Aliquat 336. Segundo os resultados, a razão 1:19 é a mais adequada. O melhor extratante e as melhores condições para a extração de ouro da solução de tiosulfato de sódio foram:

Extratante: Aliquat 336

Diluyente: querosene desaromatizado

Razão Extratante/Diluyente: 1:19

Razão Orgânico/Aquoso: 1:1

Tempo de Contato e Repouso: 5 minutos.

Essas condições foram replicadas e mostraram-se reprodutíveis. Nessas condições foram extraídos cerca de 100% de Au e 50% de Cu da lixívia.

4.2 Reextração

A Tabela 2 apresenta as condições experimentais e os resultados dos testes de reextração do Au e Cu da fase orgânica carregada utilizando-se diversas soluções reextratantes:

Tabela 2 - Condições experimentais e resultados dos testes de reextração do Au e Cu do orgânico carregado

Testes	Extração		Sol. Reext	Ph Sol Reext	T*	Razão O/A	Reextração	
	Au (%)	Cu (%)					Au (%)	Cu (%)
1	100	56,5	HCl 0,5 M	< 1,5	15	1:1	0	0,4
2	100	58,9	HCL 1,0 M	< 1,5	15.	1:1	0	0,6
3	100	58,9	NaCl 0,5 M	8,0	15	1:1	0	0,6
4	100	58,9	NaCl 1,0 M	8,0	15	1:1	0	38,9
5	99,7	61,4	NaCl 1,0 M	8,0	15	1:1	3,1	46,2
6	96,5	69,6	NaCl 1,0M(40°C)	8,0	15	1:1	12,9	25,3
7	97,4	8,55	NaCl 1,0M(80°C)	8,0	15	1:1	14,6	**
8	100	57,5	NaOH 0,1 M	13,0	15	1:1	0	0
9	100	57,5	NaOH 0,5 M	13,0	15	1:1	0	0,5
10	97,1	61,1	Ac.Oxálico 0,5 M	< 1,5	15	1:1	0,7	0,3
11	100	62,8	H ₂ SO ₄ 0,01 M	4,0	15	1:1	0	0
12	100	62,8	H ₂ SO ₄ 0,1 M	1,5	15	1:1	0	0
13	97,1	49,6	Na ₂ S ₂ O ₃ 0,4M	5,0	15	1:1	5,4	26,6
14	98,4	30,9	Na ₂ S ₂ O ₃ 0,4M	5,0	15.	1:1	1,6	51,6
15	98,7	50,2	Na ₂ S ₂ O ₃ 0,4 M (40° C)	5,0	15	1:1	1,3	29,9

*tempo de contato/repouso na reextração

**não determinado

Pode ser observado dos resultados na Tabela 2 que nenhuma solução reextratante foi efetiva para a remoção do ouro do orgânico carregado, nas condições experimentais utilizadas.

Os resultados mais promissores apontaram a solução de NaCl 1M a 40°C e a 80°C reextraindo 13% e 15%, respectivamente, do ouro contido no orgânico carregado. Com relação ao Cu, os melhores resultados em termos de nível de reextração foram alcançados com NaCl 1M, sem aquecimento (46% de Cu) e Na₂S₂O₃ 0,4M (52% de Cu) havendo seletividade com relação ao Au, que praticamente, não é extraído por essas soluções.

5. CONCLUSÕES

Aliquat 336 é um excelente extratante para o ouro contido em solução amoniacal de tiosulfato de sódio, porém é pouco seletivo com relação ao Cu, extraíndo em torno de 60% do Cu que compõe a lixívia.

Uma reextração seletiva entre Au e Cu não foi totalmente alcançada em nenhuma das condições de reextração utilizadas. O melhor resultado para reextração do ouro foi alcançado com uma solução 1M de NaCl a 80°C em um único estágio, recuperando apenas cerca de 15% do ouro contido no orgânico carregado.

PESQUISA FUTURA

Verificar a eficiência do extratante LIX 79^s desenvolvido recentemente pela Henkel, que é específico para o ouro.

Estudar a possibilidade de aplicar a flotação iônica para recuperação do ouro da solução amoniacal de tiosulfato.

AGRADECIMENTOS

Ao CETEM pelo apoio material, e ao PIBIC/CNPq pelo suporte financeiro.

BIBLIOGRAFIA

1. GUPTA C.K. E MUKHERJEE, T.K., Hydrometallurgy in Extraction Processes, II, CRC Press, 1990.
2. LI, J., ET AL., The Ammoniacal Tiosulfate System for Precious Metal Recovery, Proceedings of the XIX International Mineral Processing Congress, Precious Metals Processing and Mineral Waste and the Environment, 4, SME, Colorado, 1995, pp. 37-42.
3. MARSDEN, J. E HOUSE, I., The Chemistry of Gold Extraction, Ellis Horwood Ltd, 1992.
4. RIVEIROS, P.A., Studies on the Solvent Extraction of Gold from Cyanide Media, *Hydrometallurgy*, 24, 1990, pp.135-156.
5. KORDOSKY, G.A., et al., New Solid and Liquid Ion Exchange Extractants for Gold, XVIII Internacional Mineral Processing Congress, Sydney, 1993, pp.1195-1203.

Imobilização de Metais Pesados pela Adição de Rochas Fosfáticas em Sítios de Disposição de Rejeitos Mínero-Metalúrgicos

Aleksandre J. Abdalla dos Santos

Bolsista de Inic. Científica, Eng. Química, UERJ

Ricardo Melamed

Orientador, Químico de Solos, Ph.D.

RESUMO

Os efeitos da adição de concentrados fosfáticos naturais a latossolo como tratamento para imobilização de Cu, Cd e Pb foram estudados. Os resultados mostram que a aplicação de rochas fosfáticas aumenta o pH do sistema, constituindo-se numa tecnologia potencial para neutralização da água intersticial no caso de drenagem ácida de minas. O aumento do pH do sistema, por sua vez, induz o aumento na sorção de Cu, Cd e Pb, retardando o transporte desses metais pesados. No caso do Pb, o efeito da rocha fosfática na estabilização ocorre numa ampla faixa de pH, sendo que, na faixa ácida, a precipitação química do fosfato de chumbo é o principal mecanismo de imobilização.

1. INTRODUÇÃO

Uma vez depositados, complexos de metais pesados podem se dissolver e migrar através dos solos e atingir os lençóis freáticos, contaminando a água subterrânea. Esta é uma ameaça ao meio ambiente que há muito vem preocupando a comunidade científica (1). Portanto, ênfase vem sendo dada a tecnologias que promovam a imobilização ou estabilização de metais pesados em sítios de disposição de rejeitos mínero-metalúrgicos.

Uma dessas tecnologias consiste na aplicação de rochas fosfáticas em solos de disposição de rejeitos com o intuito de aumentar a capacidade natural dos solos quanto à retenção dos metais em sua superfície mineral ativa. (2)

Neste trabalho foram estudados os efeitos do tratamento de latossolo com os concentrados fosfáticos de rochas naturais de Tapira e da Arafertil, na cinética de imobilização de Cu, Cd e Pb.