

FLOTAÇÃO DE SULFETOS RESIDUAIS DA MINA MORRO DO OURO PARA A OBTENÇÃO DE SUBPRODUTOS



Thaís Ferreira Marks Brasil

Aluna de Graduação de Eng. Química, 8º período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM : maio de 2009 a julho de 2011,
tbrasil@cetem.gov.br

Marisa Bezerra de Mello Monte

Orientadora, Eng. Química, D.Sc.
mmonte@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

As atividades relacionadas à produção mineral geram um volume significativo de massa do minério que é rejeitada nos processos de lavra (mina Morro do Ouro) e beneficiamento. Os rejeitos provenientes do circuito industrial de flotação da planta 2 da *Kinross Brasil Mineração S/A* são depositados na barragem de rejeitos, a uma taxa de 41 Mt/ano. O minério é composto principalmente de pirita, arsenopirita, quartzo, siderita, muscovita, feldspato, ilmenita e uma pequena quantidade de galena, esfalerita, calcopirita e apatita. A análise química realizada a partir dos concentrados de ouro mostra que a composição média típica de alimentação é de 7,2 g/t de Au; 22,05% de S; 6.147 g/t de As; 152.014 g/t de Fe; 1.392 g/t Cu; 1.715 g/t de Zn e 3.382 g/t de Pb. Neste trabalho, apresentam-se os resultados exploratórios de flotação seletiva de sulfetos, utilizando tio-coletores fornecidos pela *Cytec Industries Inc.*

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é o reaproveitamento dos rejeitos (sulfetos) gerados no processo de beneficiamento do ouro. Neste trabalho apresenta-se uma avaliação do desempenho de sistemas de reagentes para a flotação seletiva de sulfetos (cobre, zinco e chumbo), a partir dos concentrados *bulk* provenientes do circuito industrial da *Kinross Brasil Mineração S/A*.

3. METODOLOGIA

3.1 Preparação das Amostras

Amostras de concentrado *cleaner* de ouro (cerca de 150kg), provenientes do circuito industrial foram enviadas ao CETEM e serviram como base para o desenvolvimento dos estudos de flotação seletiva. As amostras recebidas foram homogeneizadas e quarteadas para obtenção de sub-amostras de aproximadamente 1 Kg, as quais foram usadas como alimentação da flotação. Os ensaios de flotação foram realizados em bancada com monitoramento do pH da polpa. O processo de flotação selecionado foi composto por dois circuitos em série, objetivando-se primeiramente a recuperação de galena (PbS) e calcopirita (CuFeS₂) e, em seguida, a esfalerita (ZnS).

3.2 Ensaios de flotação e Sistemas de Reagentes

Os ensaios de flotação foram realizados em célula de laboratório Denver, sub-aerada, modelo D12, com cerca de 1 Kg de polpa. A Tabela 1 apresenta as condições usadas nos ensaios de flotação. Os coletores avaliados foram: Aero Mx-980, Aero 5100 *Promoter*, Aerophine 3418A *Promoter* e Aero 3894 *Promoter* para o circuito da flotação da galena e calcopirita e Aero 801 *Promoter*, Aero 825 *Promoter* e Aero 856 *Promoter* para o circuito da esfalerita. Como espumante, foi usado o *Flotanol* da *Clariant*. Na etapa de flotação da esfalerita foi usado sulfato de cobre, como ativador. O pH foi controlado com soluções de hidróxido de sódio (10%). Procedeu-se, inicialmente, à homogeneização da polpa e o ajuste do valor de pH requerido. Após a adição dos coletores e do espumante, era introduzido ar na célula, dado início ao tempo

determinado de flotação. Os ensaios de flotação foram realizados conforme o fluxograma apresentado na Figura 1. Os ensaios foram realizados em triplicata. Todos os produtos obtidos (rejeitos *rougher* e *cleaner*, bem como os concentrados *cleaner* dos dois circuitos estudados) foram filtrados, secos a 60 °C, pesados para o cálculo da recuperação mássica. Alíquotas desses produtos foram enviadas para a análise química dos elementos Au, As, Pb, Zn, Cu, Fe e S nos laboratórios da *Kinross Brasil Mineração S/A*. Os dados analíticos foram utilizados para o cálculo do balanço metalúrgico e mineralógico.

Tabela 1. Condições empregadas nos ensaios de flotação

Parâmetros	Etapa Rougher	
	Galena/Calcopirita	Esfalerita
Porcentagem de sólidos	30 - 40 %	30 - 40 %
pH	9,8	10,5
Densidade da polpa	1,29 a 1,33 g/cm ³	1,29 a 1,33 g/cm ³
Concentração dos coletores	20 g/t	20 g/t
Concentração do ativador	-	200 g/t
Concentração de espumante	120 g/t	120 g/t
Velocidade do rotor	1500 rpm	1500 rpm
Tempo de condicionamento	1 min	1 min
Tempo de flotação	5 min	5 min

Parâmetros	Etapa Cleaner	
	Galena/Calcopirita	Esfalerita
Porcentagem de sólidos	20-30%	20-30%
pH	12	12
Velocidade do rotor	1500 rpm	1500 rpm
Tempo de flotação	3 min	3 min

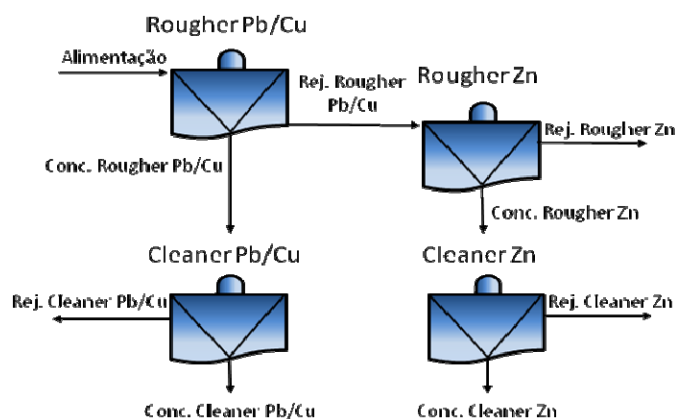


Figura 1. Fluxograma Simplificado do Circuito Utilizado nos Estudos de Flotação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os valores de recuperação de Pb e Cu nos concentrados *cleaner* Pb/Cu obtidos para os coletores não tradicionais testados no primeiro circuito de flotação. Segundo Pecina-Treviño (2003), a mistura de tiocoletores, do tipo ditiocarbamato e ditiófosfato, apresenta uma maior eficiência na flotação de sulfetos quando ocorre uma associação mais complexa entre eles.

O coletor Aero 3894, com o grupamento funcional tionocarbamato, foi desenvolvido com a intenção de proporcionar uma maior seletividade e ainda manter a eficiência na recuperação de sulfetos, a exemplo dos xantatos (Cytec, 2010). Para 88,9% dos ensaios realizados, este coletor apresentou uma recuperação de Cu acima de 87%, porém, em 78% dos ensaios este mesmo coletor obteve a mais baixa recuperação de Pb (recuperações < 30%). Estes resultados indicam

que o coletor Aero 3894 foi seletivo e eficiente na concentração do Cu na etapa de flotação de Pb/Cu.

Os resultados dos ensaios, realizados com o coletor Aero 3418A, demonstraram uma recuperação bem mais uniforme para ambos os elementos, chumbo e cobre. Em 88,9% dos resultados, a recuperação de Pb manteve-se acima de 74% e a recuperação de Cu permaneceu entre 62 e 80% para todos os ensaios realizados. Segundo Mingione (1991) e Avotins *et al.* (1991), este coletor é recomendado principalmente para a flotação de Pb, Cu e metais preciosos a partir de minerais que contenham altos níveis de pirita.

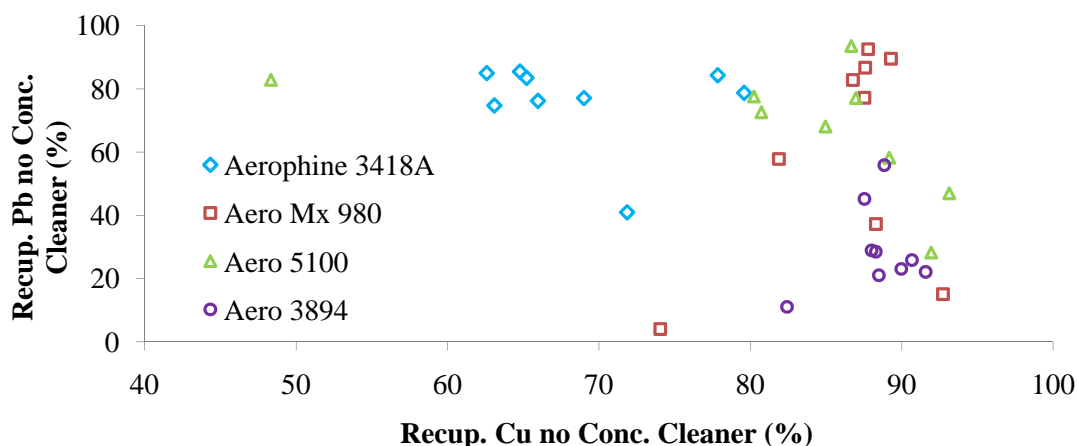


Figura 2. Recuperação de Pb e Cu no Concentrado Cleaner Pb/Cu

A etapa *cleaner* de flotação, de ambos os circuitos, foi conduzida em pH 12,0, objetivando deprimir pirita e arsenopirita. Segundo Finkelstein (1997), a depressão da pirita é alcançada em pH maior que 11,5. Neste estudo observou-se que os coletores utilizados na etapa *rougher* do circuito Pb/Cu influenciaram significativamente na redução de pirita e arsenopirita nos concentrados *cleaner* obtidos. Os coletores Aero 5100 e Aero Mx 980 apresentaram uma ampla variação na recuperação de FeAsS e FeS₂. No circuito Pb/Cu, empregando o coletor Aero 3894 em pH 9,8, obteve-se uma recuperação abaixo de 6% para FeAsS e de 12% para FeS₂ para 88,9% dos ensaios realizados. Estes resultados sugerem que o coletor permite a flotação seletiva de minérios de cobre contendo sulfetos de ferro sob condições levemente alcalinas (pH 8-10), em contraste com os maiores valores de pH necessários para deprimir a pirita, quando se utiliza xantatos (Cytec, 2010). De maneira semelhante, o coletor 3418A obteve recuperações baixas de FeAsS e FeS₂, 8,3% e 16,7%, respectivamente. Segundo Pecina-Treviño (2003), este coletor possui uma baixa afinidade para espécies de ferro.

Minérios de sulfeto reagem com um grande número de cátions de metais de transição, além do íon cúprico que é usado para ativar o sulfeto de zinco para a flotação. Na Figura 3, são apresentados os resultados de recuperação de Zn e Pb obtidos nos concentrados *cleaner* para o segundo circuito de flotação, tendo como alimentação o rejeito *rougher* do primeiro circuito. As melhores recuperações de Zn foram observadas com o coletor Aero 856, entre 52 e 76,8%. Para os demais coletores, as recuperações de Zn mantiveram-se entre 42 e 67%. Observou-se que nos ensaios em que o coletor Aero 3894 foi utilizado no primeiro circuito de flotação, houve uma alta recuperação de Pb na etapa *cleaner* de Zn, sugere-se que este comportamento ocorra pelo fato deste coletor ter sido seletivo para Cu e não para Pb na primeira etapa de flotação. Uma característica da reação de sulfetos de zinco com Cu(II) é que a cada Cu(II) adsorvido é liberado um íon Zn(II) para a solução. Comportamento análogo é observado na reação de Pb(II), Cd(II) e Ag(I) com sulfetos de zinco, e para a reação de Cu(II) com pirrotita e galena, mas não com pirita (Finkelstein, 1997).

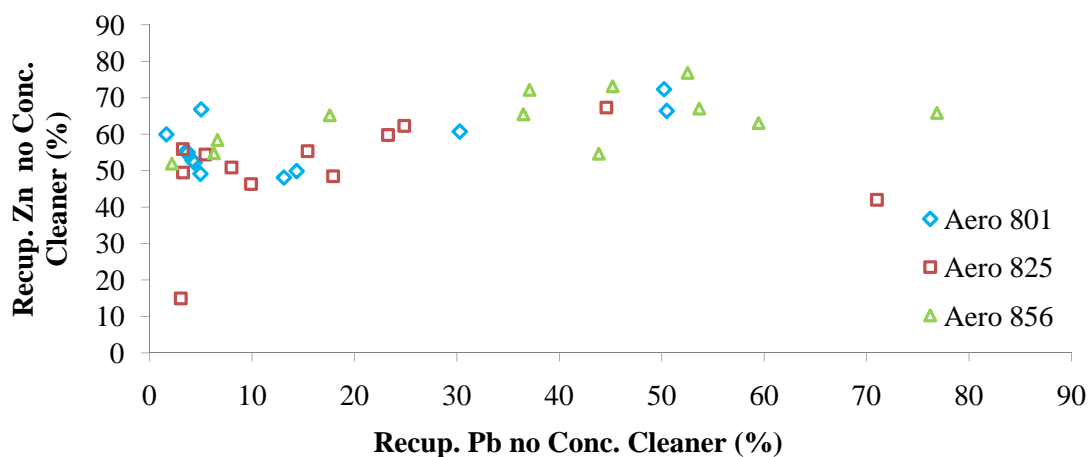


Figura 3. Recuperação de Zn e Pb no Concentrado Cleaner Zn

Os concentrados obtidos no circuito da esfalerita apresentaram uma ampla variação na recuperação de FeAsS e FeS₂ com o uso dos coletores Aero 801, 825 e 856. Além disso, a ativação da esfalerita por íons Cu(II) promove um aumento da recuperação de pirita (O'Connor *et al.*, 1988). Os estudos realizados por Finkelstein (1997), com o objetivo de avaliar o efeito do pH na recuperação de esfalerita e pirita, utilizando sulfato de cobre e etil xantato, demonstraram que na faixa de pH entre 9,5 e 11,0 foram alcançadas as maiores recuperações tanto de esfalerita quanto de pirita. Sugere-se que no atual estudo ao empregar pH 10,5 no segundo circuito de flotação, tenha causado esse mesmo efeito. Porém, ao condicionar a polpa em pH 12,0 na etapa *cleaner* de Zn, parte de FeS₂ passou a ser deprimida.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha Orientadora Marisa B. M. Monte e ao Cláudio L. Schneider pela oportunidade de fazer uma Iniciação Científica no CETEM e por toda a ajuda, incentivo e confiança. Agradeço também ao Diego M. Veneu por toda ajuda. Meu agradecimento é extensivo ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica a mim concedida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FINKELSTEIN, N.P. **The activation of sulphide minerals for flotation: a review.** International Journal of Mineral Processing, v.52, p.81-120, 1997.
- PECINA-TREVIÑO, E.T.; URIBE-SALAS, A.; NAVA-ALONSO, F.; PÉREZ-GARIBAY, R. **On the sodium-diisobutyl dithiophosphate (Aerophine 3418A) interaction with activated and unactivated galena and pyrite.** International Journal Mineral Processing, v.71, p.201–217, 2003.
- O'CONNOR, C.T.; BOTHA, C.; WALLS, M.J.; DUNNE, R.C. **The role of copper sulphate in pyrite flotation.** Mineral Engineering, v.1, p.203-212, 1988.
- AVOTINS, P.V.; WANG, S.S.; NAGARAJ, D.R. **Recent advances in sulfide collector development.** In: Mulukutla, P.S.(Ed.). Reagents for Better Metallurgy. SME, Littleton, 1991, p.47-58.
- MINGIONE, P. **Use of Aerophine 3418A promoter for sulphide minerals flotation.** SME-AIME Annual Meeting, Denver, CO. SME, Littleton, CO, v.91, p.54, 1991.
- CYTEC INDUSTRIES, INC. **Mining Chemicals Handbook.** 4.ed. Printing, CT, USA: Horton Printing Company, 2010, 507p.