

DESEMPENHO DE COLETORES NA FLOTAÇÃO DE UM CONCENTRADO DE SULFETOS CONTENDO OURO

Rafael Lépore P. Ferreira

Bolsista de Inic. Científica, Eng^o. Química, UERJ

Fernando Freitas Lins

Orientador, Eng^o. Metalurgista, D. Sc.

Marisa Bezerra de Mello Monte

Co-orientadora, Eng.^a Química, D.Sc.

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os resultados preliminares do desempenho de coletores na flotação de um concentrado gravítico de sulfetos contendo ouro. Os melhores resultados de concentração de ouro foram obtidos com o coletor amil xantato de potássio, na concentração de 50g/t e em pH=6,5. O aumento da concentração do coletor

tem um efeito mais positivo na flotação da pirita e menos na arsenopirita, sugerindo uma maior facilidade de oxidação deste mineral em relação à pirita. Quando a recuperação dos sulfetos aumenta, uma maior proporção de ouro é recuperado, indicando que o ouro está predominantemente associado aos dois sulfetos.

1. INTRODUÇÃO

O ouro é um metal que ocorre na crosta terrestre normalmente em sua forma nativa, podendo também estar incluso ou associado à matriz de sulfetos como a pirita, arsenopirita, pirrotita e outros materiais como carbonatos, silicatos e óxidos. Relativamente raro, é encontrado em concentrações baixas (1 a 20 ppm), o que torna a exploração, amostragem, análise e processamento de minérios auríferos bastante complexos.

A expressão "minério de ouro livre" significa que o ouro nativo está livre de sulfetos, ou seja, não associado ou incluso nestes. Pode, no entanto, apresentar - se em grão mistos com quartzo e silicatos ou nas fraturas das rochas, o que irá requerer a cominuição do minério, previamente ao seu

processamento, para a liberação ou exposição superficial das partículas [1]. O tamanho médio das partículas é em geral $60\% - 80\% < 75\ \mu\text{m}$. O ouro refratário, refere - se ao ouro fino encapsulado ou incluso na matriz cristalina, requerendo-se um tratamento posterior (ustulação, lixiviação ácida, oxidação química ou biológica) para torná-lo adequado ao processo de cianetação, que segue a etapa de concentração.

A flotação é uma importante técnica de concentração de minérios [2]. É geralmente empregada quando: a) o ouro ocorre incluso ou associado aos sulfetos; b) a maior parte do ouro distribui - se em tamanhos considerados finos para uma concentração gravítica eficiente e c) é recomendável do ponto de vista econômico, concentrar o ouro por flotação previamente à cianetação [3].

A flotação coletiva de sulfetos é realizada, em larga escala, principalmente se for requerido um tratamento posterior, como oxidação sob pressão ou ustulação. O uso de xantatos e ditiofosfatos predomina na prática industrial e visa tanto à concentração dos sulfetos (pirita, arsenopirita e calcopirita), como das partículas do ouro liberadas que não foram recuperadas por métodos gravíticos. A flotação específica de partículas de ouro não é uma prática tradicional, mas é aplicável industrialmente a "minérios de ouro livre" , mesmo aqueles de baixo teor ($\sim 1\ \text{g Au/t}$), onde as partículas do metal são liberadas em granulometria demasiado fina para o emprego eficiente de concentração gravítica. Para uma concentração gravítica eficiente ($\sim 90\%$) , as partículas de ouro devem possuir, em média, uma granulometria $> 100\ \mu\text{m}$ [4].

A empresa Rio Paracatu Mineração - RPM, localizada no distrito de Paracatu em Minas Gerais, possui uma ampla reserva de ouro de baixo teor, ($0,48\ \text{g Au/t}$). A maior parte dele ocorre como ouro livre em pequenos grânulos entre os cristais de pirita e arsenopirita e em menor proporção associado a esses sulfetos. O moinho de bolas da usina opera em circuito fechado e produz um material moído 80% abaixo de $75\ \mu\text{m}$. O material alimenta um hidrociclone, onde o fluxo do *underflow*, 25% passante em $147\ \mu\text{m}$, segue para uma etapa de flotação em células unitárias e uma parte deste fluxo é desviado para um circuito de jigagem. O *overflow* do hidrociclone apresenta uma granulometria 92% passante em $147\ \mu\text{m}$ e é a alimentação da etapa de flotação nas células desbastadoras. A flotação do ouro é conduzida com MBT ($10\ \text{g/t}$) na concentração de sólidos de 30% e em pH $6,5$. O tempo de residência nas células de flotação é de $15\ \text{min}$. A capacidade efetiva da unidade de flotação

é de 2.170 t/h. A recuperação média total do processo de concentração de ouro (68%), incluindo jigagem e flotação ainda não se encontra dentro da eficiência desejada. A Figura 1 apresenta o fluxograma simplificado do processamento do minério aurífero da RPM.

Uma revisão da literatura sugere que há numerosos estudos de flotação de ouro e de sulfetos refratários, no entanto, a maior parte dessas investigações têm analisado o comportamento da flotação de partículas de ouro livre em misturas sintéticas e não em minérios "reais", ou seja, como um dos componentes de um minério aurífero contendo outros minerais de sulfetos associados ao ouro. O comportamento físico-químico das partículas de ouro livre, do ouro associado aos sulfetos e o refratário na flotação de um minério 'real' não está ainda bem esclarecido. Há um grande interesse em compreender os fatores que controlam a flotação do ouro para que a depressão de outros minerais não valiosos possa ser controlada e a recuperação de ouro maximizada.

2. OBJETIVO

Este trabalho, parte de uma pesquisa mais ampla, tem como objetivo avaliar o desempenho dos tio-coletores, mercaptobenzotiazol (MBT) e amil xantato de potássio (AXP), na flotação de um concentrado gravítico de sulfetos contendo ouro, tentando maximizar a recuperação do metal.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A amostra era proveniente do processo de concentração gravítica (jig centrífugo) do minério aurífero da Rio Paracatu Mineração. O trabalho foi iniciado com a homogeneização da amostra, onde foram retiradas alíquotas de 300g, para os ensaios de moagem e flotação. Uma alíquota da amostra do concentrado foi embutida em resina epoxy, desbastada para expor seções aleatórias de seus grãos e polida com diamante de granulometria até 1 μm , para um estudo mineralógico preliminar ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), acoplado ao sistema de energia dispersiva de raios-X (EDS).

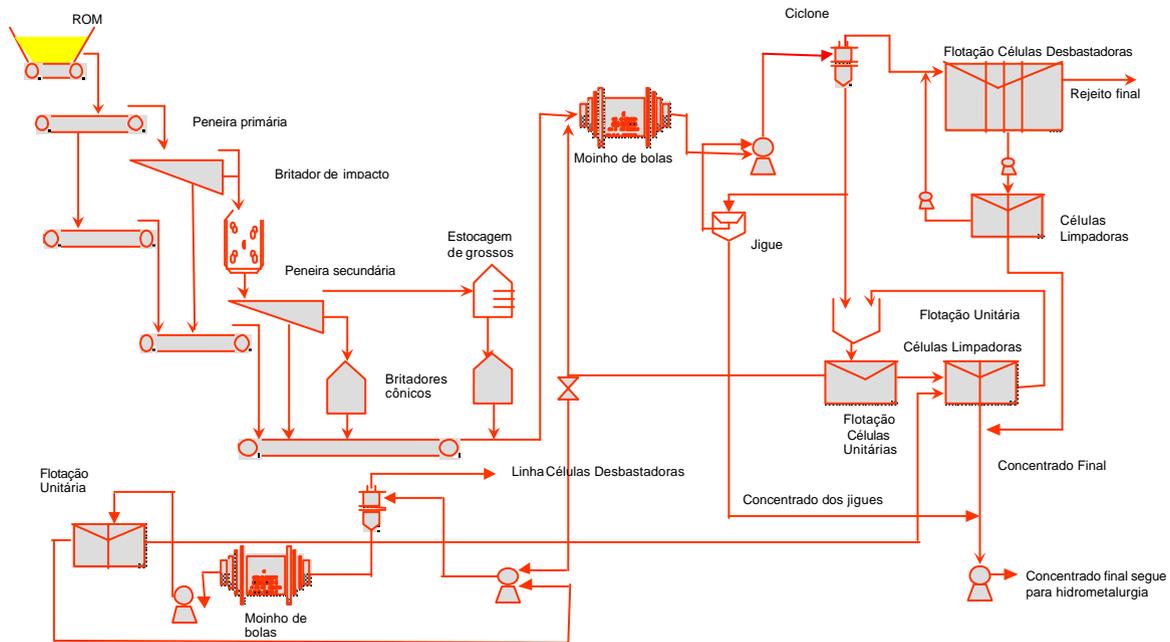


Figura 1. Fluxograma do beneficiamento do minério aurífero da RPM.

Os ensaios de moagem foram conduzidos em moinho de barras com amostras de 300g e percentual de sólidos em peso de 60%, obtendo-se um produto com $P_{80} = 75 \text{ }\mu\text{m}$. Os ensaios de flotação em bancada foram realizados em célula de laboratório DENVER, utilizando - se uma cuba nominal de 1,5 L e 300g da amostra moída. (As amostras foram usadas imediatamente após a cominuição e classificação.) Os coletores utilizados foram o AXP e o MBT. O espumante utilizado foi o metil isobutil carbinol, MIBC. O pH foi controlado com soluções de CaO.

Os coletores utilizados foram adicionados em diferentes concentrações e condicionados por 5 min. Em seguida, era feito o controle de pH, monitorado por meio de um pH-metro com o eletrodo imerso na polpa. O espumante MIBC (20g/t) foi adicionado seqüencialmente, seu tempo de condicionamento foi de 1 minuto para todos os ensaios. A velocidade de agitação da célula foi de 1000 rpm. O tempo de flotação foi de 6 minutos. O concentrado e o rejeito foram filtrados a vácuo, secos a 60 ° C, pesados e enviados para análise química, no laboratório da RPM. Todos os ensaios foram realizados em duplicata.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados preliminares de recuperação de ouro e de sulfetos para o concentrado gravítico em estudo. A confirmação por DRX e MEV/EDS da predominância de pirita e arsenopirita como os principais constituintes do concentrado gravítico da RPM, permite estimar a partir da sua composição química, os resultados apresentados na Tabela 1. Pode-se verificar que, na presença do coletor MBT, a recuperação de ouro foi de 20% enquanto que a recuperação em massa foi de 6,4%. O MBT não foi um bom coletor para o concentrado gravítico em estudo. Isto sugere a possibilidade de substituição deste coletor ou do valor do pH da polpa no processo realizado na usina de beneficiamento da RPM. Por outro lado, faz-se necessário um estudo experimental mais detalhado envolvendo uma trabalho de pesquisa com um maior número de amostras e de experimentos.

Na presença de AXP, pode-se observar que houve um aumento substancial da recuperação do ouro. Com relação aos sulfetos, constatou-se o aumento da recuperação da pirita e da arsenopirita com o aumento da concentração do AXP. Este efeito é mais pronunciado para a pirita. Isto sugere que a

arsenopirita apresenta uma flotabilidade distinta da pirita, podendo ser creditada à maior facilidade de oxidação da arsenopirita. Considerando as condições oxidantes, a espécie FeOOH é predominante numa longa faixa de valores de pH que vai de 2 até 14 [5].

É sabido que a presença de óxidos de ferro na superfície do mineral atua como uma barreira física na ligação com as bolhas, durante o processo de flotação [6]. As superfícies da pirita e da arsenopirita podem estar oxidada, o que explica a baixa flotabilidade desses sulfetos.

Os resultados preliminares obtidos nos estudos ao microscópio eletrônico de varredura evidenciaram a presença de ouro associado à arsenopirita e também inclusões de óxido/hidróxido de ferro, quartzo, mica e pirita. A análise por dispersão de energia por Raios - X confirmou a presença de ouro, a baixas concentrações. Na micrografia obtida para uma alíquota da amostra do concentrado (Figura 2), pode-se observar a presença de partículas de ouro (entre 0,5 e 1,2 μ m) associadas a uma partícula mista de arsenopirita e pirita.

Tabela 1 - Recuperação de Ouro e Sulfetos

Condições dos Testes	Recuperação de Pirita (%)	Recuperação de Arsenopirita (%)	Recuperação de Ouro (%)	Recuperação em massa (%)
MBT 10 g/t	7,6	8	20,6	6,4
AXP 10 g/t	15,8	5	45,9	10,3
AXP 50 g/t	50	13,5	82,9	20,3

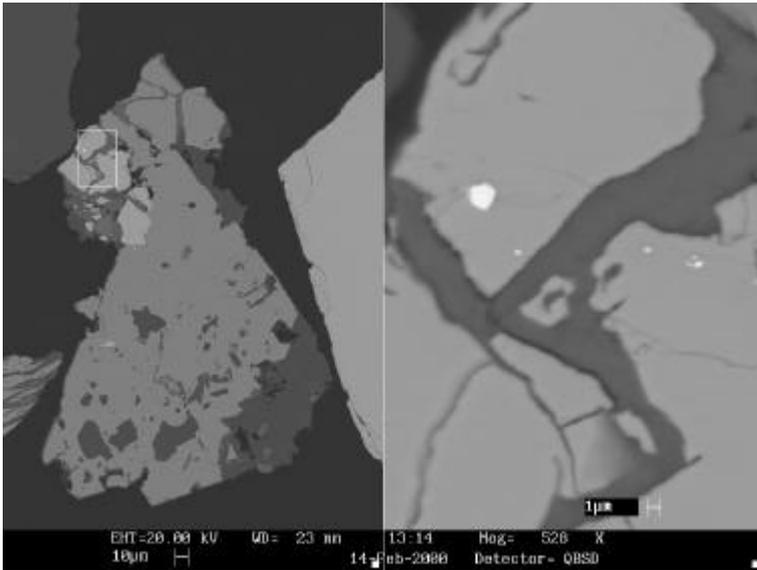


Figura 2 - Micrografia da arsenopirita

Com o aumento da recuperação dos sulfetos, uma maior proporção de ouro é recuperado no processo de flotação (Tabela 1). Parte do ouro associado à arsenopirita não está sendo recuperado, necessitando de estudos adicionais para a ativação deste mineral. É possível ativar a superfície da arsenopirita pela adição de determinados reagentes, antes do coletor, tais como, o sulfato de cobre [6]. Esta será uma futura etapa deste trabalho.

5. CONCLUSÕES

Os melhores resultados de concentração de ouro foram obtidos com o coletor amil xantato de potássio, na concentração de 50g/t e em pH=6.5. O aumento da concentração do coletor tem um efeito positivo na flotação da pirita e arsenopirita. De fato, quando a recuperação da flotação dos sulfetos aumenta, uma maior proporção de ouro é recuperado. Constatou-se, também, que a arsenopirita apresentou menor flotabilidade que a pirita, sugerindo uma maior facilidade de oxidação da arsenopirita. Constatou-se, também, que o MBT é um coletor menos eficiente para o concentrado gravítico em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Reiner Neumann pela contribuição dada na fase de caracterização mineralógica e estudos ao MEV/EDS e DRX. A Marcelo Andrade pelas contribuições durante os experimentos no laboratório de Química de Superfície.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LINS, F.F., 1987, "Aspectos Químicos, Físicos e Cinéticos da Flotação de Partículas de Ouro" Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ; Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [2] ARAÚJO, A.C., PERES, A.E.C., 1995, "Froth Flotation: Relevant Facts and the Brazilian Case", *Tecnologia Mineral*, v.70, p.1-38.
- [3] MONTE, M.B.M. 1998, "Propriedades de Superfície do Ouro e da Pirita e sua Separação por Flotação" Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [4] LINS, F.F., 1998. Concentração Gravítica. In: Tratamento de Minérios. DA LUZ, A.; ALMEIDA, S.L. e POSSA, M.V. (eds.). 676p. 2ª edição.
- [5] SÁNCHEZ, V.M. AND HISKEY, J.B.(1988). "An electrochemical study of the surface oxidation of arsenopyrite in alkaline media", *Metall. Trans.*, B(19): 943-949.
- [6] TEAGUE, A.J.; VAN DEVENTER, J.S.J. and SWAMINATHAN, C. A Conceptual Model for Gold Flotation. *Minerals Engineering*, v.12, No. 9, pp.1001- 1019, 1999.