

INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO NA FLOTAÇÃO DE LAMAS DE FERRO

INFLUENCE OF THE AGITATION ON THE FLOTATION OF IRON ORE SLIMES

Rafael Martins de Azambuja

Aluno de Graduação da Engenharia Química - 2º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro
Período PIBITI/CETEM: fevereiro de 2023 a julho de 2023

Elves Matiolo

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.

Thalia Lopes de Sousa

Coorientador, Engenheira de Minas

RESUMO

A flotação reversa do rejeito da flotação de ferro é um processo que vem sendo mais estudado devido à demanda das indústrias de mineração que desejam diminuir o descarte de lamas geradas (partículas minerais com tamanho inferior a 10 μm) nas plantas de beneficiamento de minério de ferro itabirítico, onde ocorrem perdas entre 20 e 30% destas lamas. Este estudo tem por objetivo avaliar a concentração de lamas de minério de ferro por flotação catiônica reversa realizada em célula mecânica em escala de bancada, visando à produção de um concentrado ultrafino que atenda as especificações químicas para a produção de *pellet feed*. Foi avaliada a influência da rotação (RPM) na flotação de uma amostra de lama de minério de ferro de um depósito localizado no Quadrilátero Ferrífero. Foi avaliado o efeito da rotação da máquina de flotação para valores de 1500, 1780 e 2000 RPM com a porcentagem de sólidos igual a 10%, dosagem de coletor Flotisor 16939 de 300 g/t e pH 10,5. O melhor resultado foi obtido com a condição de menor rotação (1500 RPM), onde a recuperação metalúrgica e teor de Fe foram de 67,2% e 54,1%, respectivamente, com teor de SiO_2 de 7,5%.

Palavras-chaves: flotação, lamas de ferro, viscosidade, cinética, agitação.

ABSTRACT

The reverse flotation of iron flotation tailings is a process that has been studied more due to the demand from mining industries aiming to reduce the disposal of generated slimes (mineral particles with size below 10 μm) in itabirite iron ore beneficiation plants, where losses between 20 and 30% of these slimes occur. This study aims to evaluate the concentration of iron ore slimes through reverse cationic flotation carried out in a bench-scale mechanical cell, aiming to produce an ultrafine concentrate that meets the chemical specifications for pellet feed production. The influence of rotation (RPM) on the flotation of a sample of iron ore slime from a deposit located in the Iron Quadrangle was evaluated. The effect of flotation machine rotation was assessed at values of 1500, 1780, and 2000 RPM, with a solids percentage of 10%, Flotisor 16939 collector dosage of 300 g/t, and pH 10.5. The best result was obtained with the lowest rotation condition (1500 RPM), where the metallurgical recovery and Fe content were 67.2% and 54.1%, respectively, with a SiO_2 content of 7.5%.

Keywords: flotation, iron sludge, viscosity, kinetics, agitation.

1. INTRODUÇÃO

No beneficiamento de minério de ferro itabirítico podem ocorrer perdas entre 20 e 30% de partículas minerais com tamanho inferior a 10 μm . O equipamento hidrociclone é responsável por remover a fração lama, que é a porção do minério com granulometria inferior a 25 μm , mas que pode variar a depender da especificação de cada minério (Matiolo, 2019). As perdas de material considerado ultrafino (<38 μm) também é um problema para outros minérios, como por exemplo, cerca de 1/3 da produção global de fosfatos, e 1/10 dos concentrados de ferro nos Estados Unidos, juntamente com milhões de toneladas de outros minerais, são perdidos nestas frações ultrafinas (SUBRAHMANYAN & FOSSBERG, 1990).

Nas plantas de beneficiamento de minério de ferro a deslamagem em hidrociclones é realizada antes do processo de flotação de minério de ferro com o objetivo de remover lama, partículas finas e impurezas, melhorando a qualidade do concentrado, aumentando a eficiência de separação e reduzindo o consumo de reagentes. O tamanho da área superficial é um fator crítico que influencia a flotação de partículas minerais finas e grossas de maneira diferente. Partículas finas possuem uma relação massa-área maiores em comparação com partículas grossas, o que significa que a área superficial por unidade de massa é maior. Isso tem várias implicações na flotação, como maior consumo de reagentes, comportamento coloidal e difusão de reagentes, que pode ser mais lenta devido à grande área superficial específica, resultando em um tempo de contato insuficiente entre partículas e reagentes. Partículas grossas, por outro lado, têm uma área superficial menor por unidade de massa. Nesse caso, a quantidade de reagentes necessária é relativamente menor, já que menos sítios de adsorção estão disponíveis na superfície de partículas maiores (FUERSTENAU et al., 2007; LIU et al., 2017; SMITH & WARREN, 2014).

A flotação reversa de lamas de ferro é um processo que vem sendo mais estudado devido à demanda das indústrias de mineração que desejam diminuir a produção de lamas geradas (MATOS, 2017), já que em plantas de concentração de minérios de ferro em países produtores como Brasil e Índia as perdas de minerais portadores de ferro, como a hematita, na fração de lama durante o processo de beneficiamento são consideradas altas, podendo variar entre 10% e 25% do total alimentado às plantas (THELLA et al., 2012; FILIPPOV et al., 2014). Entretanto, o processo de flotação partículas finas e ultrafinas ainda é um desafio, devido à baixa eficiência do processo de colisão, ou seja, a probabilidade de colisão entre partículas e bolhas de ar (TRAHAR, 1981).

2. OBJETIVO

O objetivo geral foi avaliar a influência da rotação (RPM) na flotação de uma amostra de lama de minério de um depósito localizado no quadrilátero ferrífero, em Minas Gerais (MG) considerando o processo convencional de flotação catiônica reversa.

3. METODOLOGIA

A amostra foi recebida em forma de polpa com a porcentagem de sólidos de 27%. A medição da densidade foi realizada através da picnometria de gás hélio, as análises químicas das amostras foram feitas utilizando a técnica de Fluorescência de Raios-X, e a análise granulométrica foi realizada utilizando o equipamento *Malvern*.

Os ensaios de flotação foram realizados em uma célula mecânica *DENVER*, modelo D12, equipada com inversor de frequência. Foi realizada apenas a etapa *rougher* em uma cuba de 6L. Previamente à etapa de flotação, a polpa foi diluída para a porcentagem de sólidos de 10% e em seguida foi adicionada uma solução de 5% de NaOH para ajuste do pH em 10,5. Posteriormente, foi adicionado o coletor do tipo amida-amina Flotinor 16939, que foi condicionado por 1 minuto. A dosagem de coletor foi mantida em 300 g/t. Foram utilizados três valores de RPM: 1500, 1780 e 2000 e o ar foi auto aspirado. Os produtos concentrado e rejeito de cada ensaio foram filtrados, secos, pesados e enviados para a análise química.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra de lama de minério de Ferro apresentou densidade de $3,7 \text{ g/cm}^3$ e apresentou teor de Fe de 46,1%, teor de SiO_2 17%, e Al_2O_3 com 6,5%. A amostra tem P_{80} de $32,8 \mu\text{m}$ e 20% passante em $4,7 \mu\text{m}$.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos resultados dos ensaios de flotação de lamas de minério de ferro, utilizando porcentagem de sólidos no condicionamento e na flotação de 10%, com 300 g/t do coletor do tipo amina Flotiner 16939 e ar auto aspirado, que corresponde a 10,5 L/min para a rotação de 1500, 14,4 L/min para a rotação de 1780 e 17,4 L/min para a rotação de 2000 RPM.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de flotação.

Agitação (RPM)	Rec. Mas. (%)	Concentrado				Rejeito		
		Teor (%)				Rec. Met. (%)		
		Fe	SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe	SiO_2	Fe
1780	54,0	53,4	8,5	0,2	5,1	62,2	24,7	38,2
1780	53,7	54,3	7,2	0,2	5,3	62,5	21,2	37,8
1500	57,7	54,1	7,5	0,2	5,3	67,2	23,3	36,2
2000	53,0	53,9	7,6	0,2	5,2	61,5	21,9	38,2

A Figura 1 apresenta o efeito da rotação do rotor da máquina de flotação sobre a recuperação metalúrgica de Fe e recuperação mássica no concentrado. Foi observado que a recuperação de Fe atinge o valor máximo de 67% para a menor rotação estudada, 1500 RPM, comparando com a recuperação de 62% quando aplicada uma rotação de 2000 RPM. Embora apresentando uma baixa variação, a recuperação mássica também teve a mesma tendência da recuperação metalúrgica de ferro, onde o seu valor máximo (58%) foi atingido com 1500 RPM e o mínimo (53%) com a rotação de 2000 RPM. Os teores de Fe para as rotações testadas se mantiveram praticamente constante, variando entre 53,4 a 54,3%.

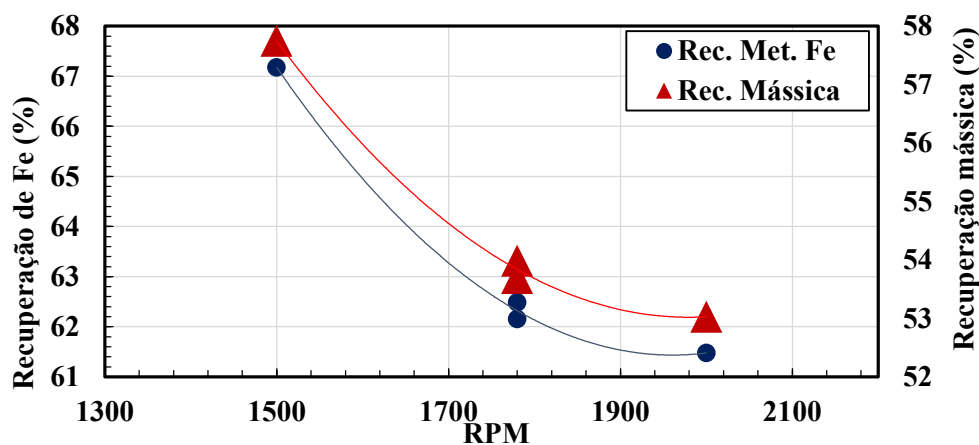


Figura 1: Gráfico de rotação por minuto *versus* recuperação metalúrgica de Fe e recuperação mássica do concentrado.

A Figura 2 apresenta as curvas de teor *versus* recuperação de Fe no concentrado e no rejeito. Foi observado que o teor de Fe no concentrado foi de, em média 54,0%, para recuperações acima de 61,5%, partindo de um teor de alimentação de 46,5%. No rejeito, o teor de Fe também teve baixa variação, chegando a uma média de 37,6%, com recuperações metalúrgicas entre 32,8 a 38,5%. A recuperação mássica destes testes variou entre 53,0 e 57,7%.

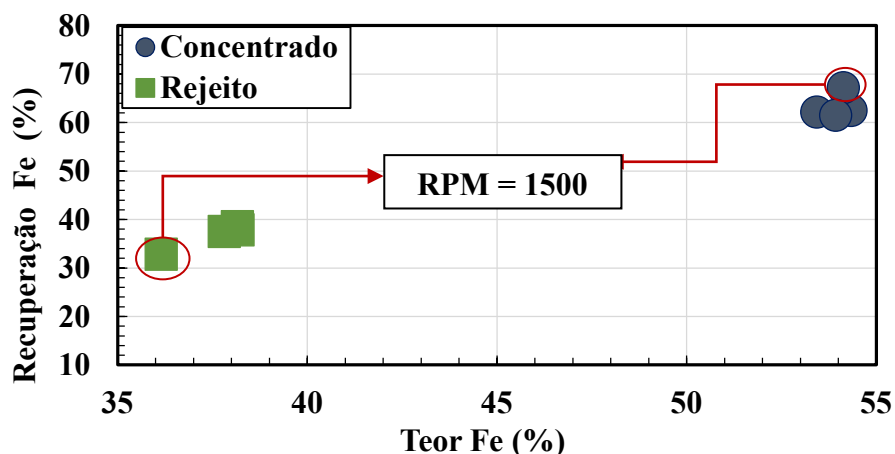


Figura 2: Curvas de teor de Fe *versus* recuperação de Fe no concentrado e rejeito *rougher*.

5. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que a condição com 1500 RPM a recuperação mássica foi 57,7%, e estes valores diminuem para 53,8% e 53,0% quando a agitação aumentou para 1780 e 2000 RPM, respectivamente. Este comportamento, atrelado à constância do teor de Fe no concentrado, que foi de em média 54,0%, mostra que houve um maior arraste das partículas minerais para o flutuado (rejeito).

Portanto, o melhor resultado foi alcançado com a rotação de 1500 RPM, que obteve teor e recuperação metalúrgica de Fe de, respectivamente 54,1% e 67,2%, e teor de SiO₂ de 7,5%, com mássica de 57,7%.

Embora os resultados obtidos ainda não tenham atingido as metas técnicas desejadas, sugere-se a continuidade dos estudos focados no ajuste das variáveis de processo dosagem e tipo de coletor, porcentagem de sólidos abaixo de 10% e rotações abaixo de 1500 RPM.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao orientador e coorientadora, pela oportunidade e conhecimentos repassados, à equipe envolvida na realização deste projeto, ao CETEM/MCTI pelo suporte para execução deste estudo, e ao CNPq pela bolsa de iniciação tecnológica concedida.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FILIPPOV, L.O.; SEVEROV, V.V.; FILIPPOVA, I.V. An overview of beneficiation of iron ores via reverse cationic flotation. *International Journal of Mineral Processing*. 127. pp 62-69. 2014.
- FUERSTENAU, M.C.; JAMESON, G.J.; YOON, R.H. (2007). *Froth Flotation: A Century of Innovation*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration.
- LIU, Q.; RONG, Y.; XIE, G. (2017). *Colloid Chemistry in Mineral Processing* (2nd ed.). Elsevier.
- MATIOLO, E.; COUTO, H.J.B.; LIMA, N.P.; SILVA, K.; FREITAS, A.S.D.; ALMEIDA, R.N.D. (2019). Estudos de concentração de lama de minério de ferro por flotação em coluna.
- MATOS, V. Seletividade de reagentes na flotação reversa de minério de ferro. 2017. 170p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS.

OLIVEIRA, J.F. Flotação. Setor Mineral: Tendências Tecnológicas. Texto elaborado para o projeto Setor Mineral – Tendências Tecnológicas do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, 2006.

SMITH, M.J.; WARREN, L.J. (Eds.). (2014). Proceedings of the XXI International Mineral Processing Congress. SME.

SUBRAHMANYAN, T.V.; FOSSBERG, E.F.S. 1990. Fine particles processing: shear flocculation and carrier flotation – a review. International Journal of Mineral Processing 30, 265-286.

THELLA, J.S.; MUKHERJEE, A.K.; SRIKAKULAPU, N.G. Processing of high alumina iron ore slimes using classification and flotation. Powder Technology. 217. pp 418-426. 2012.

TRAHAR, W.J. 1981. A rational interpretation of role of particle size in flotation. International Journal of Mineral Processing 2, 289-327.