

# **Flotação em coluna de lama de ferro utilizando coletores amida-amina.**

## **Column Flotation of iron ore slime using amide-amine collectors.**

**Rafael Santos Monteiro**

Bolsista PCI, Técnico em química.

**Elves Matiolo**

Orientador, Engenheiro de Minas, D. Sc.

### **Resumo**

As partículas minerais ultrafinas são um desafio para a concentração de minério de ferro, sendo geralmente removidas previamente à flotação através da deslamagem. Colunas de flotação mostraram ser eficientes para concentração desta fração, com recuperações e teores de Fe acima de 80% e 60%, respectivamente. Este trabalho busca avaliar, em escala piloto, a concentração de lamas de ferro através da flotação catiônica reversa em coluna, utilizando dois coletores amida amina em circuito *rougher*, a partir de uma amostra do rejeito da separação magnética. A amostra apresentou 31% de Fe, 50% de SiO<sub>2</sub> e 3,9% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Para o primeiro coletor avaliado foram obtidos concentrados com teor de Fe de 50% e recuperação de 78% e teores de SiO<sub>2</sub> de 19% e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 4%, aplicando 397 g/t do coletor AA1 e para o segundo não foram observados aumentos no teor de Fe no concentrado de flotação, apesar de elevadas recuperações metalúrgicas.

**Palavras-chave:** flotação; amido-amina; ultrafinos; minério de ferro.

### **Abstract**

Ultrafine particles are a challenge for iron ore concentration and are removed before flotation through desliming. Flotation columns used to be efficient for concentrating ultrafines, with Fe grade and recoveries above 80% and 60%. This work seeks to evaluate, on a pilot scale, the concentration of iron slimes through reverse cationic flotation in a column, using two amide amine collectors in a rougher circuit, using a sample from magnetic separation tailings of a desliming overflow. The sample presented 31% Fe, 50% SiO<sub>2</sub> and 3.9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Concentrates with Fe grade of 50% and recovery of 78% and SiO<sub>2</sub> grade of 19% and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4% were obtained, applying 397 g/t of AA1 collector. It was not possible to obtain selectivity using the AA2 collector, despite the dosage.

**Keywords:** flotation; Iron ore; ultrafines; amide-amine.

## 1. Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor de concentrados de minério de ferro, com teor médio de 63,4% (ANM, 2022). A rota mais utilizada na concentração de minérios de itabirito brasileiros é a flotação catiônica reversa, onde há a recuperação do quartzo na espuma (flutuado), e a presença do óxido de ferro que se mantém em polpa (afundado) (LIMA et al, 2005; MATIOLO et al, 2020). Éter-aminas e éter-diaminas primárias têm sido os coletores dominantes para flotação de minérios hematíticos em pH alcalino (9-11), sendo necessário, na maioria dos casos, um depressor de hematita, em geral o amido de milho (ARAUJO; VIANA; PERES, 2005). Matioolo et al. (2020) avaliou o uso de coletores amida-amina em amostras de minério de ferro, sem o uso de depressor, e obteve altas recuperações de Fe (> 90%) com teores de Fe de 63%, 3,2% de SiO<sub>2</sub> e 2,5% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A flotação de minério de ferro utiliza-se de etapas de deslamagem prévias à flotação, a fim de remover partículas <10 µm devido a desafios apresentados no processamento destas partículas, como baixa eficiência de colisão, *slime coating*, estabilidade da espuma e perdas de Fe por arraste. Há, portanto, um esforço para reduzir a perda de minerais de ferro, que chegam a 15%, e diminuir a quantidade de finos descartado em barragens ao adicionar a flotação de finos no circuito (MCFADZEAN; LIMA e DEGLON, 2023). As colunas de flotação são conhecidas por aumentar a performance metalúrgica, especialmente relacionado a partículas minerais ultrafinas, obtendo-se recuperações de Fe acima de 80% e teores de Fe acima de 60% (ARAUJO et al, 2020; MATIOLO et al, 2020).

## 2. Objetivos

Avaliar, em escala piloto, a concentração de uma amostra de lama de minério de ferro através da flotação catiônica com configuração reversa em coluna, utilizando dois coletores amida amina em circuito *rougher*.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1. Amostras e Reagentes.

Foram fornecidos cerca de 250kg de amostra de lama de ferro do Quadrilátero Ferrífero, proveniente do fluxo de rejeito da separação magnética. As análises químicas foram realizadas por FRX e as análises mineralógicas por DRX através do método de *Rietveld* e a análise granulométrica foi obtida pelo equipamento *Mastersizer2000*. Os reagentes utilizados nos estudos de flotação foram soluções entre 0,1% de coletores do tipo amida-amina identificados como coletor AA1 e AA2. Além disso, utilizou-se NaOH para regular o pH.

### 3.2 Ensaios de Flotação

Os estudos de flotação de lama de ferro em escala piloto foram realizados na coluna de 2" (6m de altura), com borbulhador do tipo poroso na planta piloto de flotação, considerando um circuito *rougher*, A polpa contendo entre 35-40% de sólidos foi armazenada em tanque pulmão e o condicionamento com o coletor, assim como o ajuste de pH para 10,5 com NaOH, foram realizados em um tanque de 6 L.

O tempo médio de residência no condicionamento foi de 26 minutos. Na flotação, a polpa foi diluída até 15-20% p/p. A altura da camada de espuma variou entre 30-50 cm. A taxa de alimentação variou entre 9-10,5 kg/h e o tempo médio de residência variou entre 10-18 minutos. A velocidade superficial do ar ( $J_{ar}$ ) e da água de lavagem ( $J_a$ ) foi fixado em 0,6 cm/s e 0,2 cm/s, respectivamente. A amostragem dos fluxos de afundado e flutuado foi de 3-10 minutos, após 1 hora de estabilização. As amostras dos produtos foram enviadas para análises químicas e mineralógicas e com os dados foram feitos os balanços de massa e metalúrgico.

#### 4. Resultados e Discussão

A distribuição granulométrica apresentou os seguintes tamanhos característicos:  $D_{90}$  37,2  $\mu\text{m}$ ,  $D_{50}$  12,3  $\mu\text{m}$  e  $D_{10}$  2,3  $\mu\text{m}$ . A análise química via FRX apresentou 31% de Fe, 50% de  $\text{SiO}_2$  e 4% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e a análise mineralógica analisou 37% de hematita, 6% de goethita, 49% de quartzo e 4% de caulinita.

A Figura 2 apresenta a curva teor *versus* recuperação metalúrgica de Fe. Foi observado que, a partir de uma alimentação com 31% de Fe, aplicando dosagem de AA2 de 237 a 392 g/t, foi obtido concentrado com teor de 33-36% e recuperações de 86 a 99% de Fe. O rejeito apresentou teores de Fe entre 4 a 16%. A recuperação do concentrado foi em média de 86%, portanto a massa flotada foi baixa, em torno de 14%. Os teores de Fe nos concentrados aplicando dosagem do coletor AA1 de 225 a 397 g/t variaram de 44 a 50% e recuperação metalúrgica de 78 a 90% de Fe, com teor de Fe no rejeito entre os valores de 7 a 12%. A recuperação em massa do concentrado foi em média de 52%.

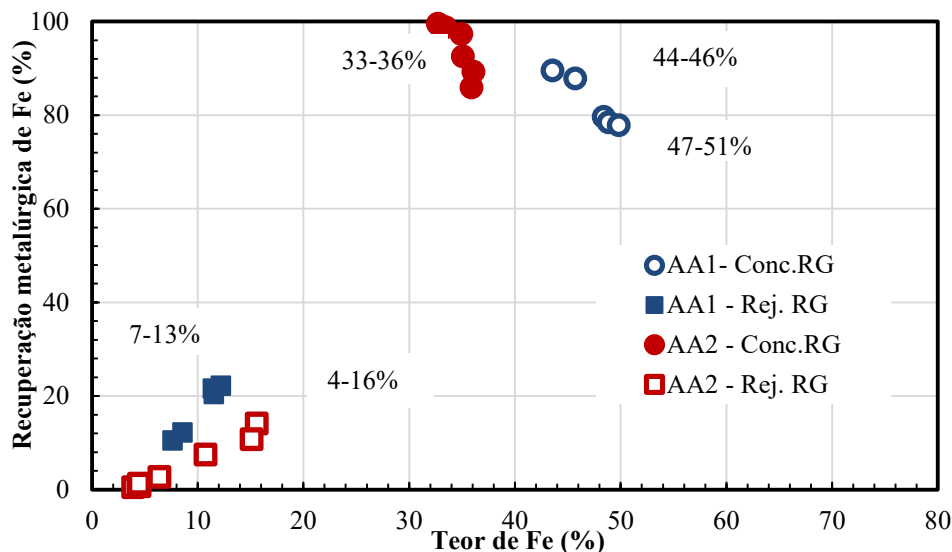


Figura 2. Curva teor *versus* recuperação metalúrgica de Fe para os fluxos do rejeito e concentrado (12 ensaios).  
Ensaio de flotação *rougher* em coluna de 2"

O teor de  $\text{SiO}_2$  nos concentrados de flotação com AA2, variou entre 42-47%. A recuperação de  $\text{SiO}_2$  na fração flutuada (rejeito) variou entre 6-37%. Quando aplicado o AA1 o teor de  $\text{SiO}_2$  nos concentrados foi menor, variando de 19 a 29%. A recuperação de  $\text{SiO}_2$  na fração flutuada variou entre 66-82%. Em relação aos teores de impurezas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , houve pouca variação, entre 3-5%. Como a flotação é reversa, a recuperação metalúrgica de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na fração flotada é considerada baixa, variando entre 19-51%, bem abaixo do observado para a  $\text{SiO}_2$ .

As Figuras 3a e 3b apresentam a correlação da dosagem de coletor com o teor de Fe e recuperação metalúrgica de SiO<sub>2</sub> na fração flutuada. Considerando o coletor AA2, o aumento da dosagem de 237 a 392 g/t levou a maiores recuperações de SiO<sub>2</sub>, de 6,3 a 37% e conseqüentemente a altos teores de Fe na fração flotada, atingindo máximo de 16% para a dosagem de 390 g/t. Foi testado a variação do pH de 10,5 para 10 na faixa de dosagem de 380-390 g/t. A redução no pH levou a maiores teores de Fe no rejeito, de 11% para valores de 15-16% e um aumento na recuperação de SiO<sub>2</sub> de 30 para 37%. Avaliando os resultados obtidos com o coletor AA2, este coletor apresentou enriquecimento de Fe foi 31% de teor de Fe na alimentação para no máximo 36% no concentrado e baixas recuperações de SiO<sub>2</sub>, em média de 15%, mesmo para dosagens altas do coletor, em média de 390 g/t.

Em contrapartida, o aumento da dosagem do AA1 de 225 g/t para 383 g/t alcançou recuperações metalúrgicas de SiO<sub>2</sub> em torno 80%, para teores de Fe, em média, de 11% no rejeito e 49% no concentrado. O aumento na dosagem de 313 g/t para 397 g/t não levou a variações significativas na performance da flotação em termos de recuperação de SiO<sub>2</sub> e teor de Fe no rejeito final.

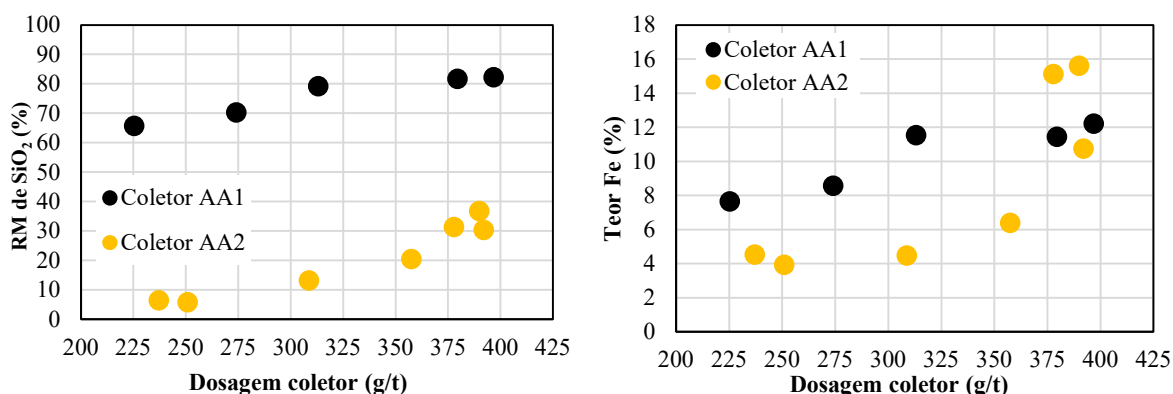


Figura 3a. Dosagem dos coletores versus recuperação metalúrgica de SiO<sub>2</sub> nos rejeitos finais da flotação e 3b. Dosagem dos coletores versus teor de Fe nos rejeitos finais de flotação.

## 5. Conclusão

A partir dos ensaios de concentração da lama de Fe por flotação em coluna, foi possível produzir concentrados de ferro com teor de 50% com recuperação de 78% e teores de SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 19% e 4,2%, respectivamente, além de alta recuperação de SiO<sub>2</sub>, aplicando 397 g/t do coletor AA1. O coletor AA2 apresentou baixa recuperação de SiO<sub>2</sub> para a fração flutuada (rejeito), o que prejudicou o enriquecimento em Fe na fração afundada (concentrado). Para alcançar um concentrado que atenda a especificações para a produção de *pellet feed* serão avaliados parâmetros hidrodinâmicos de velocidade superficial de ar (Jar) e água de lavagem (Ja), além da adição de mais um estágio de limpeza (*cleaner*) no circuito de flotação

## 6. Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Amanda Freitas e Elves Matiolo pelo apoio, ao CETEM/MCTI e seus funcionários pela estrutura e ao CNPQ e MCTI pela bolsa concedida.

## 7. Referências Bibliográficas

ANM, 2018. **Anuário Mineral Brasileiro. Principais substâncias metálicas**. ANM. Brasília. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>> Acesso em: 01 nov.2023.

ARAUJO, A.C., VIANA, P.M., PERES, A.E.C., 2005. **Reagents in iron ores flotation**. Miner. Eng. 18, 219-224.

LIMA, R.M.F. et al. 2005. **The infrared spectra of amine collectors used in the flotation of iron ores**. Miner. Eng. 18, 267-273.

MATIOLO, E. et al. 2020. **Improving recovery of iron using column flotation of iron ore slimes**. Miner. Eng.158, 106608.

MCFADZEAN, B. LIMA, N.P. DEGLON, D.A. 2023. **Decoupling the pulp and froth effect of ultrafine particles on Itabirite iron ore flotation**. Minerals Engineering. Volume 204.