



## **PRÁTICA LABORATORIAL**

### **FLOTAÇÃO**

#### **1. OBJETIVO**

Realizar um ensaio de flotação de minério de ferro, bem como proporcionar o contato com os principais reagentes utilizados, além de verificar a eficiência do processo mediante balanço metalúrgico.

#### **2. ASPECTOS GERAIS**

A flotação é um processo de separação de partículas sólidas, que explora as diferenças das propriedades interfaciais entre as várias espécies minerais presentes. O método é realizado via úmida com o acréscimo de bolhas de ar que “capturam” as partículas formando um agregado (partícula/bolha). Os agregados formados exibem uma densidade resultante menor do que a do meio fluido e, portanto, “flutuam” até a superfície do tanque, onde são removidos por transbordo ou ação mecânica de pás.

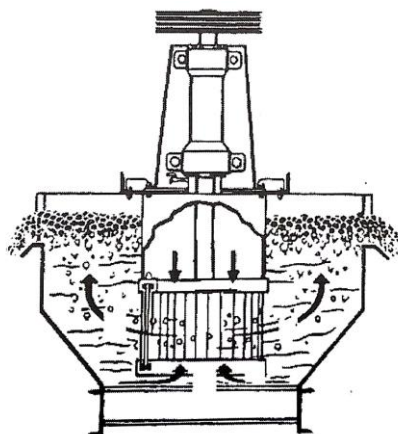
A seletividade do processo baseia-se no fato de que a superfície de diferentes minerais pode apresentar distintos graus de hidrofobicidade (repelência a água) e hidrofiliidade (afinidade com água). Em termos de polaridade, se uma partícula é hidrofóbica significa que sua superfície é apolar, por outro lado, se uma partícula é hidrofílica significa que sua superfície é polar (PERES et al, 2007).

Nos sistemas de flotação, a fase líquida é sempre a água, uma espécie polar e a fase gasosa é quase sempre o ar, constituído basicamente por moléculas apolares. Uma partícula hidrofóbica tem maior afinidade com o ar do que com a água e as partículas hidrofílicas têm maior afinidade com água do que com o ar. Deste modo, a separação é possível fazendo-se passar um fluxo de ar (bolhas) através de uma suspensão aquosa, contendo as duas espécies. As partículas hidrofóbicas são carregadas pelas bolhas de ar até uma camada de espuma que se forma no topo do reator, e as partículas hidrofílicas permanecem em suspensão, sendo posteriormente deprimidas (PERES et al, 2007).

Na natureza existe uma quantidade pequena de minerais naturalmente hidrofóbicos, o que pode indicar uma aplicação restrita da flotação. Contudo, o

extenso uso desta tecnologia se deve a sua grande versatilidade, pois o caráter hidrofóbico/hidrofílico dos sólidos pode ser induzido, reforçado ou inibido, através da utilização adequada de reagentes químicos (LEAL FILHO, 2007).

Para que uma partícula seja flotada, uma série de eventos consecutivos devem ocorrer. Primeiramente, a partícula precisa colidir com a bolha. Em seguida, tem de haver a adesão entre a partícula e a bolha e depois o agregado partícula/bolha deve permanecer estável durante a ascensão até a zona de limpeza (LEAL FILHO, 2007). A Figura 1 ilustra uma máquina utilizada para a flotação.



**Figura 1 - Máquina de Flotação**

Fonte: Chaves e Leal Filho (1998)

Na flotação de minério de ferro, o quartzo é o principal mineral de ganga e existem diferentes rotas de flotação para separá-lo. Os ensaios realizados serão de flotação catiônica reversa de minério de ferro, ou seja, o mineral de interesse será deprimido e o mineral de ganga será flotado (CHAVES, 1998). Será utilizado o reagente amina como coletor do quartzo e o amido como depressor do ferro.

Os minerais de ferro estão susceptíveis à flotação na presença da amina, principalmente de cadeias maiores, fazendo-se necessário a adição de um agente depressor, que permitirá a seletividade do coletor para o quartzo, impedindo a interação entre o coletor e os minerais de ferro. Os depressores utilizados são os amidos, constituídos em sua composição química basicamente de amilose e amilopectina, sendo o de milho mais utilizado devido à sua disponibilidade e viabilidade econômica (ARAUJO et al., 2005). O amido deve



ser solubilizado usando-se água aquecida ou hidróxido de sódio (NaOH) em um processo chamado de gelatinização.

O amido gelatinizado é o primeiro reagente a ser adicionado no processo. Sua adsorção ocorre preferencialmente nas partículas de óxido de ferro, cuja superfície passará a ter caráter hidrofílico. Após o condicionamento e adsorção do amido, o próximo reagente a ser adicionado é a amina (acetato de eteramina), reagente que adsorve nas partículas de quartzo conferindo à sua superfície um caráter hidrofóbico (LEAL FILHO, 2007).

### **3. PROCEDIMENTO DO ENSAIO**

#### **i. Amostra**

A amostra que será utilizada foi doada pela companhia Vale S/A, tendo sido tomada na alimentação do circuito de flotação de Timbopeba. Ela foi fornecida a úmido, sendo inicialmente submetida à secagem em estufa. Após seco, o material foi homogeneizado em pilha alongada e dividido em alíquotas de 1.600 g.

#### **ii. Reagentes**

- a. Amido de milho (maisena) como depressor de óxidos de ferro – dosagem: 600 g/t. O amido deve ser previamente gelatinizado com NaOH em uma proporção de 5:2.
  - i. Pesar 5 g de Maisena e dissolver em um pouco de água agitando com um bastão;
  - ii. Pesar 2 g de NaOH e dissolver com um pouco de água;
  - iii. Misturar o NaOH na Maisena para formar uma goma;
  - iv. Colocar água aos poucos para dissolver a goma;
  - v. Completar o balão de 250 ml.
- b. Solução de NaOH para controle de pH.
- c. Amina - Flotigam EDA-C da Clariant® como coletor de sílica – dosagem: 120 g/t de SiO<sub>2</sub>.
  - i. Pesar 2 g de EDA-C com ajuda de seringa;
  - ii. Dissolver com um pouco de água;
  - iii. Completar balão volumétrico de 100 ml.

**Obs:** Preparar água em pH 10,5 para completar o volume da cuba periodicamente.

iii. Ensaio:

- a. Adicionar na cuba de 4 L uma alíquota de minério de 1.600 g mais 1067 ml de água para dar os 60% de sólidos.
- b. Ligar a célula a 1.200 rpm.
- c. Colocar 48 ml da solução de amido.
- d. Condicionar por 5 minutos.
- e. Regular o pH em torno de 10,5 para adsorção da amina (Flotigam EDA-C).
- f. Adicionar 3,3 ml de solução de Flotigam EDA-C.
- g. Condicionar por 2 minutos.
- h. Expandir a polpa para 32% de sólidos. Colocar 2.666 ml de água.
- i. Ajustar a agitação para 1.500 rpm.
- j. Abrir a válvula de ar totalmente.
- k. Raspar a espuma por 4 min.
- l. Ir completando o nível da célula com água.
- m. Etiquetar os produtos e colocar pra secar na estufa.
- n. Pesar o material seco e proceder picnometria nos produtos e na alimentação para determinar o teor de ferro.
- o. A massa específica medida ( $\rho_p$ ) deve ser aplicada na equação 1 e a partir da equação 2 determina-se o teor de Fe. Para utilização desta metodologia, assume-se a presença apenas de hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) e sílica ( $\text{SiO}_2$ ), sendo que os demais constituintes representam menos de 5% da amostra (Verificar análise de química pelo método FRX da alimentação).

$$\rho_p = \frac{1}{\frac{f_h}{\rho_h} + \frac{(1-f_h)}{\rho_s}} \quad (1)$$

$$Fe (\%) = 0,7 \cdot f_h \cdot 100 \quad (2)$$

Em que  $\rho_p$  é a massa específica dos produtos;  $\rho_h$  é a massa específica da hematita (5,2 g/cm<sup>3</sup>);  $\rho_s$  é a massa específica da sílica (2,65 g/cm<sup>3</sup>) e  $f_h$  é a fração de hematita na amostra. O fator 0,7 da equação 2 representa o teor de ferro da hematita pura (70%) (NUNES; COUTO; FRANÇA, 2010).



Uma análise de fluorescência de raios-X (FRX) foi conduzida com a amostra de alimentação e os resultados podem ser visualizados na tabela 1.

**Tabela 1 – Resultado da análise de FRX da alimentação da flotação.**

ANÁLISE QUÍMICA - BASE SECA	
Perda ao fogo à 1100° C	1,37 %
ANÁLISE QUÍMICA SEMIQUANTITATIVA	
Óxido de Ferro ( $F_e2O_3$ )	62,3 %
Óxido de silício ( $SiO_2$ )	34,5 %
Óxido de alumínio	1,44 %
Óxido de manganês	0,126 %
Óxido de tungstênio	0,125 %
Pentóxido de fósforo	0,090 %
Óxido de potássio	0,014%

Fonte: Laboratório de análises Mineração Curimbaba.

#### 4. RESULTADOS

Calcule as recuperações (adote os teores de ferro calculados através da picnometria) e complete a tabela abaixo.

	Massa (g)	Massa (%)	Ferro (%)	Enriquecimento (%)	Recuperação em massa (%)	Recuperação metalúrgica (%)
Deprimido (concentrado)						
Flotado (rejeito)						
Alimentação (calculada)						
Alimentação (analisada)						

Comente os resultados obtidos. Ocorreram perdas significativas no ensaio? O balanço está fechando adequadamente sem ajustes matemáticos? O processo foi eficiente? O teor de concentrado permite o uso para a siderurgia?

O relatório deve conter uma breve introdução sobre a técnica utilizada, os materiais e métodos utilizados, os resultados e discussões, as conclusões e as referências utilizadas e citadas no texto.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, A. C., VIANA, P.R.M e PERES, A.E.C. Reagents in iron ores flotation. **Minerals Engineering**, Vol.18, pp. 219-224, 2005.

CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**: A flotação no Brasil. Volume 4, 3ª Edição. Editora Oficina de Textos, 2013.

LEAL FILHO, L. S. **Flotação**. Apostila da disciplina PMI-5722 - Flotação, 2003.

NUNES, D. G. ; COUTO, H. J. B. ; FRANÇA, S. C. A. Aplicação da flotação em coluna na concentração de minério de ferro de baixo teor. In: **XVIII Jornada de Iniciação Científica**, CETEM, 2010. Disponível em: [http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/529/1/01-](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/529/1/01-Daniel%20Guedes%20Nunes.pdf)

Daniel%20Guedes%20Nunes.pdf Acesso em: 23 de abril de 2019.

PERES, A. E. C. et al. Métodos de concentração. In: VALADÃO, G. E. S.; ARAUJO, A. C. **Introdução ao tratamento de minérios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007

## SUGESTÕES DE BIBLIOGRAFIAS COMPLEMENTARES

- 1) Capítulo 1 – *Noções básicas* do livro: CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**: bombeamento de polpa e classificação. Volume 1. Editora Oficina de Textos, 2012.
- 2) Capítulo 2 – *Determinação das densidades de sólidos e de polpas* do livro: FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.
- 3) Capítulo 13 – *Ensaio de flotação* do livro: FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de Minérios: práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.
- 4) Capítulo 13 – *A flotação de minérios de ferro* do livro: CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**: A flotação no Brasil. Volume 4, 3ª Edição. Editora Oficina de Textos, 2013.