

COMPARAÇÃO DO AMIDO DE MILHO, FÉCULA DE MANDIOCA, HEXAMETAFOSFATO DE SÓDIO E SILICATO DE SÓDIO COMO DEPRESSORES PARA FLOTAÇÃO DIRETA DE APATITA*

Henrique Gonçalves Teixeira¹
Priscila Tavares de Paula²
Márcia Mika Saito³
Felício de Freitas Simões⁴
Lorena da Silva Gomes⁵
Lilian Lis Andrade Cantuário Costa⁶
Josiane Sílvia Martins Rodrigues⁷

Resumo

Neste trabalho estudou-se uma amostra da alimentação nova da flotação de apatita da unidade de Cajati-SP. Foram analisadas quatro alternativas de depressores sendo elas: amido de milho (fubá), fécula de mandioca, amido de milho mais hexametáfosfato de sódio e amido de milho mais silicato de sódio. A fécula obteve um ganho de 7,5% na recuperação metalúrgica e um consumo de coletor 13,8% maior em relação a rota somente com fubá. As opções com hexametáfosfato e silicato sódios tiveram uma perda de 6,7% e 7,8% na recuperação respectivamente.

Palavras-chave: Flotação apatita; Fécula de mandioca; Hexametáfosfato de sódio; Silicato de Sódio.

COMPARISON OF THE CORN STARCH, CASSAVA STARCH, SODIUM SILICATE AND SODIUM HEXAMETAPHOSPHATE AS DEPRESSORS FOR DIRECT FLOTATION OF APATITE

Abstract

In this paper a sample of the apatite flotation from Cajati-SP was studied. Four alternatives of depressants were analyzed: corn starch, cassava starch, sodium hexametaphosphate with corn starch and sodium silicate with corn starch. The cassava starch had a gain of 7.5% in the metallurgical recovery and a collector consumption 13.8% greater than corn starch. Alternatives with hexametaphosphate and silicate sodium had a loss of 6.7% and 7.8% in recovery respectively in comparison with corn starch.

Keywords: Apatite flotation; Cassava starch; Sodium hexametaphosphate; Sodium silicate.

¹ Engenheiro de Minas, Mestre em Tecnologia Mineral - UFMG, Engenheiro de Processos, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Tapira, MG - Brasil.

² Técnica em Mineração – CEFET-MG, Técnica de Processo, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Tapira, MG - Brasil.

³ Geóloga, Mestre em Geologia – USP, Geóloga, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Cajati, SP - Brasil.

⁴ Engenheiro de Minas - UFMG, Engenheiro de Processos, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Araxá, MG - Brasil.

⁵ Engenheira de Minas - UFMG, Engenheiro de Processos, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Cajati, SP - Brasil.

⁶ Engenheira de Minas - UFMG, Gerente de Processos, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Cajati, SP - Brasil.

⁷ Bacharel em Administração - Uniaraxá, Supervisora Plana Piloto, Gerência de Processo Mineral, Mosaic Fertilizantes, Araxá, MG - Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A rocha fosfática é a única fonte de fósforo viável para agricultura e pecuária, contida nos depósitos de origens sedimentares (em torno de 85% da oferta mundial), ígneas (próximo de 15%) e biogenéticas [1].

O beneficiamento da rocha pode ser obtido de diferentes maneiras. Caso a sílica seja o principal contaminante a técnica convencional de flotação pode ser a melhor abordagem acessível [2] [3].

A presença de carbonatos livres em rochas fosfáticas, normalmente, necessita de mais ácido (ácido sulfúrico) para a produção de ácido fosfórico e superfosfatos. Entretanto a adição extra do ácido gera um excesso de espuma, provocada pela liberação do dióxido de carbono e produção de pequenos cristais de gesso que podem cegar os filtros. Consequentemente o ácido fosfórico produzido será de baixa qualidade [4].

O beneficiamento da rocha fosfática sedimentar contendo carbonatos é um problema mundial, a remoção de minerais carbonáticos através das técnicas convencionais de flotação e/ou outros métodos de separação física é complexa [5]. Entretanto depósitos de fosfatos ricos em carbonatos podem ser tratados por calcinação e lixiviação ácida [6]. Devido aos problemas com este tipo de rocha a lixiviação ácida é um método promissor que pode ser aplicado no tratamento de rochas fosfáticas calcárias e mais atenção deve ser dada aos métodos de lixiviação [6].

Uma das gangas de minerais mais complicados para o tratamento da apatita é a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), pois há propriedades similares aos fosfatos e por isto a concentração deste através dos meios convencionais de flotação se torna difícil [7].

Atualmente no Brasil o amido de milho (fubá) é utilizado como depressor na flotação direta da apatita. Porém é possível obter na literatura citações de diversas substâncias que também possuem esta função. Para deprimir a dolomita Zheng e Smith [8] estudaram a aplicação de carbonato de sódio, bicarbonato de sódio, ácido cítrico, EDTA (ácido etilenodiamino tetra-acético), CMC (carboximetil-celulose), sendo este último indicado como o melhor produto, para deprimir a dolomita.

Nos estudos de Souza AL, Albuquerque RO, Lameiras FS, Praes PE, Peres AEC [9] a fécula de mandioca foi melhor depressor para minérios de fosfato sílico-carbonatado quando comparado com o amido de milho, CMC, silicato de sódio.

No presente trabalho será avaliado a influência do amido de milho (fubá), fécula de mandioca (fécula), hexametáfosfato de sódio e silicato de sódio na flotação direta de apatita para minérios calcários da região de Cajati-SP.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

Para o presente trabalho utilizou-se uma amostra da alimentação nova do circuito de flotação da usina de beneficiamento mineral da unidade de Cajati, localizada no estado de São Paulo, cujos teores estão apresentados na Tabela 1. Para obtenção dos resultados de análises químicas, utilizou-se um espectrômetro WDXRF, modelo Axios Fast, fabricado pela PANalytical. De posse destas informações foram estimadas qualitativamente a porcentagem de cada mineral com base nos dados de estequiometria, sendo estes valores expostos na Tabela 2.

Tabela 1. Análise química da amostra proveniente da alimentação nova da flotação

P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BaO	SrO
5,2	1,2	7,3	44,2	0,8	4,9	0,2	0,2	0,8

Tabela 2. Mineralogia da amostra, obtida por estequiometria

Apatita (%)	Sulfetos (%)	Flogopita (%)	Olivinas + Piroxênios + Anfibólios (%)	Óxidos de Ferro (%)	Dolomita (%)	Calcita (%)
13	2	2	8	0	14	61

A distribuições granulométrica da amostra analisada está exposta na Tabela 3.

Tabela 2. Granulometria da amostra

Peneira	212 µm	212 µm	150 µm	106 µm	75 µm	53 µm	45 µm	38 µm
% Passante	66,8	41,9	28,5	18,5	13,0	9,3	6,6	66,8

O equipamento, utilizado para os ensaios de flotação, foi uma célula mecânica de bancada, fabricada pela empresa CDC. Os testes foram realizados em duas etapas *rougher* e *cleaner* em cubas de 3 e 2 litros respectivamente. Somente o concentrado *cleaner* foi pesado e analisado quimicamente. A Figura 1 representa os diagramas das rotas utilizada nos ensaios.

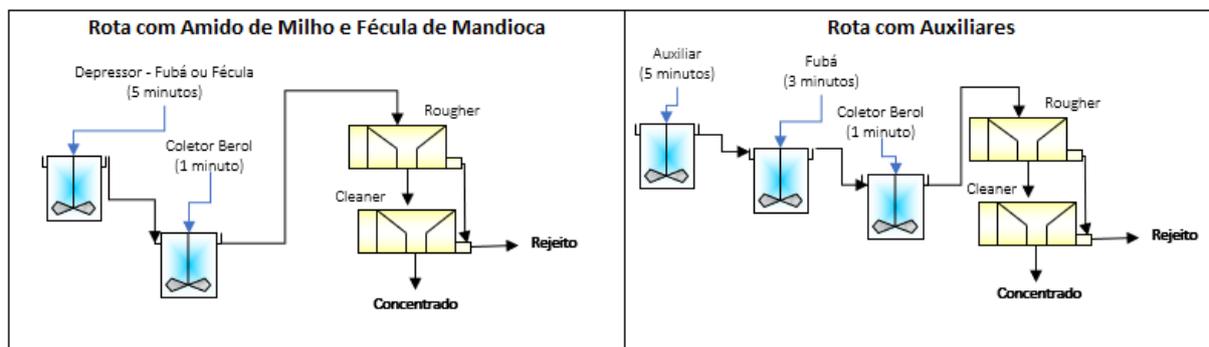


Figura 1. Diagrama das rotas de flotação utilizada para os testes em bancada.

A fécula de mandioca, assim como o amido de milho foram gelatinizados com hidróxido de sódio (NaOH) e diluídos posteriormente a 1% com água potável. Já o hexametáfosfato de sódio e o silicato de sódio somente foram dissolvidos em água a 5% p/p.

Para os testes da fécula e do fubá como depressores a polpa foi condicionada a 60% de sólidos, utilizou-se um tempo de 5 minutos no condicionamento do depressor. O coletor adotado foi o Berol 867 e condicionado por 1 minuto a 1.000 rpm (mesma rotação do depressor).

Já o hexametáfosfato de sódio e o silicato de sódio foram utilizados como reagentes auxiliares, no intuito de melhorar a performance da flotação. Estes aditivos foram adicionados antes e condicionados por 5 minutos. Em seguida adicionou-se o amido de milho e condicionado por 3 minutos. As demais variáveis não foram alteradas.

Na etapa *rougher* adicionou-se água potável até completar 33% de sólidos e o pH ajustado para 10,6 com uma rotação de 1.150 rpm. Já na etapa *cleaner* o pH não foi

modificado, sendo o valor resultante da flotação anterior, a rotação foi reduzida para 1.000 rpm e o nível da cuba completada com água.

Uma vez que estava buscando uma comparação com os resultados industriais, em nenhum momento foi utilizado água destilada ou deionizada.

A dosagem de depressor (fécula ou fubá) firmou-se em 100 g/t, independente do teste. Já a dosagem de coletor oscilava de 50 a 90 g/t para buscar o teor de 35% de P_2O_5 no concentrado da etapa *cleaner*. Para alcançar o teor almejado sempre eram realizados no mínimo três ensaios, onde necessariamente um experimento precisaria estar menor do que 35% e outro maior. Esta metodologia foi adotada para que o valor calculado sempre fosse interpolado e nunca extrapolado.

Para os ensaios com o hexametáfosfato de sódio e silicato de sódio utilizou-se três dosagens 50, 75 e 100 g/t. O coletor foi fixado em 58 g/t.

2.2 Resultados

A principal variável no beneficiamento mineral é obter o teor de especificação, neste trabalho o alvo era de 35% de P_2O_5 . A melhor rota, portanto, será a que alcançar o teor almejado e maior recuperação metalúrgica.

Para a amostra estudada a fécula de mandioca obteve a melhor recuperação metalúrgica independente do teor avaliado. Sendo assim o melhor insumo, conforme mostrado na Figura 2.

O amido de milho teve uma queda recuperação metalúrgica muito mais brusca, quando o teor era enriquecido, do que a fécula de mandioca. A adição do hexametáfosfato de sódio e o silicato de sódio com um fubá não impactaram de forma significativa na recuperação. Entretanto a o silicato de sódio alterou o comportamento da curva mantendo ela mais estável, porém com menor recuperação.

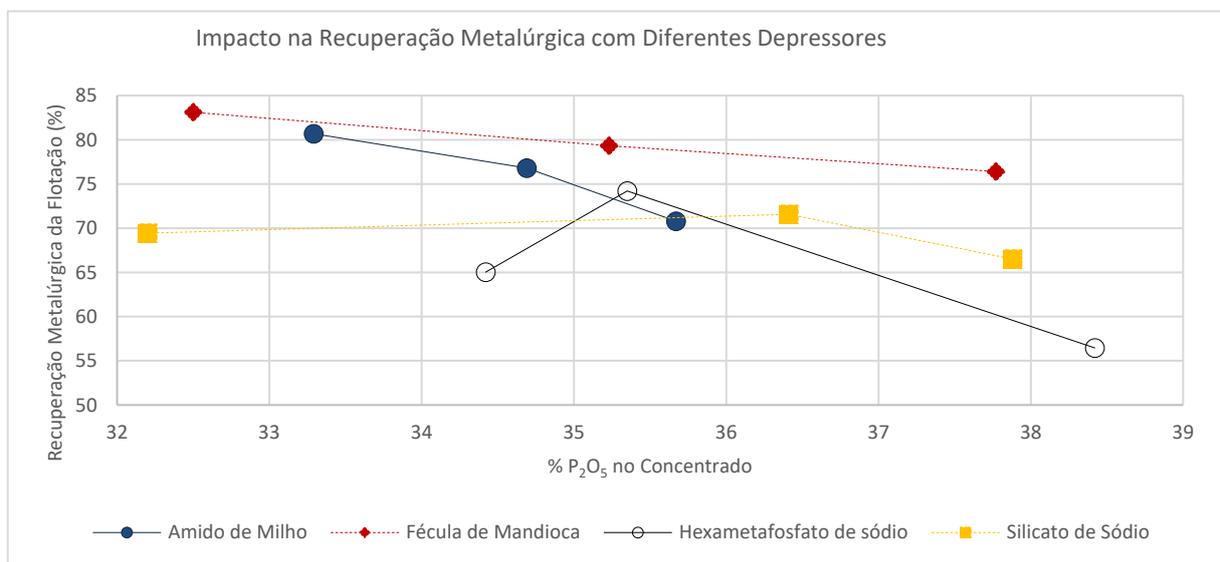


Figura 2. Comparativo da recuperação metalúrgica.

Outro parâmetro importante é o teor de MgO no concentrado, o ideal é que seja abaixo de 1,6%. Neste quesito nenhum insumo utilizado conseguiu abaixar o magnésio nem houve diferença de resultados significativa entre eles, conforme mostrado na Figura 3.

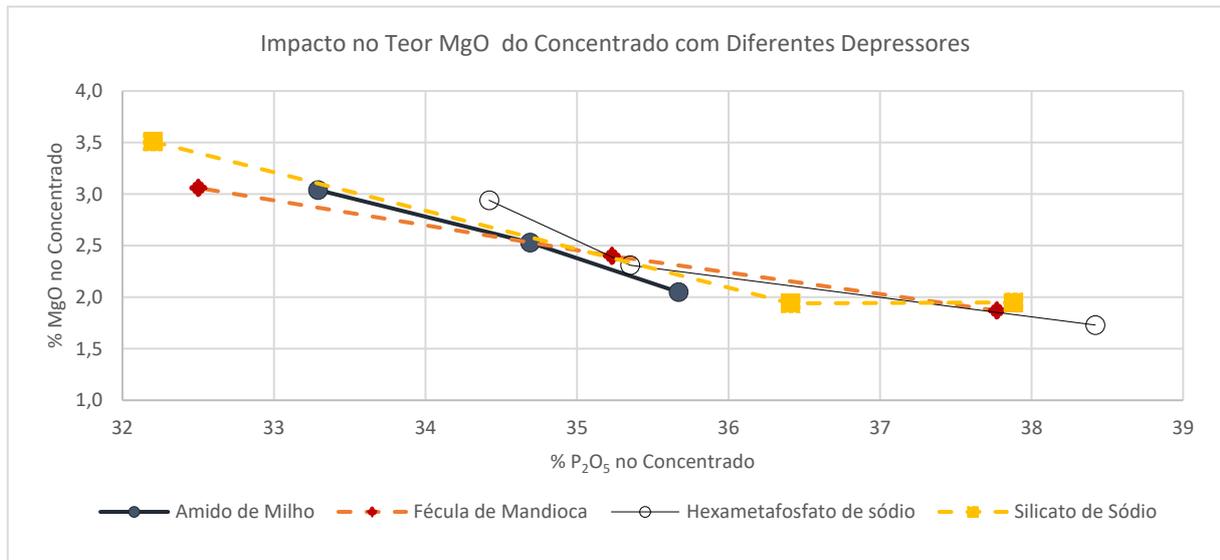


Figura 3. Impacto no teor de MgO do concentrado.

Quanto ao teor de SiO₂ no concentrado, o amido de milho possui uma concentração maior para teores de P₂O₅ inferiores a 34,0%. Porém quando este valor atinge a especificação de 35% a quantidade de sílica fica semelhante as demais alternativas, de acordo com a Figura 4.

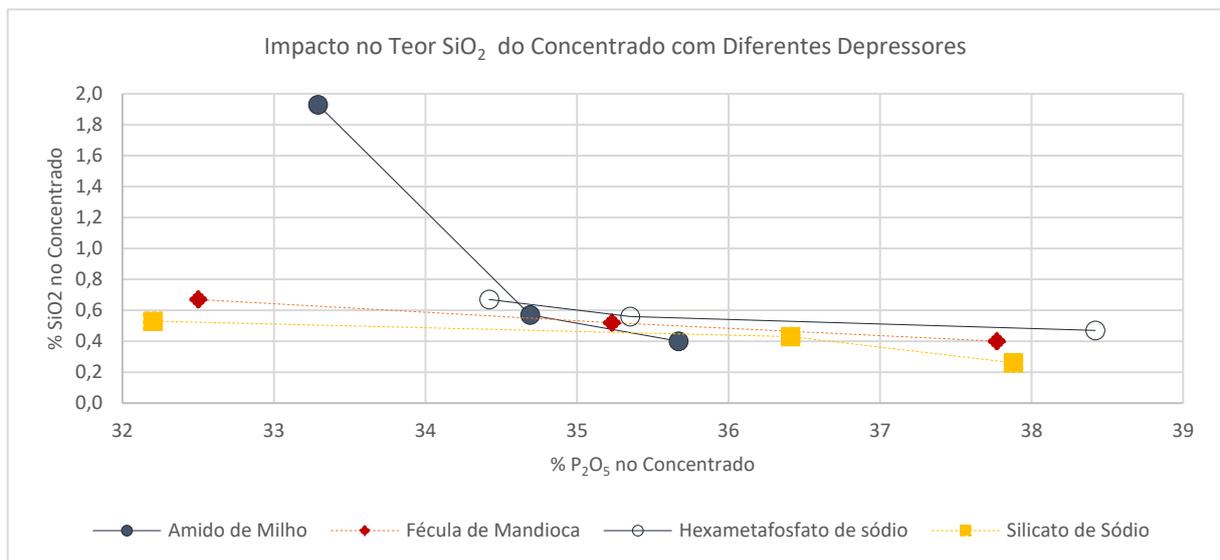


Figura 4. Impacto no teor de SiO₂ do concentrado.

Na Figura 5 é possível perceber que o teor de F₂O₃ no concentrado também não teve diferenças significativas independente do depressor utilizado.

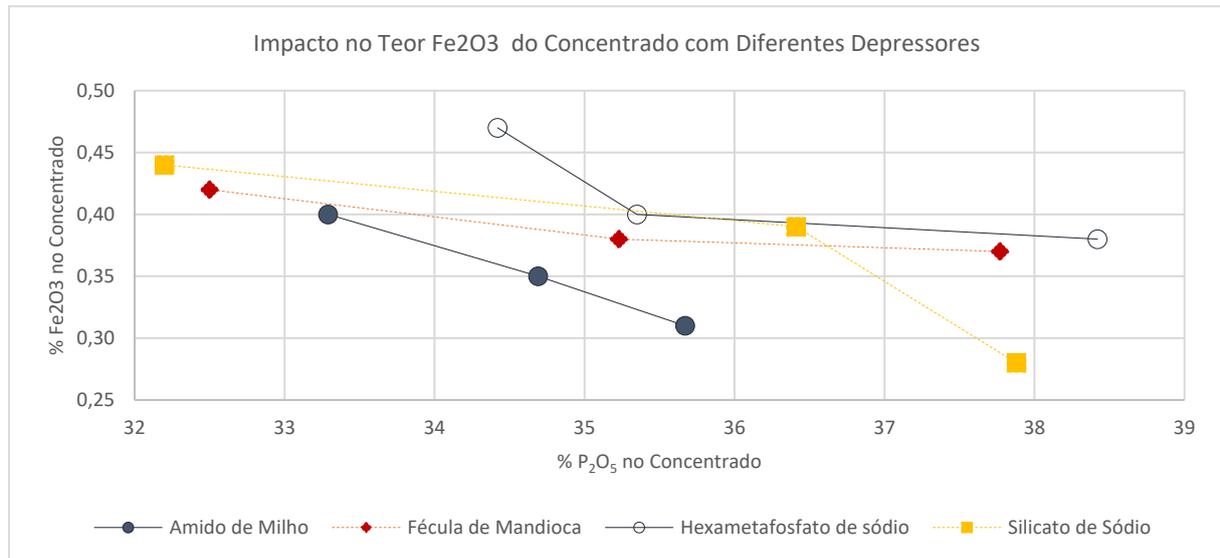


Figura 4. Impacto no teor de SiO₂ do concentrado.

Padronizando-se para teor de 35% de P₂O₅ no concentrado, todas as variáveis foram recalculadas, como é demonstrado na Tabela 3 para comparação. A fécula de mandioca foi a que teve a maior recuperação metalúrgica na flotação 79,8% contra 74,26% com a utilização do amido de milho.

Tabela 3. Resumo dos testes para um teor de 35% de P₂O₅ no concentrado

Depressores Utilizados	Dosagem (g/t)			Recuperação Flotação (%)	Teores do Concentrado			
	Coletor	Depressor	Auxiliar		%P ₂ O ₅	%MgO	%SiO ₂	%Fe ₂ O ₃
Amido de Milho	71	100	0	74,26	35,00	2,35	0,67	0,34
Fécula de Mandioca	80	100	0	79,83	35,00	2,48	0,54	0,39
Fubá + Hexametáfosfato de sódio	58	100	72	68,48	35,00	2,62	0,61	0,44
Fubá + Silicato de Sódio	58	100	72	69,32	35,00	2,61	0,43	0,38

3 CONCLUSÃO

Neste trabalho obteve-se um ganho de 7,5% na recuperação metalúrgica, em relação a rota utilizada com amido de milho. Todavia a fécula consumiu 13,8% a mais de coletor.

A utilização amido de milho com hexametáfosfato de sódio e o silicato de sódio fez com que a recuperação metalúrgica caísse 6,7% e 7,8%. Além disso estes aditivos não foram eficientes para reduzir a concentração de MgO no concentrado.

Agradecimentos

Este trabalho somente foi possível ser realizado devido ao empenho de toda a equipe da planta piloto da Mosaic Fertilizantes da unidade de Tapira-MG.

REFERÊNCIAS

- [1] A. E. d. Souza e D. S. Fonseca, ECONOMIA MINERAL DO BRASIL, D. d. D. e. E. M. –. DIDEM, Ed., Brasília - DF: DNPM/MME, 2009, pp. 546-568.
- [2] M. Gharabaghi, M. Noaparast e M. Irannajad, “Optimizing leaching of low grade calcareous phosphate ore in acetic acid. In: Ozbayoğlu, G., Arol, A.I., Ho ten, C., Atalay, U.(Eds.),” XI. International Mineral Processing Symposium, Mining Engineering Department,, p. 605–611, 2008.
- [3] A. Abouzeid, “Physical and thermal treatment of phosphate ores—an overview,” overview. International Journal of Mineral Processing, vol. 85, p. 59–84, 2008.
- [4] G. Malash, “Beneficiation of Abu Tartur phosphate rock by leaching with dilute acetic acid solution,” Alexandria Engineering Journal 44, vol. 44, p. 339–345, 2 2005.
- [5] M. Prasad, Maajmudar e R. A.K., “Reverse flotation of sedimentary calcareous/dolomitic rock phosphate ore—an overview,” Minerals and Metallurgical, vol. 17, nº 1, p. 49–55., 2000.
- [6] M. Gharabaghi, M. Irannajad e M. Noaparast, “A review of the beneficiation of calcareous phosphate ores using organic acid leaching,” Hydrometallurgy, vol. 103, p. 96–107, March 2010.
- [7] S. K. Kawatra and J. Carlson, Beneficiation of Phosphate Ore, Englewood, Colorado, USA: Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME), 2014.
- [8] X. ZHENG e R. SMITH, “DOLOMITE DEPRESSANTS IN THE FLOTATION OF APATITE AND COLLOPHANE FROM DOLOMITE,” Minerals Engineering, vol. 10, nº 5, pp. 537-545, 1997.
- [9] A. L. d. Souza, R. O. d. Albuquerque , F. S. Lameiras, P. E. Praes e A. E. C. Peres, “Use of depressants in the direct flotation of a silicate-carbonate phosphate ore,” REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, vol. 67, nº 2, pp. 191-196, 2014.