

AValiação DO EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE ÍONS Ca^{2+} NA FLOTAÇÃO DE CALCITA DO MINÉRIO DE SANTA QUITÉRIA COM USO DE CO_2

EVALUATION OF EFFECT OF CONCENTRATION OF Ca^{2+} IONS ON CALCITE FLOTATION OF SANTA QUITERIA'S ORE WITH CO_2

Suzanne Marques Freire de Mello

Aluna de Graduação do 3º período, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Período PIBIC/CETEM: fevereiro a julho de 2017

smmello@cetem.gov.br

Elves Matiolo

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.

ematiolo@cetem.gov.br

Amanda Soares de Freitas

Co-orientadora, Engenheira de Minas

asfreitas@cetem.gov.br

RESUMO

O processo de flotação mais comum para o beneficiamento de minérios de fosfato que contém carbonatos como ganga faz uso de ácidos fortes, tradicionalmente H_2SO_4 e H_3PO_4 , que atuam como depressores de apatita e como reguladores de pH. Neste processo, os minerais de carbonato são flotados de forma seletiva da apatita e concentrados na fase espuma. Apesar desta rota ser efetiva sob o ponto de vista da eficácia na separação entre os minerais por flotação, o uso em grandes quantidades (≈ 10 kg/t de minério alimentada) de ácidos inorgânicos fortes leva ao acúmulo de íons, impactando na qualidade da água de recirculação e sendo nocivo ao meio ambiente no caso de necessidade de descarte. Íons dissolvidos tais como Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , $\text{P}_2\text{O}_4^{2-}$, podem adsorver nas partículas e/ou sofrer várias reações em solução, bem como interações com coletores e depressores alterando suas propriedades podendo prejudicar a flotação. O CETEM vem desenvolvendo um processo de flotação para separação entre carbonatos e apatitas baseado na injeção de gás carbônico no sistema de geração de bolhas na célula de flotação em substituição à aplicação de ácidos inorgânicos fortes. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição de íons Ca^{2+} na água de processo através de testes variando a concentração de íons Ca^{2+} entre 6mg/L a 670 mg/L. Os resultados indicam que ocorre uma redução na seletividade do processo para concentração de Ca^{2+} superior a 95 mg/L, visto que, é identificado uma tendência no aumento da flotação da apatita, evidenciada pelo aumento do teor de P_2O_5 na fração flotada e uma diminuição nos valores de RCP. O processo de flotação aplicando CO_2 apresenta menor impacto no acúmulo de íons na água, em comparação ao processo com uso de ácidos fortes, visto que não é necessária a adição do íon PO_4^{2-} como depressor de apatita.

Palavras chave: calcita, água de processo, íons.

ABSTRACT

The flotation process widely used to processing phosphate ore containing carbonated gangue utilize strong acids such as H_2SO_4 and H_3PO_4 which act as depressants of apatite and as regulators of pH. In this process, the ores of carbonates are selectively float of apatite and are concentrated on foam phase. Although this process be effective on minerals separation by flotation, used of large quantities (≈ 10 kg/t of ore alimented) of strong inorganic acids leads to the high accumulation of ions on process water, impacting the quality of recirculated water and being harmful to the environment in case of need to discard. Ions dissolved like Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , $\text{P}_2\text{O}_4^{2-}$, can adsorves on particles and/or which undergoes various chemical reactions solution, as well as interactions with collectors and depressors, changing their properties, thus damaging the flotation. CETEM has been developing a flotation process for the separation of carbonates

minerals and apatite based on injection of carbon dioxide gas on bubbles generation system in flotation cell instead of inorganic strong acids. The objective that study was to evaluate the effect of addition of Ca^{2+} ions in process water through test varying the concentration of Ca^{2+} ions between 6mg/L and 670 mg/L. The results indicated a reduction of selectivity in the process for the concentrations of Ca^{2+} higher than 95 mg/L, since indicated a trend in the increase of flotation of apatite, evidenced by the increase of content of P_2O_5 in floated fraction and a decrease in the values of RCP. The flotation process applying CO_2 presents smallest impact on the accumulation of ions in the water, in comparison with the process using strong acids, since it does not require the addition of ion P_2O_4^- as depressant of apatite.

Keywords: calcite, process water, íons.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso estratégico para a indústria mineral, visto que pode inviabilizar um projeto minerário. Devido sua escassez e a regulamentação rigorosa para descarte, a reutilização da água passa a ser obrigatória nas plantas de beneficiamento de minérios. Entretanto, a reutilização da água no processo de flotação pode causar efeitos negativos, alterando a química do sistema devido aos compostos de caráter orgânico e inorgânico dissolvidos no meio (LIU *et al.*, 2013; RAO *et al.*, 1988)

O minério fosfático de Santa Quitéria é de origem metamórfica e tem como principais minerais a apatita, quartzo e calcita. O processo de flotação para concentração da apatita foi desenvolvido na década de 1980 pelo Centro de Tecnologia Nuclear (CDTN). O conceito é baseado na flotação *bulk* da calcita e da apatita dos demais minerais (especialmente silicatos) utilizando-se amido de milho gelatinizado e silicato de sódio como depressores e ácido graxo saponificado como coletor em pH alcalino. Posteriormente a flotação *bulk* é realizada outra etapa de flotação utilizando H_3PO_4 como depressor de apatita (AQUINO e FURTADO, 1985). A necessidade da aplicação de H_3PO_4 em elevadas dosagens (em geral acima de 15 kg/t alimentada) culmina em elevado acúmulo de íons na água residual e estudos recentes em escala piloto indicam a impossibilidade de recirculação da água de processo. MATIOLO *et al.*, (2015) apresentam resultados preliminares de um processo alternativo de flotação para separação entre carbonatos e apatitas baseado na injeção de gás carbônico no sistema de geração de bolhas na célula de flotação em substituição à aplicação de ácidos inorgânicos fortes.

Alguns estudos destacam o efeito dos íons no processo na seletividade do processo de flotação de apatita, principalmente dos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} (AQUINO, 1985; SANTOS *et al.*, 2010; GUIMARÃES e PERES, 1999). Contudo, não são encontrados na literatura estudos direcionados a avaliar a concentração dos íons na flotação de calcita utilizando CO_2 .

2. OBJETIVOS

Avaliar o efeito da variação da concentração dos íons Ca^{2+} sobre a eficiência de separação entre a calcita e a apatita utilizando-se do processo de flotação via injeção de CO_2 no mecanismo de geração de bolhas da máquina de flotação e ácido graxo de coco como coletor.

3. METODOLOGIA

3.1. Minério

Foi utilizada uma amostra de minério da jazida Santa Quitéria. O processo de beneficiamento é composto pelas etapas de britagem, moagem, peneiramento e separação em fração fina ($< 106 \mu\text{m} > 15 \mu\text{m}$) e grossa ($> 106 \mu\text{m}$). Para o estudo realizado foi utilizado amostra do fluxo de grossos com P_{80} de $106 \mu\text{m}$, composta por 20% de P_2O_5 , 48% de CaO , 7,3% de SiO_2 . Os principais minerais são: 50,7% de apatita, 38,2% de calcita, 5,9% de quartzo e 5,2% de outros minerais.

3.2. Ensaios de flotação

Para avaliar o efeito da adição de íons Ca^{2+} sobre a flotação de calcita foram realizados ensaios de flotação de calcita em escala de bancada, em uma célula de flotação tipo *Denver*, modelo D12 com massa de minério de 500 gramas. Foram preparadas soluções de água com diferentes concentrações de íons Ca^{2+} através da solubilização de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Para o primeiro ensaio foi utilizado a água da torneira da rede de abastecimento do CETEM que analisou 6 mg/L de Ca^{2+} . Para os testes subsequentes foi utilizado água com concentrações de íons Ca^{2+} de 95 mg/L, 246 mg/L, 419 mg/L e 670 mg/L.

A polpa foi condicionada com o coletor ácido graxo de coco (Liacid 1218) saponificado na dosagem de 500 g/t por um tempo de 3 minutos (pH natural, 8) a uma rotação de 800 rpm com porcentagem de sólidos de 50%. Após o ajuste da porcentagem de sólidos para 35%, foi injetado CO_2 (vazão entre 2 L/min e 3 L/min) que serviu tanto para geração de bolhas quanto para o ajuste do pH da polpa na flotação, que em equilíbrio estabiliza ao redor de 5,8. Foi realizada uma etapa *rougher* (até exaustão da espuma) e com a fração flotada foi realizada uma etapa *cleaner* (também até a exaustão da espuma), cuja fração flotada correspondeu ao concentrado final de calcita. Os concentrados e os rejeitos de cada ensaio foram filtrados, secos, pesados e enviados para análise química (FRX). A água residual de cada ensaio foi enviada para análise da concentração de íons. A Figura 1 apresenta o esquema realizado em cada ensaio.

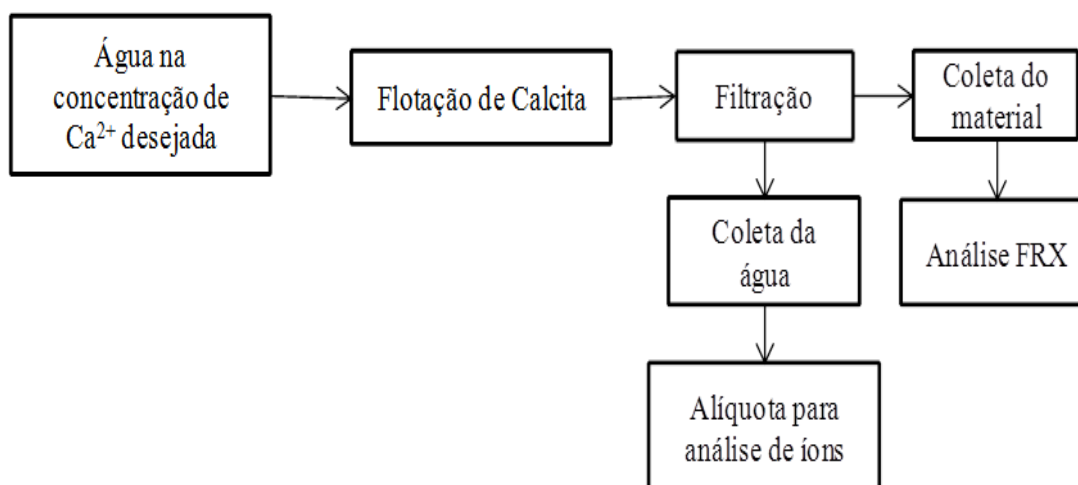


Figura 1: Fluxograma ilustrando os ensaios realizados com adição de íons Ca^{2+} na água de processo para cada concentração desejada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta o efeito da concentração dos íons sobre o teor e recuperação de P_2O_5 e CaO no flutuado e afundado da flotação de calcita. Na fração afundada, o teor P_2O_5 diminuiu de 25% na concentração de 6 mg/L de íons Ca^{2+} para 22%, na concentração de 670 mg/L de íon Ca^{2+} . Foi observado também um aumento no RCP neste fluxo, variando de 1,9 para 2,2 no mesmo intervalo de concentrações, indiciando que o aumento da concentração de íons Ca^{2+} na água de processo afeta a recuperação de calcita. No concentrado de calcita, foi observado que há uma elevação no teor de P_2O_5 com o aumento da concentração de Ca^{2+} , de 6,9% até 10,2% no primeiro e no último teste, respectivamente, e uma diminuição do RCP, de 7,6, no teste com menor concentração de Ca^{2+} para 5,1 no teste com maior concentração de Ca^{2+} . Tais resultados mostram que há um aumento flotação de apatita para concentrações de Ca^{2+} maiores do que 95 mg/L e elevação no teor de P_2O_5 no concentrado de calcita justificando a redução de RCP.

Tabela 1: Efeito da variação na concentração dos íons sobre o teor e recuperação de P₂O₅ e CaO no concentrado e rejeito da flotação de calcita.

Concentração (mg/L)				Flutuado			Afundado			
Ca ²⁺	Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	F ⁻	Massa (%)	Teor (%)		RCP	Teor (%)		RCP
					P ₂ O ₅	CaO		P ₂ O ₅	CaO	
6	0,9	0,3	0,6	27,0	6,9	52,2	7,6	25,0	46,8	1,9
95	0,1	0,1	0,6	27,3	6,6	52,2	7,9	25,8	45,5	1,8
246	<0,1	<0,1	0,6	27,3	9,3	52,1	5,6	24,1	46,2	1,9
419	<0,1	<0,1	0,7	21,5	9,9	52,2	5,3	22,3	47,1	2,1
670	<0,1	<0,1	0,8	23,3	10,2	52,5	5,1	22,0	47,3	2,2

A Figura 2 representa a perda de P₂O₅ em função do aumento da concentração de íons Ca²⁺. Foi observado que o percentual de perda variou de 9,2 para a concentração de 6 mg/L de íons Ca²⁺, a 12,3 para concentração de 670 mg/L de íons Ca²⁺. Para concentrações maiores do que 95 mg/L a perda de P₂O₅ aumenta consideravelmente em comparação às demais concentrações de Ca²⁺.

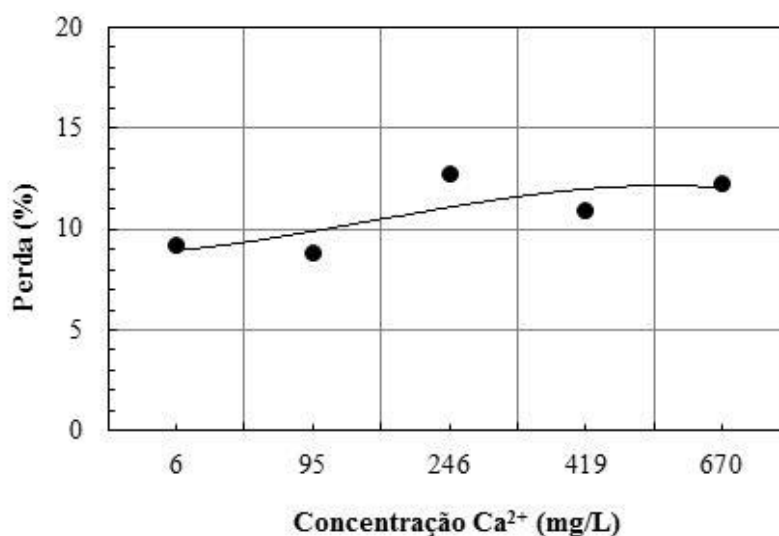


Figura 2: Efeito da variação da concentração de íons Ca²⁺ sobre a perda de P₂O₅ no concentrado de calcita.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos provaram que o acúmulo de íons Ca²⁺ reduz a seletividade do processo de flotação de calcita com uso de gás carbônico como regulador de pH e para geração de bolhas, e ácido graxo como coletor. Para concentrações de íons Ca²⁺ superiores a 95 mg/L há aumento na perda de P₂O₅ na ordem de 30%. Na fração afundada ocorre a diminuição do teor de P₂O₅ a partir de concentrações superiores a 95 mg/L. Além disso, é possível concluir que o processo de flotação que utiliza CO₂ é uma alternativa de processo viável para separação de calcita e apatita tendo em vista que causa menos impacto na água residual de processo uma vez que não é necessário a adição de íons PO₄²⁻ como depressores de apatita como é o caso dos processos baseados na adição de ácidos inorgânicos fortes.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, digno de toda honra e glória. Agradeço ao CNPq, pela bolsa de iniciação científica, ao CETEM pela infraestrutura, às Indústrias Nucleares do Brasil (INB) e à Yara-Galvani pela doação da amostra, ao meu orientador Elves Matiolo e à minha co-orientadora Amanda Soares por toda paciência, apoio e dedicação no ensino, e ao colega de trabalho Guilherme Moreira pelo suporte na execução deste.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, J.A.; FURTADO, J.R.V. Flotação Reversa Aplicada ao Minério Fósforo-uranífero de Itataia- CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS, 1985, Natal - RN. **Proceedings do XI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Brasil: Natal, 1985.
- AQUINO, J.A. 1985. Influência de alguns íons sobre a flotação de apatita do minério de Itataia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS, 1985, Natal. **Proceedings do XL Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Brasil: Natal, 1985.
- GUIMARÃES R.C, PERES A.E.C. Interfering Ions in the Flotation of a Phosphate Ore in a Batch Column. **Minerals Engineering**, p. 757-768, 1999.
- LIU, W., MORAN, C. J., VINK, S. A review of the effect of water quality on flotation. **Minerals Engineering**, v. 53, p. 91-100, 2013.
- MATIOLO E., GONZAGA L.M., GUEDES A. L. Flotação reversa com o uso de gás carbônico aplicada ao minério fósforo-uranífero de Santa Quitéria. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS, 2015, Poços de Caldas. **Proceedings do XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**. Brasil: Poços de Caldas, 2015.
- RAO S. R., FINCH J. A. A review of water re-use in flotation. **Minerals Engineering**, v. 2, nº 1, p. 65-85, 1988.
- SANTOS M. A., SANTANA R. C., CAPPONI F., ATAIDE C. H., BARROZO M. A. S. Effect of ionic species on the performance of apatite flotation. **Separation and Purification Technology**, v.76, p.15-20, 2010.