

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS ÍONS DISSOLVIDOS NA FLOTAÇÃO DE SILICATOS

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF DISSOLVED IONS ON SILICATE FLOTATION

Gabriel Dutra de Oliveira

Aluno de graduação da Química Industrial 7º período, UFRJ
Período PIBIC: setembro de 2021 a julho de 2022
gabrieldutr.o@eq.ufrj.br

Elves Matiolo

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.
ematiolo@cetem.gov.br

Stéphanie Oliveira Moura e Sá

Coorientadora, Engenheira de Minas
ssa@cetem.gov.br

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de nióbio no mundo, e devido a sua crescente importância no cenário mundial se faz necessário entender todas as etapas de sua produção sendo uma das mais importantes a flotação. Tal etapa, pode ser afetada pela quantidade de íons presentes na água, como Ca^{2+} e Mg^{2+} , que podem dificultar a adsorção do coletor na superfície do minério prejudicando a sua flotação. Desta forma, esse estudo avaliou os efeitos da água com íons dissolvidos na etapa de flotação de silicatos de um circuito de flotação do mineral pirocloro. O estudo foi realizado comparando os ensaios de flotação com água da rede, água provinda do processamento mineral e água contendo NaCl dissolvido. Foi verificado que não ocorreu variações significativas entre as diferentes flotações, devido às similaridades entre os valores de recuperação metalúrgica, teor de SiO_2 e recuperação de Nb_2O_5 encontradas no concentrado final da flotação.

Palavras-chaves: Flotação, pirocloro, íons, NaCl.

ABSTRACT

Brazil is the biggest producer and exporter of niobium in the world, and due to the growing importance of this ore in the world stage, its necessary to understand all the stages of production, being one of the biggest importance the flotation. This can be affected by the quantity of ions present in the water, like Ca^{2+} and Mg^{2+} , which can hinder the adsorption of the collector on the surface of the ore, being detrimental to flotation. This study evaluated the effects dissolved ions in the silicate flotation step of a pyrochlore mineral flotation circuit. This study was realized comparing the flotation test with tap water, water from mineral processing and water with NaCl salt dissolved. Was verified that it didn't occur significant changes between those flotations, due to similarities in the values find in the recovery of SiO_2 , SiO_2 content and recovery of Nb_2O_5 in the final concentrate of flotation.

Key words: Flotation, pyrochlore, ions, NaCl.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de nióbio no mundo, respondendo por cerca de 91% da produção, sendo um mineral muito utilizado na produção de ligas de aço – para a construção civil - e ligas de titânio, utilizadas em aparelhos de RMN (ressonância magnética nuclear), com extrema importância na área química e médica, devido a sua alta resistência a corrosão e por ter um alto ponto de fusão (CBMM, 2012) (U.S. Geological Survey, 2021).

O pirocloro é o principal mineral para obtenção de nióbio ($(\text{Na}, \text{Ca})_2 \text{Nb}_2\text{O}_6 (\text{OH}, \text{F})$), sendo as principais minas de exploração desse minério no Brasil, Araxá (MG) e Catalão (GO). É importante destacar que cerca de 99% de concentrado de nióbio produzido é oriundo das minas de Araxá, Catalão, no Brasil e Niobec no Canadá (GIBSON *et al*, 2015) (USGS, 2021). O processo de beneficiamento de minerais de nióbio envolve as operações de cominuição, classificação, separação magnética sendo o principal método de concentração de material a flotação (ESPINOSA-GOMEZ *et al*, 1987).

Quando o minério de nióbio contém minerais de carbonatos e silicatos em alta quantidade como ganga, o processo de concentração por flotação considera as etapas de flotação reversa dos carbonatos e silicatos antes da etapa de flotação direta de pirocloro. A flotação de carbonatos é necessária devido ao consumo de ácido na etapa da flotação direta do pirocloro, enquanto a etapa de flotação de silicatos é feita devido às similaridades das superfícies do pirocloro e dos silicatos, se fazendo necessário realizar a remoção desses silicatos para aumentar a seletividade da flotação direta de pirocloro (GIBSON *et al*, 2015).

Em geral, a recuperação global de Nb_2O_5 é em torno de 60% com perdas de Nb_2O_5 de até 20%, nas etapas de deslamagem e flotação reversa dos minerais de ganga (MATIOLO *et al*, 2020) (GIBSON *et al*, 2015). O uso de água recirculada do processo, que contém resíduos de reagentes e íons dissolvidos é uma das causas da diminuição da seletividade na flotação (ESPINOSA-GOMEZ *et al*, 1987) (MAROIS *et al.*, 2018).

Rao, *et al.* (1988) Investigou os efeitos da água de processo no desempenho da flotação de pirocloro, utilizando amina como coletor, na presença de silicatos como minerais de ganga. Ensaios de flotação com altas concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e Na^{2+} apresentaram menor recuperação de Nb_2O_5 , devido a redução da carga superficial das partículas, o que resultou em diminuição da adsorção do coletor com a superfície do pirocloro.

A água de processo utilizada na etapa de flotação de silicatos de um circuito de beneficiamento mineral de pirocloro foi caracterizada em relação a presença de íons dissolvidos, dos quais, apresentou altas concentrações de íons Cl^- (1323 ppm), F^- (84 ppm), SO_4^{2-} (71 ppm), Na^+ (863 ppm), K^+ (201 ppm). Devido à alta presença de íons Na e Cl, foi explorada, também, o uso de água apenas com estes íons para verificar a influência destes na flotação de silicatos.

2. OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo verificar a influência do uso da água de processo e íons Na^+ e Cl^- na flotação de silicatos.

3. METODOLOGIA

3.1. Preparação da Amostra

As amostras deste estudo passaram por etapas de homogeneização, quarteamento, caracterização física (granulometria por peneiramento), química (fluorescência de raios X) e mineralógica (difração de raios X).

3.2. Ensaios de Flotação

Os ensaios de flotação de silicatos foram realizados em escala de bancada, utilizando uma máquina de flotação da marca Denver, equipada com um inversor de frequência.

O condicionamento da amostra foi realizado com a adição do depressor Stargill (amido de milho) gelatinizado, por 5 minutos, após esse tempo foi adicionado o coletor etemonoamina (Flotigam EDA), condicionada por 2 minutos, em pH 10.

A flotação *rougher* ocorreu em uma cuba de 3L e do *cleaner* em uma cuba de (5L) mantendo-se uma rotação de 1200 rpm. Para cada ensaio foi utilizado uma massa de aproximadamente 1 kg de amostra, com porcentagem de sólidos no condicionamento de 57% em peso. Após o condicionamento, a polpa foi alimentada à célula de flotação e foi diluída para porcentagem de sólidos, aproximadamente, 35%. Após o ajuste da porcentagem de sólidos, foi injetado o ar para geração de bolhas, com velocidade superficial equivalente a 1,1 cm/s. Foi realizada uma etapa *rougher* e etapa *cleaner* (ambos até a exaustão da espuma). O concentrado e rejeito final (*rougher* + *cleaner*) de cada ensaio foram filtrados, secos, pesados e enviados para a análise química.

Os ensaios foram realizados com água da rede de abastecimento do CETEM, água de processo de mineradora e água produzida em laboratório com 500 ppm de Cl^- e 324 ppm de Na^+ , para verificar apenas os efeitos desses íons na flotação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo resultados da análise mineralógica, a amostra apresenta teor de pirocloro de cerca de 1,1%, com minerais de ganga sendo carbonatos (27,6%), micas e outros silicatos (48%), óxidos e hidróxidos de ferro (13%), além outros minerais como fluorapatita (6,3%) e barita (2,5%). Após os ensaios de classificação, a amostra que alimentou a flotação apresentou uma distribuição granulométrica com P_{80} em 106 μm e 18% da massa passante em 20 μm . Os teores da amostra que alimentou a flotação indicaram 0,65% de Nb_2O_5 , 18,5% de SiO_2 , 20,4% de CaO . A água de processo e água da rede foram caracterizadas para determinação da concentração de íons dissolvidos, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Caracterização da água da rede e de processo usada nos ensaios de flotação.

Concentração (ppm)	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^{2+}	Cl^-	F^-	SO_4^{2-}
Água da rede (AR)	4,4	1,1	2	5,1	8,8	0,7	11,3
Água de processo (AP)	13	13	200	862	1323	84	71

A Figura 1, apresenta o teor versus recuperação metalúrgica de SiO_2 onde é possível verificar que a recuperação de SiO_2 utilizando água de processos variou entre 18,8% e 39,5% com teores de SiO_2 entre 25,3% e 30,4% no concentrado *cleaner*. Nos ensaios de flotação com água da rede encontrou-se recuperação entre 23,5% e 40,3% e teores entre 27% e 28,1% de SiO_2 , enquanto nos ensaios utilizando 500 ppm de Cl^- foi encontrada uma recuperação entre 17,5% e 46,7% e um teor de SiO_2 variando entre 26,4% e 26,8%. A figura 2, relaciona a recuperação metalúrgica com diferentes dosagens de coletor, onde os ensaios com água de processo usaram dosagens de 188 a 358g/t de coletor, os ensaios com água da rede utilizaram dosagens de coletor de 188 a 398 g/t. Para os ensaios utilizando 500 ppm de Cl^- o coletor variou de 203 a 373g/t. Em todos os ensaios, a dosagem de depressor variou de 300 a 350 g/t. Em dosagens similares de coletor utilizando diferentes águas, a recuperação de SiO_2 variou até 6%.

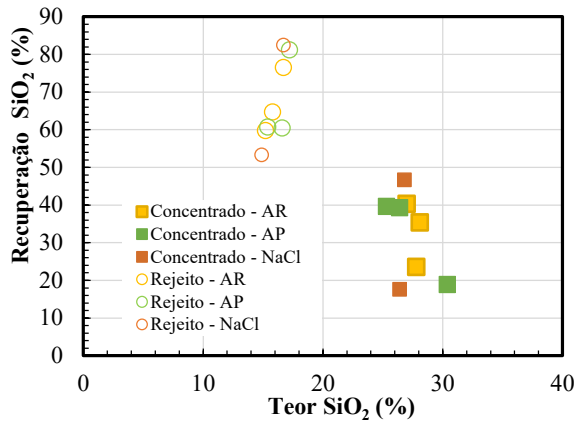


Figura 1: Gráfico de recuperação versus teor de SiO₂

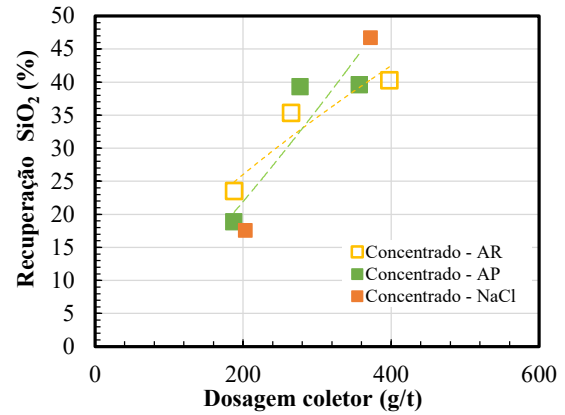


Figura 2: Gráfico de Recuperação de SiO₂ versus coletor

Na figura 3 é apresentado a perda de Nb₂O₅ versus a recuperação de SiO₂ nos ensaios de flotação com água da rede, de processo e com NaCl. Foi verificado uma perda de 12,3% a 26,6% de nióbio nos ensaios com água da rede, os ensaios com água de processo tiveram uma perda variando entre 8,1% a 27,7% e por fim na água com NaCl encontrou se uma perda entre 9,5% e 28,7%. As perdas de Nb₂O₅ foram similares nos ensaios com mesma dosagem, utilizando água da rede, de processos ou contendo sal, assim os íons não causaram maiores perdas de Nb₂O₅ para o concentrado final de silicatos.

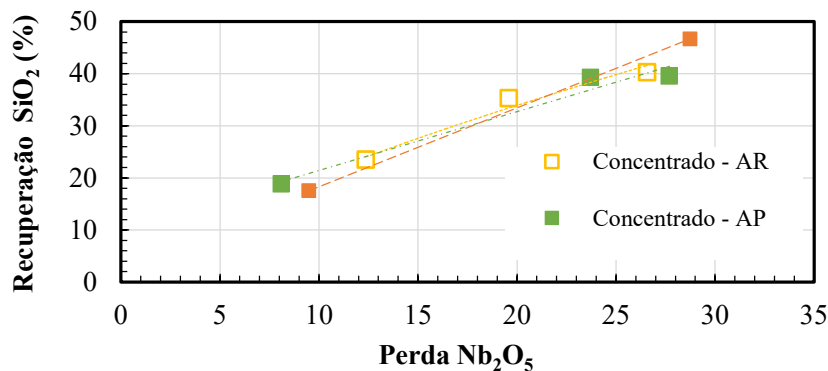


Figura 3: Gráfico de recuperação de SiO₂ versus perda de Nb₂O₅.

Foi possível avaliar pelos comportamentos demonstrados nas Figuras 1, 2 e 3 que a presença dos íons Na⁺ e Cl⁻, e outros íons dissolvidos presentes na água de processo não causaram interferências significativas na recuperação, teor de SiO₂ e perda de Nb₂O₅, visto que, não houve variações entre os diferentes ensaios de flotação quando utilizadas dosagens semelhantes de reagentes.

5. CONCLUSÕES

Esse trabalho buscou avaliar o impacto causado pelos íons presentes em água de processo, e a presença de NaCl na flotação de silicatos, etapa de um circuito de beneficiamento de minério de nióbio. Foram realizados ensaios de flotação com água de processo, água da rede e água contendo NaCl, variando as dosagens de coletor. Foi verificado que os íons presentes água não tiveram uma ação deletéria na flotação de silicatos, obtendo como recuperações metalúrgicas valores entre 18 e 50% e teor de SiO₂ entre 25 e 30%. A perda de Nb₂O₅ também não apresentou mudanças significativas. Sendo assim, é possível observar que neste estudo, o uso de água na presença de íons dissolvidos não apresentou divergências na seletividade da flotação de silicatos de um circuito de concentração de piroclore.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores Stéphanie Oliveira e Elves Matiolo pelo apoio, ao CETEM/MCTIC e seus servidores pela estrutura e suporte, e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATIOLO, E., COUTO, H. M., FREITAS, A.S., SÁ, S. M. O. Niobium ore carbonate mineral flotation without desliming. Proceedings do 59th Conference of Metallurgists, COM 2020, Toronto, Ontario, Canada. 11p.

RAO, S. R., ESPINOSA-GOMEZ, R., FINCH, J. A., & BISS, R. Effects of water chemistry on the flotation of pyrochlore and silicate minerals. Minerals Engineering, v.1 n.3, p.189-202, 1988.doi:10.1016/0892-6875(88)90041-6.

SCOTTI, J. L.; SMITH, R. W. Calcium ion effects in amine flotation of quartz and magnetite. Minerals Engineering, v. 6, n. 12, p. 1245-1255, 1993.

LUZ, A. B. (ED.); SAMPAIO, J. A. (ED.); ALMEIDA, S. L. M. (ED.). Tratamento de Minérios 2010. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 932p.

GIBSON, C., KELEBEK, S., AGHAMIRIAN M. Niobium oxide mineral flotation: A review of relevant literature and the current state of industrial operations. 2015, pág. 82-97.

BRUZIQUESI, C. G. O., BALENA, J.G., PEREIRA, M.C., SILVA, A.C., OLIVEIRA, L.C.A. Niobium: a strategic chemical element for Brazil. Química Nova. 2019, v. 42, n. 10, pág.1184-1188.

USGS – United States Geological Survey: Mineral Commodity Summaries 2021–Niobium (Columbium). Mineral Commodity Summaries 2021.

MAROIS, J.S., DOWNEY, D., MATTON, G., DODIER, Y., CAPPUCITTI, F. Resolving Detrimental seasonal Effect on the Flotation Processes at Niobec. Proceedings Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952. Ottawa, Ontario: 201.

ESPINOSA-GOMEZ, R., FINCH, J.A., LAPLANTE, A.R. Effects of the type of water on the selective flotation of pyrochlore from niobec. Colloids Surf. V.26, p.333-350, 1987.