

ESTUDOS DA INFLUÊNCIA DE COLETOR AMIDA-AMINA NAS CARGAS SUPERFÍCIAIS DA HEMATITA E DO QUARTZO

STUDIES OF AMIDE-AMINE COLLECTOR INFLUENCE ON MINERAL SURFACE FOR IRON ORE CONCENTRATION.

Rafael Santos Monteiro

Aluno de Graduação da Química Industrial 8º período, UFRJ
Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: setembro de 2020 a julho de 2021.
rsmonteiro@eq.ufrj.br

Elves Matiolo

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

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores de minério de ferro e a extração desse insumo metalúrgico é altamente representativo na balança comercial do país. A flotação catiônica reversa é a aplicação mais comum de concentração para esse minério no país. Reagentes com grupo amina são dominantes nessa técnica, assim como depressores à base de amido. O objetivo deste trabalho é avaliar a adsorção do coletor amina-amida (Flotisor® 5530 da Clariant), na superfície da hematita e de sua principal ganga, o quartzo. A partir de medições de potencial zeta (PZ), foi possível analisar as cargas na superfície de cada mineral, o PZ para o quartzo foi mais negativo do que para a hematita, devido ao SiO₂ ser um grupo bem negativo. O ponto isoelétrico (PIE) encontrado para o quartzo, sem coletor e com coletor, foi de pH 2.04 e pH >2.00, respectivamente. Já a hematita sem coletor apresentou PIE em pH 2.44.

Palavras-chave: Potencial zeta, Hematita, Quartzo, Flotação, Flotisor 5530, coletor amina-amida.

ABSTRACT

Brazil is one of the biggest iron ore producers and the extraction of this metallurgical raw material is representative in the country's trade balance. Reverse cationic flotation is the most common concentration application for this ore in Brazil. Reagents with amine groups are dominant in this technique, like starch-based depressants as well. The objective of this work is to evaluate the adsorption of the amine-amide collector (Flotisor-5530) on the surface of hematite and its main gangue, quartz. From measurements of zeta potential (ZP), it was possible to analyze the charges on the surface of each mineral, the ZP for quartz was more negative than for hematite, due to SiO₂ being a very negative group. The isoelectric point (IEP) found for quartz, without collector and with collector, was pH 2.04 and pH >2.00, respectively. However, hematite without collector presented PIE at pH 2.44.

Keywords: Zeta Potential, Hematite, Quartz, Flotation, Flotisor 5530, Amine-amide collector.

1. INTRODUÇÃO

O minério de ferro brasileiro, que tem a hematita como principal mineral portador de óxido de ferro, é uma *commodity* de grande importância na economia, faturando 49 bilhões de reais já no primeiro trimestre de 2021. Em 2020 o setor de minério de ferro faturou 138,7 Bilhões de reais, 39% maior do que em 2019 (IBRAM,2020). Além disso, o Brasil possui uma das maiores reservas do mundo, sendo 70% delas no Quadrilátero Ferrífero (MG).

A aplicação mais tradicional de concentração de minérios de ferro no Brasil é a flotação catiônica reversa de silicatos (principalmente quartzo) a partir de minérios hematíticos (ARAÚJO et al., 2005). Éter-aminas e éter-diaminas primárias são os coletores dominantes; normalmente junto com um depressor de hematita, amido de milho e seus derivados, utilizados para aumentar a seletividade em pH alcalino (pH 9-11). Um estudo aplicado usando amida-amina (Flotisor 5530) como coletor sem amido como depressor mostrou uma tendência bastante distinta em comparação com a flotação reversa catiônica clássica de minérios de ferro usando aminas como coletor e amido como depressor. Neste trabalho houve recuperação de até 85% de SiO_2 e recuperação de até 50% de Al_2O_3 (Matiolo et al. 2020).

Para compreender o mecanismo de interação entre o mineral e o regente são utilizadas diversas análises, como potencial zeta, ângulo de contato, AFM, espectroscopia FTIR dentre outros. O foco deste trabalho é na análise de potencial zeta dos principais minerais que compõe a minério de ferro, quartzo e hematita com o coletor amida-amina. Esta análise mede a carga superficial da partícula mineral em relação à variação do pH, determinando a faixa de pH com melhor performance na flotação além de contribuir no entendimento do mecanismo de adsorção do regente no mineral, podendo ser físico ou químico.

2. OBJETIVO

Avaliar como o coletor amida-amina (Flotisor® 5530 da Clariant) interage com a superfície mineral do quartzo e da hematita, a partir da caracterização do coletor e da análise do potencial zeta.

3. METODOLOGIA

3.1. Amostras de Hematita e Quartzo

As amostras utilizadas neste trabalho são originadas do Quadrilátero Ferrífero. Para a caracterização de ambas as amostras, foi realizada uma análise de Difratômetro de Raio X (DRX) no equipamento Bruker-AXS D4Endeavor. Foi determinado para ambas uma alta pureza, sendo essa acima de 99%.

A amostras de quartzos se encontravam em pó, para determinar sua granulometria utilizou-se o Malvern Mastersize 2000. Como resultado, foi obtido um P90 de 40 μm . As amostras de hematitas encontravam-se em forma de lascas.

3.2. Potencial Zeta

Para a determinação do potencial Zeta das amostras, utilizou-se o equipamento Malvern Zetasizer Nano. Como restrição deste equipamento, o tamanho máximo de partícula aceito para análise é de 20 μm . Desta forma, foi necessário a adequação do tamanho das amostras de quartzo e hematita.

As amostras de quartzos cominuídas foram peneiradas a seco em uma peneira de 20 μm . Esse procedimento foi realizado com extremo cuidado para que não ocorresse a passagem forçada da amostra pela peneira. Cerca de 4g de amostra foram obtidas deste peneiramento. Para as amostras de hematita, foram selecionadas as menores lascas para que fosse realizada uma cominuição à mão utilizando um gral com pistilo de porcelana. Posteriormente, a amostra cominuída foi passado em uma peneira de 20 μm . Foi obtido cerca de 1g de amostra de hematita.

Para as análises de potencial zeta, foram utilizadas 0,001g das amostras de quartzo e hematita. O eletrólito utilizado foi o KCl 0,005 mol/L. O equipamento utiliza a equação de Henry com a aproximação de Smoluchowski para realizar o cálculo do potencial zeta através de um software. As medições foram realizadas em triplicada, variando o pH de 2 a 11.

Para a análise do efeito do coletor com o quartzo, foi condicionado 0,5g de quartzo com soluções de 20mg/L e 100 mg/L de coletor com agitação durante 15 minutos. Após este período de tempo, foi realizada uma filtração a vácuo com posterior secagem da amostra.

3.3. Caracterização do Coletor

Para a caracterização do coletor foram realizadas análises de FTIR e RMN por parte do laboratório NanoBusiness Informação e Inovação Ltda. Com os espectros obtidos de cada análise, foi realizada uma busca em diversos bancos de dados utilizando o software KnowItAll, até que fosse encontrado uma molécula que correspondesse aos espectros obtidos experimentalmente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do Coletor

Dada a caracterização do coletor pelos métodos de RMN e FTIR, e a determinação da sua estrutura pelo software KnowItAll, obtivemos que o Flotisor-5530 é um coletor amina-amida com fórmula molecular $C_{17}H_{36}N_2O$, possuindo longa cadeia carbônica em uma extremidade da molécula e os grupamentos amino e amida na outra.

4.2. Potencial Zeta para o Quartzo com Diferentes Eletrólitos Indiferentes.

A figura 1 apresenta o potencial zeta do quartzo utilizando os eletrólitos indiferentes KNO_3 e KCl, ambos com concentração 10^{-3} M. O ponto isoelétrico (PIE) do quartzo foi no pH 1.72 e pH 2.04, respectivamente. Sendo valores coerentes com o encontrado na literatura por MONTE e PERES (2010).

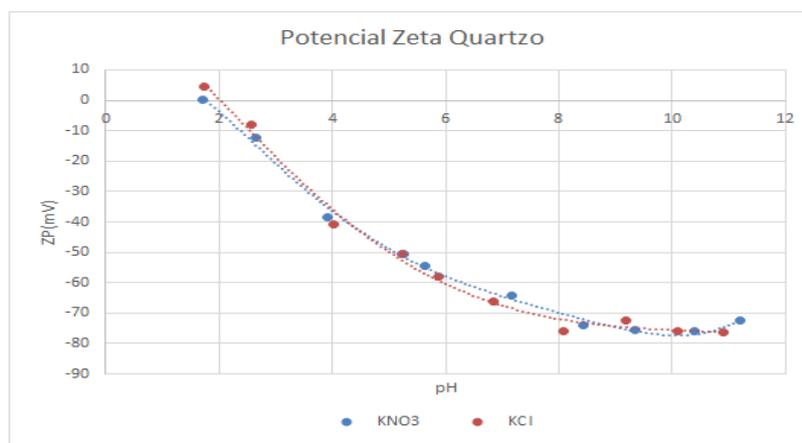


Figura 1. Potencial Zeta do Quartzo sem coletor para KCl 10^{-3} M e KNO_3 10^{-3} M.

A explicação para o PIE mais baixo com o KNO_3 baseia-se na força de dissociação do ácido formado por ele, neste caso, o HNO_3 . O KCl quando dissociado forma HCl, este ácido é considerado mais forte em relação ao HNO_3 , havendo maior tendência à dissociação das espécies H^+ e Cl^- . Assim, para soluções com KCl, há maior disponibilidade de íons H^+ no sistema, os quais se concentram na superfície do mineral e conferem carga a ele, deslocando o PIE para a direita (maior pH). Como o HNO_3 possui menor tendência à dissociação, o sistema contendo KNO_3 dispõe de uma menor quantidade de íons H^+ disponíveis para ocupar a

superfície mineral; sendo assim, é necessária a adição de maior quantidade de H^+ para que a superfície mineral tenha carga positiva, o que resulta em um valor de PIE mais baixo, e a curva se desloca para esquerda (MARINS, 2017).

4.3. Potencial zeta do Quartzo com Coletor.

A figura 2 apresenta a medição do potencial zeta do quartzo com o coletor nas concentrações de 20 mg/L e 100 mg/L, utilizando o eletrólito indiferente de KCl, e comparando-os com o seu estado puro. O PIE não foi encontrado, uma vez que com a adição do reagente, o quartzo ficou mais negativo em pH mais ácidos.

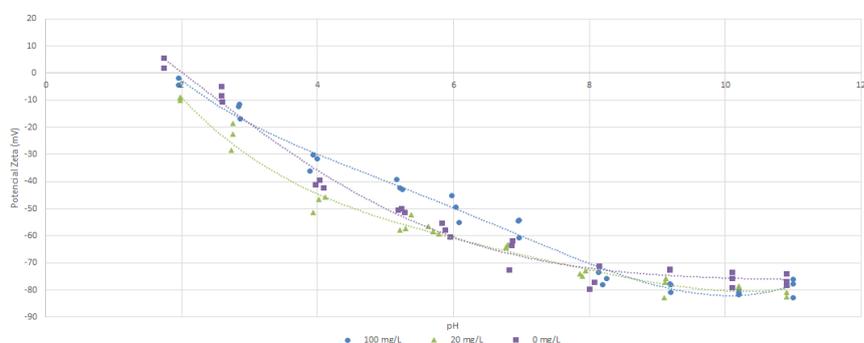


Figura 2. Potencial Zeta do Quartzo em diferentes concentrações de coletor.

O quartzo é formado principalmente por SiO_2 , sendo assim um grupo com carga bem negativa. Os grupos amina possuem, no geral, potencial de dissociação entre pH 3-8, desta forma, as aminas possuem uma carga positiva entre esta faixa, e carga negativa fora dela.

Desta forma, com a análise da figura acima, para um pH abaixo de 8, o grupo amina está carregado positivamente, levando-o a adsorver no quartzo que está carregado negativamente, aumentando seu potencial zeta através da interação destas cargas. Acima do pH 8, a amina passa a ter carga negativa e sua interação com o quartzo fica mais fraca, o que reflete uma leve diminuição do potencial zeta.

4.4. Testes Preliminares com Hematita.

Em medições preliminares de potencial zeta com a hematita, obteve-se o resultado apresentado na figura 3. Foi utilizado eletrólito indiferente KCl $10^{-3}M$. O PIE foi encontrado no pH 2.44.

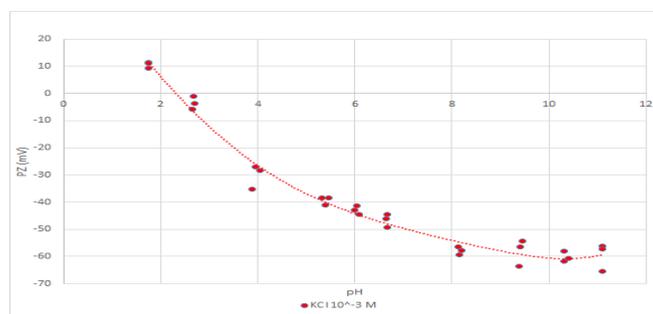


Figura 3. Potencial Zeta da Hematita sem coletor.

Os resultados de PZ para quartzo foram mais negativos que para hematita. Logo, a atração das cargas positivas da amina pelo quartzo é maior do que pela hematita, logo menor será a quantidade necessária de coletor para flotar o quartzo, frente a quantidade necessária para hematita. (LIMA, 2003).

5. CONCLUSÃO

A escolha do eletrólito indiferente não promoveu grandes variações no potencial zeta, apenas no PIE, que para o KCl apresentou valores maiores. Através da caracterização do coletor, foi possível conhecer sua natureza química, já que é um coletor amina-amida, foi possível prever seu comportamento frente a superfície do quartzo, que é muito negativo.

Os resultados de potencial zeta com coletor, dado que o coletor é catiônico (amina), são esperados, uma vez que em pH mais alcalino, a forma positiva decai significativamente, dada maior ocorrência da sua forma molecular. Além disso, a parte hidrofóbica do coletor irá adsorver-se na superfície mineral através de atração eletrostática, o que indica a adsorção física.

Espera-se dar continuidade aos testes com a hematita, a fim de determinar sua interação com o coletor e traçar a melhor estratégia para sua separação do quartzo através da flotação.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Elves Matiolo e a Amanda Soares pelo apoio, ao CETEM/MCTIC e seus servidores pela estrutura e suporte, e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO A.C., Viana P.R.M., Peres A.E.C., 2005. **Reagents in iron ores flotation**. Minerals Engineering, Vol. 18, p. 219–224. DOI: 10.1016/j.mineng.2004.08.023.

IBRAM. **Resultados do Setor Mineral 2020**. Instituto Brasileiro de Mineração. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Apresentacao_Resultados_Setor_Mineral_2020-.pdf.

LIMA, R.M.F. **Efeito da adsorção de amina no potencial zeta da hematita e do quartzo**. 2003. REM: Revista Escola de Minas. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672003000100009>.

MARINS, T.F. **Avaliação de eletrólitos indiferentes na determinação do potencial zeta de minerais**. 2017. Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais. Brasil.

MATIOLO, Elves; COUTO, Hudson Jean Bianchini; LIMA, Neymayer; SILVA, Klaydison; FREITAS, Amanda Soares. **Improving recovery of iron using column flotation of iron ore slimes**. Minerals Engineering, [S. l.], v. 158, p. 1-14, 2020.

MONTE, M. B. M.; PERES, A. E. C. **Química de superfície na flotação**. In: Tratamento de minérios, 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Cap.10. p.399-457.