



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Brasil

LACERDA, A. L. S.; REIS, E. L.; BORGES, A. A.  
USO DO REFRAÔMETRO ÓPTICO PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DA  
CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES DE AMIDO NA FLOTAÇÃO REVERSA DE MINÉRIO  
DE FERRO

HOLOS, vol. 3, 2014, pp. 239-244

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481547172029>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## USO DO REFRAATÔMETRO ÓPTICO PORTÁTIL PARA MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES DE AMIDO NA FLOTAÇÃO REVERSA DE MINÉRIO DE FERRO

A. L. S. LACERDA<sup>1</sup>, E. L. REIS<sup>2</sup> e A. A. BORGES<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto/ Escola de Minas/Departamento de Engenharia de Minas

<sup>3</sup>VALE - Centro de Pesquisas Tecnológicas, Mina de Alegria - Mariana – MG

alineninalorraine@yahoo.com.br<sup>1</sup>; erica@demin.ufop.br<sup>2</sup>; alysson.borges@vale.com<sup>3</sup>

Artigo submetido em novembro/2013 e aceito em dezembro/2013

DOI: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.1765>

### RESUMO

Na flotação reversa de minério de ferro é comum a utilização de amido como depressor. Para a preparação do amido é necessário a adição de hidróxido de sódio para gelatinização. A quantificação de amido, assim como outros reagentes, pode se fazer necessária em diferentes etapas de ensaios de flotação. O presente trabalho avaliou a viabilidade de uso do refratômetro para quantificação de amido em soluções de depressores preparados a partir de farelo de mandioca e amido de milho sendo o processo de gelatinização realizado com a adição de hidróxido de sódio. Foram preparadas soluções com diferentes relações de amido/NaOH, que variando

de 4/1 a 16/1. Os resultados mostraram as leituras de concentração realizadas no refratômetro não condizem com o real calculado, isso devido a presença de dois solutos (amido e hidróxido de sódio) para um solvente (água), o que altera a leitura do instrumento, exceto para a relação 10/1, onde todo o amido foi gelatinizado consumindo todo o NaOH e apresentando apenas um soluto em solução. O refratômetro ao medir a concentração da solução para as demais proporções amido/ NaOH não estava medindo apenas a quantidade de amido, mas identificando o excesso de NaOH

**PALAVRAS-CHAVE:** flotação, depressor, refratômetro, soluto

## THE USE OF OPTICAL REFRACTOMETER TO MEASURE THE CONCENTRATION OF STARCH SOLUTIONS IN REVERSE FLOTATION OF IRON ORE

### ABSTRACT

In the reverse flotation of iron ore, it is common the use of amine as a collector and starch as a depressant. The addition of water and sodium hydroxide is usually required for the preparation of starch. The quantification of starch, as well as other reagents used in the process, might be required in any of the several stages of flotation testing. This study evaluated the feasibility of using the refractometer for starch quantification in solutions made of depressants. These solutions are prepared with cassava meal and corn starch, and its gelatinisation process is carried out with the addition of NaOH. The solutions prepared contained different starch/caustic soda ratios and the values of each one between 4:1 and

16:1. The results indicated that the concentration readings, taken from the refractometer, do not correspond to the actual value calculated. This alteration is due to the presence of two solutes (starch and NaOH) to one solvent. The concentration of starch only represents the actual one used for the preparation of the solution when it regards to the ratio 10:1. Thus, during the process of measuring the concentration of the solution to the other proportions starch/ sodium hydroxide, the refractometer was not only measuring the quantity of starch, but it was also measuring the quantity of caustic soda.

**KEYWORDS:** flotation, depressant, refractometer, solute

## 1 INTRODUÇÃO

A amina, o amido e hidróxido de sódio são reagentes comuns utilizados no processo de flotação reversa de minério de ferro (Araújo *et al.*, 2005). Para se obter um bom desempenho do processo, ou seja, um produto dentro das especificações de mercado e com elevada recuperação de ferro, é necessário manter um controle das variáveis que interferem no processo, como por exemplo, a dosagem dos reagentes usados na flotação.

Para o uso da amina no processo, é necessário que este reagente esteja em solução, sendo a preparação realizada com diluição em água. Para Araújo e Valadão (2007), a solução deve ser parcialmente neutralizada com ácido acético para aumentar a solubilidade em água, sendo o grau de neutralização recomendado entre 25% e 30%. Para solubilizar o amido é necessário submetê-lo a um processo de rompimento das ligações intragranulares chamado de gelatinização. Esse processo pode ser realizado pela elevação de temperatura ou adição de reagentes químicos (Turrer, 2007).

Segundo Bobbio e Bobbio (1995), no processo químico de gelatinização mais utilizado emprega-se o hidróxido de sódio. Neste processo as micelas de amido adsorvem uma parte do álcali e a concentração de NaOH na solução é reduzida. Para que ocorra gelatinização do amido é necessário adicionar NaOH em quantidade tal que parte seja adsorvida pelo amido e parte fique em solução em uma concentração desejada.

Os amidos não modificados contêm além de substância amilácea (amilose + amilopectina), óleo, proteínas, umidade, fibras e matéria mineral. O óleo é inibidor de espuma, sendo recomendável que seu teor não ultrapasse 1,5%. Para que a ação da amina como espumante não seja inibida, um fator importante na flotação é a medida correta da relação amido: hidróxido de sódio a ser empregada no processo.

O refratômetro óptico portátil é um instrumento utilizado para determinar a concentração de um soluto em solução instantaneamente através do princípio da refração da luz por uma substância translúcida. Jenkins e White (1957) consideram que a luz se propaga com velocidade diferente em meios diferentes, sendo que quando a mesma passa de um meio para outro existe uma alteração em sua trajetória. O refratômetro mede o quanto a luz se desvia de sua trajetória, ou seja, o ângulo de refração. O refratômetro é comumente utilizado para determinar a concentração de açúcar em um fluido, podendo ser usado também para medições de salinidade, proteínas no sangue, entre outros fins.

Esse trabalho avaliou a utilização do refratômetro óptico portátil na medição da concentração de amido em soluções preparadas a partir de farelo de mandioca e amido de milho e gelatinizados com hidróxido de sódio, utilizadas como depressores na flotação reversa de minério de ferro.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os depressores utilizados para os testes de leitura no refratômetro óptico foram o amido de milho comercial (fornecido pela Illo Química Ltda) e farelo de mandioca (fornecido por pesquisadores da EMBRAPA e produzido por pequenos agricultores do norte de Minas Gerais).

Para cada tipo de depressor, foram preparadas 13 soluções, nas relações amido:hidróxido de sódio de 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1, 10:1, 11:1, 12:1, 13:1, 14:1, 15:1 e 16:1. Para preparação de cada solução 10 g de depressor foram adicionadas a 100mL de água sob agitação em um agitador eletromecânico da marca Fisatom. O hidróxido de sódio fornecido pela Braskem foi preparado em outro béquer adicionando-se a massa previamente pesada em 100 mL de água e logo após transferido para o béquer com o depressor. A adição da solução de NaOH ocorreu lentamente até a uniformidade da solução. O conteúdo do béquer foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL e o restante do volume aferido com água, formando uma solução de depressor 1% peso/volume (p/v). Finalmente foram efetuadas as leituras da concentração de amido nas soluções com auxílio do refratômetro óptico portátil modelo RT-10 ATC da marca Salvi Casagrande.

Para leitura da concentração de amido nas soluções, primeiramente foi necessário limpar o prisma, utilizando lenço de papel umedecido em água. Após isso, uma gota de água foi depositada sobre o prisma para verificar calibração do instrumento. A leitura ótica é feita verificando se o refratômetro está zerado, caso não esteja, é possível zerá-lo através de um parafuso localizado na sua parte superior.

Após feita a calibração, enxugou-se o prisma novamente e então uma gota da solução a ser medida foi depositada sobre o prisma. Para realizar a leitura ótica, é necessário direcionar o refratômetro para um ponto de grande luminosidade para que as marcas de graduação sejam vistas com nitidez. As leituras no refratômetro foram realizadas em duplicata.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 1 e 2 estão apresentados os resultados das leituras de concentração de amido medidas no refratômetro em função da relação amido: hidróxido de sódio e concentração de NaOH para os depressores farelo de mandioca e amido de milho, respectivamente.

Pela análise dos resultados observou-se que conforme a relação amido:soda aumentava, a concentração medida pelo refratômetro diminuía. Esse comportamento foi observado para os dois tipos de depressores, os preparados com amido de milho e os preparados com farelo de mandioca.

Nas condições as quais as soluções de depressores foram preparadas, sabe-se que as mesmas possuem dois tipos de soluto (amido e hidróxido de sódio) para um tipo de solvente, a água. Sendo assim, o refratômetro ao medir a concentração da solução, não está medindo apenas a quantidade de amido presente na mesma, mas também o hidróxido de sódio que não foi totalmente consumido no processo de gelatinização do farelo de mandioca e do amido de milho.

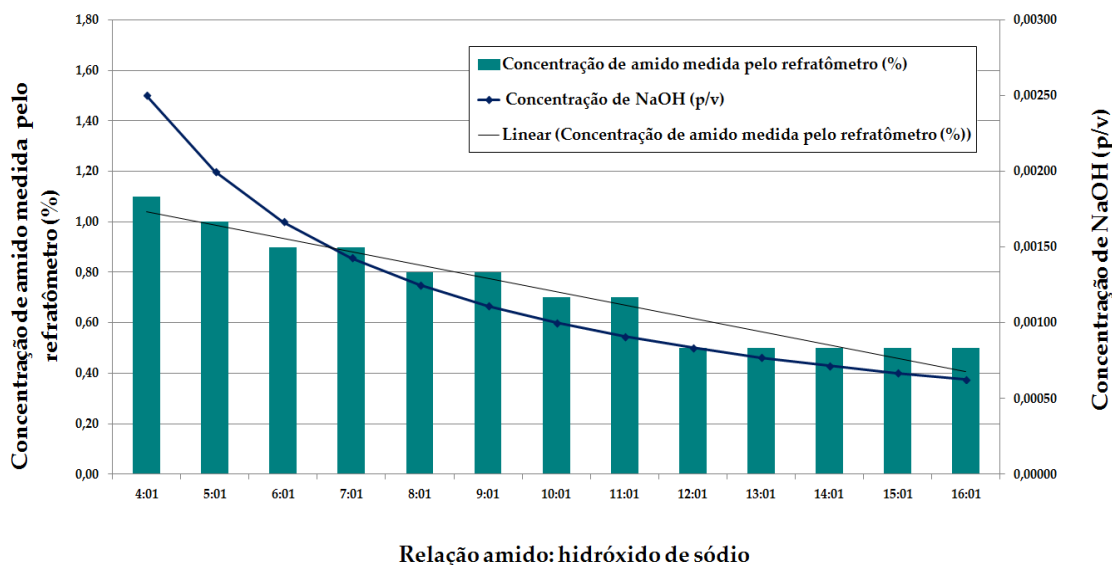


Figura 1 - Concentração de amido medida pelo refratômetro em função da relação amido:hidróxido de sódio e concentração de NaOH nos testes com farelo de mandioca

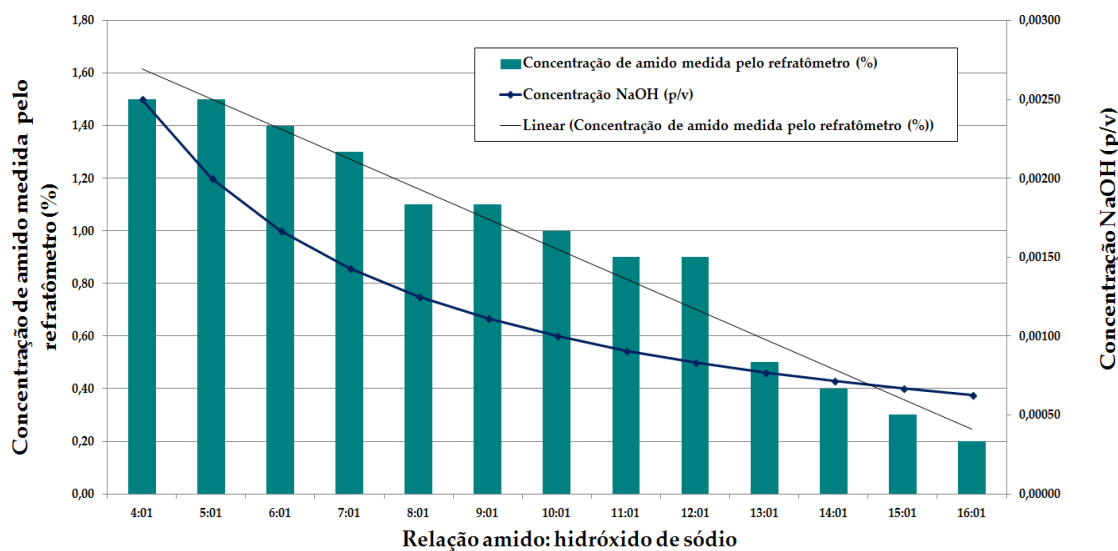


Figura 2 - Concentração de amido medida pelo refratômetro em função da relação amido:hidróxido de sódio e concentração de NaOH nos testes com amido de milho

De acordo com os resultados das leituras utilizando refratômetro para as soluções preparadas com amido de milho, para relações menores que 10:1, a quantidade de amido presente na solução não necessitou de todo o hidróxido de sódio para ser gelatinizado, existindo assim grande quantidade de soda livre na solução e a leitura do refratômetro acusou uma concentração maior do que 1% p/v que era esperada.

As aminas em meio aquoso sofrem ionização por protonação, e considera-se que o intervalo de pH de flotação utilizado para coletar a sílica dos minérios de ferro brasileiros situa-se entre 9,5 e 10,5 (Araujo *et al.*, 2006). Nos ensaios de flotação onde essas soluções foram utilizadas,

o excesso de soda cáustica na solução aumentou o pH, afetando significadamente a ação da amina. O alto valor de pH, que deveria estar em torno de 10,5, fez com que fosse necessária correção durante o processo.

Para a relação 10:1 todo o amido presente na solução do depressor preparado com amido de milho foi gelatinizado pelo NaOH e não havia quantidade significativa de soda livre em solução, mostrando que, para esta relação, a leitura feita pelo refratômetro foi mesmo 1%p/v.

Para relações maiores que 10:1, falta hidróxido de sódio na solução para gelatinizar todo o amido, havendo assim excesso de amido não gelatinizado que depositou-se no fundo do recipiente. Nesse caso a leitura do refratômetro também mostrou-se coerente acusando apenas a concentração do amido que foi gelatinizado e encontrava-se em solução. Os ensaios de flotação que utilizaram estas soluções não apresentaram bons resultados devido à falta de depressor em solução para o processo de flotação, diminuindo assim as recuperações mássica e metálica.

As mesmas observações foram feitas para os testes realizados com farelo de mandioca, ressaltando-se o fato de que o excesso de hidróxido de sódio ocorreu para relações menores que 5:1, a leitura esperada (1% p/v) ocorreu na relação 5:1 e a falta de reagente para gelatinização do amido ocorreu nas relações maiores que 5:1.

#### 4 CONCLUSÕES

Parece ser possível a utilização do refratômetro óptico para identificação da relação ideal amido:hidróxido de sódio, ou seja, valor de relação onde todo o hidróxido de sódio que foi consumido, não havendo soda livre em solução ou falta de reagente para gelatinização do amido.

Nas relações onde houve excesso de reagente em solução, a leitura do refratômetro foi maior que o esperado (1%p/v), isso devido ao instrumento ler a concentração de dois solutos em solução (amido e soda livre). Nas relações onde houve falta de reagente em solução, a leitura do refratômetro mostrou-se menor que o esperado, isso porque a falta de hidróxido de sódio para a gelatinização de todo amido fez com que houvesse sobra do depressor não gelatinizado na solução. O que demonstra que o refratômetro não pode ser utilizado para quantificar a concentração de amido em soluções onde há a presença de mais de um soluto em solução.

O uso do instrumento mostrou-se adequado apenas como medidor de concentração em soluções onde existia apenas um soluto por solvente. Nesse trabalho as leituras só foram corretas nas relações amido:hidróxido de sódio 10:1 onde utilizou-se amido de milho como depressor e para relações amido:hidróxido de sódio 5:1 onde utilizou-se farelo de mandioca como depressor. Dessa forma, esta técnica deve ser usada para determinar a concentração ótima de NaOH para uma concentração conhecida de amido e, quando o refratômetro medir a mesma concentração de amido como é conhecido estar em solução, então esta seria a concentração ótima.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARAÚJO, A.C., VIANA, P.R.M., PERES, A.E.C. Reagents in iron ores flotation. Minerals Engineering. v. 18, p. 219-224, 2005.
2. ARAÚJO, A.C., OLIVEIRA, J.F., PERES, A.E.C., VIANA, P.R.M. A flotação de minérios de ferro. In: Chaves, A. P. (org.). Teoria e prática do tratamento de minérios: Flotação: O Estado da Arte no

- Brasil. v.4, Editora Signus, São Paulo, p. 317-329, 2006.
3. ARAÚJO, A.C., VALADÃO, G.E.S. Introdução ao tratamento de minérios, Editora UFMG, Belo Horizonte, p. 132, 2007.
  4. BOBBIO, P.A., BOBBIO, F.O. Química do processamento de alimentos. 2ª edição, Editora Varela, São Paulo, p. 151, 1995.
  5. JENKINS, F.A., WHITE, H.E. Fundamentals of Optic, 3ª edition, McGraw-Hill Book Company, New York, p. 3-4, 1957.
  6. LACERDA, A.L.S., REIS, E.L., BORGES, A.A. The use of optical refractometer to measure the concentration of starch solutions in reverse flotation of iron ore, In: 9th International Mineral Processing Seminar - PROCEMIN 2012, Santiago, p. 53-54, 2012.
  7. TURRER, H.D.G. Polímeros depressores na flotação de minério de ferro. Belo Horizonte, 2007. Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.