

DISPERSANTES DE TALCO E SERPENTINA NA FLOTAÇÃO DO MINÉRIO DE NÍQUEL

RAIMUNDO, A.H.B.¹, DUARTE, A.P.², ALVES, P.I.A.³, IMBELLONI, A.M.⁴, PEREIRA, C.A.⁵

¹Universidade Federal de Ouro Preto. andyaraduarte@hotmail.com

²Universidade Federal de Ouro Preto. adriano.henrique@live.com

³Universidade Federal de Ouro Preto. pedroivo13@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Ouro Preto. alaine_imbeloni@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Ouro Preto. pereira@demin.ufop.br

RESUMO

O principal problema na flotação do minério de níquel é a seletividade entre minerais presentes e existência de inclusões. No minério em estudo, os principais contaminantes são talco e minerais do grupo serpentina. O objetivo deste trabalho foi investigar reagentes dispersantes de talco e serpentina na flotação do minério de níquel. As amostras utilizadas foram provenientes da mina de Fortaleza de Minas da Votorantim Metais S/A. As etapas do trabalho foram preparação e caracterização das amostras e realização de ensaios de dispersão. Os ensaios foram alimentados com amostras puras de serpentina e talco, após etapas de cominuição, peneiramento, pulverização e separação magnética do material que interfere nos resultados dos ensaios. Dentre os reagentes estudados, aquele que apresentou maior índice de dispersão, tanto para o talco quanto para o serpentinito, foi a combinação CMC e carbonato de sódio. Dessa maneira é possível afirmar que essa combinação de reagentes é a mais apropriada para realizar a dispersão da ganga do minério de níquel. O regente que apresentou menores valores de dispersão em ambas as amostras foi goma guar, mesmo na presença de carbonato de sódio, sendo por isso o dispersante menos eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: níquel; talco; serpentina; dispersão.

ABSTRACT

The main problem in the flotation of nickel ore is selectivity between minerals and the presence of inclusions. In ore under study, the main contaminants are talc and serpentine group minerals. The objective of this study was to investigate reagents dispersing of talc and serpentine in the flotation of nickel ore. The samples used were from the Fortaleza de Minas Votorantim Metals S / A mine. The stages of this work were preparation and characterization of samples and dispersion tests. Assays were fed with pure samples of serpentine and talc, after comminution stages, screening, pulverization and magnetic separation of the material interferes the test results. Among the reagents studied, the combination CMC and sodium carbonate presented the highest dispersion index, both as to talc and serpentinite. Thus it is clear that this combination of reagents is the most appropriate to perform the dispersion of nickel ore gangue. The conductor that dispersion had the lowest values for both samples was guar gum even in the presence of sodium carbonate and is therefore the least efficient dispersant.

KEYWORDS: nickel; talc; serpentine; dispersion.

1. INTRODUÇÃO

A flotação é um processo de separação aplicado a partículas sólidas que explora diferenças nas características de superfície entre várias espécies, sendo capaz de separar o mineral minério da ganga.

O método usual de tratamento de minérios sulfetados é através da produção de *matte* de níquel depois do processo de concentração. Segundo Rao (2000), os métodos de concentração geralmente incluem separação magnética, flotação ou a combinação de ambos, após a cominuição abaixo de 0,2 mm e a flotação proporciona teor máximo de níquel de 28% de Ni. Os reagentes coletores mais utilizados na flotação desses minerais são os tio-coletores, normalmente utilizados com reagentes depressores ou ativadores.

Entretando, no mundo, pouco se sabe ainda sobre a flotação dos minerais de níquel. Segundo Bulatovic (2007), a maior parte do trabalho de investigação sobre flotação de minério de níquel com ganga naturalmente hidrofóbica foi realizada por laboratórios de grandes produtores de níquel (Inco, Falconbridge, WMC), e por pesquisadores da Rússia. Apenas dados limitados têm sido publicados, principalmente nos últimos 10 anos. Além disso os minérios de níquel contêm impurezas de outros minerais e, portanto, as propriedades da superfície dos minerais podem variar a partir de um depósito para o outro. Por conseguinte, as propriedades de flotação são variáveis.

No minério de Fortaleza de Minas o problema principal na flotação é a seletividade dos minerais presentes. Os principais contaminantes são talco e minerais do grupo serpentina, ambos portadores de magnésio e naturalmente hidrofóbicos. Esses minerais devem sua flotabilidade natural a sua estrutura cristalina laminar, com união fraca de van der Waals entre as lâminas, que ao romperem-se geram pontos de baixa energia livre superficial, ou seja, pontos hidrofóbicos (Burdukova, 2007). O caráter hidrofóbico desses minerais faz com sejam aderidos pelo agregado bolha-partícula da flotação, fazendo parte do concentrado final. O aumento de talco no concentrado diminui o teor deste e causa problemas na fundição devido a alta quantidade de MgO resultante.

Além disso, na etapa de moagem do minério, a produção de finos ocorre devido ao fato dos minerais portadores de magnésio apresentarem maior moabilidade que os demais minerais presentes. Assim, a presença de finos na flotação é uma característica desse tipo de minério, comprometendo a seletividade da separação na etapa de flotação devido ao efeito de *slime coating*, que é o recobrimento das partículas minerais de interesse pelas partículas finas do material indesejado.

Na flotação a seletividade é maior quanto mais distintas as diferenças nas características de superfície entre as espécies presentes. Daí a necessidade do uso de reagentes, compostos que aumentam essas diferenças e são capazes de impedir a presença indesejável de ganga no concentrado final.

Depressores e dispersantes são modificadores orgânicos ou inorgânicos utilizados na flotação. Os dispersantes são usados para “individualizar” as partículas de modo a possibilitar a posterior concentração (Baltar, 2010). Uma polpa dispersa evita a formação do “slime coating” formado ou interfere que as partículas finas de minerais diferentes formem agregados entre si, prejudicando a seletividade do processo. O MgO presente nas gangas naturalmente hidrofóbicas promove condições favoráveis à coagulação de minerais, especialmente de sulfetos finos com ganga grosseira, levando a perda de níquel (Rao, 2000), daí a importância da utilização de dispersantes na flotação de minérios com esse tipo de ganga. Além disso, segundo Chaves (2006), os dispersantes geralmente exercem também o papel de depressores de ganga.

A eficácia de determinados reagentes modificadores como depressores e dispersantes de ganga hidrofóbica pode ser analisada através de ensaios de dispersão e por estudos do potencial zeta. O presente trabalho tem como objetivo investigar reagentes para dispersão de minerais portadores de MgO, em diferentes valores de pH, a partir de ensaios de dispersão em laboratório.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparação e caracterização das amostras

As amostras de talco e serpentinito utilizadas neste estudo são provenientes da mina de Fortaleza de Minas da Votorantim Metais S/A, que constituem a ganga rica em MgO do minério de níquel. As etapas do trabalho foram preparação e caracterização das amostras e realização de ensaios de dispersão.

A amostra inicial foi britada e quarteada para se obter uma amostra final de 150 gramas. Essa amostra foi pulverizada para ser usada nos testes de dispersão. O procedimento adotado para os testes de dispersão foram baseados na metodologia adotada por Galery (1985), que investigou a influência do estado de dispersão na flotabilidade do sistema willemita/dolomita, introduzindo o procedimento experimental conhecido como teste de dispersão.

Foram coletadas amostras de talco e serpentinito para análise mineralógica por difração de raios-x (Difratômetro Philips-PANalytical PW1710), utilizando-se a técnica do pó total. Também foi realizada a análise granulométrica do material pulverizado utilizando o granulômetro a laser (Cilas) e depois foram realizados estudos do potencial zeta do talco para a determinação do seu ponto isoelétrico e do comportamento deste na presença do CMC. Para verificar a migração de partículas sob o efeito de um campo elétrico foi determinado o ζ em um determinado pH, utilizando o equipamento Zeta Meter 4.0.

2.2 Metodologia

O condicionamento das soluções de reagentes e os ensaios de sedimentação foram realizados no tubo de sedimentação padrão, que é um tubo de vidro de 4,5 cm de diâmetro e 16,3 cm de altura, com uma saída (0,5 cm de diâmetro) para o sobrenadante a 1,5 cm do fundo do tubo. O tubo foi instalado sobre um agitador magnético que realizou a agitação da polpa mediante uma barra magnética. O controle de pH foi feito acoplando-se o eletrodo na parte superior do tubo. Foram feitos testes com pH 7 e 9.

Os reagentes utilizados foram: CMC (0,1% p/v); goma guar (0,1% p/v); hidróxido de sódio (1% p/v); carbonato de sódio (1% p/v) e dispersante (1% p/v);

Os testes de dispersão foram realizados de acordo com os seguintes passos:

3 g de amostra pulverizada foram adicionadas no tubo de sedimentação;

Acrescentaram-se 13,5 ml de água destilada e de solução de reagente, com o pH ajustado, o agitador magnético era ligado para 3 minutos de condicionamento;

O volume de 200 ml era completado com água destilada com o pH corrigido e 3 minutos de condicionamento;

O agitador era desligado, aguardava-se a sedimentação por 5 minutos e coletavam-se separadamente as frações dispersas e afundadas. Tais frações eram colocadas na estufa (a 100 °C).

Os produtos eram pesados e calcula-se o índice de dispersão (ID) de acordo com a equação 1.

$$DI (\%) = \frac{MO}{MO + MU} \times 100 \quad (1)$$

Onde: MO - Massa do overflow (fração da amostra em suspensão após 5 minutos de sedimentação), e MU- Massa underflow (fração da amostra afundada). Todos os testes foram realizados com duplicata.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a difração de raios x, os principais minerais presentes nas amostras de serpentinito são antigorita e talco, enquanto que nas amostras de talco estão presentes os minerais talco, clorita, magnesita e dolomita. Foi possível perceber que o talco estudado não se encontra totalmente puro. Além disso, foi utilizado o serpentinito por ser uma rocha rica em serpentina e não se ter acesso a amostras puras de minerais do grupo serpentina.

Os resultados das análises granulométricas utilizando granulômetro a laser (CILAS) são apresentados nos histogramas das figuras 1 e 2, para o serpentinito e o talco pulverizados, respectivamente.

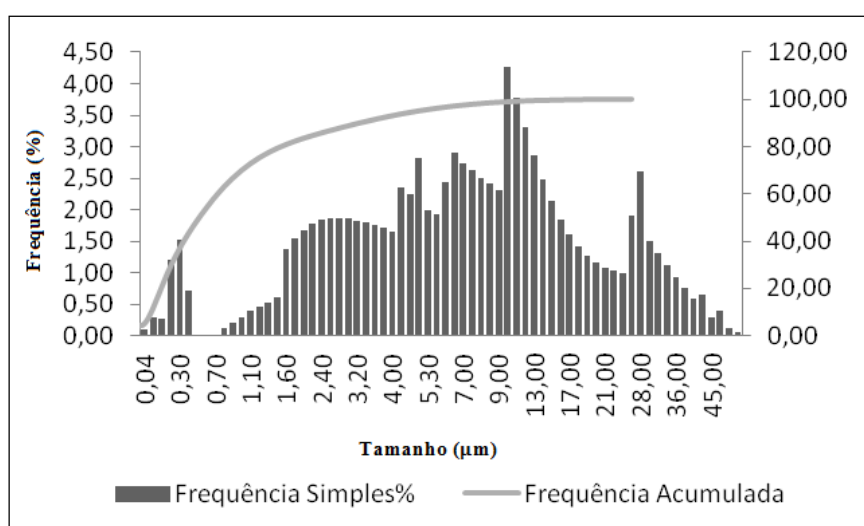


Figura 1. Histograma da distribuição granulométrica realizada no granulômetro a laser do serpentinito pulverizado para os ensaios de dispersão.

O serpentinito apresentou tamanho de 95% de 31,9 μm e tamanho médio de 10,4 μm . O talco, por sua vez, apresentou tamanho de 95% de 32,9 μm e tamanho médio de 11,43 μm . Diferenças significativas nas granulometrias e nas formas das partículas poderiam justificar uma diferença nos índices de dispersão das partículas, pois partículas maiores teriam um tempo de sedimentação menor, sendo as diferenças neste caso justificadas pelas granulometrias e não pelo grau de dispersão das suspensões. No entanto, observa-se uma diferença muito pequena de tamanho das partículas submetidas aos ensaios de dispersão, sendo as diferenças nos índices de dispersão entre talco e serpentinito relacionadas apenas à hidrofobicidade das partículas e da sua interação com os reagentes dispersantes utilizados.

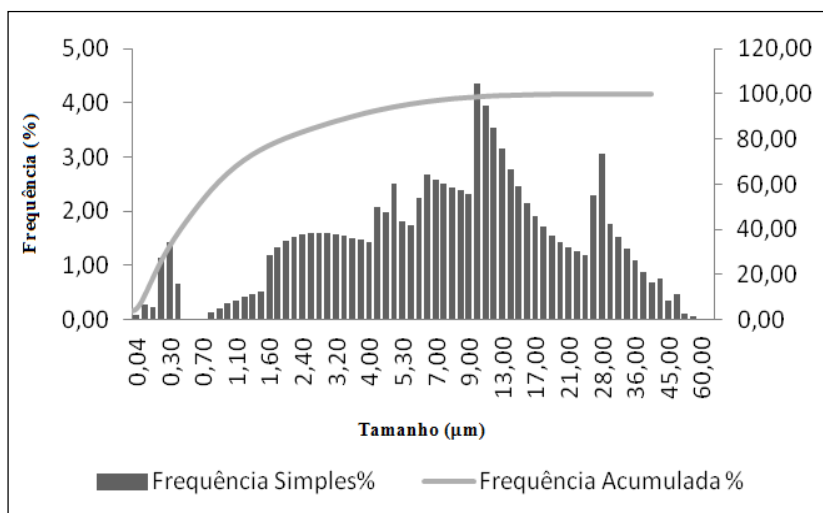


Figura 2. Histograma da distribuição granulométrica realizada no granulômetro a laser do talco pulverizado para os ensaios de dispersão.

A figura 3 mostra a curva com os resultados de potencial zeta para o talco. O ponto isoelétrico foi aproximadamente no pH 2,8. Na presença do CMC, os valores de potencial foram todos negativos, existindo assim a mudança nas cargas de superfície do talco e a interação específica do dispersante com a superfície do mineral. Além disso, a superfície do talco tornou-se mais negativa, aumentando a repulsão eletrostática pela a superfície negativa da pentlandita, aumentando assim a dispersão das partículas. De acordo com diversos autores, os principais mecanismos de adsorção de CMC no talco, bem como em outros minerais, é a interação hidrofóbica e ligação de hidrogênio. A adsorção de CMC no talco pode ocorrer por mecanismos de atração eletrostática e interação ácido/base com espécies hidróxido de metal na superfície do talco, e é, portanto fortemente dependente das cargas superficiais do mineral e do grau de adsorção dos hidróxidos na superfície (Burdukova, 2007).

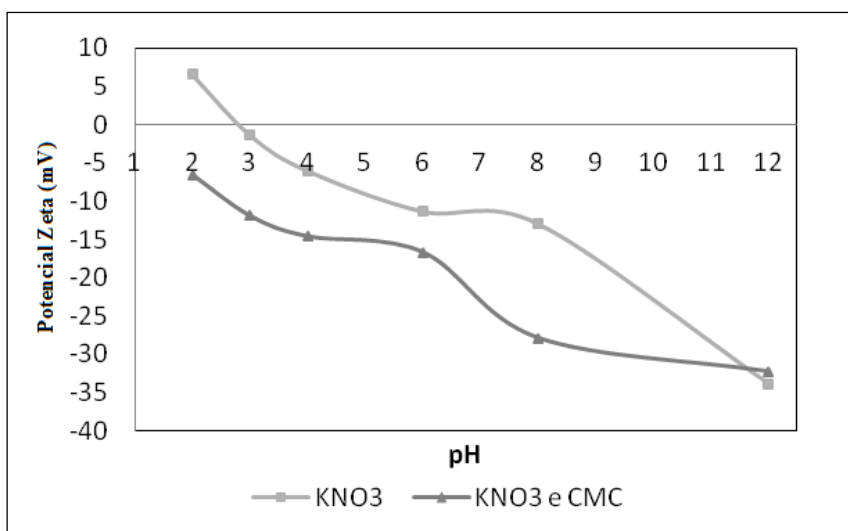


Figura 3. Curva de potencial zeta para o talco na presença do eletrólito indiferente KNO_3 (10^{-3} M) e do CMC (800 g/t).

Considerando que a literatura mostra a importância de um maior grau de dispersão dos finos de minério para obtenção de uma melhor seletividade na flotação mediante o menor efeito do *slime coating*, buscou-se o reagente que apresentasse maior grau de dispersão. Para ambos os pHs

utilizados, o talco apresentou maior índice de dispersão na presença de CMC + barrilha e menor índice nos testes com goma guar. Entretanto, no pH 9 o CMC puro e a combinação de CMC e goma guar também mostraram efeitos significativos na dispersão. A figuras 4 mostra os índices de dispersão determinados para o talco em testes feitos a pH 7 e 9, respectivamente.

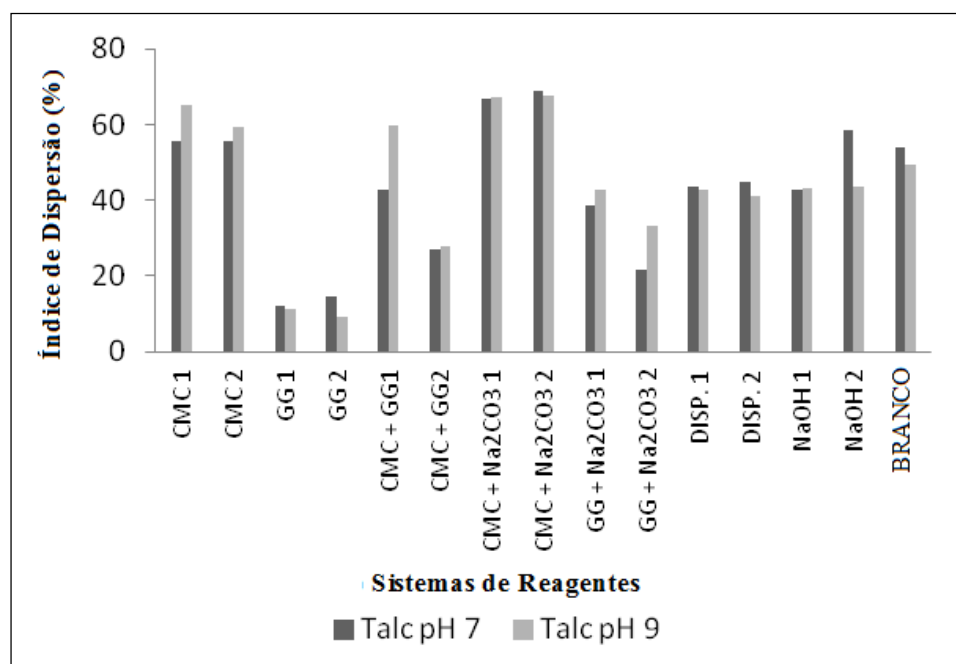


Figura 4. Índices de dispersão para o talco.

Nos testes realizados com amostras de serpentinito, a combinação do CMC e carbonato de sódio também se mostrou eficiente, além dela o CMC puro e o dispersante tiveram bons resultados. O menor índice esteve, novamente, nos testes com goma guar. Nesse caso, o pH influenciou apenas no desempenho do NaOH, ainda assim seu efeito não foi significativo. A figura 5 mostra os índices de dispersão determinados para o serpentinito em testes feitos a pH 7 e 9, respectivamente.

De acordo com os estudos realizados por Pietrobon (1996), o uso de carbonato de sódio para aumentar o pH para 9,5 mostrou um aumento na seletividade e na recuperação da pentlandita no concentrado de minério com ganga de minerais portadores de Mg, proveniente de Perseverance, Austrália. Desta forma, o carbonato de sódio atuaria como modificador de pH e dispersante, melhorando a seletividade da flotação.

De acordo com os estudos de Wellham *et al.* (1992) os mecanismos pelos quais ganga de minerais portadores de magnésio podem ser recuperados são: flotação natural (hidrofobicidade), *entrainment*, recuperação como *slime coating* nas partículas de sulfeto, flotação lenta, devido à recuperação e ativação das partículas. Seus estudos levaram a conclusão que a dosagem de CMC combinada com 10% de NaCl melhoram os resultados da flotação de material fino presente no minério serpentinitico proveniente de The Perseverance da mina Leinster (Kalgoorlie).

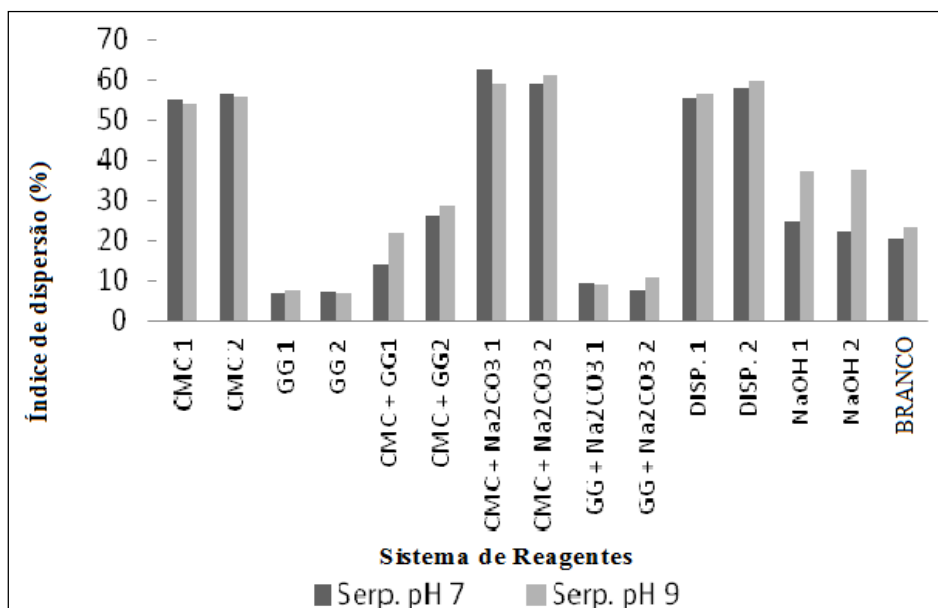


Figura 5. Índices de dispersão para o serpentinito.

A alteração da eficácia do CMC com a mudança de pH pode ser explicada por estudos realizados por Bulatovic (1999). Segundo ele, a depressão de talco com CMC é fortemente influenciada pelo pH da solução. Além disso, a eficácia do CMC como depressor aumenta quando a estrutura molecular do CMC é alterada. O grau de enrolamento das moléculas do polímero é uma função do pH. O melhor efeito como depressor do CMC foi alcançado quando os grupos carboximetilo foram substituídos por aglomerados em vez de estarem distribuídos uniformemente ao longo da cadeia.

Entretanto, segundo Burdukova *et al.* (2007) o comportamento reológico do talco é apenas afetado com a adição de CMC, com pH abaixo de 8. A adição de CMC diminui a tensão de escoamento da suspensão, aumentando o nível de dispersão uma vez que a carga elétrica da interação das partículas fica cada vez mais negativa. Isso acontece porque este valor de pH coincide com o ponto de equilíbrio entre as cargas negativas e positivas.

4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos nota-se que:

- Dentre os reagentes utilizados nos testes, aquele que apresentou maior índice de dispersão, tanto para o talco quanto para o serpentinito, foi a combinação CMC e carbonato de sódio. Dessa maneira é possível afirmar que essa combinação de reagentes é a mais apropriada para realizar a dispersão da ganga do minério de níquel da mina de Fortaleza de Minas, dentre os reagentes estudados.
- O índice de dispersão com o CMC puro no pH 9 pode ser também resultado da sinergia existente entre o reagente e os íons Na^+ presentes no sistema, uma vez que foi utilizado NaOH como modificador de pH. Porém o uso de carbonato de sódio proporcionou melhores resultados.
- O reagente que apresentou menores valores de dispersão em ambas as amostras foi goma guar, mesmo na presença de carbonato de sódio, sendo por isso o dispersante menos eficiente.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPQ de Fundação Gorceix pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS

BALTAR, C. A. M. Flotação no Tratamento de Minérios, Editora Universitária da UFPE, Recife. 2010.

BULATOVIC, S. M. Handbook of Flotation Reagents. Chemistry, Theory and Practice: Flotation of Sulfide Ores. Elsevier Science & Technology Books. Amsterdam. 2007.

BULATOVIC, S. M. Use of Organic Polymers in the flotation of Polymetallurgical ores: A Review. Minerals Engineering, Vol. 12, No. 4, pp. 341-354. 1999.

BURDUKOVA, E., BRADSHAW D.B., LASKOWSKI J.S. (2007). Effect of CMC and pH on the rheology of suspensions of isotropic and anisotropic minerals. Department of Mining University of British Columbia 6350 Stores Rd Vancouver, Canada. Canadian Metallurgical Quarterly, 46, pp. 273-278. 2007.

BURDUKOVA, E. Surface properties of New York talc as a function of pH, polymer adsorption and electrolyte concentration. Cape Town, África do Sul. Tese de doutorado, Faculty of Engineering and Built Environment University of Cape Town. 134 p. 2007

CHAVES, A. P., PERES, A. E. C., ARAUJO, A. C. Teoria e Prática do Tratamento de minérios – Flotação, O Estado da Arte no Brasil. 1º Ed. Volume 4. São Paulo: Sigmus Editora. 2006.

PIETROBON, M. C. Chemical Aspects in the Flotation of Pentlandite in Western Australian Nickel Ores. Dissertação de mestrado. Applied science in Chemical Technology, University of South Australia, Australia. 1996

RAO, G. V. Nickel e Cobalt Ores: Flotation. Regional Research Laboratory, Council of Scientific and Industrial research, Bhubaneswar, India, 3491-3500 p. 2000.

WELLHAM, E.J., ELBER, L., YAN D.S. The role of carboxy methyl cellulose in the flotation of a nickel sulphide transition ore. *Minerals Engineering*, Vol. 5, Nos. 3-5, pp. 381-395, Austrália. 1992.