



ESTUDO DE DISPERSÃO DO MINÉRIO DE NÍQUEL DE BAIXO TEOR

SOUZA, N. S.¹, LAGE, A.C.F.², ALEXANDRINO, J.S.³,
DINIZ, F.F.⁴, HENRIQUES, A.B.⁵

¹Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), e-mail: nathiegan@gmail.com

²Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

³Universidade Federal de Minas Gerais (UEMG), Departamento Recursos Naturais, Ciências e Tecnologia Ambientais, Coordenação Curso de Engenharia de Minas.

⁴Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

⁵Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Minas.

RESUMO

À medida que ocorre o esgotamento de minérios mais ricos, pode ser necessário realizar moagem mais fina para obtenção de adequada liberação. Com isto, gera-se maior quantidade de finos que podem causar efeitos negativos na etapa de flotação, como a ocorrência do fenômeno denominado de *slime coating* ou heterocoagulação. Para controlar o estado de dispersão da polpa, pode-se fazer uso da adição de agentes dispersantes. De modo a determinar uma condição ótima de dispersão de um minério de níquel de baixo teor, proveniente da Mineração Serra da Fortaleza, variou-se o pH da suspensão, o tipo (KemEcal 211, KemEcal 240, EXPN 5050) e dosagem de (500g/t x 1.000g/t e 1.500g/t) de dispersantes. O mais alto grau dispersão foi obtido em pH=4, com 1.500 g/t do dispersante KemEcal 240.

PALAVRAS-CHAVE: Minério de níquel, Baixo teor, Finos, Agregação, Dispersão.

ABSTRACT

As the depletion of richer ores occurs, finer grinding may be required for proper release. This generates a larger amount of fines that can have negative effects on the flotation stage, such as the occurrence of the phenomenon called slime coating or heterocoagulation. To control the dispersion state of the pulp, use may be made of the addition of dispersing agents. In order to determine the optimal dispersion condition of a low-grade nickel ore from Serra da Fortaleza Mining, the suspension pH, type (KemEcal 211, KemEcal 240, EXPN 5050) and dosage of (500g) were varied. / t vs. 1,000g / t and 1,500g / t) of dispersants. The highest dispersion grade was obtained at pH = 4, with 1,500 g / t of KemEcal 240 dispersant.

KEYWORDS: Nickel ore, Low content, Fine, Aggregation, Dispersion.

1. INTRODUÇÃO

O níquel é um elemento classificado pela tabela periódica como um metal de transição, apresentando propriedades metálicas ferrosas e não ferrosas. Embora seja considerado raro, ele ocupa o vigésimo segundo lugar em abundância na crosta terrestre, sendo um componente considerável do núcleo externo. Apresenta alto valor agregado ao ciclo produtivo siderúrgico por compor ligas de elevado desempenho, como o aço inoxidável, em galvanização, baterias, eletrodos, fundições, catalisadores e moedas. Simultaneamente ao avanço dessas ligas e usos, pesquisas para encontrar jazidas minerais, tal como de processos de beneficiamento e refino, têm sido desenvolvidas.

O desenvolvimento de processos mais rentáveis e eficientes de beneficiamento mineral tem sido responsável por novos patamares na produção de níquel na Austrália principalmente, e em outros países como Filipinas. Diante dessa enorme diversidade de usos industriais a que se serve, fica evidente que o níquel é um insumo imprescindível à sociedade industrial moderna e de uma importância estratégica para muitas nações. Por isso, é necessário buscar novas alternativas e estudos mais direcionados ao aproveitamento desse metal. Nesse sentido, o beneficiamento de minérios é um processo que demanda continuamente pesquisas sobre o estado de agregação/ dispersão das partículas minerais em polpas. Ao longo da vida útil de uma atividade mineradora podem ocorrer variações nas jazidas, tal como o empobrecimento do minério. Essa baixa qualidade pode levar à necessidade de liberar os minerais de interesse, através de cominuição fina.

Os minérios de níquel de grande relevância econômica incluem os sulfetos, geralmente associados ao Fe ou Cu, silicatos e óxidos/hidróxidos. O mais importante deles é a pentlandita, (Fe,Ni)₉S₈, em função do teor e quantidade de depósitos existentes. Esses minérios podem conter ganga de minerais portadores de magnésio, como talco e serpentinas, que são minerais naturalmente hidrofóbicos. Em razão disso, atrapalham a seletividade da flotação, contaminando o concentrado final. Além disso, na etapa de moagem, há geração de finos, devido ao magnésio apresentar maior moabilidade que os demais minerais presentes. Logo, a presença de finos na flotação é uma característica desse tipo de minério, comprometendo a seletividade da separação na etapa de flotação pelo efeito de *slime coating*, que é a aderência de uma impalpável camada fina de partículas minerais indesejadas sobre as de interesse dificultando ou impedindo as reações de superfície.

Polpas minerais que contenham quantidades significativas de partículas finamente divididas, comumente levam à agregação, afetando a etapa de concentração. O controle dessa agregação pode ser feito através da adição de reagentes dispersantes, coagulantes e floculantes. Assim, é possível melhorar a seletividade do processo, uma vez que aumenta a dispersão entre as partículas em meio aquoso, anulando o efeito de coagulação entre elas, garantindo melhores resultados no concentrado final, porém, o uso de dispersantes sem critérios não é suficiente para garantir tais progressos.

Os mecanismos de dispersão e agregação estão ligados à distribuição de tamanho das partículas, carga superficial, o condicionamento, a hidrodinâmica do sistema e ao pH do meio. Diferentes combinações desses critérios e usos de reagentes podem trazer distintos estados de dispersão (polidispersões). Conhecer a melhor condição desse estado garante um controle de qualidade fundamental para otimização de processos de flotação, sendo interessante para a indústria de mineração compreender a conduta das partículas minerais perante a adição de reagentes dispersantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada pelo presente trabalho consistiu inicialmente de um levantamento bibliográfico, com vista a obter dados e referências sobre a caracterização de minério de níquel, bem como o processo de dispersão/agregação. Em outro momento, métodos experimentais foram realizados em amostras de minério sulfetado de níquel de baixo teor, a fim de adequar o material aos ensaios de dispersão que foram feitos em tubo por um agitador magnético.

2.1. Preparação da amostra

A amostra em estudo é composta por minério de níquel de baixo teor com granulometria variada, oriunda da mineração Serra da Fortaleza, localizada no município de Fortaleza de Minas, MG. A pesquisa dispôs de aproximadamente 5 kg de minério. Inicialmente a amostra foi pesada, homogeneizada e quarteada, na qual metade foi encaminhada para os ensaios mineralógicos, físicos e granulométricos e a outra parte do material foi arquivada para contraprova e futuras pesquisas. Vale a pena ressaltar que se seguiu a teoria de amostragem de forma a garantir a representatividade do todo amostrado.

2.2. Amostragem

A amostra em estudo deste projeto é composta por minério de níquel de baixo teor, oriundo da mineração Serra da Fortaleza, da empresa Votorantim Metais, localizada no município de Fortaleza de Minas-MG.

Dada, inicialmente uma amostra de minério de níquel de aproximadamente 5 kg de minério, tarou-se a balança e pesou a amostra, obtendo uma massa de 4998,9 g. A amostra foi homogeneizada e quarteada, com o intuito de prepará-la para os ensaios mineralógicos, físicos e granulométricos; e a outra parte do material, arquivada para contraprova e futuras pesquisas. Vale a pena ressaltar que a amostra deve ser representativa do todo e para evitar contaminação o material foi ensacado em saco plástico limpo e encaminhado para o laboratório.

2.3 Análise Granulométrica

De modo a determinar a distribuição granulométrica das partículas presentes na amostra de minério de níquel, utilizou-se a técnica de Granulômetro a Laser, tirando partido da sua rapidez, precisão e confiabilidade. Para tanto, o teste foi realizado pelo granulômetro modelo CILAS 1064.

O ensaio foi feito com amostras do minério pulverizado abaixo de 45 μm , valor máximo atingido pelo pulverizador, sem risco de contaminação da amostra. Definiu-se as variáveis do ensaio sem uso de dispersante e com ultrassom.

2.4 Caracterização mineralógica e Análise química

Além de um profundo levantamento bibliográfico sobre a composição química e mineralógica do minério em estudo, foram realizados testes laboratoriais de difração de raios-

X (DRX), refinamento *Rietveld*, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microanálises globais e pontuais por espectroscopia de energia dispersiva (EDS).

2.5. Testes de dispersão

Para a realização dos testes de dispersão, tema deste trabalho, foram utilizadas soluções de reagentes dispersantes fornecidos pela Kemira, tubo de dispersão, agitador magnético e pHmetro.

O procedimento adotado para sua realização, se baseia na metodologia adotada pelos autores Araujo e Galery (1987) e Alexandrino (2013), que investigaram as técnicas para analisar dispersão/agregação de sólidos em suspensão aquosa.

Os ensaios de dispersão foram realizados no tubo de dispersão, de acordo com os passos a seguir:

- Adição de 5 g do minério (<45µm) no tubo de dispersão;
- Adição de 15 mL de água no pH desejado;
- Adição do reagente dispersante na concentração de 0,5% na dosagem pretendida;
- Ligação do agitador magnético;
- Condicionamento por 3 minutos;
- Após o condicionamento, completou-se com água no pH ajustado até 200mL, lembrando-se de calibrar o pH na faixa desejada;
- Condicionamento por mais 3 minutos;
- Desligamento do agitador, com sedimentação por 3 minutos e recolhimento, separando a fração dispersa e a afundada;
- Secagem das frações na estufa e pesagem (2 horas aproximadamente), lembrando-se de secar, antes, os papéis de filtro na estufa por 1 hora para perda de umidade;
- Anotação dos pesos na planilha;
- Cálculo do grau de dispersão através da Equação 1:

$$GD = \frac{M_{of}}{M_{of} + M_{uf}} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

GD = grau de dispersão em porcentagem;

M_{of} = massa de overflow em gramas;

M_{uf} = massa de underflow em gramas.

O condicionamento das soluções de reagentes e os ensaios de dispersão foram realizados no tubo de dispersão 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 apresentada na Figura 1. O tubo foi instalado sobre um agitador magnético modelo Q221MAG que realiza a agitação da polpa por bobina eletromagnética. O controle de pH foi feito acoplado-se o eletrodo na parte superior do tubo.

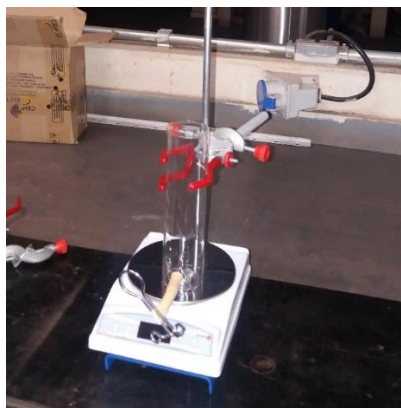


Figura 1. Tubo de dispersão sobre agitador magnético.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados dos experimentos realizados para atender o objetivo da pesquisa, mostrando o efeito nos testes de dispersão.

3.1. Amostragem

Em posse de exatamente 4998,9 gramas de amostra, realizou-se o quarteamento com auxílio do quarteador tipo Jones, ideal para garantir a homogeneidade e a redução do material às análises de laboratório. Este equipamento é constituído por uma série de calhas inclinadas, em ambos os lados. Ao final delas, encontram-se descargas alternadas e vários divisores idênticos, produzindo duas proporções iguais de material. Abaixo do término dessas calhas, existem caixas para recolhimento do material, na qual uma das alíquotas coletadas foi utilizada no sequenciamento do processo e a outra, arquivada.

O fluxograma detalha a etapa de amostragem conforme mostra a Figura 2

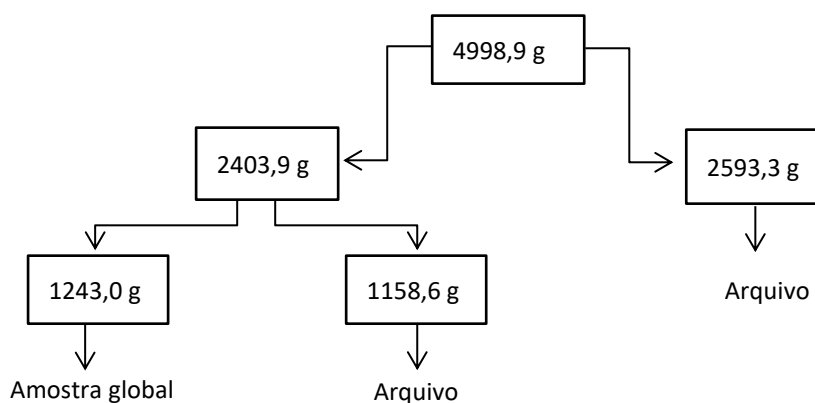


Figura 2. Fluxograma referente ao processo de amostragem.

3.2. Análise Granulométrica

O resultado encontrado para a distribuição granulométrica obtida pelo CILAS 1064, encontra-se exposta no histograma presente na figura 3.

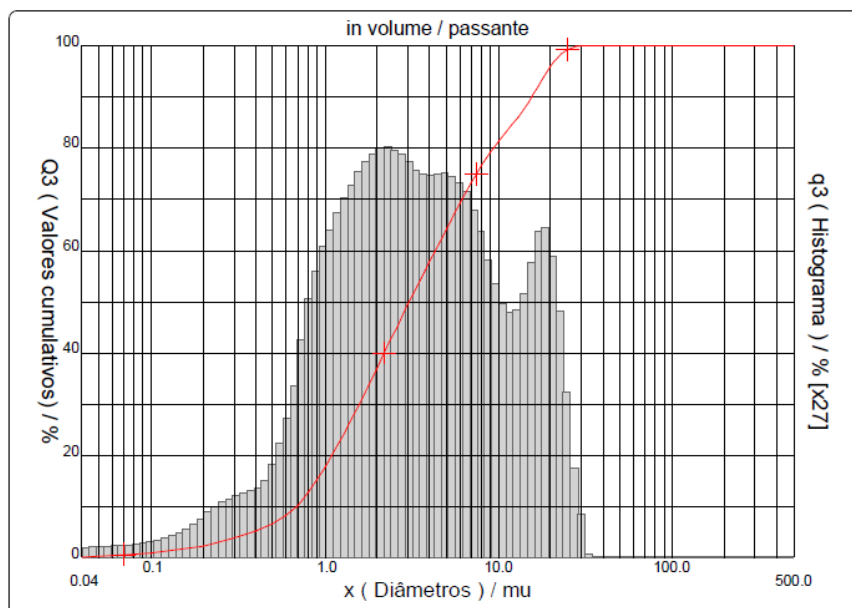


Figura 3. Distribuição granulométrica via granulômetro a laser

O diâmetro médio encontrado para as partículas foi de 5,58 μm , apresentando d_{10} de 0,68 μm , d_{50} 3,07 μm e d_{90} 15,62 μm .

3.4. Caracterização mineralógica e Análise química

Conforme Carvalho e Silva (2002) e como comprovado nos testes laboratoriais realizados, os elementos com maior presença na amostra por completo são oxigênio, magnésio e sílica como esperado por compor os minerais de ganga ricos em Mg, em sua maioria silicatos, as principais fases minerais identificadas foram lizardita, fosfoterita, enstatita, quartzo e magnesita. Apenas nas análises pontuais foram possíveis detectar a presença do elemento níquel e quantificá-lo. Desse modo, fica caracterizado o minério estudado como sendo do tipo disseminado com teor médio de 1% de Ni, ou seja, de baixo teor.

3.5. Testes de dispersão

A amostra global pulverizada abaixo de 45 μm constitui a alimentação dos ensaios de dispersão. Todos os valores apresentados para o grau de dispersão encontram-se sob média simples. Ao todo, foram realizados 16 ensaios de dispersão, com duplicata. Numa fase inicial, testou-se o pH ácido (2, 4 e 6) e básico (8, 9, 10 e 12) sem adição de dispersantes, com o intuito de determinar a condição de pH de maior grau de dispersão das partículas.

Conforme dito, os testes iniciais foram feitos sem a adição de reagente dispersante, apenas variando o pH da solução nas faixas de ácido ao básico. Mediante a construção da curva de pH, adotou-se o valor de pH= 4 para a realização dos testes com dispersantes. A escolha se deu em função de que neste pH foi alcançado o maior grau de dispersão dentre todas as variações realizadas, conforme representa o gráfico da figura 4.

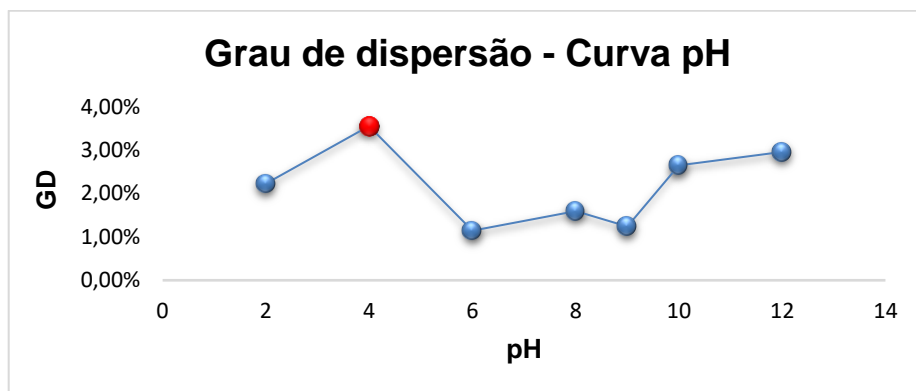


Figura 4. Curva do grau de dispersão em escala de pH

Seguindo com os experimentos, agora, com o uso de reagentes dispersantes, foram usados três tipos e, variou-se a dosagem para cada um deles, a fim averiguar o comportamento das partículas, bem como determinar o grau de dispersão. Os reagentes utilizados nos ensaios de dispersão estão apresentados na Tabela 1. Os dispersantes usados foram doados pela empresa KEMIRA.

Tabela 1. Reagentes e suas dosagens utilizados nos ensaios de dispersão

Reagentes	Dosagens (g/t)
KemEcal 211	500, 1000 e 1500
KemEcal 240	500, 1000 e 1500
EXPN 5050	500, 1000 e 1500
Solução buffer pH 9,18	-
Solução buffer pH 4,01	-
Solução de HCl (0,1%)	-

O primeiro dispersante testado foi o KemEcal 211, um policarboxilato de sódio geralmente utilizado para diversos fins de dispersão de partículas. Dentre as três dosagens testadas para o dispersante com pH ajustado, a dosagem referente a 1000g/t se mostrou mais eficiente.

O segundo reagente ensaiado foi o KemEcal 240, um policarboxilato de sódio com alta capacidade de adsorver em minerais de lamelas. Dentre as três dosagens testadas para o dispersante com pH ajustado, a dosagem referente a 1500g/t se mostrou satisfatória, sendo que quando comparada ao dispersante anterior (KemEcal 211), o grau de dispersão quase quadruplicou.

Como último dispersante avaliado, o EXPN 5050 apresentou maior grau de dispersão na dosagem de 1500 g/t com valores superiores aos averiguados no KemEcal 211 e inferiores ao KemEcal 240, apontando assim, resultados intermediários dentre os dispersantes investigados.

A Figura 5 apresenta as curvas comparativas realizadas entre os dispersantes testados.

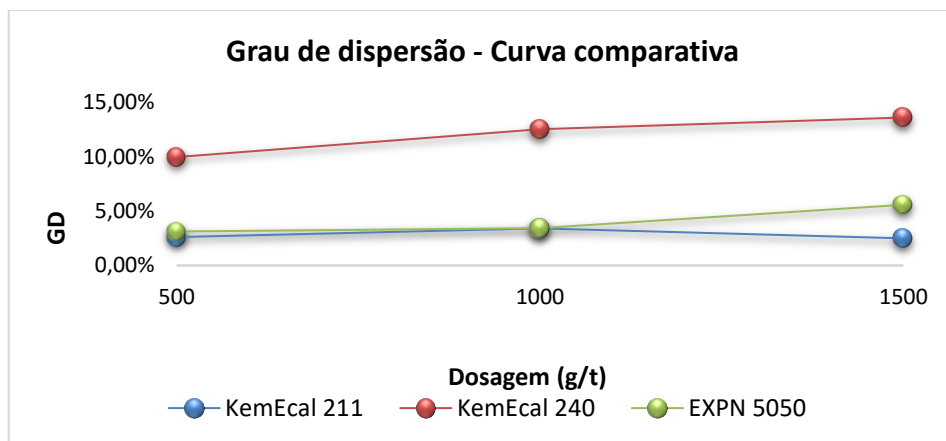


Figura 5. Curva do grau de dispersão dos reagentes utilizados no pH 4

Para melhor interpretação dos resultados, seria necessária uma investigação mais detalhada sobre a influência da composição mineralógica do minério sobre o comportamento da dispersão. Através de estudos com minerais puros, poderiam ser avaliadas as propriedades elétricas da interface mineral/solução (potencial zeta) e também a molhabilidade dos minerais por água (ângulo de contato).

4. CONCLUSÕES

É válido salientar que nenhum dos três dispersantes testados foi capaz de dispersar adequadamente a polpa, mas que o KemEcal 240 foi o reagente que apresentou melhor desempenho nas condições apresentadas.

Tal estudo é de extrema relevância para o engenheiro de processos, pois testa novas possibilidades de melhoria de métodos, o que contribui para redução de custos e aumento de produtividade, o que deixa evidente a necessidade de parceria intrínseca entre a pesquisa e a indústria.

5. REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, J.S. Correlação Entre Estado de Dispersão, Propriedades Eletrocinéticas e Flotabilidade de Hematita. [Tese, Doutorado em Tecnologia Mineral]. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte; 2013.

ARAUJO, A.C., GALERY, R. Técnicas para analisar dispersão/agregação. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia. Rio de Janeiro. v.1, p.234-248, 1987.

CARVALHO, E. A; SILVA, A.O. et al. Níquel – Mineração Serra da Fortaleza. CT2002-192-00. CETEM - Comunicação Técnica elaborada para o livro Usina de Beneficiamento do Brasil, Rio de Janeiro, 2002.