

# **CONCENTRAÇÃO POR FLOTAÇÃO DE MOLIBDENITA EM PRESENÇA DE MINERAIS HIDROFÓBICOS**

**Tiago Teotonio da Silva**  
Bolsista PCI, CETEM

**Paulo Fernando de Almeida Braga**  
Orientador, Eng. Químico, M.Sc, CETEM

## **Resumo**

O presente estudo consiste em viabilizar uma forma de beneficiamento de minério de molibdênio para tratamento de rejeito proveniente do garimpo de esmeralda (berilo verde) na Serra da Carnaíba em Pindobaçu, BA.

Para tal, utilizou-se dois métodos de concentração, os quais são os mais adequados, quando levada em consideração as características físico-químicas do molibdênio. Tais métodos foram: a concentração centrífuga que, devido a alta densidade do mineral de interesse (em torno de 5) em relação a ganga, mostrou-se um método muito eficiente para concentração do molibdênio; e a flotação, método no qual se encontrou problemas devido as características hidrofóbicas do sulfeto de molibdênio ( $\text{MoS}_2$ ) e de outros componentes como o talco, que faziam como que a ganga fosse flotada junto com o molibdênio. Tais problemas foram minimizados com a utilização de reagentes específicos para esse tipo de flotação. Os resultados obtidos nos testes de flotação foram um concentrado com teor de 20,5%, inferindo um enriquecimento 100 vezes superior ao minério ROM.

## **1. Introdução**

O molibdênio é um metal com grande interesse comercial e tem sido cada vez mais demandado pelo mercado. Não é encontrado em sua forma metálica livre na natureza e tem na molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ) sua fonte importante para aproveitamento econômico. No Brasil a molibdenita ocorre associada a outros minerais como o talco, a clorita e albita além de micas (BRAGA, 2008).

O valor de mercado do molibdênio vem crescendo com o passar dos anos, chegando próximo de US\$ 77,00/Kg ( $\text{MoO}_3$  contido) em 2007. Porém, com a crise econômica mundial ocorrida no final de 2008, houve uma queda em seu valor, e atualmente está cotado em torno de US\$ 35,00/Kg. (Infomine,2010).

As características do molibdênio o tornam um metal com utilização muito versátil nos dias atuais. Sua capacidade de suportar altas temperaturas com baixo coeficiente de dilatação, o alto ponto de amolecimento e resistência a corrosão, o tornam muito útil na fabricação de peças de avião, motores industriais, filamentos

elétricos e na confecção de ligas metálicas de alta resistência. A maior parte das ligas de aço de alta resistência contém de 8 a 25% de molibdênio.

O molibdênio vem sendo utilizado largamente como substituto do tungstênio, devido a sua densidade e ao preço mais estável, entrando na composição de ligas metálicas. É utilizado intensivamente na composição de aços inoxidáveis. A Figura 2 mostra os diversos produtos de molibdênio obtidos a partir do beneficiamento da molibdenita (<http://www.imoa.info/>).

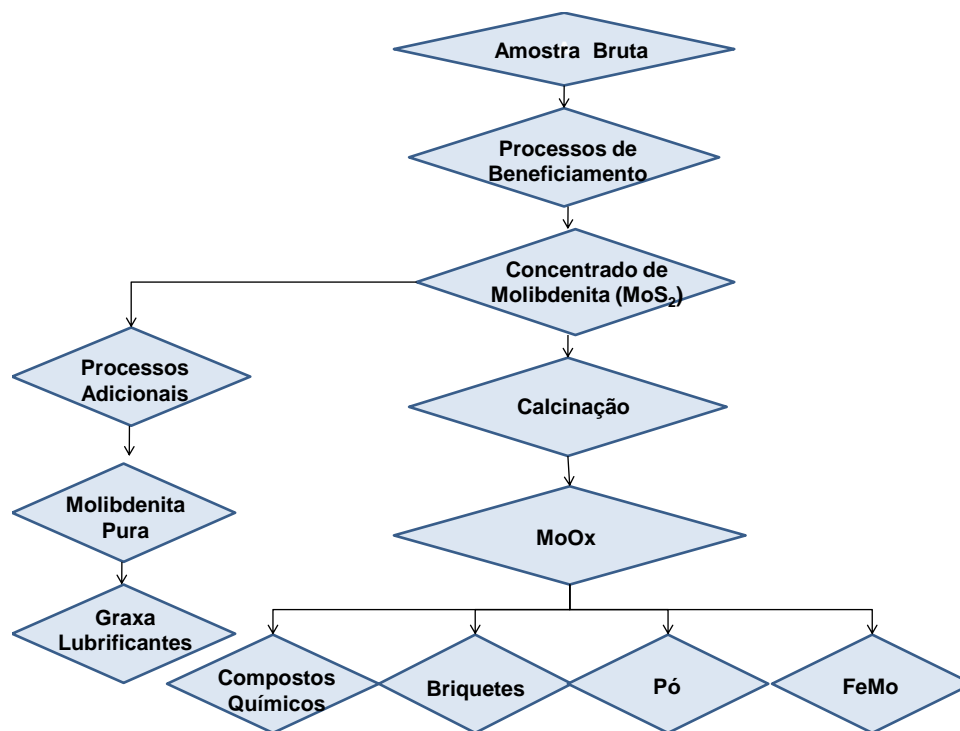


Figura 2. Produtos de molibdênio obtidos de concentrado de molibdenita

No Brasil, as reservas de molibdenita são modestas e não quantificadas. Considerando-se que a ausência de uma produção nacional de molibdênio, leva o país a gastar divisas com a importação, o presente estudo, recebe embasamento mais concreto frente à sociedade. De janeiro até setembro (2010), foram gastos cerca de US\$ 110 milhões com importação de produtos primários e secundários de molibdênio (Aliceweb, 2010).

Este trabalho visa pesquisar uma rota de beneficiamento para a molibdenita proveniente da garimpagem de esmeraldas (berilo verde) da Serra da Carnaíba em Pindobaçu, BA. O objetivo do presente trabalho é a realização de estudos em escala de bancada, visando à recuperação da molibdenita presente nos rejeitos oriundos da exploração de esmeralda.

Para realizar o beneficiamento do minério de molibdenita, foram realizados estudos de concentração utilizando-se processos gravíticos (concentrador centrífugo) e flotação.

## 2. Materiais e Métodos

### • 2.1 Materiais e preparação:

Foram coletados 230 Kg de minério de molibdenita da região de Pindobaçu, BA. A preparação do minério constituiu-se de uma britagem primária em britador de mandíbula e uma britagem secundária em britador de rolos, seguido de homogeneização e quarteamento das amostras em sacos de 30 Kg e 1Kg. A Figura 3 apresenta as etapas de preparação do minério.

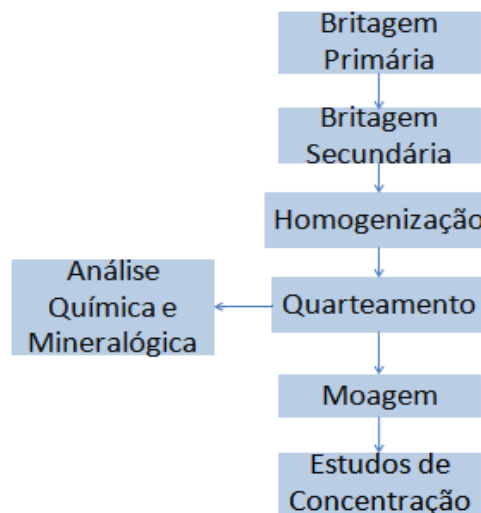


Figura 3. Fluxograma do Beneficiamento de Molibdenita

A moagem do minério foi realizada em moinho de barras padrão (300 x 165 mm), cuja carga era composta por 10 barras com diâmetro de 20 mm. A moagem foi realizada a úmido com amostras de 1 Kg de minério e um percentual de sólidos de 50%. A Figura 4 mostra o moinho de barras padrão utilizada nos ensaios de moagem com sua respectiva carga de moagem.



Figura 4 – Unidade motora e moinho de barras padrão

- **2.2 Métodos:**

- **Concentração Centrífuga**

A concentração centrífuga foi introduzida nos anos 80 para recuperação de ouro em minérios aluvionares e logo utilizada para aproveitamento e recuperação de minérios densos e valiosos.

Os concentradores centrífugos são muito versáteis, possuindo: capacidade variável; percentagem de sólidos em peso da alimentação; alta razão de concentração; maior possibilidade de recuperação de finos.

É muito utilizado na concentração de minerais finos de alta densidade (ouro, cassiterita, scheelita, etc.). O equipamento possibilita o aumento da aceleração gravitacional através do uso da aceleração centrífuga que promove um acréscimo na velocidade de sedimentação das partículas.

Nos experimentos para recuperação da molibdenita, utilizou-se um concentrador centrífugo Knelson de 3".

O concentrador Knelson (Figura 5) possui uma cesta cônica perfurada com anéis internos que gira em alta velocidade. As partículas, ao atingirem a base do cone, são empurradas para as paredes do cone devido à ação da força centrífuga. Através dos furos, na lateral do cesto cônico, ocorre injeção de água que, combinada à força centrífuga atuante, promove a separação. A água injetada fluidiza o leito (cesta) e impede que ocorra compactação do material. As partículas menos densas são carregadas para fora da cesta, promovendo assim à separação das partículas mais densas que ficam retidas nas paredes do leito.

Nos testes realizados, utilizou-se uma polpa com 40% de sólidos e uma vazão de alimentação de 0,9 L/h.

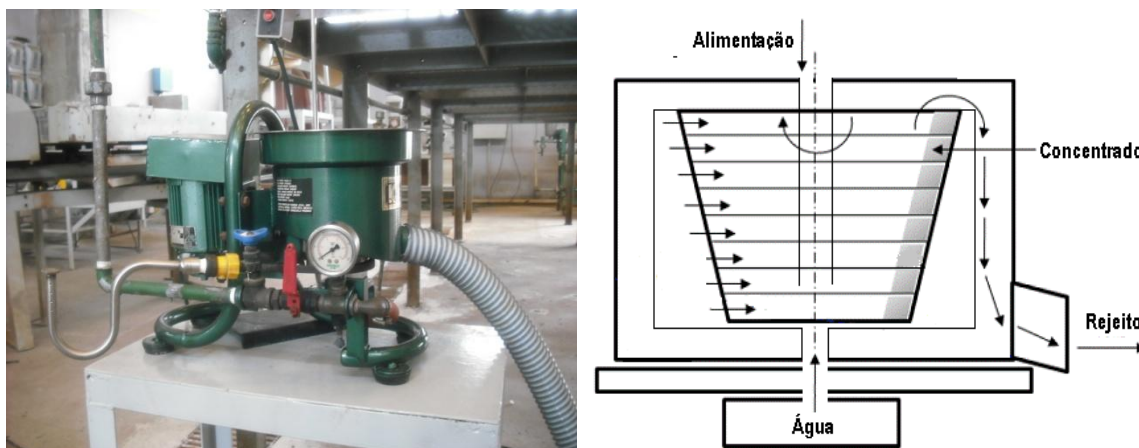


Figura 5 - Concentrador centrífugo e leito fluidizado.

- Flotação

É a mais versátil e o mais complexo processo de concentração de minerais. É um processo de natureza físico-química que utiliza propriedades de superfícies dos minerais, sendo utilizado para processamento de minerais em granulometria fina.

Para que os minerais sejam separados por flotação é necessário um mineral seja hidrofóbico e outro hidrofílico (a maioria dos minerais são naturalmente hidrofílicos, exceto, grafita, molibdênio, talco, enxofre e carvão).

A ação de coletores (reagentes químicos) de flotação altera as características das superfícies dos minerais, tornando uma superfície naturalmente hidrofílica em hidrofóbica.

No caso de um sistema de minerais que contém molibdenita e talco, nos deparamos com um problema, pois ambos são naturalmente hidrofóbicos e serão flotados conjuntamente. Neste caso a adição de um depressor específico para um dos dois minerais auxiliará na separação dos mesmos.

O estudo de flotação foi realizado em uma célula DENVER Mod D12 de laboratório (Figura 6), com uma cuba de 3 L e amostras de 1 kg.



Figura 6 - Célula de flotação DENVER

Nos testes realizados utilizou-se uma polpa previamente moída na granulometria de  $P_{90}$  de 105  $\mu\text{m}$ . Os reagentes utilizados foram o óleo de pinho como espumante e o silicato de sódio como depressor para o talco, ambos na dosagem de 150 g/t. As demais condições de flotação encontram-se apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições operacionais do processo de flotação.

	Etapa <i>rougher</i>	Etapa <i>cleaner</i>
pH	7 - 8,5	7 - 8,5
Tempo de condicionamento com óleo de pinho	2 min	2 min
Concentração do óleo de pinho (espumante)	150 g/t	-
Concentração de silicato de sódio (depressor)	150 g/t	75 g/t
% de sólidos no condicionamento	37	
% de sólidos na flotação	30-15	
Tempo de flotação	2 min	1 min

### 3. Resultados

Os estudos mineralógicos sobre grau de liberação da molibdenita em relação à sua ganga mostraram que a mesma encontra-se 90% liberada na fração passante em 105  $\mu\text{m}$  (NEUMANN, FERNANDES E SILVA, 2007).

A análise química da amostra ROM do minério de Pindobaçu foi realizada por fluorescência de raios  $\alpha$  e os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise Química do Minério ROM

Amostras	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SrO	TiO <sub>2</sub>	PF	Mo
ROM	12,10	0,02	0,71	0,41	7,25	4,29	19,18	0,09	1,05	0,13	49,04	0,01	0,15	4,47	0,11

A pré-concentração do minério ROM em centrífuga concentradora proporcionou um produto com o dobro de sua concentração inicial, isto é, com 0,20% de Mo, que irá alimentar a etapa de concentração por flotação posteriormente.

Na Tabela 3 encontram-se apresentado o resultado do ensaio de concentração por flotação. Verifica-se que é possível obter concentrado com 20% de Mo e uma recuperação metalúrgica global de 91%.

Tabela 3 – Resultados dos Ensaio de Flotação

	Massa (%)	Teor de Mo (%)	Distribuição Met. do Mo (%)
Aliment. Flotação Rougher	100,00	0,20	100,00
Rejeito Rougher	97,75	0,01	4,04
Concentrado Rougher	2,25	10,84	95,96
Aliment. Flotação Cleaner	100,00	10,84	100,00
Rejeito Cleaner	49,76	1,10	5,04
Concentrado Cleaner	50,24	20,50	94,95

#### 4. Conclusão

O minério ROM de Pindobaçu apresenta em sua composição um teor de 0,11% de Mo.

A pré-concentração do minério em centrífuga Knelson proporcionou um enriquecimento de 100%, isto é, sua concentração inicial foi elevada para 0,2% de Mo. Estudos adicionais com tempos maiores de operação da centrífuga estão sendo conduzidos com o objetivo de melhorar o teor do pré-concentrado.

Os resultados obtidos nos testes de flotação foram muito satisfatórios, levando-se em consideração que foi produzido um concentrado com teor de 20,5% de Mo, inferindo um enriquecimento 100 vezes superior ao minério ROM.

O produto concentrado obtido nos ensaios de flotação ainda está abaixo dos valores exigidos para um produto comercial que deve ser superior a 50% de Mo. Estudos adicionais com novos depressores estão sendo realizados para melhorar o enriquecimento mineral.

#### 5. Agradecimentos

Ao CETEM pelo suporte científico, técnico e laboratorial durante a execução do trabalho e ao CNPq pelo apoio financeiro.

#### 6. Referências Bibliográficas

**SAMPAIO, J. A;** FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. Tratamento de Minérios: Práticas Laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 570 p.

**DANA, H.** "Manual de Mineralogia", in: *Livros Técnicos e Científicos Editoras S.A*, 3 ed, RJ, Brasil, 1971.

**LUZ, A. B;** SAMPAIO, J. A; ALMEIDA, S. L. M. Tratamento de Minérios: 4º ed revisada. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

**BALTAR, C. A. M.:** Flotação no Tratamento de Minério: Departamento de Engenharia de Minas/ UFPE, 2008.

**BRAGA, P. F. A.** I Jornada do Programa de Capacitação Interno. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

**NEUMANN, R., FERNANDES, T. L. A. P., SILVA, E. E.,** Caracterização de Molibdenita contida em Rejeitos de Garimpos da serra de Carnaíba, BA, Relatório Interno de Projeto, Rio de Janeiro, CETEM 2007.

<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>

http://www.infomine.com/investment/charts.aspx!mv=1&f=f&r=1y&c=cmolybdenum.xusd.ukg#chart

