

FLOTAÇÃO DA MOLIBDENITA DISSEMINADA DE CARNAÍBA (BAHIA): EFEITO DA GRANULOMETRIA

SANTANA, L.Z.¹, DE ANDRADE LIMA, L.R.P.²

¹Universidade Federal da Bahia. luizazsantana@gmail.com

²Universidade Federal da Bahia. lelo@ufba.br

RESUMO

A ocorrência de molibdenita associada às esmeraldas na região de Carnaíba (Bahia) é promissora, pois o Brasil não possui reservas oficiais de molibdênio. Neste trabalho é avaliado o efeito de diferentes faixas granulométricas (35/48/60/100/150/200 malhas) e dos reagentes na recuperação por flotação e no teor do concentrado da molibdenita de Carnaíba. Para essa avaliação foram utilizadas duas amostras: o rejeito de estudos preliminares de laboratório e um minério fresco. As amostras foram preparadas, fragmentadas, homogeneizadas, classificadas, amostradas e, posteriormente usadas em testes de flotação em laboratório. Foram usados óleo de pinho, glicerol, querosene e silicato de sódio. Os resultados dos experimentos realizados com o rejeito utilizando óleo de pinho e silicato de sódio mostrou recuperação em torno de 71 % nas faixas 60/100 malhas e 100/200 malhas. Os testes com minério obtiveram recuperação do molibdênio em torno de 100%, nas faixas granulométricas 35/48 malhas á 150/200 malhas. Os resultados da flotação indicam que na faixa granulométrica 48/60 malhas a molibdenita está totalmente liberada.

PALAVRAS-CHAVE: flotação; molibdenita; silicato.

ABSTRACT

Brazil has no official reserves of molybdenum and the occurrence of molybdenite associated with emeralds Carnaiba (Bahia) is a promising possibility. This work evaluated the effect of the particle size (35/48/60/100/150/200 mesh) and the reactants on the recovery by flotation and the concentrator molybdenum content. For this evaluation we used two samples of the tailing of a preliminary laboratory study and a fresh ore. The samples were sampled, ground, homogenized, sampled and classified and thereafter used in laboratory scale flotation tests. The tests were performed using pine oil, glycerol, kerosene and sodium silicate as reactants. The results of the experiments carried out with the tailing using pine oil and sodium silicate showed recovery around 71% in the range 60/100 and 100/200 mesh fraction. The flotation using the fresh ore achieved a molybdenum recovery of about 100% for the particle size between 35/48 and 150/200 mesh. The results also indicated that molybdenite is liberated in the range 48/60 mesh.

KEYWORDS: flotation; molybdenite; silicate.

1. INTRODUÇÃO

O molibdênio possui várias aplicações, sendo empregado em ligas metálicas, em diversos pigmentos, como lubrificantes e em algumas aplicações eletrônicas. Este metal é produzido a partir da molibdenita (MoS_2) encontrada em diferentes tipos de depósitos: disseminado pórfiro, depósito de contato metamórfico, de fissura-veios, em rochas sedimentares e pegmatitos e dique aplito (GUPTA, 1992). O Brasil não possui reservas oficiais de molibdenita; há uma ocorrência associada à fase pneumatolítica da formação de pegmatitos em Carnaíba, Bahia (SILVA e MOREIRA, 2006). A avaliação da liberação do minério fresco de Carnaíba indica que a molibdenita está parcialmente liberada na faixa granulométrica 35/48 malhas e liberada na faixa 48/60 malhas.

BRAGA *et al.* (2011) e BRAGA e SANTOS (2012) realizaram a caracterização da molibdenita do concentrado e do rejeito do processo e avaliaram a prática do beneficiamento utilizada no garimpo de Carnaíba. Na caracterização química foi verificado que os minérios apresentava teores diferentes de molibdênio variando de (0,21 a 1,73% MoO_3) e também altos teores de MgO e de Al_2O_3 . A caracterização mineralógica mostrou que os principais minerais de ganga são: biotita, clinocloro, talco e albita. Para a avaliação do beneficiamento do mineral foram coletas amostras de minérios e rejeitos e concentrados nos diversos garimpos da região. Na flotação da molibdenita feita em laboratório usado somente óleo de pinho, foram realizadas duas etapas (desbaste e limpeza). Os ensaios produziram concentrados com 25% de molibdênio na etapa de desbaste e 45% de molibdênio na etapa de limpeza e a recuperação global do processo foi de 85%. Os ensaios realizados com o minério em dois garimpos produziram um concentrado com teor de molibdênio de aproximadamente 20%, o que é considerado baixo.

O presente estudo tem como objetivo de investigar o efeito da granulometria na recuperação por flotação e no teor do concentrado da molibdenita de Carnaíba, assim como o efeito da presença de querosene (coletor), silicato de sódio (depressor do silicato), óleo de pinho e glicerol (espumantes).

2. METODOLOGIA

Neste trabalho foram usadas duas amostras oriundas de Carnaíba: i) um rejeito de estudos preliminares e; ii) um minério fresco. A composição química e a mineralógica das amostras foram obtidas através da espectrometria de fluorescência de raios X (XRF) com o equipamento NILTON XL3T e difração de raios X (XRD) pelo equipamento Shimadzu XRD - 6000. Os ensaios de flotação foram realizados em célula de laboratório, equipamento Denver com recipiente de um litro e meio. Nestes ensaios utilizou-se uma rotação de 900 RPM, pH natural da polpa, tempo de condicionamento de dois minutos e percentagem de sólidos em torno de 31% .

Os ensaios de flotação foram realizados com o rejeito da flotação, a amostra foi moída, homogeneizada, classificada em duas faixas granulométricas (inferior a 60/100 e a 100/200 malhas Tyler) e amostrada. Na flotação utilizou-se querosene como coletor (concentração de 200g/t) foi usado como espumante óleo de pinho (concentração 30g/t) e glicerol e como depressor silicato de sódio (concentração de 330g/t). Após a flotação os sólidos foram secos em estufa a 100°C e analisados usando XRF. A tabela I apresenta um sumário das condições experimentais usadas nos ensaios feitos com o rejeito da flotação.

Tabela I. Condições experimentais usadas na flotação do rejeito.

Ensaio	Faixa Granulométrica (#)	Depressor	Espumante	Coletor
1	60/100	-	Óleo de pinho	-
2	60/100	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
3	60/100	Silicato de sódio	Glicerol	-
4	60/100	Silicato de sódio	Óleo de pinho	Querosene
5	100/200	-	Óleo de pinho	-
6	100/200	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
7	100/200	Silicato de sódio	Óleo de pinho+ Glicerol	-

Os ensaios de flotação com o minério fresco foram realizados da mesma forma que o anterior. A amostra do minério fresco foi fragmentada, homogeneizada, classificada nas faixas granulométricas 35/48, 48/60, 60/100, 100/150 e 150/200 malhas e amostrada. A tabela II apresenta o sumário das condições experimentais utilizados nos ensaios com o minério fresco.

Tabela II. Condições experimentais usadas na flotação do minério fresco.

Ensaio	Faixa Granulométrica (#)	Depressor	Espumante	Coletor
8	35/48	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
9	48/60	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
10	60/100	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
11	100/150	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-
12	150/200	Silicato de sódio	Óleo de pinho	-

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra o padrão de difração de raios X da amostra do minério. Observa-se que a amostra é constituída predominantemente por quartzo (SiO_2) e por minerais do grupo dos filossilicatos como a flogopita $\text{KMg}_3\text{Si}_3\text{AlO}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$, biotita $(\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3(\text{Al},\text{Fe}_{3+})\text{SiO}_3\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2)$ e albita $(\text{Na}_{1,0-0,9}\text{Ca}_{0,0-0,1}\text{Al}_{1,0-1,1}\text{Si}_{3,0-2,9}\text{O}_8)$. Nota-se também em pequenas proporções do mineral do grupo da clorita, o clinocloro $(5\text{MgO} \cdot (\text{Al},\text{Cr})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ e também molibdenita (MoS_2).

Os resultados dos ensaios de flotação do rejeito estão sumarizados na tabela III. Nota-se que o melhor resultado foi o ensaio 2, o qual gerou um concentrado com teor de molibdênio 4,17% e recuperação de 61,23%. A utilização de querosene e glicerol não influenciou no desempenho da flotação. Os resultados indicam que a flotação realizada no ensaio 6 tem um desempenho baixo comparada ao ensaio 2 devido à flotação da ganga no material fino. A figura 2 sumariza esses resultados.

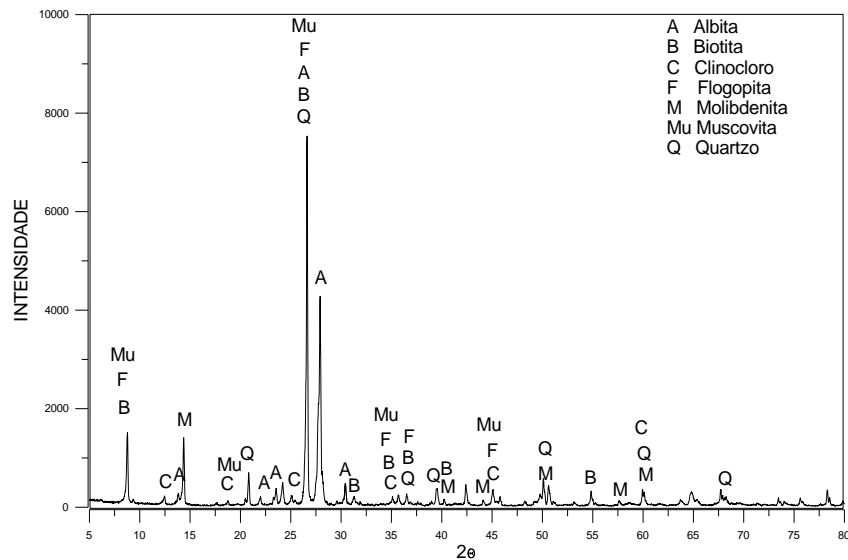


Figura 1. Difração de raios X do minério de Carnaíba.

Tabela III. Resultados da flotação da molibdenita do rejeito.

Ensaio	Faixa Granulométrica (#)		Teor Mo (%)	Massa (g)
1	60/100	Alimentação	0,15	443,57
		1° Concentrado	0,47	23,46
		2° Concentrado	0,23	59,37
		Rejeito	0,02	353,21
2	60/100	Alimentação	0,16	444,76
		1° Concentrado	4,17	10,45
		2° Concentrado	0,18	30,24
		Rejeito	0,01	387,04
3	60/100	Alimentação	0,16	391,35
		1° Concentrado	0,07	53,47
		2° Concentrado	0,18	40,78
		Rejeito	0,02	283,30
4	60/100	Alimentação	0,16	442,06
		1° Concentrado	1,84	20,11
		2° Concentrado	0,15	30,48
		Rejeito	0,01	361,63
5	100/200	Alimentação	0,23	440,85
		1° Concentrado	0,57	145,71
		2° Concentrado	0,24	43,45
		Rejeito	0,02	239,20
6	100/200	Alimentação	0,23	444,38
		1° Concentrado	1,11	65,26
		2° Concentrado	0,18	20,48
		Rejeito	0,01	346,46
7	100/200	Alimentação	0,17	448,80
		1° Concentrado	0,76	63,37
		2° Concentrado	0,19	27,68
		Rejeito	0,01	323,91

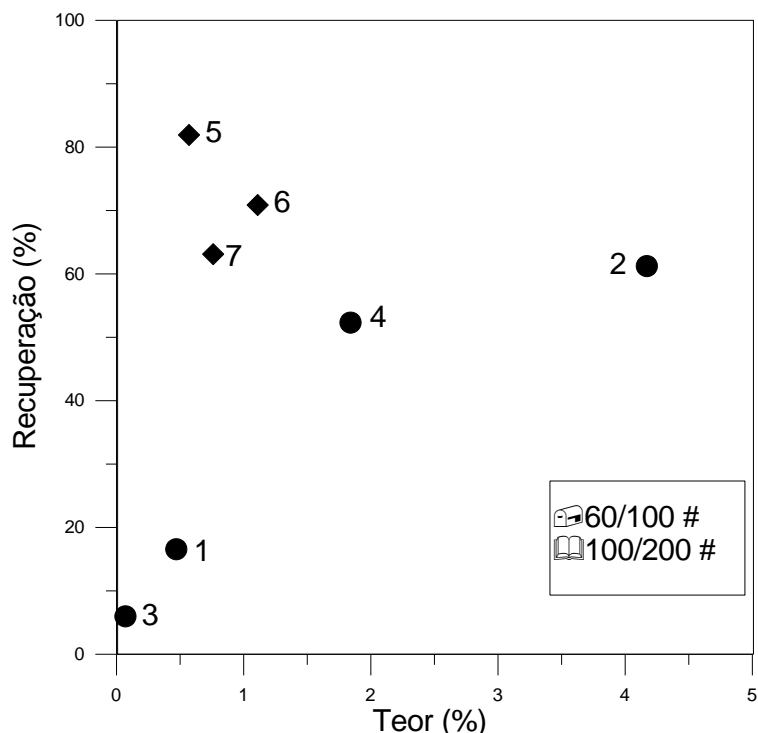


Figura 2. Recuperação da molibdenita por flotação do rejeito (a numeração indica o ensaio, tabela I).

A figura 3 mostra que as razões de concentração de molibdênio variam de (0,43 a 26,06) para a faixa 60/100 malhas (193,65 μm). Entretanto, para faixa a 100/200 malhas (106,07 μm) não há uma variação perceptível significativa o que confirma que a redução do tamanho do rejeito, abaixo do necessário para a liberação da molibdenita reduz a seletividade da flotação da molibdenita independente do esquema de reagentes utilizados.

Os resultados da flotação do minério fresco estão sumarizados na tabela IV. Os melhores resultados da flotação do minério fresco ocorreram nos ensaios 9 e 10 com teores de 21,65% e 24,36% respectivamente e recuperações de cerca de 100%. Nos ensaios 11 e 12 ocorre uma diminuição da recuperação e teor devido à flotação da ganga nas faixas finas, como pode ser visto na figura 4. No ensaio 8, o material não está totalmente liberado com teor de molibdênio de 30,17% e recuperação 40,22%. A molibdenita está liberada no ensaio 10 com teor de molibdênio de 24,36% e recuperação 97,28%.

A razão de concentração para o primeiro concentrado da flotação do minério fresco aumenta inversamente em relação ao tamanho. Os resultados indicam que a seletividade da flotação do minério aumenta com o tamanho, pois a ganga é hidrofobizada nas frações finas como mostra a figura 5.

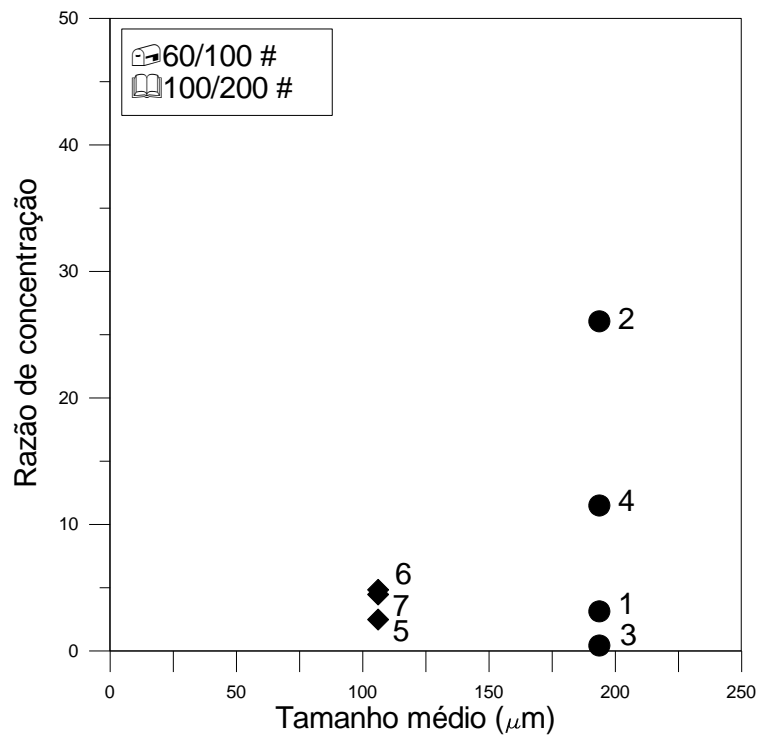


Figura 3. Razão de concentração para as duas faixas granulométricas (a numeração indica o ensaio, tabela I).

Tabela IV. Sumário dos resultados da flotação da molibdenita do minério fresco.

Ensaio	Faixa Granulométrica (#)		Teor (%)	Massa (g)
8	35/48	Alimentação	0,46	317,97
		1° Concentrado	30,17	1,95
		Rejeito	0,35	303,50
9	48/60	Alimentação	0,72	320,90
		1° Concentrado	21,65	10,94
		2° Concentrado	2,83	2,50
		Rejeito	0,08	300,27
10	60/100	Alimentação	0,96	362,56
		1° Concentrado	24,36	13,90
		2° Concentrado	1,62	8,59
		Rejeito	0,03	329,38
11	100/150	Alimentação	1,46	346,03
		1° Concentrado	19,54	19,97
		2° Concentrado	1,44	20,07
		Rejeito	0,03	299,50
12	150/200	Alimentação	1,82	415,12
		1° Concentrado	10,03	62,30
		2° Concentrado	0,63	35,58
		Rejeito	0,02	311,00

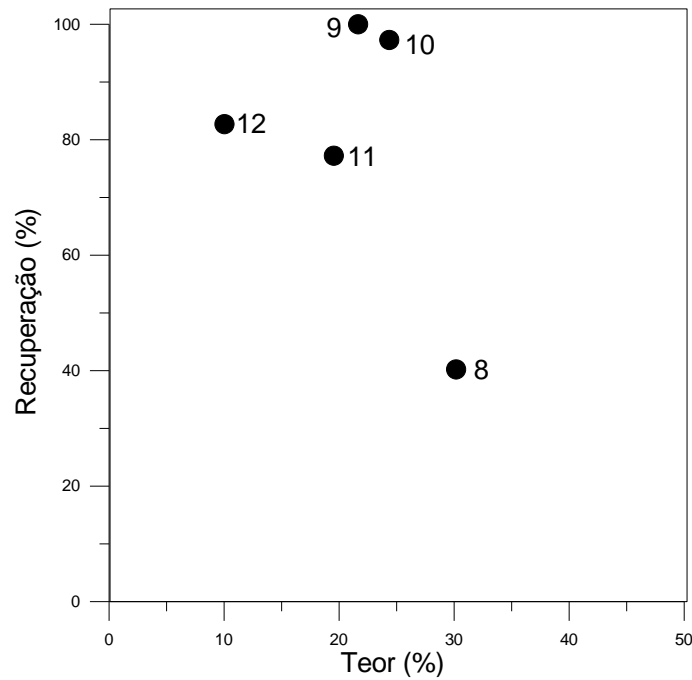


Figura 4. Efeito do tamanho (em malhas Tyler) na molibdenita (a numeração indica o ensaio, ver tabela II): recuperação-teor.

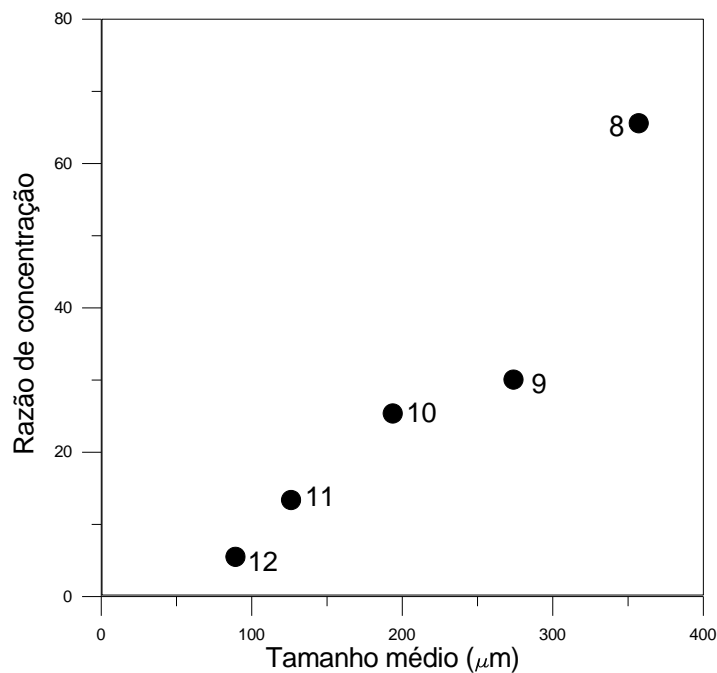


Figura 5. Efeito do tamanho (em malhas Tyler) na molibdenita (a numeração indica o ensaio, ver tabela II): razão de concentração.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho utilizou duas amostras: o rejeito de estudos preliminares de laboratório e o minério fresco da molibdenita de Carnaíba visando-se avaliar, através da flotação, o efeito da granulometria na recuperação e no teor, bem como o efeito da presença óleo de pinho e glicerol (espumante), do querosene (coletor) e do silicato de sódio (depressor).

Os ensaios realizados com o rejeito na faixa granulométrica 60/100 malhas e 100/200 malhas, utilizando-se o silicato de sódio e o óleo de pinho, obtiveram recuperação de aproximadamente 71%. Já para os ensaios feitos utilizando-se como espumante glicerol e como coletor a querosene obteve-se uma flotação com recuperações de 5,98% e 52,32%, respectivamente. Os resultados indicam que o uso do silicato de sódio e óleo de pinho contribuiu para aumentar a recuperação e a seletividade da molibdenita contida no rejeito.

Os resultados dos ensaios feitos com o minério nas faixas granulométricas de 35/48 malhas á 150/200 malhas indicam uma recuperação de molibdenita de cerca de 100%. Os resultados da flotação confirmam que a liberação da molibdenita ocorre na faixa granulométrica de 48/60 malhas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro a este estudo (projetos 550294/2011-2 e 302024/2011-5). A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia são agradecidos pela concessão de bolsa de mestrado para L.Z.Santana. O laboratório do Grupo de Processos e Tecnologia (PROTEC-UFBA) é agradecido pela realização da difração de raios X apresentada neste estudo.

6. REFERÊNCIAS

BRAGA, P.F.A., CHAVES, A.P., LUZ, A.B. Análise crítica do processo de beneficiamento mineral utilizado na recuperação de molibdenita da Serra de Carnaíba, Ba. XXIV ENTMME-2011.

BRAGA, P.F.A., SANTOS, F.V.C. Separabilidade de minerais hidrofóbicos por flotação (molibdenita e talco), XX Jornada de Iniciação Científica CETEM-2012.

GUPTA, C.K., Extractive Metallurgy of Molybdenum, CRC Press, Boca Raton, p.87-96, 1992.

SILVA, R.W.S., MOREIRA, M.D. Esmeralda de carnaíba, Bahia: geologia e desenvolvimento do garimpo, CBPM, Série arquivos abertos, n°25, Salvador, 2006.