



COMPARAÇÃO DA LIBERAÇÃO DA ESFALERITA DE MORRO AGUDO E BONSUCESSO E OS EFEITOS NA FLOTAÇÃO

NUNES, C.C.¹, CORREIA E LOPES, L.M.²

¹Nexa Resources, Gerencia Geral Portfólio Brasil.

²Nexa Resources, Gerencia Geral de Tecnologia.

RESUMO

Esse trabalho objetivou a comparação mineralógica entre os minérios de zinco e chumbo de Bonsucesso (BS) e Morro Agudo (MA), principalmente com relação às diferenças de liberação da esfalerita presente em ambos os minérios e a sua correlação com a performance da flotação de zinco. Os resultados mostraram que os minérios de Morro Agudo e Bonsucesso apresentam composição mineralógica muito semelhante sendo os minerais de interesse representados pela esfalerita e galena e como principal ganga a dolomita. O minério de Bonsucesso apresentou maior quantidade de partículas liberadas se comparado ao de Morro Agudo, na mesma faixa granulométrica e esse fato correlaciona-se diretamente com o ganho em qualidade de concentrado gerado pelo minério de Bonsucesso, uma vez que a eficiência da flotação está intrinsecamente relacionada com a liberação mineral. Usando-se o fluxograma padrão simplificado e esquema de reagentes padrão de Morro Agudo, Bonsucesso apresentou teor de zinco de 53,41%, enquanto Morro Agudo apresentou 42,31%. As recuperações foram de 27,51% e 69,00%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Esfalerita, Flotação de zinco, mineralogia.

ABSTRACT

The objective of this work was the comparison between the lead/zinc minerals from Bonsucesso and Morro Agudo ore, mainly the differences of sphalerite liberation and its relation with the zinc flotation performance. The tests showed that Morro Agudo and Bonsucesso minerals assembly are very similar and the interest minerals are sphalerite and galena. The waste rock is dolomite. Bonsucesso ore presented greater amount of liberated particles compared to the Morro Agudo ore at the same granulometric range. The mineral liberation is a very important parameter that influences directly the quality of the flotation concentrate. Based on a standard flowchart and Morro Agudo reagent scheme Bonsucesso ore presented zinc content of 53.41%, while Morro Agudo ore presented 42.31%. The recoveries were 27.51% and 69.00%, respectively.

KEYWORDS: Sphalerite, Zinc flotation, Mineralogy.

1. INTRODUÇÃO

Neuman et al. (2010) descrevem como a caracterização mineralógica de um minério gera informações potencialmente úteis para a definição das rotas de processamento. Nessa fase são obtidas informações sobre a assembleia mineralógica, definindo-se quais são os minerais de interesse e de ganga presentes no minério e qual o tamanho de partícula necessário para liberação do mineral de interesse. São definidas ainda as diversas propriedades físicas e químicas destes minerais.

Os minérios apresentam, em geral, características e peculiaridades próprias e, devido a isto, frequentemente, processos tecnológicos adequados para um dado minério, nem sempre poderão ser efetivos para um minério similar (Porphyrio et al.).

A liberação mineral é um parâmetro muito importante na mineralogia aplicada e no processamento mineral. De acordo com Valadão (2007), a concentração de minerais no processo de flotação requer três condições básicas: liberabilidade, diferenciabilidade e separabilidade dinâmica. Quanto mais liberadas as partículas estiverem, maior a probabilidade de contato do mineral de interesse com os reagentes e conseqüentemente a sua coleta.

Tendo em vista a importância da liberação no beneficiamento mineral foram desenvolvidos inúmeros sistemas de análise nesse sentido. Petruk (2000) afirma que uma análise em seção polida através de microscópio ótico já é o suficiente para avaliar se a maioria das partículas minerais está livre ou mista. Segundo Ying Gu (2003) o programa de processamento off-line MLA (Mineral Liberation Analyser) permite análise de liberação com rapidez e acurácia. Ele transforma a imagem de partículas brutas com dados de raios-X em mapas minerais de partículas e calcula dados em massa e de liberação a partir desses mapas.

A Usina de Morro Agudo foi dimensionada para o beneficiamento do minério da mina de Morro Agudo que tem como minerais de interesse a esfalerita e a galena e como principal ganga a dolomita. As operações unitárias são britagem primária, secundária e terciária, peneiramento, moagem, classificação, flotação e filtragem. Pesquisas minerais descobriram em 2014 um depósito mineral no complexo Ambrósia, denominado Bonsucesso, a 60km de Morro Agudo, com sulfetos de zinco e chumbo que fazem parte da Formação do Morro do Calcário, na sequência de rochas pelitocarbonáticas do Grupo Vazante, assim como a mina de Morro Agudo.

Nesse contexto, esse trabalho teve por objetivo realizar a caracterização mineralógica do minério de Bonsucesso e analisar o desempenho desse minério no processo de flotação comparativamente ao minério de Morro Agudo. Visto que ambos os minérios alimentarão a usina fez-se necessária a análise comparativa entre eles a fim de analisar o processo de beneficiamento para esse novo cenário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de Bonsucesso foram selecionadas a partir do banco de dados dos furos de sondagem realizados pela equipe de exploração mineral e foram selecionadas com o objetivo de se obter representatividade de todo o depósito mineral. Parte das amostras foi enviada para o laboratório da SGS Geosol Vespasiano, onde foram britadas, homogeneizadas e quarteadas em amostras de 2kg. Essas amostras foram posteriormente moídas para alcançar

a granulometria de moagem com P80 de 75 μ m e em seguida foram submetidas ao processo de flotação.

A amostra de minério de Morro Agudo foi coletada na pilha de homogeneização que antecede à etapa de moagem da planta industrial. Assim como para Bonsucesso o material foi enviado para o laboratório de testes metalúrgicos da SGS Vespasiano e seguiu as mesmas etapas de preparação, conforme Figura 1.

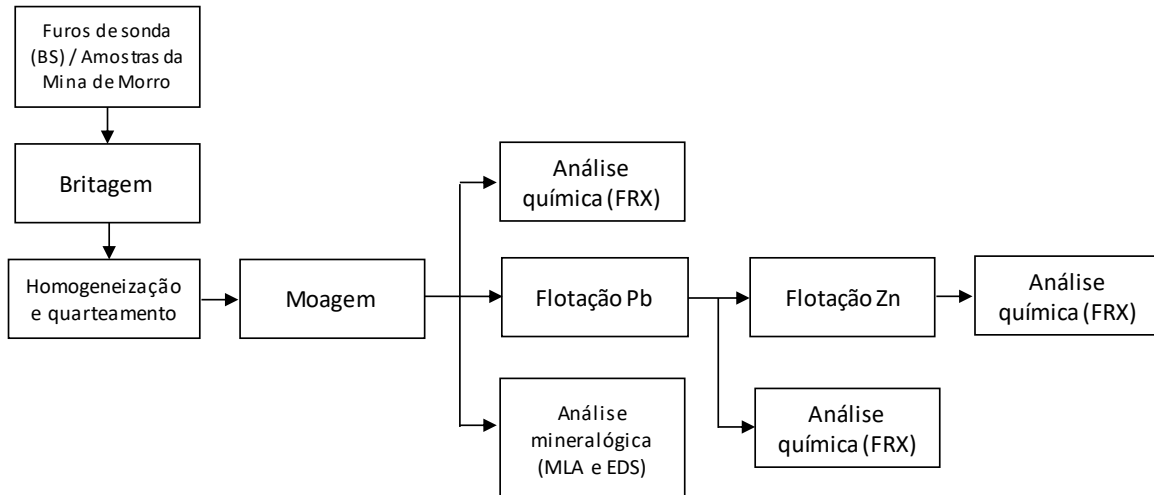


Figura 1: Fluxograma de processamento das amostras

As amostras destinadas à análise mineralógica foram preparadas em seção polida (pastilha), usando resinas de epóxi, e enviadas para o centro de microscopia da UFMG para análise usando o Mineral Liberation Analyser (MLA) e Energy Dispersive Spectrum (EDS).

Os ensaios de flotação foram realizados em células mecânicas de bancada G3 da marca Topsize.

Foram realizados dois procedimentos de flotação, um para cada minério, sendo que a condição padrão de flotação de Morro Agudo foi denominada Condição 1 e os testes nos quais foram usados coletores mais específicos e que pudessem otimizar os resultados obtidos para ambos os minérios foi denominada Condição 2.

A figura 2 mostra o fluxograma usado nos testes de flotação.

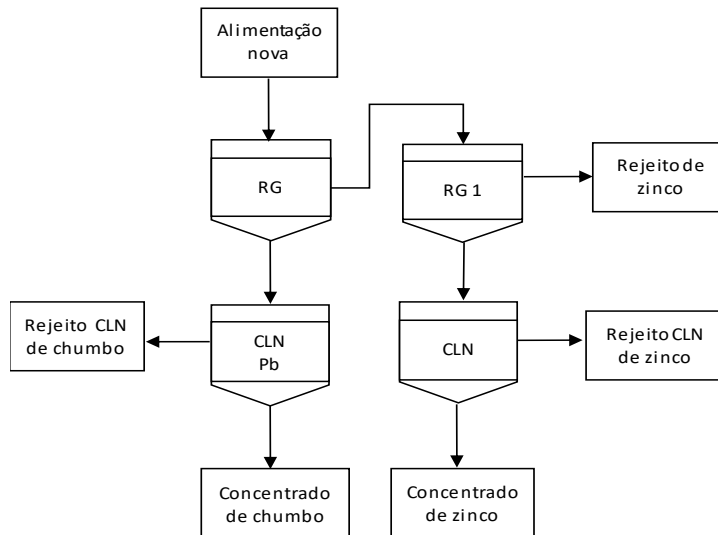


Figura 2. Fluxograma dos testes de flotação.

A Tabela 1 apresenta os reagentes usados nos testes.

Tabela 1. Reagentes usados nos testes de flotação.

Nome	Fornecedor	Função	Preparação
CAL	Belocal	Modulador de pH	5%
INT 102 (mistura octanol/hexanol)	Interfusão	Espumante	PURO
Sulfato de Zinco (ZnSO ₄)	Sulfal	Depressor de Zn	2%
Sulfato de Cobre (CuSO ₄)	Nexa Resources (JF)	Ativador de Zn	1%
PAX (Amil Xantato de Potássio)	Interfusão	Coletor de sulfetos	1%
INT214 (Ditiofosfato de sódio Di-Alkil)	Interfusão	Coletor de sulfetos	PURO

A Tabela 2 apresenta as dosagens de reagentes para cada uma das condições da flotação.

Tabela 2. Condições dos testes de flotação.

Condição dos testes	Consumos (g/t)	pH	pH
		Rougher	Cleaner
Condição 1	RGH Pb: PAX 50g/t; INT 102 10g/t; Zn: CuSO ₄ 200g/t; PAX 100g/t; INT 102 5g/t;	9,5 Pb	10,3 Pb
		9,3 Zn	11,5 Zn
Condição 2	RGH Pb: ZnSO ₄ 400g/t A3418 15g/t; Zn: CuSO ₄ 200g/t; INT214 30g/t; INT 102 5g/t;	NAT Pb	9,0 Pb
		10,9 Zn	10,6 Zn

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização

O minério de Morro Agudo é composto por 58,50% de dolomita (high FeMn), 24,76% de dolomita (low FeMn), 5,21% de pirita, 4,69% de esfalerita, 2,52% de quartzo, 1,27% de dolomita, 0,99% de galena e 2,07% de outros em pequenas quantidades. De acordo com a análise mineralógica a amostra de Bonsucesso é composta por 65,37% de dolomita, 11,64%

de pirita, 7,14% de esfalerita, 5,52% de quartzo, 4,18% de dolomita (low FeMn), 3,29% de micas, 1,23% dolomita (low FeMn), 0,16% de galena e 1,67% de outros elementos em pequenas quantidades. A Figura 3 ilustra a análise mineralógica modal dos dois minérios analisados, mostrando que eles apresentam a mesma assembleia mineralógica, porém em diferentes proporções.

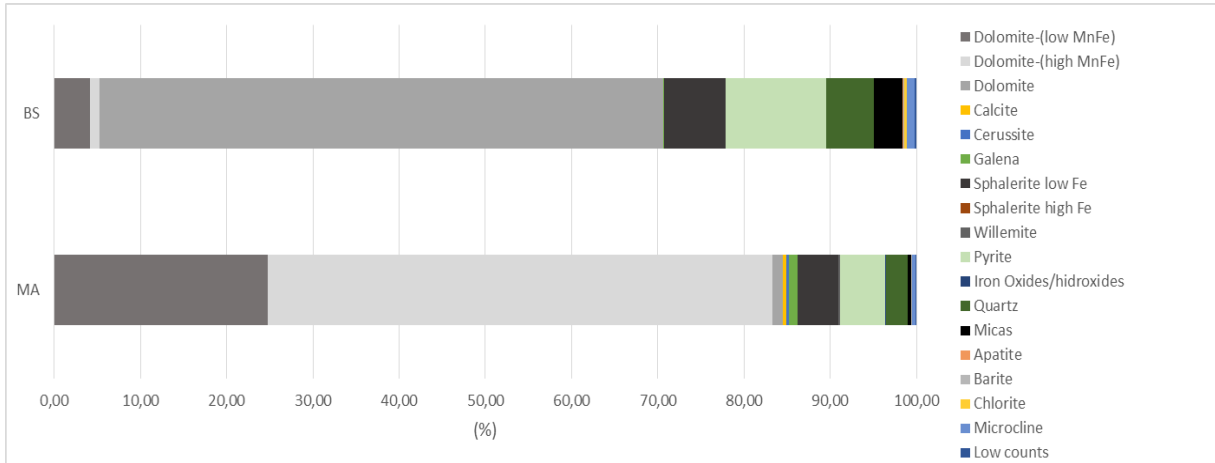


Figura 3. Análise mineralógica modal dos minérios de Morro Agudo e Bonsucesso.

Em Morro Agudo adota-se a seguinte classificação para determinação do grau de liberação das partículas do mineral de interesse: se a liberação for menor do que 30% a partícula é classificada como inclusa, se liberação entre 30% e 60% a partícula é denominada intermediária de baixo teor, se liberação entre 60% e 90% a partícula é intermediária de alto teor e se a liberação for maior que 90% a chamamos de liberada. A análise de liberação do minério de Morro Agudo foi realizada para amostras de todas das 16 litologias encontradas na mina para as frações acima de 44 micras e passantes nessa malha. Em média, para a fração maior que 44micra o minério de Morro Agudo apresenta 18,6% das partículas de esfalerita inclusas, 16,8% consideradas intermediárias de baixo teor, 23,5% intermediárias de alto teor e 42,1% estão liberadas (ver Figura 4).

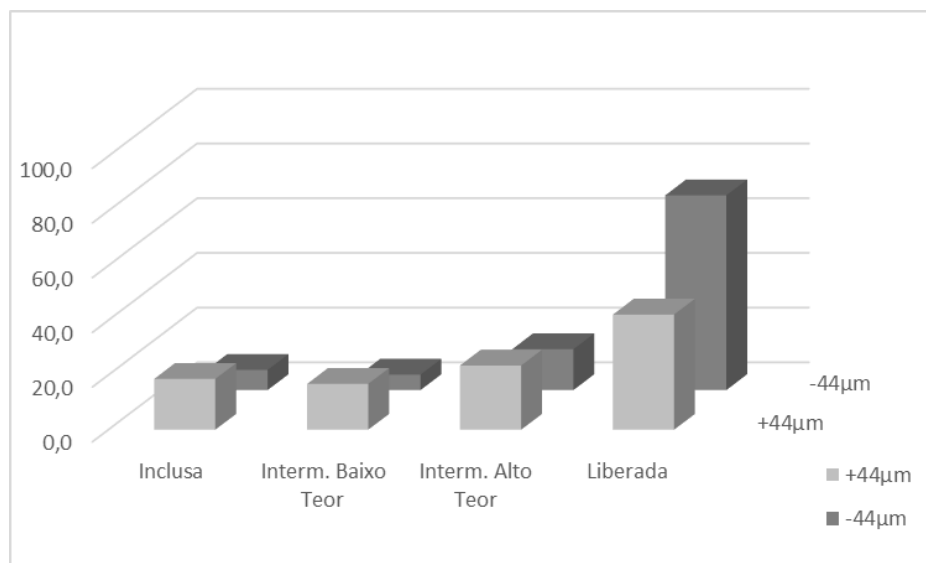


Figura 4. Liberação do minério de Morro Agudo.

Para o minério de Bonsucesso foram feitas análises de liberação para a esfalerita por faixas granulométricas (+75 μ m, +45 μ m, +20 μ m, -20 μ m), conforme Figura 5. Na granulometria +44 μ m há 3,6% de partículas inclusas, 9,0% de partículas classificadas como intermediária baixo teor, 16,6% de partículas intermediárias de alto teor e 70,8% das partículas de esfalerita estão liberadas.

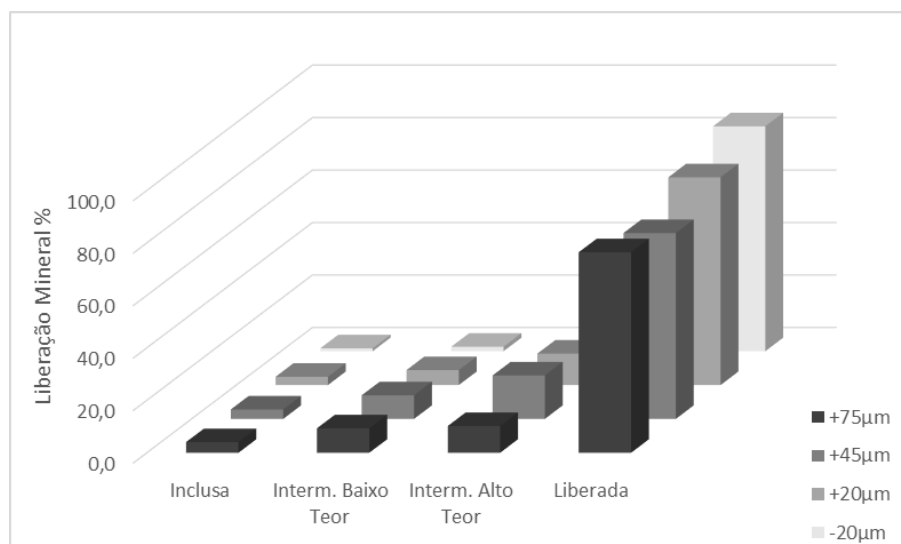


Figura 5. Liberação do minério de Bonsucesso por faixas granulométricas.

Comparativamente, o minério de Bonsucesso apresenta maior quantidade de partículas liberadas se comparado ao minério de Morro Agudo, na faixa +44 μ m (70,8% BS contra 42,1% MA). O grau de liberação afeta diretamente a qualidade dos concentrados gerados na flotação sendo que minérios menos liberados apresentam maior dificuldade para obtenção de concentrados de alta qualidade.

Na Figura 6 encontra-se o boxplot dos resultados de EDS para a análise composicional quantitativa dos elementos zinco e ferro na estrutura da esfalerita dos minérios de Morro Agudo e Bonsucesso.

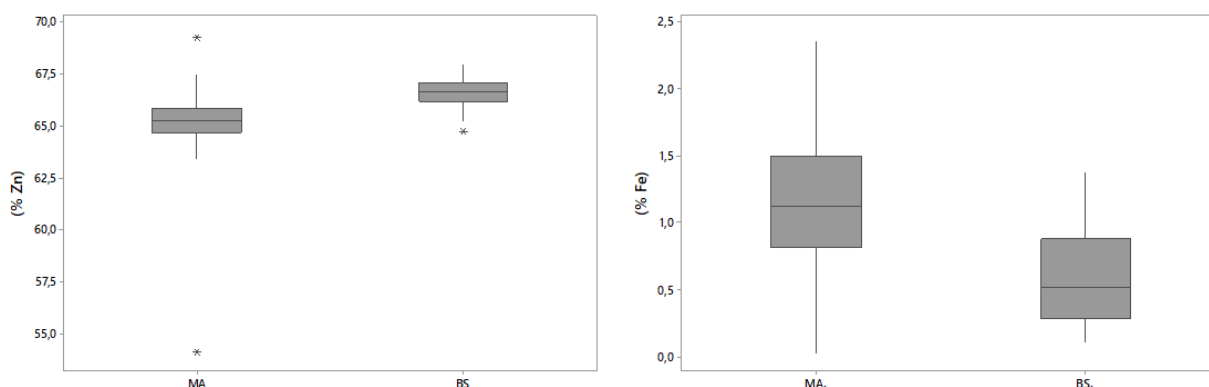


Figura 6. Análise composicional quantitativa da esfalerita de Morro Agudo e Bonsucesso para os elementos de zinco e ferro.

A esfalerita do minério de Morro Agudo apresenta em sua composição em média 64,01% de zinco e 1,11% de ferro, enquanto que o minério de Bonsucesso apresenta 66,62%

de zinco e 0,52% de ferro, em média. Uma vez que o ferro é um fator considerado na especificação de concentrado de zinco, a análise composicional nos orienta com relação ao mínimo de teor de ferro que é possível de ser obtido no concentrado, pois como há ferro na constituição da esfalerita será pouco provável obter concentrados de zinco com teor de ferro menor do que 1,11% para Morro Agudo e 0,52% para Bonsucesso.

3.2 Ensaios de Flotação

A Tabela 3 mostra os resultados da análise química dos teores de alimentação das amostras cabeça para ambos os minérios. O teor médio de zinco previsto pelo planejamento de lavra de Bonsucesso (3,24%) é maior do que o teor médio praticado pela mina de Morro Agudo (2,77%).

Tabela 3. Teores de alimentação nova da flotação.

Etapa	Teor de Zn (%)	Teor de Fe (%)	Teor de Pb (%)
Alimentação MA	2,77	2,90	0,66
Alimentação BS	3,24	3,93	0,43

A Tabela 4 mostra os resultados da flotação Rougher de zinco. Observa-se que na condição 1 o concentrado de zinco do minério de Bonsucesso apresentou teor de zinco de 28,9% e recuperação de 71,7%, enquanto que o concentrado do minério de Morro Agudo apresentou teor de 17,1% e 39,0% de recuperação. Na condição 2 (otimizada) o concentrado do minério de Bonsucesso apresentou teor de zinco de 32,9% e recuperação de 89,4% enquanto que o concentrado de Morro Agudo obteve 16,8% de teor e 88,6% de recuperação.

Tabela 4. Resultados da flotação Rougher de zinco.

Etapa	Teor de Zn (%)	Recuperação de Zn (%)	Teor de Fe (%)	Teor de Pb (%)
Condição MA 1	17,1	39,0	2,8	0,8
Condição BS 1	28,9	71,7	2,9	0,3
Condição MA 2	16,8	88,6	2,5	0,6
Condição BS 2	32,9	89,4	3,4	0,2

O concentrado Rougher de zinco alimentou a etapa Cleaner de zinco e os concentrados finais são mostrados na Tabela 5. O concentrado de zinco do minério de Bonsucesso apresentou teor de 53,41% e recuperação global de 69,00% na condição 1 e o concentrado do minério de Morro Agudo atingiu 42,31% de teor com 27,51% de recuperação. Utilizando reagentes mais seletivos o concentrado de zinco de Bonsucesso atingiu 53,86% de teor e 85,83% de recuperação e o de Morro Agudo atingiu 25,34% de teor e 86,48% de recuperação.

Tabela 5. Resultados da flotação Cleaner de zinco.

Etapa	Teor de Zn (%)	Recuperação de Zn (%)	Teor de Fe (%)	Teor de Pb (%)
Condição MA 1	42,31	27,51	2,19	1,01
Condição BS 1	53,41	69,00	2,14	0,40
Condição MA 2	25,34	86,48	2,30	0,58
Condição BS 2	53,86	85,83	1,43	0,21

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na caracterização dos minérios permitiram observar que os minérios de Morro Agudo e Bonsucesso apresentam composição mineralógica muito semelhantes, mas diferem nas proporções minerais. A principal ganga do minério de Morro Agudo é a dolomita (high FeMn) e dolomita (lowFeMn) e a de Bonsucesso é predominantemente a dolomita pura. Chama atenção também a maior proporção de pirita no minério de Bonsucesso (11,64%) quando comparada ao minério de Morro Agudo (5,21%), fato que sugere que em um circuito fechado de flotação é possível que o ferro seja um potencial contaminante do concentrado.

A maior proporção de esfalerita classificada como liberada (liberação maior que 90%), refletiu, como esperado, nas etapas de flotação, uma vez que o minério mais liberado apresentou melhor qualidade, com teores de concentrados elevados e alta recuperação. O teor de concentrado de zinco do minério de Bonsucesso, para as condições padrão de flotação, se apresentou maior do que o concentrado de Morro Agudo, sendo 53,4% para BS e 42,31% para MA. Nos ensaios de flotação nos quais foram usados reagentes mais seletivos para sulfetos foram obtidos valores de recuperação superiores a 85% para ambos os minérios e teor de concentrado de 25,34% para Morro Agudo e 53,86% para Bonsucesso.

6. REFERÊNCIAS

- Petruk, W. Applied mineralogy in the mining industry. 1st ed. Ottawa: Elsevier, 2000. 268 p.
- Porphirio R,Barbosa M,Bertolino L, Reinner N, Claudio Luiz S, Arnaldo A. Tratamento de minérios, 5ª. ed. São Paulo: CRC; 2010. Chapter 3, Caracterização Tecnológica de Minérios, p. 57-139.
- Reinner Neuman, Claudio Luiz S, Arnaldo A. Tratamento de minérios, 5ª. ed. São Paulo: CRC; 2010. Chapter 3, Caracterização Tecnológica de Minérios, p. 85-139.
- Valadão, G; Introdução ao tratamento de minérios. 1a. ed. Brasil: UFMG;2007.
- William P. Applied mineralogy in the minning industry. 1a. ed. Amsterdã: Elsevier; 2000.
- Y. Gu, "Automated Scanning Electron Microscope Based Mineral Liberation Analysis An Introduction to JKMRC/FEI Mineral Liberation Analyser," Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, Vol. 2 No. 1, 2003, pp. 33-41.