

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE UM CONCENTRADO DE FLOTAÇÃO DE SUFETO DE COBRE

MAGALHÃES, D.G.¹, SILVA, J.P.², VELOSO, T.C.³

¹Universidade Federal de Ouro Preto. douglasmagalhaes@gmail.com

²Universidade Federal de Ouro Preto. josepedro.josepedro@yahoo.com.br

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

RESUMO

O estudo em questão visou caracterizar tecnologicamente uma amostra de concentrado calcopirítico. Através de técnicas de caracterização tecnológica obteve-se a distribuição granulométrica, com P₈₀ de 0,053 mm e D₅₀ de 0,028 mm, a mineralogia, identificando calcopirita, magnetita, muscovita e caulinita, 27,91% de Cu total, superfície específica de 1.387 m²/g e 5.99·10⁻⁴ cm³/g de volume de poros. Os parâmetros encontrados forneceram informações que orientará o estudo de rotas de alternativas para extração de cobre metálico. O desenvolvimento de tais rotas fundamenta-se no fato de que os processos pirometalúrgicos são restritos a concentrados com alto teor metálico e baixo conteúdo de impurezas, que estão se tornando cada vez mais escassos.

PALAVRAS-CHAVE: caracterização; concentrado calcopirítico; processos metalúrgicos.

ABSTRACT

The aforementioned study has aimed to technologically characterize a chalcopyrite concentrated sample. Through technological characterization techniques a particle sizing distribution, with P₈₀ of 0,053 mm and D₅₀ of 0,028 mm, mineralogy, identifying chalcopyrite, magnetite, muscovite and kaolinite, 27.91% Cu total, surface area of 1,387 m² and 5.99·10⁻⁴ cm³/g of pore volume. The parameters found provided information that will guide the study of alternative routes for the extraction of copper metal. The development of such routes is based on the fact that the pyrometallurgical processes are restricted to concentrated with high metal content and , which are becoming increasingly scarce.

KEYWORDS: characterization; chalcopyrite concentrate; metallurgical process.

1. INTRODUÇÃO

A calcopirita compõe cerca de 70% dos depósitos de cobre conhecidos e por isso é a mais importante fonte do elemento para a produção do metal. Em termos de metalurgia extrativa, em torno de 80% da produção de cobre ocorre via pirometalurgia, utilizando majoritariamente concentrados calcopirítico (VIERA, 2007). Desde o século XIX, esta rota domina a produção de cobre, mas requer normalmente concentrados de alto teor e com baixo conteúdo de impurezas deletérias, como por exemplo, flúor, cloro, comuns aos minérios de cobre brasileiros (DOPSON *et al.*, 2008). Extensivas pesquisas no campo da hidrometalurgia têm sido conduzidas com o objetivo de desenvolver um processo eficiente para extrair cobre a partir de minérios ou concentrados calcopiríticos (DU *et al.*, 2007), porém sem grande sucesso até o momento.

Do ponto de vista metalúrgico, existem numerosas opções de processamento que podem ser consideradas quando se avalia um projeto de extração de cobre em particular, sendo que as quatro principais são: Fusão a *mate* (*smelting*), lixiviação *in situ*, lixiviação em tanques e lixiviação em pilhas. Destas opções, apenas a fusão a *mate* corresponde a uma rota pirometalúrgica, sendo as outras três rotas hidrometalúrgicas. Segundo Helle *et al.* (2010) a escolha da tecnologia de processamento depende de uma série complexa de parâmetros relacionados tanto com a viabilidade do projeto quanto às características do minério em questão. Dentre os parâmetros citados, os três últimos são determinados através da caracterização tecnológica de minérios/concentrados.

A caracterização tecnológica de uma amostra, de modo geral, não se limita somente à identificação dos constituintes da amostra, mas apresenta também avaliações quantitativas ou semiquantitativa destes constituintes. Além disso, fornece informações a respeito de parâmetros físicos, tais como densidade, porosidade e distribuição granulométrica do material. A partir do conhecimento destas características consegue-se prever, com certa segurança, tanto o comportamento da amostra, bem como os problemas e dificuldades que poderão ocorrer no desenvolvimento de estudos de beneficiamento (PORPHÍRIO *et al.*, 2010) e estudos que envolvem a extração dos metais a partir dos seus minérios/concentrados, como a extração de cobre a partir de um concentrado calcopirítico.

Dentro do contexto apresentado, ressaltando a importância da caracterização tecnológica na escolha adequada da rota de processamento para extração de cobre utilizando-se um concentrado calcopirítico, buscou-se, neste trabalho, caracterizar um concentrado calcopirítico cedido pelo laboratório de Bio&Hidrometalurgia da Universidade Federal de Ouro Preto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os ensaios, propostos para o estudo, foram realizados nos laboratórios dos Departamentos de Engenharia de Minas e Engenharia Metalúrgica da Universidade Federal de Ouro Preto.

2.1. Preparação da amostra

O material caracterizado neste trabalho é um concentrado calcopirítico, proveniente do processo de flotação. O estudo partiu de uma amostra primária de aproximadamente 11 kg que foi homogeneizada utilizando a técnica de homogeneização em lona e quarteada em quarteador tipo Jones. Foram obtidas 11 alíquotas de aproximadamente 1 kg cada uma.

De posse de uma destas alíquotas partiu-se então para sucessivas etapas de homogeneização e quarteamento até a retirada das alíquotas necessárias para a execução dos ensaios de caracterização tecnológica propostos.

As amostras destinadas à análise química e à difração de raios-X foram pulverizadas em moinho de panela, homogeneizadas e quarteadas. As etapas de caracterização são mostradas na figura 1.

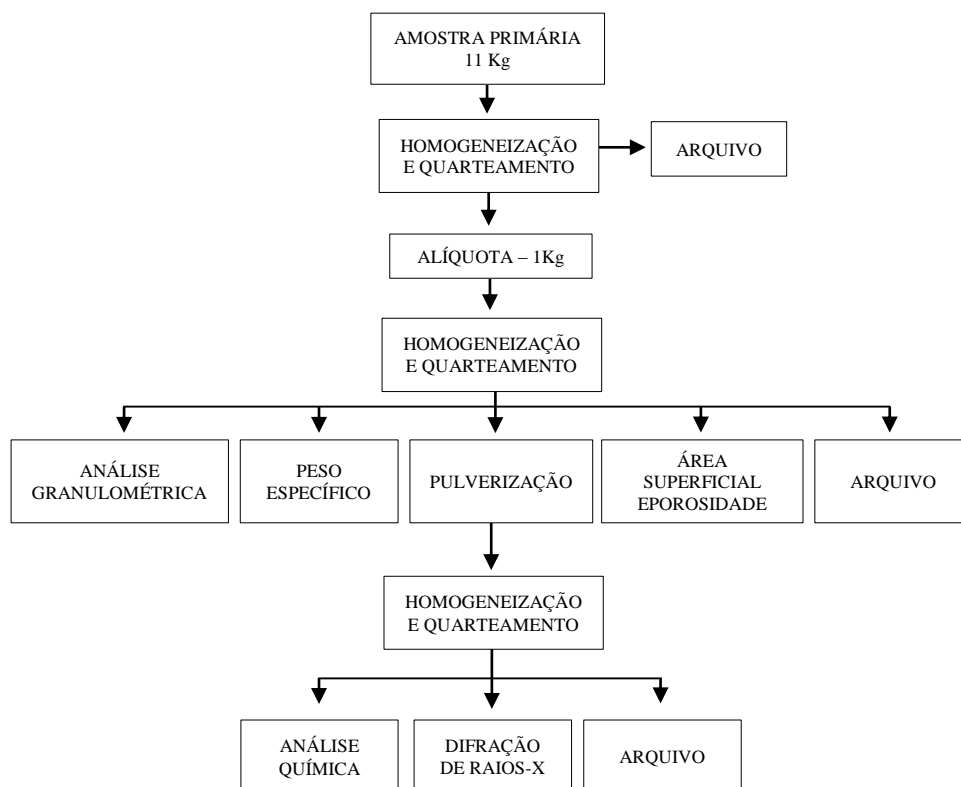


Figura 1. Fluxograma de caracterização.

2.2. Análise granulométrica

A distribuição granulométrica foi analisada utilizando as técnicas de peneiramento e difração a *laser*, de forma combinada. Todo procedimento descrito foi realizado em triplicata.

O peneiramento foi realizado, seguindo a série Tyler, na faixa de tamanho compreendida entre 9.525 μm e 37 μm . Na faixa entre 9.525 μm e 1.000 μm foi realizado peneiramento a seco. As frações retidas foram identificadas e pesadas, o material passante em 1.000 μm foi homogeneizado e quarteado até a obtenção de uma alíquota com o peso adequado para o peneiramento na série compreendida entre 1.000 μm e 37 μm . Esta alíquota foi lavada na malha de 37 μm , sendo o retido identificado, pesado elevado à estufa e o passante filtrado em filtro de pressão. Após secagem o material foi peneirado a seco nas faixas entre 1.000 μm e 37 μm , sendo que a fração retida em cada malha foi identificada, pesada. O passante em 37 μm foi integrado ao passante da etapa de lavagem.

A massa máxima que pode ficar retida em cada malha ao final do peneiramento foi calculada de acordo com Gaudin. Sendo assim, as peneiras devem reter uma massa menor do que aquela estimada pela equação 01:

$$M_{m\acute{a}x} = \left(\frac{d_i + d_s}{2} \right) \rho \cdot A \cdot n \quad (01)$$

Onde:

$M_{m\acute{a}x}$: Massa máxima retida em cada peneira (g);

d_i : Abertura da peneira em estudo (cm);
 d_s : Abertura da peneira imediatamente acima da escala (cm);
 ρ : Densidade da amostra a ser ensaiada (g/cm^3);
A: Área da malha da peneira (cm^2);
n: Camadas de partículas.

O material passante na malha de $37\mu\text{m}$ foi novamente homogeneizado, quartado e enviado para análise no granulômetro a *laser* CILAS – 1064.

2.3. Análise mineralógica

Os minerais constituintes da amostra global foram identificados por difração de raios-X, utilizando a técnica do método do pó total.

2.4. Análise química

As análises dos elementos químicos presentes na amostra e seus respectivos teores foram realizadas por espectrometria de emissão atômica com fonte plasma de acoplamento indutivo – Inductively Coupled Plasma – ICP (equipamento VARIAM 725-ES). Todo procedimento descrito foi realizado em triplicata.

2.5. Área superficial específica e porosidade

A área superficial específica e a porosidade da amostra em estudo foram determinadas pelo aparelho NOVA 1200, marca *Quantachrome*. O peso específico da amostra, previamente determinado pelo método do picnômetro a gás hélio, foi inserido para a realização do teste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos ensaios realizados foram obtidos os resultados apresentados e discutidos a seguir.

3.1. Análise granulométrica

3.1.1 Massa máxima

A massa máxima para cada malha utilizada foi calculada com base na equação (01) de Gaudin. O valor obtido foi comparado com a respectiva massa retida em cada malha no ensaio de peneiramento. Conclui-se que o peneiramento foi eficiente, pois não foi observada em nenhuma malha que o valor da massa retida fosse maior do que a massa máxima calculada.

3.1.2 Distribuição granulométrica

A figura 2 apresenta a distribuição granulométrica obtida a partir da análise combinada utilizando as técnicas de peneiramento e de difração a *laser*. A amostra em análise, se tratando de um concentrado de flotação, revelou um P80 de 0,053 mm.

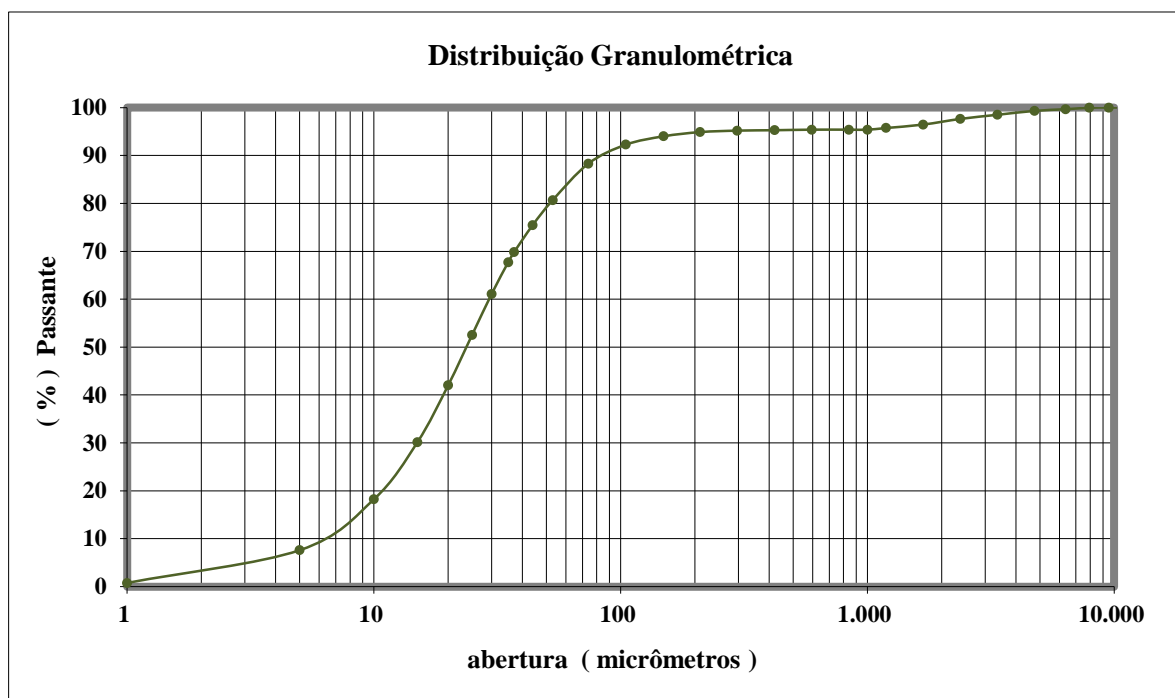


Figura 2. Curva de análise granulométrica.

3.2. Análise mineralógica

A análise por difratometria de raios-X da amostra em estudo revelou, além da presença do mineral-minério, neste caso a calcopirita (CuFeS_2), a presença dos minerais: magnetita, muscovita e caulinita como pode ser visto no difratograma de raios-X mostrado na figura 3.

A muscovita é um silicato hidratado de potássio do grupo das micas e a caulinita é uma silicato de alumínio hidratado cuja fórmula química pode ser expressa por $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Os silicatos e a magnetita são componentes da ganga mineral do sulfeto de cobre. A presença destes contaminantes no concentrado deve-se às restrições de seletividade dos processos de flotação.

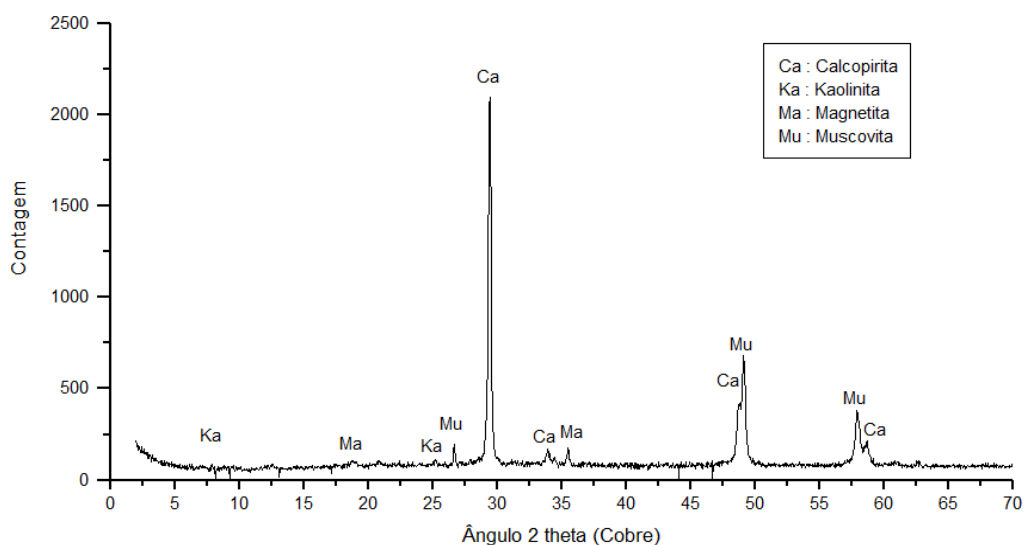


Figura 3. Difratograma de raios-x da amostra global do concentrado calcopirítico.

3.3. Análise química

A tabela abaixo mostra o teor dos principais elementos contidos na amostra e confirmam os resultados obtidos por difratometria de raios-X. O cobre, o ferro e o enxofre são os elementos constituintes da calcopirita, sendo que o ferro também constitui a magnetita, já o alumínio e o magnésio são elementos estruturais dos silicatos.

Tabela I. Distribuição dos elementos químicos e teores do concentrado calcopirítico.

Elemento	Teor (%)	Desvio
Cu	27.91	0.45
Fe	26.32	1.40
S	29.49	0.99
Al	0.51	0.04
Mg	0.67	0.08

3.4. Área superficial específica e porosidade

O teste de BET, realizado para avaliar os parâmetros de porosidade e superfície específica da amostra, gerou os seguintes resultados:

Tabela II. Resultados dos parâmetros avaliados pelo ensaio de adsorção de nitrogênio – método B.E.T

Parâmetro Medido	Concentrado Calcopirítico
Área de Microporos	1.686 m ² /g
Superfície Específica	1.387 m ² /g
Volume Total de Poros	5.99·10 ⁻⁴ cm ³ /g
Peso Específico	3,85g/cm ³

Os resultados obtidos poderão dar suporte a futuros estudos de cinética de lixiviação do cobre. Pois, a variação dos parâmetros obtidos pelo ensaio de BET esta diretamente relacionada com a velocidade na qual o cobre é extraído. Por exemplo, se após uma reação a superfície apresentar maior volume de poros, provavelmente a cinética na mesma foi favorecida, já que a presença destes favorece a difusão dos reagentes na superfície da calcopirita.

4. CONCLUSÕES

O minério em estudo é um concentrado calcopirítico e sua utilização é servir de matéria prima dos processos pirometalúrgicos ou hidrometalúrgicos para a produção de cobre metálico.

A distribuição granulométrica indicou um P₈₀ de 0,053 mm e um D₅₀ de 0,028 mm, já que se trata de um concentrado de flotação. Esta granulometria relativamente fina pode ser favorável ao

processo de extração de cobre por lixiviação, pois quanto menores as partículas maior a área superficial, ou seja, maior a superfície de contato.

Através da caracterização mineralógica do concentrado em estudo, verificou-se que o mesmo é composto basicamente por calcopirita, magnetita, muscovita e caulinita.

A amostra apresenta 27,91% de Cu total. De modo geral o teor de cobre obtido através do processo de flotação está entre 25% e 30% portanto, o teor observado na amostra em estudo encontra-se dentro da faixa esperada.

A caracterização tecnológica forneceu informações que orientarão o estudo de rotas de alternativas para extração de cobre metálico. O desenvolvimento de tais rotas fundamenta-se no fato de que os processos pirometalúrgicos são restritos a concentrados com alto teor metálico e baixo conteúdo de impurezas, que estão escassos

5. REFERÊNCIAS

DOPSON, M., HALIEN, A., RAHUNEN, N., BOSTRÖM, D. Silicate Mineral Dissolution During Heap Bioleaching. *Biotechnology and Bioengineering*, p. 811-820, 2008.

DU, C.A., BATTY, J.D., DEW, D.W. Commercial Applications of Thermophile Bioleaching, in: *Bioining*, RAWLING E JOHNSON (editors), Berlin, p. 57-78, 2007.

HELLE, S., JEREZ, O., KELM, U., PINCHEIRA, M., VARELA, B. The influence of rock characteristics on acid leach extraction and re-extraction of Cu-oxide and sulfide minerals. *Minerals Engineering*, p. 45-50, 2010.

PORPHÍRIO, N.H., BARBOSA, M.I.M., BERTOLINO, C.L. Caracterização Mineralógica de Minérios, in: *Tratamento de Minérios*, LUZ, SAMPAIO E FRANÇA (editores), CETEM, Rio de Janeiro, p. 57-81, 2010.

VIERA, M. Recovery of zinc, nickel, cobalt and other metals by bioleaching, in: *Microbial Processing of Metal Sulfides*, DONATI E SAND (editors), Dordrecht. p. 103-129, 2007.

