

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA POR ANÁLISE DE IMAGEM:
UM MÉTODO AUTOMÁTICO DE ESTUDOS MINERALÓGICOS

José Farias de Oliveira (1)

R E S U M O

A análise de imagem é uma técnica que permite a determinação automatizada da composição mineralógica, distribuição de tamanho de grãos, intercrescimento e associações mineralógicas, grau de liberação e alteração de rochas e minerais. O acoplamento do analisador de imagem propriamente dito a um microscópio eletrônico de varredura (MEV) e sistema EDAX, permite a obtenção de informações que estão revolucionando a sistemática tradicional de caracterização de minérios bem como o controle de processos de tratamento.

A B S T R A C T

The application of a modern method of image analysis fully automated for the study of grain size distribution, modal assays, degree of liberation and mineralogical associations is discussed. The image analyser is interfaced with a scanning electron microscope and an energy-dispersive X-rays analyser. The image generated by backscattered electrons is analysed automatically and the system has been used in accessment studies of applied mineralogy as well as in process control in the mining industry.

(1) Engenheiro de Minas, M.Sc. e D.Sc.
Professor Adjunto da COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de processos de tratamento de minérios de maior eficiência e a engenharia de controle desses processos exigem freqüentemente uma clara compreensão das características texturais das rochas envolvidas. A quantificação de diversos parâmetros envolvendo a distribuição granulométrica e mineralógica dos produtos de moagem é uma tarefa necessária e quase sempre problemática, pela limitação dos recursos técnicos tradicionais^(1,2). Um controle efetivo do grau de liberação, evitando de um lado desperdício de energia em moagem excessiva e, de outro, possibilitando preparar um produto com melhores características para tratamento, pode ter um peso significativo na economicidade de um processo. O controle dos produtos intermediários e finais numa usina de flotação, na maioria dos casos, é efetuada pela simples análise química global do produto, a qual não permite determinar as causas de baixos rendimentos.

O Sistema Integrado de Análise de Imagens (SIAI) oferece hoje uma resposta definitiva para a grande maioria dos problemas mais freqüentes. Enquanto técnica, representa o coroamento de um esforço persistente mundial. Diversos países utilizaram até o ano de 1980, sistemas de análise semi-automáticos baseados na imagem do microscópio ótico. Esta técnica foi rapidamente ultrapassada pela evolução da tecnologia e pelo vertiginoso desenvolvimento da informática nos últimos anos.

2. ANTECEDENTES

Os primeiros instrumentos ainda "hard-wired" foram desenvolvidos por volta de 1969, incluindo nesta classe o Quantimet 720 da Cambridge Instruments Ltd. e o Omnican da Bausch and Lomb e outras.

Estes instrumentos, pelos seus limitados recursos, criaram um clima de ceticismo quanto às reais vantagens do sistema de análise de imagem. É preciso, no entanto, fazer uma distinção entre estes instrumentos precursores e a nova geração de Analisadores de Imagem, totalmente automatizados. Estes analisadores fo

ram desenvolvidos entre 1979 e 1981 e sua utilização expandiu-se rapidamente. Atualmente, entre os aparelhos totalmente automatizados estão o Quantimet 970, o Kontron SEM-IPS e o Tracor Northern TN-8500, que são aparentemente os mais expressivos.

3. O SISTEMA INTEGRADO DE ANÁLISE DE IMAGEM

Para fins de análise mineralógica, a utilização de um Analisador de Imagem acoplado a um microscópio ótico não representa grande vantagem. A transferência da imagem do microscópio ótico para o Analisador é feita através de uma câmara preto e branco. Desta forma, muitos minerais se confundem e mesmo a transferência de uma imagem em cores não permitiria discriminar muitos dos minerais entre si.

O Sistema Integrado de Análise de Imagens utiliza três equipamentos interfaciados de tal forma que existe uma comunicação nos dois sentidos entre as três unidades. O sistema compõe-se de:

1. Um microscópio eletrônico de varredura (MEV) ou microsonda eletrônica.
2. Um instrumento de análise de raios-X por energia dispersiva (EDXA).
3. Um Analisador de Imagem gerada por elétrons retroespalhados ("backscattered").

O grande avanço deste sistema em relação aos seus predecessores deve-se a dois fatores. Em primeiro lugar, em contraste com a utilização da imagem ótica ou mesmo da imagem dos elétrons secundários do MEV, a utilização de um detetor dos elétrons primários retroespalhados permite uma melhor discriminação dos diversos minerais presentes no campo. (Fig. 1).

As diversas tonalidades de cinza da imagem dos elétrons retroespalhados detectada no MEV está relacionada com o número atômico médio dos minerais. Os de menor número atômico apresentam coloração cinza chumbo escuro e os de maior número atômico médio coloração branca. As faixas de cinza podem ser ajustadas no

instrumento, de tal forma que, uma faixa estreita, por exemplo, permite a individualização de minerais de número atômico médio bem próximos. Segundo Petruk ⁽³⁾ é possível até mesmo uma discriminação entre quartzo e ortoclásio que apresentam número atômico médio de 10,8 e 11,8, respectivamente.

No Sistema Integrado de Análise de Imagem o microscópio eletrônico de varredura (MEV) é acoplado com três detectores:

- a) O detector de elétrons secundários que gera a imagem normal nesses instrumentos. (Fig. 2).
- b) O detector de elétrons primários retroespalhados interfacia do ao Analisador de Imagem e que permite a diferenciação entre os vários minerais.
- c) O detector de raios-X característicos cujas informações são repassadas ao EDXA para determinação dos elementos químicos que constituem um determinado grão mineral. Desta forma, o Sistema Integrado é auto-suficiente para analisar qualitativa e quantitativamente uma determinada amostra de rocha ou de mineral em grãos.

4. INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO ANALISADOR DE IMAGENS ÚTEIS À TECNOLOGIA MINERAL

Nas condições descritas, a Análise de Imagens é uma técnica que permite a determinação da composição mineralógica percentual, distribuição de tamanho de grãos, intercrescimento e associações mineralógicas, grau de liberação e alteração de rochas e minerais. Para a determinação da composição mineralógica os grãos de determinado mineral são isolados dos demais através de uma imagem binária (mineral e fundo), sendo a sua área total quantificada para cada campo em análise. Qualquer dúvida em relação a determinado grão mineral pode ser elucidada através de análise elementar pelo sistema de EDXA.

O grau de liberação de cada faixa granulométrica pode ser determinado permitindo a obtenção de dados importantes para elucidação de problemas acarretadores de baixa recuperação ⁽⁴⁾. Lynch ⁽⁵⁾ ressaltou recentemente a importância de dados semelhan

tes para o melhor controle de uma usina de flotação. Os mistos são geralmente formados pela junção de concentrados "scavenger" com rejeitos "cleaner" que retornam à etapa "rougher". No entanto, uma caracterização destes mistos para a usina de Woodlawn, demonstra que embora com teor médio semelhante à alimentação os dois produtos apresentam características completamente distintas (Fig. 3). Lynch descreve ainda a seqüência de eventos que a re circulação de mistos com estas características pode provocar:

1. a carga circulante contendo estas partículas acumula-se;
2. partículas mistas tendem a contaminar o concentrado diminuindo o teor;
3. uma tentativa de manter o teor elevado tende a aumentar a carga circulante; e
4. a eficiência do processo deteriora-se.

A otimização de circuitos requer uma quantificação do problema real. No caso citado, os mistos embora apresentando teores semelhantes à alimentação, são compostos de partículas diferentes e, portanto, de flotabilidade distinta. Em muitos casos seria mais recomendável um tratamento em separado, com remoagem prévia.

No modelamento matemático do processo de flotação, o problema de partículas mistas em minérios de liberação fina é bastante complexo. Tentativas vêm sendo feitas para a adoção de uma constante cinética (K) para diferentes grupos de partículas com base em dados fornecidos pelo Analisador de Imagem⁽³⁾.

O Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ colocou recentemente em operação um moderno MEV, modelo Cambridge 250 MK 3 e um instrumento de análise por energia dispersiva de raios-X, modelo LINK 860 Analyser. O interfaciamento de um Analisador de Imagem, segundo o modelo descrito, aos equipamentos já existentes (Fig. 4) é um projeto prioritário da Área de Metalurgia Extrativa.

5. CONCLUSÕES

As diversas técnicas tradicionais de análise mineralógica quando utilizadas em conjunto podem, em tese, proporcionar as informações quantitativas necessárias na maioria das situações práticas. O Sistema de Análise Automatizado descrito apresenta a vantagem de possibilitar a obtenção rápida de uma enorme quantidade de informações processadas em computador, em contraste com a tediosa e menos precisa análise mineralógica tradicional. A implantação de um sistema integrado de análise de imagem representa, sem dúvida, um investimento elevado. No entanto, aquelas instituições que têm em funcionamento um microscópio eletrônico de varredura (MEV) com microanálise por dispersão de energia ou uma microsonda eletrônica estão com mais de 70% do investimento total realizado. Embora ainda não se tenha no país este tipo de equipamento aplicado à área mineral, em outros países eles vêm sendo utilizados com sucesso.

BIBLIOGRAFIA

01. JONES, M.P. Applied Mineralogy, a quantitative approach. Graham and Trotman, 1987.
02. OLIVEIRA, J.F. e PORPHÍRIO, N.H. Mineralogia aplicada ao tratamento de minérios. Anais do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande, 1977.
03. PETRUK, W. The MP-SEM-IPS Image Analysis System and its Application to Mineralogy and Geochemistry. Canadian Mineralogist, 1986.
04. MILLER, R.P.; REID, A.F. & ZUIDERWYK. QEM-SEM Image Analysis in the Determination of Modal Assays, Mineral Associations and Mineral Liberation. Anais do XIV International Mineral Processing Congress, Toronto, 1982.
05. LYNCH, A.J. The Technology of Flotation. In: Principles of Mineral Flotation. The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1984.

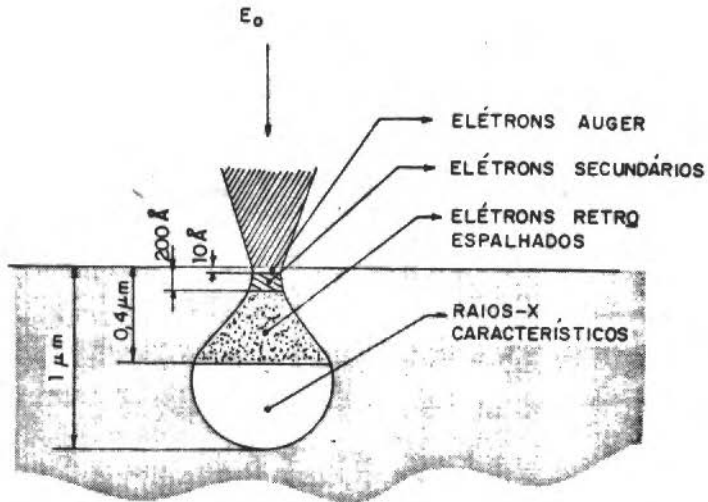


Fig. 1 - Penetração do feixe de elétrons e regiões originárias da radiação detectada.

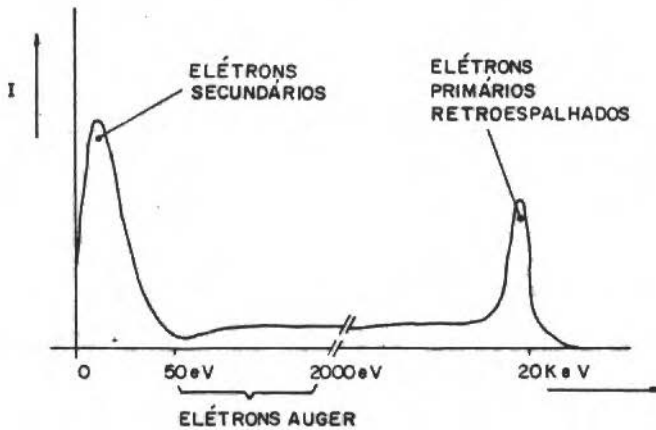


Fig. 2 - Intensidade da radiação emitida por bombardeamento do feixe eletrônico.

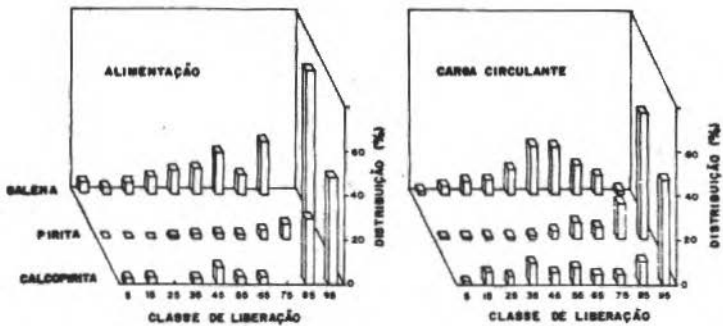


Fig. 3 - Contraste entre a liberação de minerais na alimentação e a natureza da composição da carga circulante em WOODLAWN (4)

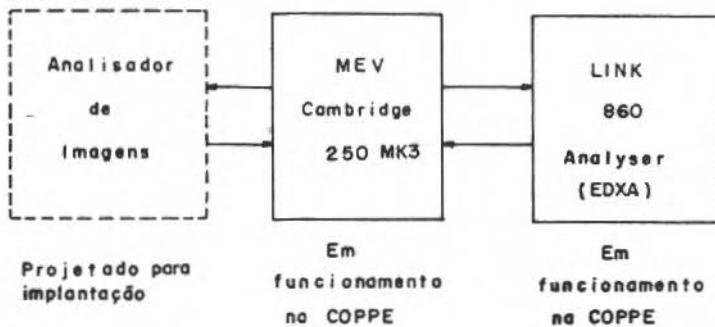


Fig. 4 - Interfacing do analisador de imagem, MEV e EDXA.