

8

↓

**APLICAÇÃO DE RADIOISÓTOPOS ÀS OPERAÇÕES DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS**

por

**J.O.N.M. de CASTRO**

**M.R. AUN**

**IPR / CBTN**

Apresentado no 1º ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS  
CAPPE/UFRJ 24 e 25 de maio de 1973 Ilha do Fundão

••••• Aplicações de ~~microscópio~~  
as Operações de Tratamento de  
minérios por J. O. N. M. de Cas-  
tro & J. M. R. Aum. In: Encontro  
Nacional de Tratamento de  
Minérios, 1. São Paulo,  
USP/EP, 24-25 maio 1973.  
9p.

Bibliografia: p. 9. (continua)

M.R. I.I. T. H. W.

CDD 622.7

## APLICAÇÃO DE RADIOISÓTOPOS ÀS OPERAÇÕES

### DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS

J. O. N. M. Castro

M. R. Aun

#### 1. INTRODUÇÃO

O uso de radioisótopos pelas indústrias tem representado uma substancial economia de tempo e dinheiro. Estima-se que ela alcançou, anualmente, em meados da década de 60, um valor entre 300 e 400 milhões de dólares para um total de 26 países estudados (1). São inúmeras as possibilidades de aplicação dos radioisótopos às operações de tratamento de minérios. O objetivo do presente trabalho é enumerar algumas das principais destas aplicações.

De um modo geral, as aplicações de radioisótopos podem ser divididas em dois grandes ramos:

- . aplicação de fontes radioativas seladas;
- . aplicação dos traçadores radioativos.

De acordo com esta subdivisão apresentaremos a seguir algumas aplicações representativas dos radioisótopos.

## 2. APLICAÇÃO DAS FONTES RADIOATIVAS SELADAS

Neste tipo de aplicação o material radioativo não entra em contato direto com o processo controlado ou estudado. Consequentemente, são mínimos os problemas de proteção radiológica envolvidos. Utilizam-se nelas quer a capacidade "excitadora" das radiações, quer as características de sua interação com a matéria. Equipamento comercial para este tipo de aplicação é, em geral, em contrado e estima-se que cerca de metade das economias proporcionadas pelo emprego de radioisótopos advenha destas aplicações.

### 2.1 APLICAÇÃO DAS FONTES SELADAS NO CONTROLE DE PROCESSOS DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

Os instrumentos desenvolvidos para este tipo de aplicação já encontraram alguns usos interessantes no campo de tratamento de minérios (2, 3, 4) e apresentam todos a desejável característica de não entrarem em contato com os materiais que se deseja controlar.

São tres os principais tipos de aplicações neste campo:

. Medidas de Nível: o aparelho para a medida de nível utiliza a brusca queda provocada na intensidade de radiação que atinge um detetor quando entre este e uma fonte radioativa é introduzido o material cujo nível se deseja controlar. Trata-se da aplicação mais simples e mais barata dos radioisótopos e ela deve ser cogitada quando, por razões tais como altas pressões e temperatura, ambiente quimicamente agressivo, etc., os métodos conven-

cionais de medida de nível tornarem-se inadequados.

. Medidas de densidade: Quando entre uma fonte radioativa e um detetor de radiação se introduz uma camada de material de espessura  $x$  a radiação que incide sobre o detetor é atenuada segundo a lei.

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

onde  $I_0$  é a intensidade de radiação original,  $I$  é a intensidade atenuada e  $\mu$  é um parâmetro que depende da densidade do material. Esta característica de atenuação da radiação torna possível a construção de medidores de espessura (se a densidade do material é constante) ou de densidade (se a espessura de material é mantida constante). Aparelhos comerciais desta espécie existem e, por meio de uma calibração adequada, apresentam resultados diretamente em termos de densidades.

. Medidores de umidade: Os medidores de umidade utilizam-se da capacidade que os átomos de hidrogênio possuem de diminuir a energia de neutrons que sobre eles incidem. Nestes aparelhos a radiação proveniente de uma fonte de neutrons altamente energéticos (rápidos) incide sobre o material cujo teor de umidade se deseja conhecer. Uma fração destes neutrons perde energia, devido a interações com os átomos de hidrogênio (fração esta proporcional ao teor de hidrogênio presente) e é posteriormente detectada por meio de equipamento de medidas para neutrons de baixa energia. Uma calibração adequada permite o conhecimento do teor de umidade do material. Obviamente, a presença de átomos de hidro

gênio além dos de água pode tornar esta calibração bastante melindrosa. Outro problema que pode surgir é a presença, na amostra testada, de átomos de outras substâncias, como por exemplo o carbono, que também possuem características de diminuir a energia dos neutrons que sobre eles incidem. Não obstante, aparelhos bastante aperfeiçoados já se encontram à venda, mas as aplicações deste tipo devem ser estudados com o devido cuidado.

## 2.2 APLICAÇÃO DAS FONTES SELADAS À ANÁLISE

Tem sido desenvolvidas em todo o mundo as técnicas de análise química, em linha, com o emprego de fontes radioativas. Dois dos principais métodos de análise serão aqui descritos apenas sumariamente dadas as limitações de espaço. Uma excelente revisão dos trabalhos neste campo é apresentado por Clayton (5) e deve ser consultada quando se necessitar de informações sobre aplicações específicas.

. Análise por ativação. Quando o núcleo do átomo de um elemento químico captura um neutron, este átomo se torna, em geral, radioativo. A energia da radiação emitida por este átomo é característica do elemento químico. Torna-se então possível não só a identificação como a dosagem dos elementos presentes na amostra ativada. Dois problemas bastante sérios da análise por ativação em linha, quais sejam, a necessidade de fontes de alto fluxo de neutrons e a existência de interferências causadas por elementos com energia de radiação muito próxima à do elemento que se deseja dosar, estão sendo implantados pelo uso das fontes de Cali -

fórnio-252, recentemente colocadas à venda, e dos detetores de estado sólido de alta resolução. É de se esperar uma grande difusão desta técnica em futuro próximo.

. Análise por fluorescência X. Como no caso da análise por ativação faz-se uso, para a identificação do elemento químico, da excitação do átomo. Neste caso, entretanto, a fonte de excitação é uma fonte de raios-X de baixa energia e são excitados os elétrons das órbitas mais internas. Ao se desexcitar o átomo, há a emissão do excesso de energia sob a forma de raios-X de fluorescência, característico do elemento químico, o que permite sua identificação e dosagem. Os problemas, que usualmente surgem, de interferências devidas a outros elementos e à forma física de material que se deseja estudar, já estão praticamente suplantados e a técnica tem encontrado grande uso prático.

### 3. APLICAÇÃO DOS TRAÇADORES RADIOATIVOS

O outro grande ramo de aplicação de radioisótopos é em prego dos traçadores radioativos. O uso destes traçadores foi uma evolução natural do uso dos traçadores físicos e químicos, ocorrida quando se tornou economicamente factível a obtenção de material radioativo.

O emprego dos traçadores radioativos apresenta, pelo menos, quatro grandes vantagens em relação aos traçadores ditos convencionais.

. pode-se usar como traçador o material cujo comportamento se deseja estudar, devidamente ativado em um reator nuclear,



de modo que o comportamento físico e químico do traçador é exatamente o mesmo do material traçado.

. os detetores de radiação são extremamente sensíveis o que permite o emprego de massas pequenas de traçador e consequentemente, um mínimo de perturbação no sistema ao se fazer a injeção do traçador.

. o processo do traçador radioativo é extremamente seletivo pois, de um modo geral, não se encontrará radioatividade natural no material em estudo (o que, mutatis mutandis, pode ser um problema sério com os traçadores químicos). E mesmo nos casos em que o material apresente radioatividade natural é possível, com o uso de equipamento adequado separar-se a radioatividade natural da artificialmente induzida.

. a capacidade que tem a radiação de atravessar a matéria permite que todo o trabalho de detenção seja feito sem interferência no sistema. Portanto, testes podem ser feitos sem que se perturbe, em nada, o funcionamento normal de instalações industriais.

Não há dúvida que o emprego do traçador radioativo apresenta algumas desvantagens, entre as quais a mais séria é a necessidade de pessoal adequadamente treinado, devido aos perigos de contaminação radioativa, caso as devidas precauções não sejam tomadas. Basta entretanto que as normas de segurança radiológicas sejam seguidas para que este problema seja facilmente resolvido.

As possibilidades de aplicação dos traçadores radioativos aos processos de tratamento de minérios são praticamente ilimitadas e variam, em complexidade, desde as razoavelmente simples

medidas de vazão em condutos fechados até à modelagem matemática de sistemas complexos.

Descreveremos a seguir sucintamente algumas destas aplicações.

. Medida de vazão em condutos fechados. O método mais simples para esta medida é o conhecido como método dos dois picos: injeta-se um pulso de traçador no conduto e, deteta-se a passagem do mesmo em 2 pontos por meio de detetores convenientemente colocados. É medida o tempo gasto para que o traçador percorra a distância entre dois detetores e, a partir deste dado e do volume do conduto entre as duas seções de medida, é possível calcular-se a vazão. Precisoões da ordem de 2% podem ser facilmente conseguidas.

. Testes de misturamento em regime de batelada. Nestes testes faz-se uma injeção do traçador radioativo e, após tempos determinados de misturamento, retiram-se amostras em vários pontos do misturador. Mede-se a atividade destas amostras e calcula-se, para cada tempo de misturamento, sua média e desvio padrão. Verifica-se que, à medida que o tempo de misturamento aumenta, o desvio padrão decresce até tender para um valor estável. Pode-se dizer então que, para aquela configuração estudada, o misturamento se completou e é inútil continuar a operação.

. Medida do desgaste de corpos moedores. Trata-se de uma técnica que pode ser proveitosamente usada quando se deseja conhecer a taxa de desgaste de corpos moedores produzidos em pequena quantidade para testar novas ligas ou para verificar como corpos moedores já conhecidos se desgastam durante a moagem de novos materiais. Consiste a técnica (6) em pesar-se um certo número

de corpos moedores, ativá-los em um reator e usá-los por um certo tempo no moinho. A seguir estes corpos moedores são recuperados da carga (e para isto não é necessário descarregar - se o moinho), novamente pesados e o desgaste por toneladas moída pode ser facilmente calculado.

. Estudos de sistemas. A injeção de um pulso de traçador à entrada de um sistema de processamento e sua posterior detecção à saída do mesmo pode proporcionar uma série de informações úteis a respeito do mesmo. Assim sendo, conseguem-se dados para a elaboração de um modelo matemático do sistema, pode-se testar um modelo matemático já construído e podem-se ainda identificar falhas de funcionamento do sistema tais como existência de regiões mortas, existência de curtos circuitos de material entre sua entrada e saída, etc. Alguns estudos interessantes deste tipo foram feitos para sistemas de flotação (7) e instalações-piloto de moagem (objeto de um outro trabalho apresentado neste Encontro).

#### 4. CONCLUSÕES

O tratamento de minérios é um campo extremamente promissor para a aplicação das técnicas radioisotópicas.

Economias sensíveis podem ser obtidos, quer na fase de pesquisas ou na fase de operação industrial. O custo destes estudos é, em geral, desprezível em comparação com as economias realizadas. A introdução destas técnicas no Brasil vem sendo feita continuamente, tanto na utilização de equipamento nuclear,

como no campo de traçadores. Informações detalhadas e bibliografia podem ser obtidas no laboratório de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas ou nos outros institutos de energia nuclear existentes.

5. REFERÊNCIAS

1. Industrial Radioisotopo Economics, pg. 542, Technical Reports Series No. 40, AIEA, Viena, 1965.
2. Atomic Device Controls Pulp Density, Engng. Min. J., March, 1961.
3. Oss, DG e Ericson, S. E.; Min. Engng. 41 - 1962.
4. Sheary, G.W. - Min. Engng. 50 - 1962.
5. Clayton, C. G.; - Nuclear Techniques for mineral exploration and Exploitation, pg. 59-72, AIEA, Viena, 1971.
6. Wesner, A.L. et alli AIME Transactions, Vol. 217, pg. 429, 1960.
7. King, R. P., Woodburn, E. T., Colborn, R. P., Edwards, R., Smith, W.E., Nuclear Techniques and Mineral Resources (Proc. Symp. Buenos Ayres, 1968), IAEA, Viena (1969) 117.