

UTILIZAÇÃO DA DRX NA SEMIQUANTIFICAÇÃO MINERALÓGICA DE CONCENTRADOS DE FLOTAÇÃO DA MINA SÃO BENTO, S^{TA}. BÁRBARA-MG

Éder Souza Martins; Murilo Gomes Torres; José Carlos Gaspar & Enzo Garayp

Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 70910-900-Brasília-DF

V Congresso Brasileiro de Geoquímica e III Congresso de Geoquímica dos países de Língua Portuguesa, Niterói/RJ, 1995. Resumos expandidos - publicado em CDROM.

Introdução

Este trabalho consiste na semiquantificação das fases mineralógicas de concentrados de flotação do minério de ouro da Mina São Bento por Difratomia de Raios-X (DRX), a partir da aplicação de fatores de correção (FC) obtidos por técnicas analíticas independentes. O estudo originou-se a partir do pressuposto de que mudanças na mineralogia provocam variações na recuperação de ouro na planta de beneficiamento. Deste modo, tais pesquisas são de grande importância nos processos tecnológicos de beneficiamento de minério, especialmente na redução dos custos e otimização da produção.

Metodologia

As amostras estudadas foram coletadas em períodos diferentes do segundo semestre de 1994, para comparar a eficiência do processo de beneficiamento em relação à mineralogia. As amostras são designadas em função do dia de coleta, descritas a seguir: 11/08, 12/08, 13/08, 20/08, 21/08, 22/08, 23/08, 24/08, 25/08, 26/08, 27/08, 28/08, 29/08, 24/11, 25/11, 30/12, 31/12.

Técnicas Instrumentais

Análise por DRX - o difratômetro de raios-X utilizado é um modelo da Rigaku, Geigerflex, DMAX-B, controlado por computador, cujo sistema de tratamento de dados suaviza o difratograma, corrige o background, calcula a posição dos picos (d e 2θ), pesquisa os possíveis minerais e calcula a proporção relativa dos minerais através da intensidade relativa dos picos.

Análise de C - analisou-se o carbono total de cada amostra através do forno LECO, onde o material foi fundido a 2500°F, e o carbono detectado por infravermelho.

Análise de Ca - o Ca da ankerita foi determinado em solução através da espectrometria de emissão atômica por plasma de acoplamento indutivo (ICP-EAS) da SPECTRO.

Procedimento

Foi necessário o desenvolvimento de um procedimento de determinação das proporções dos minerais nas amostras de forma independente dos resultados de DRX (Tab. I) para o cálculo dos fatores de correção (FC). Os minerais foram considerados sob a forma de grupos: carbonatos (ankerita e siderita), sulfetos (calcopirita, pirrotita hexagonal e monoclínica, arsenopirita e pirita), e silicatos (quartzo e clorita). Os minerais traços encontrados, magnetita e esfalerita, não foram considerados pois suas proporções estão abaixo do limite de detecção da DRX.

Os carbonatos foram calculados a partir dos dados de análise química. O CO_3^{2-} total foi determinado pela diferença entre a concentração de carbono total e o carbono encontrado no resíduo do ataque (50 mL HCl 1:1 em amostra de 10 g por 24 h.), levando-se em conta a perda de massa (~ 25%) devido ao ataque. O Ca foi analisado no sobrenadante do ataque, sendo que as concentrações encontradas foram consideradas devido somente à ankerita. As amostras resultantes foram analisadas por DRX, não sendo observado, nos difratogramas, a presença de nenhum tipo de carbonato, confirmando a dissolução total do mesmo. Através das fórmulas estruturais [ankerita $\text{Ca}_{1,01}(\text{Fe}_{0,75}, \text{Mg}_{0,24})(\text{CO}_3)_2$, siderita $(\text{Fe}_{0,865}, \text{Mg}_{0,135})(\text{CO}_3)_2$] determinadas por microsonda eletrônica (Godoy, 1995) foi reconstituída a ankerita, e com o carbonato restante calculou-se a siderita. Estes dados serviram como base ao cálculo dos FC's para os carbonatos, tomados individualmente e totais, a partir de sete amostras (11, 12 e 13/08, 24 e 25/11, e 30 e 31/12, Tab. II).

Os FC's dos sulfetos foram calculados através de dados de contagem de pontos (Tab. III)

O método de cálculo utilizado para determinação do FC para os silicatos (clorita + quartzo), empregando as mesmas amostras do cálculo do FC para os sulfetos, partiu da diferença entre os carbonatos totais, determinados com o FC encontrado na Tab. e a ganga pela contagem de pontos (Tab. IV).

O procedimento utilizado para a obtenção dos dados de DRX foi o seguinte:

- homogeneização da amostra e quarteamento;
- moagem em almofariz de ágata de cada alíquota obtida no quarteamento;
- homogeneização das quatro alíquotas moídas e quarteamento;
- montagem de cada alíquota em lâmina de alumínio de cavidade pela técnica de “back loading”;
- análise de cada lâmina por DRX com uma repetição, produzindo um total de 08 (oito) análises por amostra (cálculo dos FC's dos carbonatos - Tab. I);
- eliminação de dados distoantes para o cálculo da média;
- os dados médios são considerados os resultados finais aos quais foram aplicados os FC's.

Análise dos resultados

Os resultados da análise por DRX demonstram que o número de alíquotas e repetições é necessário para a exclusão de dados distoantes da moda. Por exemplo, na Tab. II, o valor da quartzo (6%) na análise da alíquota 1208R42 é bem diferente do restante dos dados (média 16.09 ± 1.66), e por isso foi eliminado do cálculo final. Por outro lado, quando os dados mostram um desvio relativamente alto, mas não fica claro qual(is) é(são) incoerente(s), não adotou-se o procedimento de eliminação. Este é o caso da pirrotita total na amostra 12/08 (Tab. II), onde a metade dos dados estão acima de 20% e a outra metade abaixo deste valor, apresentando uma distribuição bimodal. Apesar do erro em relação à média ser relativamente alto (20.43 ± 5.37), não é indicado a eliminação de qualquer dado, visto que, é impossível, estatisticamente, identificar quais são incoerentes.

Os FC's para os Carbonatos

Os FC's obtidos para os carbonatos apresentam valores de 0.3585 ± 0.0852 e 1.2676 ± 0.2445 , respectivamente para a siderita e ankerita (Tab. II). A origem destes erros dos FC's deve-se especialmente à baixa concentração de tais minerais nas amostras (<10%, considerados individualmente), o que provoca o aumento do erro nas diversas técnicas empregadas, além da interferência de picos subsidiários na DRX da siderita e ankerita. Por isso, quando é considerada a soma dos carbonatos, o erro relativo do FC é bem inferior (0.5541 ± 0.0249 , Tab. II).

Os FC's para os Sulfetos

Inicialmente deve-se levar em consideração que para os cálculos dos FC's dos sulfetos foram utilizadas 13 amostras, das quais apenas 03 (11, 12 e 13/08) com oito determinações, sendo que o restante das amostras com duas determinações (20 a 29/08), evidenciando uma menor precisão dos resultados dos FC's. Este fato é demonstrado pelos percentuais dos desvios padrões das médias dos FC's dos sulfetos, que são, em geral, superiores às dos carbonatos (Tab. III). A única exceção é mostrada na pirrotita, que apresenta porcentagem menor do desvio padrão do FC médio (17.5 %, Tab. III), sendo explicada por sua grande quantidade nas amostras estudadas, além da presença de duas variedades (hexagonal e monoclinica, pirrotita 11C e 4C, respectivamente).

O FC para os Silicatos

O método empregado para o cálculo do FC para os silicatos (Tab. IV) apresentou um desvio padrão baixo (0.3732 ± 0.0927), o que demonstra que os outros FC's calculados para os sulfetos e carbonatos são coerentes.

Os Resultados das Amostras de Abril/95

A aplicação dos FC's (carbonatos, sulfetos e silicatos) às amostras de concentrado de flotação do mês de abril deste ano (Tab. V) gerou dados bastante coerentes. A Tab. V apresenta os resultados com os FC's aplicados, mostrando um erro de fechamento máximo em torno de 13%, que nada mais é que o somatório dos erros dos FC's induzidos nos dados. Este fato demonstra a adequação da metodologia empregada e a coerência dos FC's obtidos.

Conclusão

A metodologia utilizada mostrou-se adequada para o cálculo dos FC's dos minerais determinados por DRX. A qualidade dos FC's demonstra que as análises realizadas pela metodologia adotada está no limite semiquantitativo/quantitativo, sendo possível empregá-los em rotina. Deve-se realçar que as amostras não podem ter a presença de outras fases minerais além das estudadas e nem uma grande variação composicional para que os FC's calculados sejam válidos.

Referência citada

GODOY, M.A.M. (1995) Dissertação de Mestrado, UnB, 250 p., inédito.

TABELA I - Média dos Dados de DRX

Amostras	11\0	2\0	13\0	20\0	21\0	22\0	23\0	4\0	25\0	26\0	27\0	28\0	29\0	4\1	25\1	30\1	31\12
Minerais																	
Calcopirita	n.d.	1.5	1.2	2.3	2	2.5	1.2	2.8	2.5	2	2.8	2.3	0.5	0.8	2.9	1.9	1.7
Pirrotita	20	20	17	18	20	16	15	21	25	15	24	21	19	16	15	14	16
Pirita	4.6	6.5	6.4	6.1	2.9	5	6.8	7.2	9.1	5.5	4.5	6.8	6.5	7.6	4.8	6.1	6.7
Arsenopirita	8	7.5	6	6.6	8.7	7	8.1	8.5	6.6	11	12	11	11	9.5	7.6	10	9.3
Quartzo	18	15	15	14	26	9.5	20	19	14	14	14	22	17	9.6	30	25	21
Clorita	21	25	30	32	19	28	25	23	19	22	17	19	22	27	21	23	22
Siderita	20	19	10	15	16	18	15	15	17	25	21	15	20	24	14	14	18
Ankerita	8.9	5.4	15	6.1	6.1	14	7.6	4.3	7.5	5.9	5.3	4.3	4.4	5.8	4.6	6.5	6
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

TABELA II - Cálculo do FC da DRX para os carbonatos

Amostras	11\0	2\0	13\0	24\1	25\1	30\1	31\12			
Química										
%C total	2.3	2.1	2.2	1.8	1.9	1.5	1.7			
%C grafita	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.3	0.3			
%CO3	9.4	8.3	8.4	7.4	7.6	6	6.9			
%Ca	1.6	1.6	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3			
Siderita	8.8	6.7	8.5	6.3	6.5	3.6	5.6			
Ankerita	8	8.1	6.7	7	7.1	7.1	6.8			
DRX										
Siderita	20	20	11	20	13	14	18			
Ankerita	8.8	5.7	16	4.9	4.6	6.5	5.7			
FC										
								MD	STD	%MD
Siderita	0.4	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3	0.4	0.1	24
Ankerita	0.9	1.4	0.4	1.4	1.6	1.1	1.2	1.3	0.2	19
FC para Carbonatos Totais										
Química	17	15	15	13	14	11	12			
DRX	29	26	27	25	18	20	23	MD	STD	%MD
FC	0.6	0.6	0.6	0.5	0.8	0.5	0.5	0.6	0	4.6

TABELA III - FC para os Sulfetos a partir da Contagem de Pontos (Godoy, 1995)

Amostra	11\0	2\0	13\0	20\0	21\0	22\0	23\0	4\0	25\0	26\0	27\0	28\0	29\08	MD	STD	%MD
Minerais																
Calcopirita	0	0.7	0.8	0	0	0.1	0	0.5	0.1	0.3	0.8	0	1.9	0.7	0.6	86
Pirrotita	1.9	2	2.5	2.6	1.8	2.6	2	2.3	1.8	3.1	1.9	2.1	2.3	2.2	0.4	17
Pirita	0.8	0.8	1.3	1.2	3	1.1	1	0.6	0.6	0.8	1.4	0.8	1.3	1.1	0.6	55
Arsenopirita	3.2	3.6	4.7	3.7	3	3	1.7	2.1	3.2	2.4	2.2	2.2	2.2	2.9	0.8	29
Ganga	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.1	26

TABELA IV - Cálculo do FC dos Silicatos

Amostra	11\0	2\0	13\0	20\0	21\0	22\0	23\0	4\0	25\0	26\0	27\0	28\0	29\08	MD	STD	%MD
Ganga	33	29	21	21	29	32	49	30	28	23	19	28	22			
Carbonatos	16	14	14	14	12	18	13	10	13	17	14	10	13			
Silicatos	17	15	15	6.7	17	14	36	20	15	5.6	4.4	17	8.9			
SilicatosRX	40	39	39	45	45	38	46	42	33	36	31	40	39	MD	STD	%MD
FC	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.8	0.5	0.5	0.2	0.1	0.4	0.2	0.4	0.1	25

TABELA V - Aplicação dos FC's

Amostra	03\0	4\0	26\0	27\04
Mineral				
Calcopirita	1.5	1.3	0.9	1
Pirrotita	46	56	52	43
Pirita	4.1	7.6	6.8	8.3
Arsenopirita	25	21	24	25
Silicatos	14	14	12	16
Siderita	6.7	5.1	7.8	5
Ankerita	8.4	7.8	5.7	5.2
TOTAL	106	112	109	104