

Índices de influência entre os parâmetros de controle, faixas granulométricas finas e fases químicas presentes nos minérios do complexo PICO-MBR

E. B. CASTRO¹; M. R. CRUZ¹; A. E. C. PERES²; H. D. G. TURRER²

(1) Minerações Brasileiras Reunidas – Av. de Ligação, 3580

34000-000 – Nova Lima – MG.

ebc@mbr.com.br; engdeminas@yahoo.com.br

(2) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas – Universidade Federal de Minas

Gerais – R. Espírito Santo, 35/206 – Centro

30160-030 – Belo Horizonte – MG.

accperes@demet.ufmg.br; hturrer@yahoo.com.br

A grande variabilidade das características granulométricas e químicas da alimentação da usina de tratamento de minérios, causada pelos diversos litotipos de minérios presentes na Mina do Pico, os quais apresentam um alto grau de interdigitação entre corpos de hematita, itabiritos e cangas, impõe uma maior dificuldade para tratá-los, além do problema da presença dos finos. Com o objetivo de melhorar as condições operacionais, criou-se um procedimento prático para os operadores que visa correlacionar as características da alimentação com os parâmetros de resposta da flotação. Pode-se também, utilizando este método e conhecendo as características das frentes de lavra, estabelecer “blends” de minérios com características distintas de maneira a facilitar a obtenção das especificações finais, já que conhecemos a ação deletéria das fases minerais e faixas granulométricas finas.

Palavras-chave: flotação, minério de ferro.

Área Temática: Flotação

Introdução e objetivos

Os finos de minério de ferro do quadrilátero ferrífero estão sendo beneficiados em várias usinas, através do processo de flotação catiônica reversa dos minerais de ganga.

A Minerações Brasileiras Reunidas – MBR implantou esse processo de concentração, que consiste de um circuito de flotação em colunas na usina de tratamento de minérios, construída na Mina do Pico em 1994.

A mistura de minérios hematíticos e itabiríticos durante as operações de lavra proporciona variações físicas (% da partição dos produtos no minério de alimentação, granulometria de alimentação, etc.) e química (teores de Fe, SiO₂, Al₂O₃, P, Mn, etc.) na alimentação da usina e de forma mais significativa na alimentação do processo de flotação. Apesar da relativa simplicidade da remoção de sílica pela flotação em coluna, a interferência de partículas ultrafinas contidas na polpa de alimentação tem alterado negativamente a seletividade do processo, comprometendo nesses casos a especificação final do concentrado da flotação.

Neste estudo busca-se correlacionar as características químicas presentes nos ultrafinos com as eficiências obtidas nos testes de flotação destas amostras, em termos de teor de SiO₂ no concentrado final, índice de seletividade da flotação, recuperação metalúrgica de Fe na flotação e razão de concentração.

Materiais e Método

Para os ensaios de flotação em laboratório, utilizaram-se oito amostras, separadas em três faixas granulométricas: finos (-106 e +38 μ m), ultrafinos (-38 e +9 μ m) e colóides (-9 μ m).

O material utilizado representa os tipos de minérios que alimentam a usina de beneficiamento da Mina do Pico. As amostras foram classificadas em:

- canga com P e Al₂O₃ alto - banco 1510 - Mina do galinheiro (AM01);
- itabirito rico silicoso - banco 1510 - Mina do Galinheiro (AM02);
- canga com P alto - banco 1520 - Mina do Galinheiro (AM03);
- itabirito rico argiloso - banco 1520 - Mina do Galinheiro (AM04);
- itabirito compacto com SiO₂ grossa - banco 1320 - Mina do Pico (AM05);
- hematita com Argilous Iron Formations (contato) - banco 1340 - Mina do Pico (AM06);
- hematita rica - banco 1320 - Mina do Pico (AM07);
- hematita compacta com canga e argila -banco 1400 - Mina do Sapecado (AM08).

Para os ensaios de flotação utilizou-se solução de amido Amidex a 1% (p/v) como depressor dos minerais portadores de ferro e solução de amina EDA3B a 1% (p/v) como coletor do quartzo. Para a gelatinização do amido foi utilizada solução de soda cáustica na razão em massa amido/soda de 4:1.

Também se utilizou solução de hidróxido de sódio a 1% (p/v) e ácido clorídrico a 1% (p/v) como moduladores de pH.

Água destilada foi utilizada na preparação de todas as soluções.

Os teste de flotação foram realizados em célula de flotação de laboratório marca Denver, modelo M48CS. A rotação do rotor foi mantida constante em 1300rpm.

As amostras foram homogeneizadas e quarteadas até a obtenção do número necessário de amostras com massa desejada para os testes.

O tempo de condicionamento do amido foi de cinco minutos. Após o condicionamento a polpa foi diluída a 40% de sólidos e o pH foi de 10,5. Em seguida adicionou-se 45g/t do coletor, com condicionamento por 1 minuto. Os materiais flotado e afundado de cada teste foram pulverizados e enviados para a análise química e mineralógica.

Resultados e Discussão

As amostras, que constituíam a alimentação dos testes de flotação, foram analisadas quimicamente e granulometricamente. O resultado destas análises está resumido na tabela 1.

		AM-01	AM-02	AM-03	AM-04	AM-05	AM-06	AM-07	AM-08
< 106 e > 38m	SiO ₂	2,63	19,91	12,82	19,84	10,02	2,13	5,02	2,87
	Al ₂ O ₃	1,50	0,92	1,06	0,79	0,81	0,92	1,61	1,28
	Mn	1,33	3,21	0,77	1,22	1,70	0,78	2,35	1,41
	P	1,36	2,84	1,83	1,24	1,35	0,38	2,35	1,29
< 38 e > 9mm	SiO ₂	0,15	0,05	0,51	0,07	0,01	0,05	0,14	0,88
	Al ₂ O ₃	0,15	0,24	0,04	0,05	0,02	0,07	0,24	0,33
	Mn	0,15	1,60	0,11	0,09	0,04	0,05	0,35	0,49
	P	0,30	1,81	0,02	0,08	0,09	0,11	0,20	0,63
< 9mm	SiO ₂	0,23	8,20	0,10	0,05	0,03	0,17	0,01	0,24
	Al ₂ O ₃	0,33	57,83	0,17	0,28	0,27	0,20	0,02	0,46
	Mn	0,21	10,98	0,14	0,09	0,07	0,07	0,04	0,29
	P	0,19	6,53	0,05	0,04	0,09	0,21	0,05	0,27

Tabela 1 – Distribuição (%) dos elementos químicos por faixa granulométrica na alimentação

Os testes de flotação foram avaliados em função dos seguintes parâmetros: porcentagem de SiO₂ no concentrado, recuperação metalúrgica do ferro, índice de seletividade e razão de concentração. Estes resultados são apresentados na tabela 2.

	SiO ₂ no conc. (%)	Rec. Met. Fe (%)	Índice de seletividade	Razão de concentração
AM-01	1,21	73,37	1,47	0,60
AM-02	15,04	92,07	3,80	0,66
AM-03	12,91	30,45	0,36	0,78
AM-04	41,03	88,35	3,80	0,87
AM-05	51,63	90,60	4,23	0,9
AM-06	1,39	92,34	5,57	0,79
AM-07	0,31	44,77	0,49	0,51
AM-08	4,45	81,6	2,69	0,76

Tabela 2 – Respostas dos testes de flotação

Com base nos resultados apresentados nas tabelas 1 e 2, buscou-se uma correlação entre as respostas encontradas nos testes de flotação e a distribuição dos elementos analisados na alimentação por faixa granulométrica. Na figura 1, esta correlação está ilustrada para uma faixa granulométrica e um elemento.

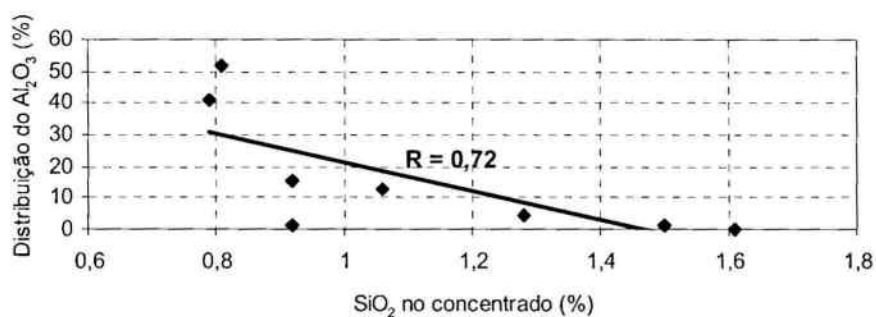


Figura 1 – Correlação entre a distribuição de Al_2O_3 da alimentação na faixa de 106 a 38mm e SiO_2 no concentrado

Na tabela 3 são apresentados os coeficientes de correlação (R) encontrados para todas as análises feitas de acordo com a figura 1.

	< 0,106 e > 0,038mm					< 0,038 e > 0,009mm					< 0,009mm				
	SiO_2	Al_2O_3	Mn	P	Lama	SiO_2	Al_2O_3	Mn	P	Lama	SiO_2	Al_2O_3	Mn	P	Lama
SiO_2 conc. (%)	0,59	0,72	0,01	0,06	0,54	0,35	0,58	0,17	0,16	0,54	0,04	0,02	0,03	0,04	0,54
Rec. Met. Fe (%)	0,12	0,53	0,17	0,35	0,03	0,34	0,01	0,23	0,35	0,03	0,31	0,31	0,3	0,32	0,03
I.S.	0,13	0,73	0,02	0,48	0,14	0,4	0,25	0,08	0,17	0,14	0,35	0,22	0,21	0,23	0,14
R.C.	0,32	0,85	0,48	0,54	0,10	0,02	0,62	0,36	0,3	0,10	0,23	0,22	0,22	0,22	0,10

Tabela 3 – Coeficientes de correlação entre as distribuições dos elementos na alimentação e as respostas dos testes de flotação

Os dados da tabela 3 permitiram a construção de gráficos, figuras 2, 3, 4 e 5, para a avaliação da influência dos elementos analisados na performance dos testes de flotação.

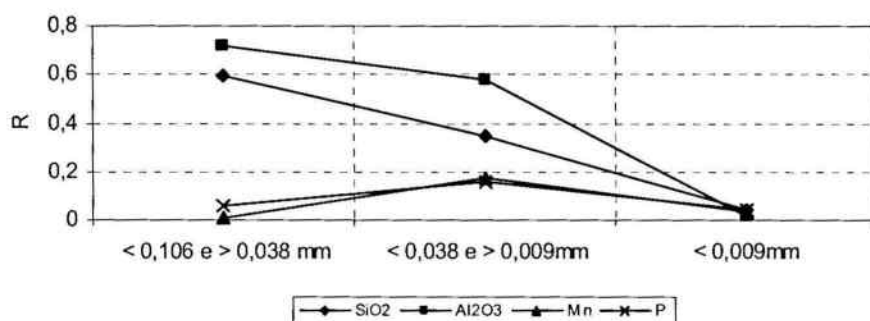


Figura 2 – Influência dos elementos analisados no teor de SiO_2 no concentrado

Pela análise da figura 2, foi observado que o teor de sílica no concentrado apresenta maior correlação com a sílica na faixa acima de 0,038mm grosseira e decresce esta relação nas faixas de menor granulometria. A alumina influencia fortemente no teor de sílica do concentrado nas faixas maiores que 0,009mm e tem uma

influência baixa na faixa menor que 0,009mm. O fósforo e o manganês não influenciam o teor de sílica no concentrado em nenhuma das faixas granulométricas devido a sua baixa correlação nas três faixas.

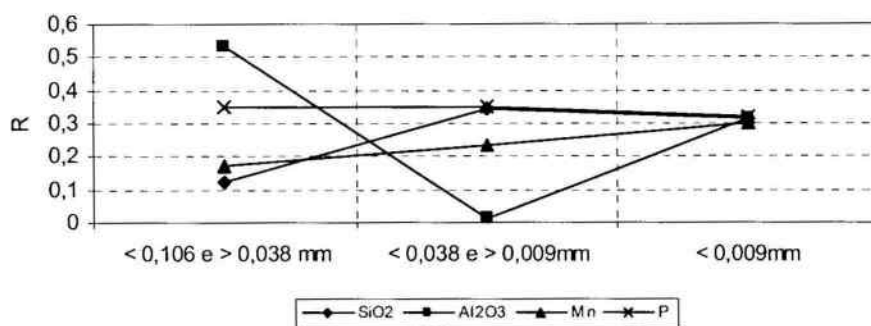


Figura 3 – Influência dos elementos analisados na recuperação metalúrgica do ferro

A figura 3 ilustra a influência da distribuição dos elementos por faixa granulométrica na recuperação metalúrgica do ferro. Nota-se que a sílica aumenta sua correlação com a diminuição do tamanho das partículas.

A alumina apresentou uma alta correlação na fração granulométrica da faixa maior que 0,038mm, diminuindo nas outras faixas. A correlação do manganês é crescente a medida que diminui-se a faixa granulométrica, mostrando que o manganês contido nas frações mais finas interfere mais na recuperação metálica de ferro. O fósforo mantém uma correlação estável de aproximadamente em todas as faixas granulométricas, mostrando que não há uma interferência específica da sua granulometria com a recuperação metálica de ferro.

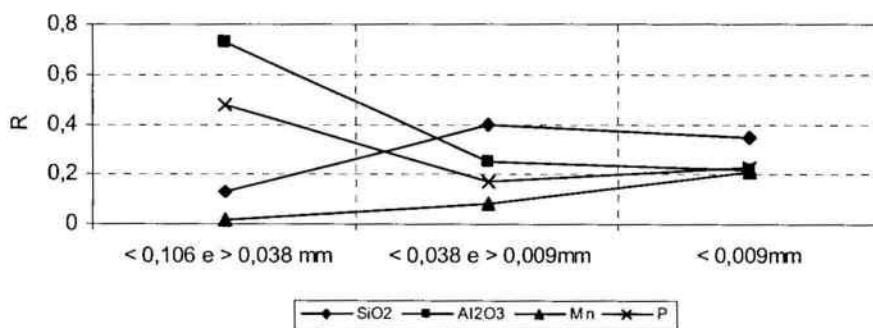


Figura 4 – Influência dos elementos analisados no índice de seletividade

A sílica apresentou uma menor correlação na faixa de maior granulometria, mas, mesmo nas frações mais finas, ela não atingiu um índice significativo. O manganês apresentou resultados semelhantes, contudo, se mostrou ainda menos influente em relação ao índice de seletividade. Por sua vez, os elementos alumina e fósforo apresentaram alta correlação na fração maior que 0,038mm, caindo consideravelmente para as frações de menor granulometria.

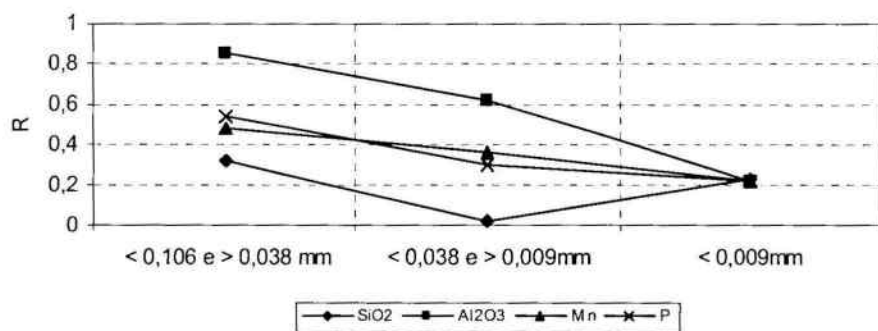


Figura 5 – Influência dos elementos analisados na razão de concentração

A alumina apresentou a maior correlação em todas as faixas granulométricas. Com exceção da sílica todos os elementos analisados apresentaram correlações que decrescem com a diminuição da granulometria.

Com estes dados foi possível estabelecer quais fases químicas exercem maior influência em cada parâmetro de controle da flotação. Os números da tabela 4 foram obtidos pelo cálculo das correlações médias entre as fases e os parâmetros de controle dos testes de flotação. Pela análise da tabela 4 foi possível listar estas fases em ordem crescente de influência.

Teor de sílica no concentrado: $Al_2O_3 \Rightarrow SiO_2 \Rightarrow Mn \Rightarrow P$

Recuperação metálica do ferro: $P \Rightarrow Al_2O_3 \Rightarrow SiO_2 \Rightarrow Mn$

Razão de concentração: $Al_2O_3 \Rightarrow Mn, P \Rightarrow SiO_2$

Índice de seletividade: $Al_2O_3 \Rightarrow SiO_2 \Rightarrow P \Rightarrow Mn$

	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Mn	P
SiO ₂ conc. (%)	4,40	3,27	0,87	0,70
Rec. Met. Fe (%)	2,83	2,57	2,33	3,40
I.S.	5,63	1,9	3,53	3,53
R.C.	4,00	2,93	1,00	2,93
Média	4,22	2,67	1,93	2,64

Tabela 4 – Influência média dos elementos analisados nas respostas dos testes de flotação

Utilizando-se o mesmo raciocínio foi possível classificar a influência das faixas granulométricas em cada resposta dos testes de flotação. Esta classificação é apresentada a seguir em ordem decrescente de importância da faixa granulométrica.

Teor de sílica no concentrado: Faixa 1 \Rightarrow Faixa 2 \Rightarrow Faixa 3

Recuperação metálica do ferro: Faixa 3 \Rightarrow Faixa 1 \Rightarrow Faixa 2

Razão de concentração: Faixa 1 \Rightarrow Faixa 2 \Rightarrow Faixa 3

Índice de seletividade: Faixa 1 \Rightarrow Faixa 3 \Rightarrow Faixa 2

Conclusões

Foi possível estabelecer correlações entre os elementos analisados por faixa granulométrica e as respostas dos testes de flotação. Através da análise destes dados, foi observado que a alumina da faixa de maior granulometria da alimentação apresentou as maiores correlações com teor de sílica no concentrado, recuperação

metalúrgica do ferro, índice de seletividade e razão de concentração. Com isto, conclui-se que a alumina na fração maior que 0,038mm possui um alto grau de correlação com o desempenho da flotação .

Bibliografia

CASTRO, E. B. **Influência de finos na flotação do minério de ferro: efeitos da granulometria e da mineralogia**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia da UFMG, 2002.