

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
CONVÊNIO DNPM / CPRM

Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor

CT

17

Contribuição Técnica ao VII encontro
nacional de tratamento de minérios e
hidrometalurgia - Recife - PE - 26/28 nov. 80

FLOTAÇÃO DE MINÉRIO OXIDADO DE ZINCO DE BAIXO TEOR

Roberto C. Villas Bôas *

Carlos Adolpho M. Baltar *

RESUMO

A presença de minerais friáveis, proporcionando uma constante produção de finos na polpa, e o fato dos minerais de zinco possuírem a mesma natureza dos da ganga (carbonatos e silicatos), são alguns dos principais obstáculos enfrentados na flotação desse minério.

A fase experimental foi desenvolvida em três etapas: caracterização mineralógica, estudo de moagem e flotação. Nesta última, dentre quatro alternativas estudadas, optou-se por uma flotação catiônica após sulfetação da polpa. Dentre os parâmetros estudados, o tempo de condicionamento e a concentração do agente sulfetante, mostraram ter grande influência no processo. A presença de finos é bastante prejudicial, tornando-se imprescindível uma deslamagem do minério.

Utilizando-se como reagentes**, a amina Hoe

* Engenheiros do Centro de Tecnologia Mineral - CETEM

** A indicação do nome comercial não implica em nenhum compromiso do CETEM quanto a sua utilização.

F2792, o sulfeto de sódio, o Modificador 23 e o Calgon, obtiveram-se concentrados com teores acima de 40% Zn e recuperações em torno de 85%, em relação à alimentação da flotação.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país carente em zinco. Praticamente toda produção atual provém de Vazante (Minas Gerais)*, onde o zinco encontra-se sob forma de minerais oxidados de difícil concentração.

A usina hidrometalúrgica existente em Três Marias - MG adota um processo que requer um concentrado com teor em zinco em torno de 40%.

Recentemente, em Vazante, foi instalada uma usina pirometalúrgica para enriquecimento do minério através do forno Waelz. Esta operação tem possibilitado o aproveitamento de minério com até 20% Zn, que após atingir o teor exigido é enviado à hidrometalurgia para extração do zinco metálico.

Os processos, atualmente, utilizados, no entanto, não permitem o aproveitamento do zinco contido nas partes mais pobres das minas, onde o minério é considerado de terceira categoria. Este minério, quando desmontado, é colocado em pátios à espera de uma futura viabilidade.

* Exceção feita à Paraibuna Metais, em Juiz de Fora, que trabalha com concentrado importado.

Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um processo de flotação, que possibilitasse o aproveitamento desse minério de baixo teor.

2. MATERIAL E METODO

2.1. Preparação e Caracterização da Amostra

De cada pátio de estocagens de "minério de terceira", retiraram-se aproximadamente 100 kg de amostra representativa. No laboratório, a amostra total coletada (300 kg), foi britada a 10 malhas, homogeneizada, e, a seguir, distribuída ao longo de uma pilha de 12,5 metros de comprimento. A cada metro da pilha, retirou-se uma amostra. Em dez dessas amostras foram feitas as dosagens de zinco e de ferro; as duas restantes foram para difração de Raios-X e análise espectrográfica para 30 elementos. O restante da pilha foi dividido em amostras de 1 kg que, posteriormente, foram utilizadas nos testes de moagem e de flotação.

2.2. Caracterização da Amostra

Foi realizada uma caracterização completa do minério, definindo-se a composição química, mineralógica, o grau de liberação e a microscopia dos minerais de zinco. Para isto, foram utilizados os recursos da análise semi-quan

titativa por espectrografia de emissão, análise por difração de raios- λ , análise química via úmida, separações em líquidos pesados, separação magnética, e estudo petrográfico (microscopia).

A distribuição do zinco em cada faixa granulométrica, após a britagem a 10 malhas, é mostrada na Tabela 1. A Tabela 2, apresenta os teores em Zn e Fe das dez amostras analisadas. A composição mineralógica qualitativa, obtida através de difração de raios- λ , é mostrada na Tabela 3.

Tabela 1 - Distribuição de zinco nas diversas faixas granulométricas.

PENEIRA (Malhas)	% (EM PESO) RETIDA		TEOR (% Zn)	DISTRIBUIÇÃO DO Zn (%)
	PARCIAL	ACUMULADO		
10	1,5	1,5	14,6	1,6
14	11,8	13,3	16,3	13,9
20	13,0	26,3	17,1	16,1
28	10,7	37,0	17,5	13,5
35	10,1	47,1	16,9	12,4
48	6,2	53,3	16,8	7,5
65	5,3	58,6	17,0	6,5
100	4,9	63,5	16,2	5,7
150	2,7	66,2	15,6	3,0
200	2,8	69,0	15,3	3,1
270	2,3	71,3	12,9	2,2
325	1,7	73,0	11,3	1,4
400	1,5	74,5	10,5	1,2
- 400	25,6		6,5	12,0

Tabela 2 - Teor de Zn e Fe em dez amostras cabeça provenientes da pilha de homogeneização.

AMOSTRA CABEÇA (Nº)	TEOR EM Zn (%)	TEOR EM Fe (%)
3	12,9	10,8
4	12,7	10,7
5	12,8	10,9
6	12,5	10,8
7	12,6	12,5
8	12,5	12,0
9	12,1	12,3
10	12,9	11,2
11	13,2	11,0
12	12,4	11,9
MEDIA	12,7	11,4

Tabela 3 - Composição mineralógica qualitativa da amostra

MINERAIS IDENTIFICADOS
dolomita clorita mica quartzo smithsonita willemita hemimorfita hematita mineral do grupo da smectita magnetita (detectado por imã de mão)

2.3. Testes de Moagem

Estes testes foram realizados com a finalidade de definir o melhor tempo para a moagem do material a ser utilizado na flotação. Desejava-se uma moagem que proporcionasse uma liberação satisfatória dos minerais de zinco, havendo sempre a preocupação de evitar a produção de finos. Sendo a hemimorfita um mineral friável, uma moagem excessiva poderia provocar uma perda significativa de zinco, na deslamagem.

A moagem foi feita em moinho de 16 cm x 32 cm, utilizando-se seis barras de 2,5 cm de diâmetro e uma relação sólido-líquido de 2:1. A classificação do material moído foi feita por peneiramento.

Com base nos resultados destes testes, adotou-se, para a flotação, uma moagem em dois estágios. Após o primeiro, de 10 minutos, a fração granulométrica acima de 100 malhas retornava ao moinho onde a operação prosseguia por mais 5 minutos. Cada teste era realizado com uma amostra de 1 kg.

2.4. Flotação

Tendo em vista o fato de que são raros os trabalhos publicados envolvendo a flotação deste minério, e a experiência negativa, já vivida em Vazante, com a tentativa

de adaptação de processo italiano, procurou-se, inicialmente, uma linha básica para a pesquisa, já que não havia uma indicação segura do caminho que se deveria seguir.

Dentro deste raciocínio, iniciou-se o trabalho, com o estudo simultâneo de quatro diferentes linhas de processo. Experimentou-se uma flotação com xantato, antecedida de etapas de sulfetação (sulfeto de sódio), e ativação (sulfeto de cobre). Em outra linha, procurou-se flotar a ganga com um sulfonato de petróleo. A flotação inversa também foi tentada com ácidos graxos, onde se desejava flotar principalmente a dolomita. Resultados positivos, no entanto, só foram alcançados através de uma flotação catiônica, precedida de uma etapa de sulfetação da polpa.

Após a realização desses testes preliminares, e escolhida a linha básica da pesquisa, estudou-se, separadamente em cada série de testes, o comportamento das variáveis consideradas de maior importância. O estudo foi desenvolvido através da realização de 252 testes de flotação.

Desde a fase inicial, houve uma intensa preocupação de se padronizar, nos mínimos detalhes, a metodologia empregada em cada teste, de modo que, a diferença observada de um teste para o outro refletisse, o tanto quanto possível, o efeito da variável que estava sendo examinada.

Os testes foram realizados numa célula Agitair, modelo LA-500, da GALIGHER, com capacidade para 500 g de minério, dispondo-se de controle da vazão e da pressão de entrada de ar.

Na série inicial de testes 12 (doze) diferentes tipos comerciais de aminas foram experimentadas. De acordo com os resultados, indicados por análise química dos produtos de flotação, a amina Hoe F 2792 apresentou-se como a mais adequada para o minério em questão.

Desenvolveu-se uma série de testes com o objetivo de verificar o efeito de uma sulfetação prévia da polpa, com sulfeto de sódio.

A seguir, selecionaram-se os melhores modificadores: o M-23 (fabricado pela STEETLEY), o D-128 (também da STEETLEY), e o Calgon (meta-fosfato de sódio), foram, respectivamente, o ativador, o depressor, e o dispersor que proporcionaram resultados mais positivos.

Utilizando-se da técnica estatística do planejamento fatorial de experimentos, efetuou-se uma série de testes na qual se procurou definir quais dos modificadores selecionados, na etapa anterior, deveriam ser empregados no processo.

Nas séries seguintes, foram estudados os efeitos de concentração dos reagentes, tempo de condicionamento, rotação e aeração da célula (vazão de entrada do ar), tipo de água, temperatura, granulometria de alimentação e tempo de flotação.

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Testes Programados por Planejamento Fatorial

Nesta série de experimentos, estudaram-se três variáveis a dois níveis. As variáveis estudadas foram o Modificador 23 (A), o Calgon (B) e o Depressor 128 (C). O nível alto corresponde a uma concentração de 500 g/t, enquanto o nível baixo significa a não utilização do respectivo modificador. As respostas, em termos de teor e de recuperação dos testes, realizados em duplicatas, são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados obtidos nos testes programados por planejamento fatorial.

CÓDIGO DO TRATAMENTO	RESPOSTAS			
	TEOR	(% Zn)	RECUPERAÇÃO EM Zn (%)	
(1)	30,3	35,0	64,8	52,4
a	40,8	42,6	74,3	67,3
b	41,5	41,3	57,0	47,1
ab	42,3	39,3	82,3	92,0
c	32,3	37,0	60,5	58,9
ac	34,8	29,0	17,3	14,8
bc	38,5	39,8	67,5	50,8
abc	43,3	43,3	65,8	60,6

A consistência e a significância das respostas foram analisadas estatisticamente, através de cálculo da razão F e do desvio padrão normalizado t.

3.2. Efeito da Sulfetação da Polpa

O efeito da sulfetação foi observado numa série de testes em que variou-se apenas a concentração do Calgon. Os resultados são mostrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparação dos resultados obtidos com o Calgon, em testes com e sem sulfetação.

CALGON (g/t)	CONCENTRADO			
	COM SULFETAÇÃO		SEM SULFETAÇÃO	
	TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)	TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
250	41,0	53,8	19,5	62,4
500	38,5	38,4	18,0	38,1
750	38,0	43,2	17,8	38,3

3.3. Concentração dos Reagentes

No início desta série procurou-se observar o efeito da variação de concentração do coletor e do agente sulfetante, com as demais variáveis mantidas constantes. Os resultados, em termos de teor do concentrado e recuperação do zinco contido na alimentação, são apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Teor obtido em função da concentração do agente sulfetante e do coletor.

CONCENTRAÇÃO (g/t)		Na ₂ S			
		1000	2000	3000	4000
Hoe F 2792	250	9,6	15,6	43,8	41,0
	500	14,8	20,5	35,0	35,0
	750	21,0	21,9	24,4	31,3

Tabela 7 - Recuperação do zinco no concentrado em função da concentração do sulfetante e do coletor.

CONCENTRAÇÃO (g/t)		Na ₂ S			
		1000	2000	3000	4000
Hoe F 2792	250	5,5	4,8	51,1	66,2
	500	26,6	44,9	52,4	78,2
	750	77,2	72,6	77,4	78,6

A variância destes resultados foi analisada pelo cálculo da Razão F a partir da técnica ANOVA.

Os testes seguintes, com as concentrações do coletor e do sulfetante mantidas constantes, procurou-se a

melhor concentração para os modificadores. Os resultados em termos de teor e recuperação no concentrado, são apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Teores em Zn obtidos em função da concentração dos modificadores.

CONCENTRAÇÃO (g/t)		M-23		
		250	500	750
Calgon	250	44,5	45,0	43,0
	500	44,0	43,3	43,3
	750	44,5	43,5	43,3

Tabela 9 - Recuperação do zinco no concentrado em função da concentração dos modificadores.

CONCENTRAÇÃO (g/t)		M-23		
		250	500	750
Calgon	250	32,0	40,7	73,3
	500	75,5	83,6	73,3
	750	67,6	56,2	63,5

A análise estatística destes resultados foi feita pela técnica ANOVA através da comparação da Razão F calculada com o valor tabelado.

3.4. Tempo de Condicionamento dos Reagentes e Rotação da Célula

O tempo de condicionamento para o sulfeto de sódio foi estudado em conjunto com o parâmetro da rotação de célula. Os resultados alcançados são mostrados nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 - Resultados obtidos com uma rotação da célula de 900 rpm, em função do tempo de condicionamento do sulfeto de sódio.

ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	TEMPO COND. (min.)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
16,8	2	37,3	90,0
16,3	4	37,0	90,2
16,5	6	35,5	90,6
16,6	8	39,4	88,5
16,6	10	40,3	64,4

Tabela 11 - Resultados obtidos com uma rotação da célula de 1000 rpm, em função do tempo de condicionamento do sulfeto de sódio.

ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	TEMPO COND. (min.)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
16,8	2	36,8	90,8
16,6	4	36,0	90,7
16,4	6	39,1	88,3
16,5	8	41,9	80,3
16,8	10	42,5	69,0
16,8	12	40,8	17,2

Tabela 12 - Resultados obtidos com uma rotação da célula de 1100 rpm, em função do tempo de condicionamento do sulfeto de sódio.

ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	TEMPO COND. (min.)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
16,7	2	36,5	91,3
16,8	4	38,5	88,7
16,9	6	36,0	91,5
17,0	8	44,5	55,0
17,5	10	35,8	12,4

A técnica ANOVA foi utilizada para a análise estatística da variância destes resultados.

O melhor tempo de condicionamento para os reagentes modificadores foi investigado numa série de testes cujos resultados são apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - Teores em Zn obtidos em função do tempo de condicionamento dos modificadores.

TEMPO DE CONDICIONAMENTO (min.)		M-23		
		1	3	5
Calgon	1	37,0	65,4	63,8
	5	30,4	50,1	31,5
	10	52,6	51,1	32,8

Tabela 14 - Recuperação do Zn no concentrado, em função do tempo de condicionamento dos modificadores.

TEMPO DE CONDICIONAMENTO (min.)		M-23		
		1	3	5
Calgon	1	37,0	65,4	63,8
	5	30,4	50,1	31,5
	10	52,6	51,1	32,8

Como nas séries anteriores, para a análise da variância destes resultados, utilizou-se a Técnica ANOVA.

3.5. Aeração da Polpa

Os resultados desta série de testes em que variou-se a vazão de entrada de ar na célula, são apresentados na Tabela 15 e nas Figuras 1 e 2.

Tabela 15 - Resultados obtidos para diferentes aerações de polpa.

AERAÇÃO (l/min)	ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
5,4	16,7	42,0	80,4
7,2	16,6	40,3	86,1
9,0	16,9	41,0	81,3
10,8	17,1	40,8	73,4

3.6. Qualidade de Água

Realizaram-se testes de flotação com água de torneira, água desionizada e água destilada. Os resultados são apresentados na Tabela 16.

Figura (1) - Influência da aeração no teor do concentrado

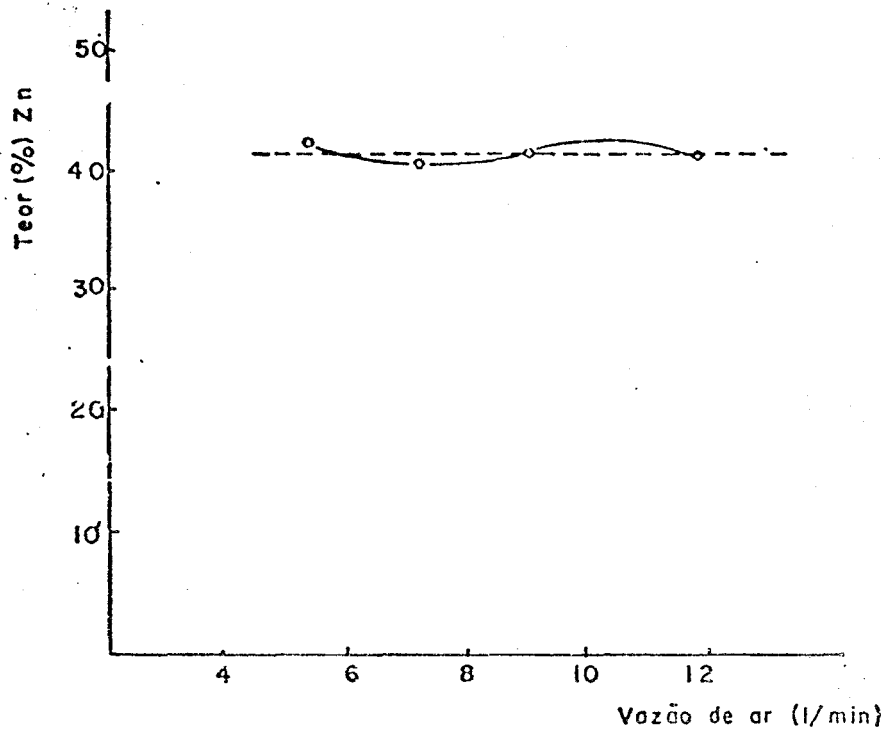


Figura (2) - influência da aeração na recuperação do zinco no concentrado

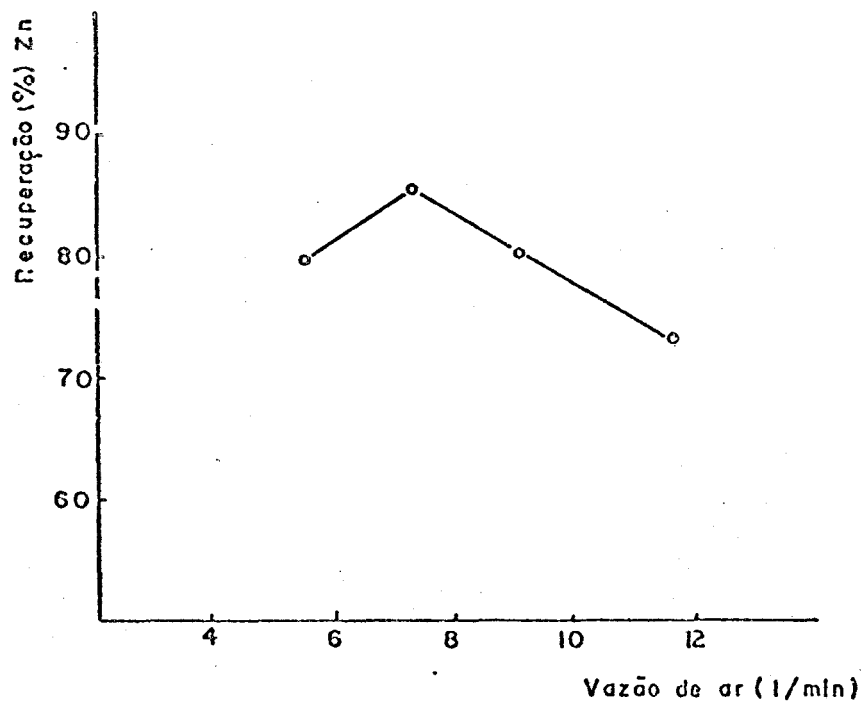


Tabela 16 - Resultados obtidos com diferentes tipos de água.

TIPO DE AGUA	ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
torneira	16,7	39,5	87,2
desionizada	16,6	40,3	86,1
destilada	16,5	42,3	58,5

3.7. Efeito da Variação de Temperatura

O efeito do aquecimento da polpa pode ser observado na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados obtidos em diferentes temperaturas.

TEMPERATURA (°C)	ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
20	16,6	42,5	69,0
40	16,7	21,0	4,7
60	16,4	9,4	1,0

3.8. Granulometria do Material de Alimentação

Foram efetuadas análises granulométricas em concentrados e rejeitos de três testes de flotação, escolhidos aleatoriamente, e com granulometria de alimentação (100 x 400 malhas). Os resultados apresentados na Tabela 18 indicaram a possibilidade de se conseguir um aumento na recuperação pela redução da granulometria de alimentação.

Tabela 18 - Análise granulométrica dos produtos de flotação.

TESTE Nº	PRODUTO	GRANULOMETRIA (Malhas)					
		(100 x 150)		(150 x 200)		(200 x 400)	
		(%) PESO	TEOR (% Zn)	(%) PESO	TEOR (% Zn)	(%) PESO	TEOR (% Zn)
56	Conc.	5,8		23,0		71,2	
	Rej.	12,7	11,8	28,1	10,1	59,2	7,1
61	Conc.	3,7		20,8		75,6	
	Rej.	12,7	11,5	31,0	10,1	56,4	7,4
68	Conc.	7,4		23,9		68,7	
	Rej.	13,4	8,8	30,0	6,8	56,6	4,5

A Tabela 19 apresenta o resultado da flotação para diferentes faixas granulométricas da alimentação.

Tabela 19 - Resultados obtidos em diferentes faixas de granulometria.

FAIXA GRANULOMETRICA (Malhas)	ALIMENTAÇÃO TEOR (% Zn)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
100 x 400	17,4	43,3	83,6
150 x 400	17,7	40,6	90,4
150 x 20 (microns)	14,5	15,5	3,1

3.9. Tempo de Flotação

Nesta série de testes, procurou-se definir o melhor tempo de flotação para o processo. Para isso, a cada minuto, o concentrado era recolhido para ser analisado separadamente. A partir do terceiro minuto a quantidade retirada foi tão pequena que decidiu-se misturar os concentrados. O resultado típico obtido nestes testes é apresentado na Figura 3, e na Tabela 20.

Figura (3) - Variação do teor e da recuperação do Zn no concentrado do teste 228, em função do tempo de flotação.

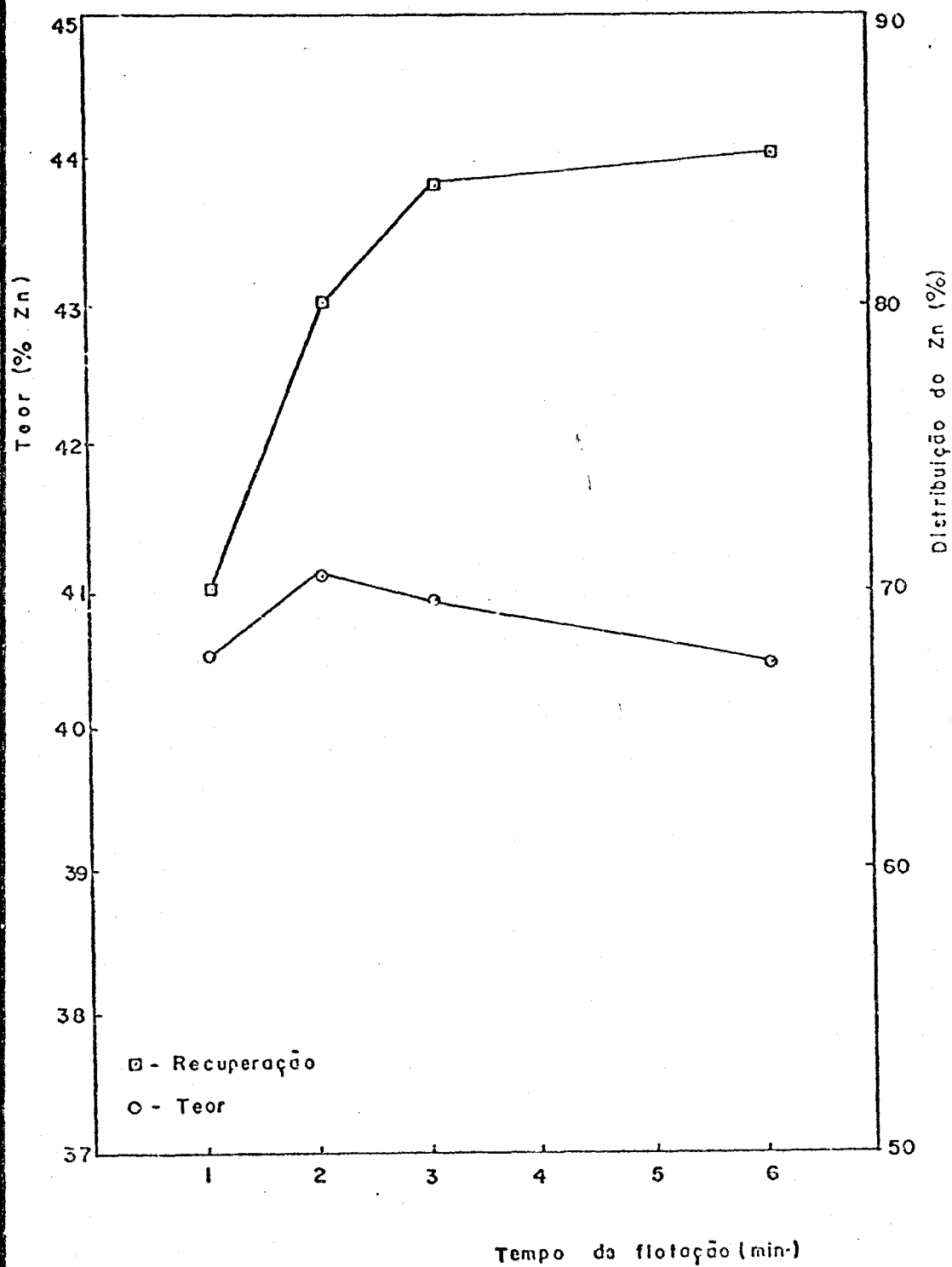


Tabela 20 - Resultados obtidos no teste 228 para diferentes tempos de flotação.

TEMPO DE FLOTAÇÃO (min.)	% EM PESO (flotado)	CONCENTRADO	
		TEOR (% Zn)	REC. (% Zn)
1	28,8	40,5	69,7
2	32,6	41,1	80,0
3	34,5	40,9	84,3
6	35,2	40,5	85,3

4. CONCLUSÕES

- a) Das linhas de processos estudadas a mais indicada, para o minério em questão, é a da flotação catiônica antecedida de uma deslamagem e sulfetação da polpa.
- b) Dentre as aminas testadas a que melhores resultados proporcionou foi a Hoe F 2792, uma amina primária neutralizada por ácido clorídrico.
- c) Na série de testes programados por planejamento fatorial para avaliar os efeitos dos modificadores selecionados, observou-se que os experimentos são reprodutíveis ao nível de 5%. O emprego do Calgon afeta, de modo positivo e significativo, o teor e a recuperação do zinco no concentrado. O uso do Calgon com o Modificador 23 proporcio

nou um efeito positivo bastante significativo na recuperação.

- d) O teor em zinco do concentrado varia linearmente com a concentração do sulfeto de sódio. A recuperação do zinco varia linearmente com a concentração do coletor (dentro das faixas estudadas, e ao nível de 5% de precisão).
- e) A variação da concentração dos modificadores, na faixa estudada e ao nível de 5% de precisão, não afeta significativamente o resultado, em termos de teor e de recuperação do zinco no concentrado.
- f) O tempo de condicionamento do sulfeto de sódio, exerce influência no teor em zinco do concentrado, cuja variação é de ordem quártica. As respostas, em termos de recuperação do zinco, variam linearmente. Estas conclusões são válidas dentro da faixa de variação estudada, e ao nível de 5% de precisão. Pode-se dizer que o melhor tempo de condicionamento depende da rotação da célula, sendo de 6 a 8 minutos para as rotações experimentadas.
- g) O tempo de condicionamento dos modificadores não exerce influência significativa, ao nível de 5% nas respostas obtidas, isto sendo válido dentro da faixa de variação experimentalada.
- h) O teor em zinco do concentrado é praticamente o mesmo quando se faz variar a vazão de entrada de ar de 5,4 a 10,8 l/min. Recuperação mais alta é obtida com uma vazão em torno dos 7,2 l/min.

- i) Água contendo impurezas na ordem de 19,5 ppm de cátions pode ser usada em substituição à desionizada sem prejudicar a qualidade do concentrado.
- j) O aquecimento da polpa é bastante prejudicial.
- k) É indispensável uma operação de deslamagem. A presença de finos na polpa é altamente nociva.
- l) Os íons fosfato dos modificadores absorvem de modo não seletivo nas superfícies minerais. Uma sulfetação prévia da polpa proporciona a seletividade almejada.
- m) O tempo ideal de duração para flotação está entre 2 e 3 minutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALTAR, C. A. M. Aproveitamento de minério oxidado de zinco com baixo teor por flotação. Tese para obtenção do Mestrado em Metalurgia Extrativa, Programa de Engenharia Metalúrgica da COPPE (Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1980. 226 p.
2. LUZ, A. B. da; BARBOSA, J. P. Usinas de Beneficiamento e Metalurgia Extrativa de Zinco. Relatório Interno. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, nº 1978. 11p.
3. BILLI, M. How Gorno Recovers Oxidized Zinc. Engineering and Mining Journal, 158 (4) : 82 - 86, Apr. 1957.
4. REY, M; SITIA, G; RAFFINOT, P; FORMANEK, V. Flotation of Oxidized Zinc Ores. Mining Engineering, p. 416 - 20, Apr. 1954.
5. BILLI, M; QUAI, V. Developments and Results Obtained in the Treatment of Zinc Oxides Ores at the Ammi Mines. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 6. Cannes, 1963; p. 631 - 49.
6. CAPRONI, G.; CICCUCI, R.; GHIANI, M.; TRUDU, I. The Processing of Oxidized Lead and Zinc Ores in the Campo Pisano and San Giovanni Plants. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCES

SING CONGRESS, 13. Varsóvia, 1979; p. 71 - 91.

7. CICCUCI, R.; CURRELI, L.; GHIANI, M. The Beneficiation of Lean Semioxidized Lead-Zinc Ores. Technical and Economical Evaluation of Different Flotation Flowsheets Applied to Sardinian Ores. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13. Varsóvia, 1979; p. 125 - 43.
8. REY, M. Quinze Année de Flotation des Calamines. Revue de L'Industrie Minérale, Paris, 47: 105 - 20, Fév. 1965.
9. CASES, J. M.; TREBELSI, K.; PREDALI, J. J.; BRION, D. Concentration par Flottation d'un Minerai d'oxyde de Zinc et de Plomb. In: INTERNATIONAL MINERAL PROCESSING CONGRESS, 13. Varsóvia, 1979; p. 95 - 121.
10. COELHO, E. M.; PERES, A. E. C. Concentração em Mesa Vibratória e Flutuação do Minério de Zinco de Vazante. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E HIDROMETALURGIA, 2. Rio de Janeiro, mai. 1974; p. 1 - 11.
11. CAMPOS, V. F.; MENDES, C. M.; RAMOS, L. F. V.; FONSECA, F. V. Concentração do Minério de Zinco de Vazante In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIO E HIDROMETALURGIA, 1. Rio de Janeiro, Mai. 1973; p. 1 - 6.