



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL  
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

# FLOTAÇÃO DE OXIDADOS DE ZINCO ESTUDO EM ESCALA PILOTO

Série Tecnologia Mineral	Nº 24	Seção Beneficiamento	Nº 17	Brasília	1982
-----------------------------	-------	----------------------	-------	----------	------

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

Cesar Cals - Ministro de Estado

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

Yvan Barretto de Carvalho - Diretor Geral

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL

Manoel da Redenção e Silva - Diretor

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Roberto C. Villas Bôas - Superintendente

Autores: Adão Benvindo da Luz \*  
Carlos Adolpho M. Baltar \*\*

## FLOTAÇÃO DE OXIDADOS DE ZINCO ESTUDO EM ESCALA PILOTO

Execução e elaboração do trabalho pelo  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL — CETEM  
Através do convênio DNPM/CPRM

\* Eng. de Minas do CETEM  
\*\* Eng. de Minas, M.Sc. Eng. Metalúrgica e de Materiais

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral  
Setor de Autarquias Norte  
Quadra 01 — Bloco B — Telex (061)1116  
70.000 - Brasília (DF) - Brasil

Copyright 1982  
Reservados todos os direitos  
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

Depósito Legal  
Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro  
Instituto Nacional do Livro

Brasil. DNPM

Flotação de oxidados de zinco, estudo em  
escala piloto /Por/ A.B. da Luz /e/ C.A.M.  
Baltar. Brasília, 1982.

...p. il. (Brasil. DNPM. Ser. Tecnologia Mi  
neral, 24. Seção Beneficiamento, 17)

"Trabalho executado pelo Centro de Tecnolo  
gia Mineral, através do convênio DNPM/CPRM".

1. Tecnologia mineral - Brasil. I. Luz,  
Adão B. da. II. Baltar, Carlos Adolpho M. III.  
Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro.  
IV. Título. V. Série.

CDD 622.7  
CDU 622.2(81)

## RESUMO

## ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO .....	02
2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIDO EM BANCADA .....	03
3. MATERIAL E METODOLOGIA .....	04
3.1 - Amostragem e Caracterização .....	04
3.2 - Equipamentos Utilizados na Usina Piloto .....	07
3.3 - Testes Realizados .....	08
4. RESULTADOS OBTIDOS .....	13
5. OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES .....	14

## RESUMO

Os excelentes resultados obtidos, em escala de bancada, numa pesquisa desenvolvida com o objetivo de estudar o problema da flotação do minério oxidado de zinco, de Vazante-MG, motivaram a instalação de uma usina piloto (dimensionada para tratar 60 kg/h de minério) a fim de testar o processo em escala contínua. Confirmando os resultados alcançados em bancada, obtiveram-se, com apenas o estágio "rougher" de flotação, concentrados com teor acima de 43,0% Zn e menos que 2,0% de (Ca + Mg). A recuperação do zinco em relação à alimentação da flotação ficou em torno dos 88,0%.

## ABSTRACT

The excellent results achieved in a bench scale research carried out for studying the flotation of zinc oxidized ore from Vazante, MG, suggested the installation of a pilot plant (sized for dressing 60 kg/h zinc ore) in order to test the process in continuous scale. To confirm the results obtained in bench scale it was achieved, in a rough flotation stage, a concentrate of higher grade than 43,0% Zn content and less than 2,00% (Ca + Mg). The recovery of zinc from this flotation feed was about 88,0%.

## 1. INTRODUÇÃO

O relatório final da primeira etapa do projeto "Flotação de Óxidos de Zinco" (fase de estudos em escala de bancada) mostrou a viabilidade técnica de aproveitamento de um minério pobre de Vazante (MG), com teor entre 10 e 12% de Zn. Este tipo de minério (considerado de 3ª categoria), quando desmontado, é estocado em pátios de rejeito, tendo em vista que o processo para extração de zinco, utilizado na usina hidrometalúrgica instalada em Três Marias (MG), exige um teor mínimo de 40% de zinco. O forno Waelz, instalado em Vazante, para produção de óxido de zinco e posterior lixiviação, torna-se antieconômico para esse minério de 3ª categoria.

O objetivo do projeto, de desenvolver um processo de flotação que possibilitasse a concentração do minério de baixo teor, produzindo um concentrado adequado para a hidrometalurgia, foi alcançado. Na primeira etapa do projeto, estudos de bancada, foram obtidos concentrados com 43% Zn e recuperação de 85% de zinco contido na alimentação da flotação, além de teores em cálcio e magnésio compatíveis com as exigências do processo hidrometalúrgico. Como estes resultados foram bastante favoráveis, decidiu-se testar o processo em planta piloto.

O fluxograma utilizado nos testes piloto constou, basicamente, de três etapas: moagem, classificação e flotação. Após a fase inicial de ajuste do sistema moagem/classificação, foram realizados 10 (dez) testes com o circuito completo, confirmando os resultados obtidos em bancada. Partin

do-se de uma alimentação com 11% Zn e 17% (CaO + MgO), obtiveram-se concentrados com 40% Zn e 5% (CaO + MgO), com recuperação de 60,3% Zn, em relação à alimentação da usina piloto.

## 2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DESENVOLVIMENTO EM BANCADA

O desenvolvimento dos estudos em escala de bancada consistiu, basicamente, de três etapas: cominuição, classificação e flotação. A cominuição constou de britagem a 10 malhas (britadores de mandíbulas e de rolos), seguida de moagem escalonada (moinho de barras) até uma granulometria abaixo de 100 malhas. A classificação foi feita em peneiras da série "Tyler", onde a fração granulométrica acima de 100 malhas retornava ao moinho, enquanto os finos com granulometria inferior a 400 malhas eram descartadas do circuito. O minério, sob a forma de polpa, na granulometria entre 100 e 400 malhas, era então condicionado com um polifosfato de sódio, usado como dispersante da polpa. A seguir, o minério era sulfetado através de um condicionamento com sulfeto de sódio. Na flotação catiônica utilizou-se a amina primária "Hoe F 2792" da HOECHST.

Observou-se que o teor em zinco do concentrado varia linearmente com a concentração do sulfeto de sódio, enquanto a recuperação do zinco varia linearmente com a concentração do coletor. O tempo de condicionamento do sulfeto de sódio afeta fortemente o resultado da flotação, estan

do o melhor tempo para esse condicionamento compreendido na faixa de 6 a 8 minutos, com a célula de flotação a uma velocidade de 1000 rpm. Uma deslamagem é indispensável. Com a presença de finos (abaixo de 400 malhas) na polpa, não se conseguiram resultados satisfatórios. O tempo ideal para a flotação está entre 2 e 3 minutos.

### 3. MATERIAL E METODOLOGIA

#### 3.1 - Amostragem e Caracterização

A amostra, utilizada nos testes em planta piloto, foi tomada nos três pátios de estocagem do minério de 3ª categoria, existentes na Companhia Mineira de Metais - CMM (Vazante-MG).

No CETEM, a amostra foi, inicialmente, britada a 1/4 polegada, e, a seguir, homogeneizada e distribuída ao longo de uma pilha triangular de 8 metros de comprimento, de onde era feita a tomada de material para os ensaios de caracterização e testes em planta piloto.

A tabela I apresenta os resultados da análise granulométrica de duas amostras representativas da pilha de homogeneização.

MALHAS	AMOSTRA A				AMOSTRA B				
	% PESO				% PESO				
	RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE	RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE	RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE
+ 10	46,1	46,1	53,9	47,5	47,5	52,5	47,5	47,5	52,5
- 10 + 14	6,6	52,7	47,3	6,3	53,8	46,2	6,3	53,8	46,2
- 14 + 20	6,7	59,4	40,7	6,6	60,4	39,6	6,6	60,4	39,6
- 20 + 28	5,3	64,7	35,3	5,3	65,7	34,4	5,3	65,7	34,4
- 28 + 35	5,2	69,9	30,1	5,1	70,8	29,3	5,1	70,8	29,3
- 35 + 48	3,3	73,2	26,8	3,3	74,1	26,0	3,3	74,1	26,0
- 48 + 65	3,0	76,2	23,8	2,7	76,8	23,3	2,7	76,8	23,3
- 65 +100	2,1	78,3	21,7	1,7	78,5	21,5	1,7	78,5	21,5
-100 +150	1,4	79,7	20,3	1,4	79,9	20,1	1,4	79,9	20,1
-150 +200	1,6	81,3	18,7	1,6	81,5	18,5	1,6	81,5	18,5
-200 +270	1,3	82,6	17,4	1,3	82,8	17,2	1,3	82,8	17,2
-270 +325	1,0	83,6	16,4	0,9	83,7	16,3	0,9	83,7	16,3
-325 +400	1,6	85,2	14,8	1,2	84,9	15,1	1,2	84,9	15,1
-400	14,8	100,0	-	15,1	100,0	-	15,1	100,0	-

Tabela 1 - Análise Granulométrica de duas Amostras Retomadas da Pilha de Homogeneização (Minério Britado a 1/4").

Seguindo a metodologia de Bond, foram realizados ensaios para determinação do WI do minério. Para a malha testes 200, obteve um WI de 7,11 kWh/tonelada curta.

Uma análise por difração de Raios-X em uma amostra representativa acusou a presença dos seguintes minerais: dolomita, clorita, mica, quartzo, smithsonita, willemita, hemimorfita e smectita.

A tabela 2 mostra os resultados obtidos através de análise química quantitativa por via úmida em duas amostras representativas da pilha.

ELEMENTO OU COMPOSTO	TEOR (%)	
	AMOSTRA A	AMOSTRA B
Zn	10,6	11,5
$Fe_2O_3$	10,8	10,0
MgO	8,1	8,3
CaO	8,6	9,1
$K_2O$	1,4	1,3
$Al_2O_3$	5,8	5,9
$SiO_2$	28,4	28,1
Perda ao Fogo	17,3	18,0

Tabela 2 - Análise Química Quantitativa do Minério (Head Sample).

### 3.2 - Equipamentos Utilizados na Usina Piloto

Nos testes em planta piloto foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 1 - Alimentador de correia, mod. AC-150, CIMAQ
- 2 - Moinho de barras, DENVER, de 16"x32"
- 3 - Classificador espiral de 6", mod. CE-150, CIMAQ
- 4 - Bombas verticais de 1 1/2", (5CV, 1730 rpm), TRACBEL
- 5 - Célula de flotação de 9 litros, mod. CF-08, CIMAQ
- 6 - Condicionador de polpa, mod. CR-30, CIMAQ
- 7 - Condicionador de polpa, mod. CR-50, CIMAQ
- 8 - Ciclone de fundo plano (40 mm de diâmetro, 15,8 mm no vórtex e 6,0 mm no ápex), AKW
- 9 - Ciclone de 3/4", AKW
- 10 - Caixa de deslamagem com diâmetro de 800 mm, CIMAQ
- 11 - Espessador, mod. ES-750, ou ES-900, CIMAQ
- 12 - Bomba horizontal de 1 1/2" x 1 1/4" ou 2 1/2" x 2", tipo SRL-DENVER
- 13 - Dosador de reagente, mod. E, CLARKSON
- 14 - Bomba de diafragma (dosadora de reagente), mod. 25000, SERFILCO.

### 3.3 - Testes Realizados

Foram realizados 10 (dez) testes. Os fluxogramas, e as condições utilizadas em cada teste, encontram-se nas figuras 1, 2 e 3, e na tabela 3.

Os pontos de adição dos reagentes (ver figuras 1, 2 e 3) para todos os testes foram os seguintes:

- Calgon: 1º condicionador
- Sulfeto de sódio: 2º condicionador
- Amina e óleo de pinho: 1ª célula do "rougher".

A granulometria da alimentação da flotação em todos os testes foi 65 x 400 malhas. A análise granulométrica da alimentação do teste nº 10 é apresentada na tabela 4.

MALHAS	(% ) PESO		
	RETIDO	ACUMULADO	PASSANTE
65	18,4	18,4	81,6
100	19,3	37,7	62,3
150	15,5	53,2	46,8
200	11,9	65,1	34,9
270	10,6	75,7	24,3
325	8,6	84,3	15,7
400	7,7	92,0	8,0

Tabela 4 - Análise Granulométrica da Alimentação do Teste de Flotação nº 10.

CONDICÕES	TESTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Números de barras de 3/4" diâmetro		40	40	40	30	30	30	30	40	30	30
Alimentação minério (g/min)		940	980	1000	1200	1200	1200	1230	1230	1200	1200
Água adicional moinho (l/min)		1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,32	1,21	1,21	1,21
Água saída moinho (l/min)		0,76	2,65	2,28	1,89	2,12	1,89	1,89	2,12	1,89	1,89
Pressão ciclones (nº 1) (nº 2) - PSI		(20) (-)	(20) (-)	(20) (-)	(20) (-)	(20) (-)	(20) (20)	(20) (20)	(23) (15)	(22) (-)	(20) (-)
Água calha concentrados "rougher" (l/min)		-	1,51	1,51	-	-	-	-	-	-	-
Água calha concentrados "scavenger" (l/min)		-	-	-	-	2,27	-	-	-	-	-
Descarga moinho		-	42	-	50	-	-	-	-	(*) (**)	45
Alimentação caixa ciclone		-	22	19	28	27	29	29	29	27	-
Alimentação ciclones (nº 1) (nº 2)-PSI		(4) (-)	(4) (-)	(4) (-)	(5) (-)	(4) (-)	(5) (1)	(6) (4)	(4) (2)	(5) (-)	(5) (-)
Under espessador		-	-	-	-	-	-	4	3	-	-
Condicionamento com calgon		-	-	-	-	25	29	34	28	(*) (**)	-
Alimentação flotação		22	12	14	28	11	17	-	-	(*) (**)	30
Calgon		227	418	300	291	250	325	264	285	271	271
Na <sub>2</sub> S		2420	2143	2350	2291	2292	2375	2276	2358	2333	2333
Óleo de pinho		27	20	50	29	29	33	31	26	26	26
H <sub>2</sub> O F 2792		319	332	300	291	250	292	264	244	238	238
Fluxograma Utilizado											Figura 3.1
Fluxograma Utilizado											Figura 3.2
Fluxograma Utilizado											Figura 3.3

Tabela 3 - Condições dos Testes Realizados em Planta Piloto.

\* 1ª amostragem

\*\* 2ª amostragem

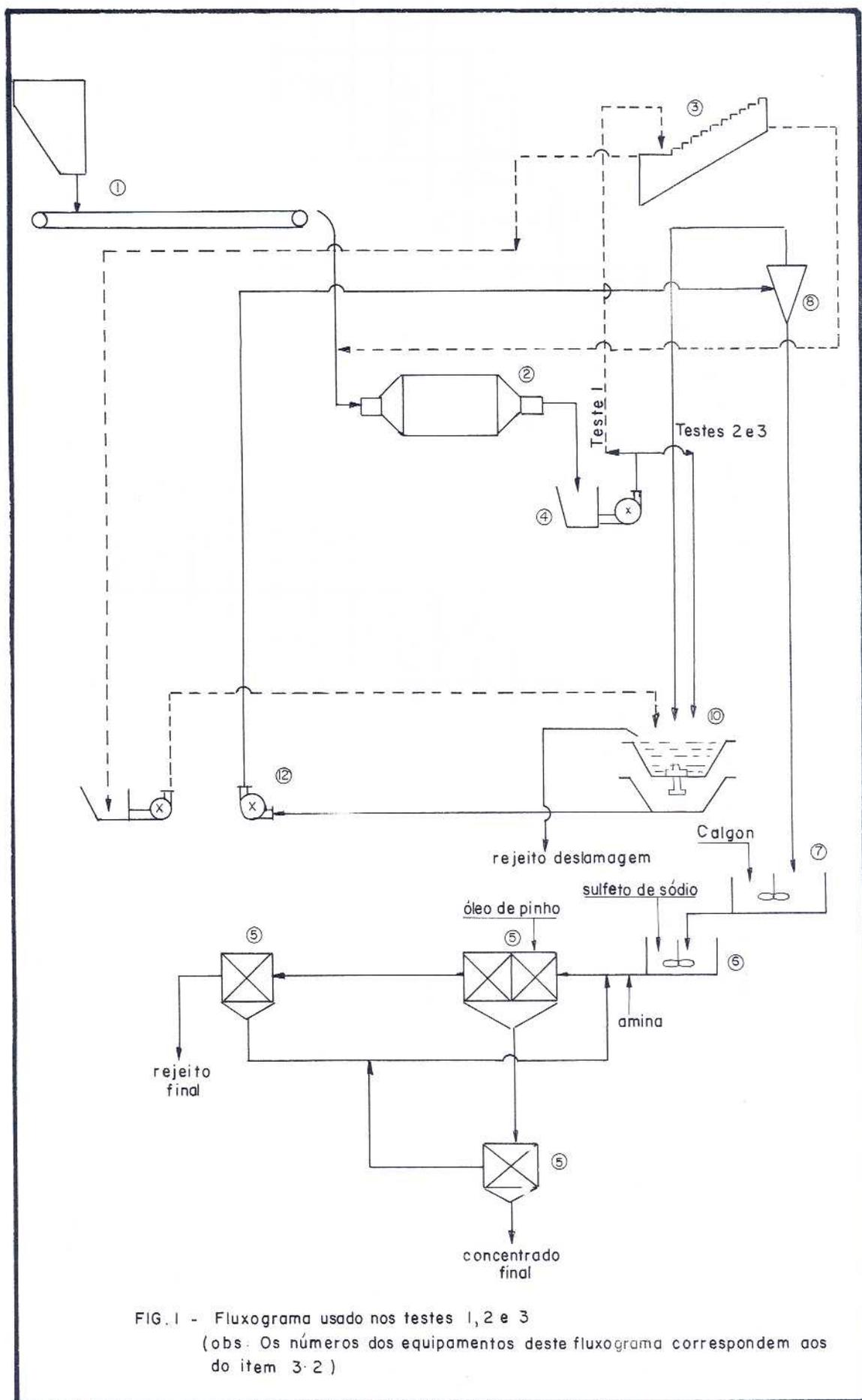


FIG.1 - Fluxograma usado nos testes 1, 2 e 3

(obs: Os números dos equipamentos deste fluxograma correspondem aos do item 3-2)

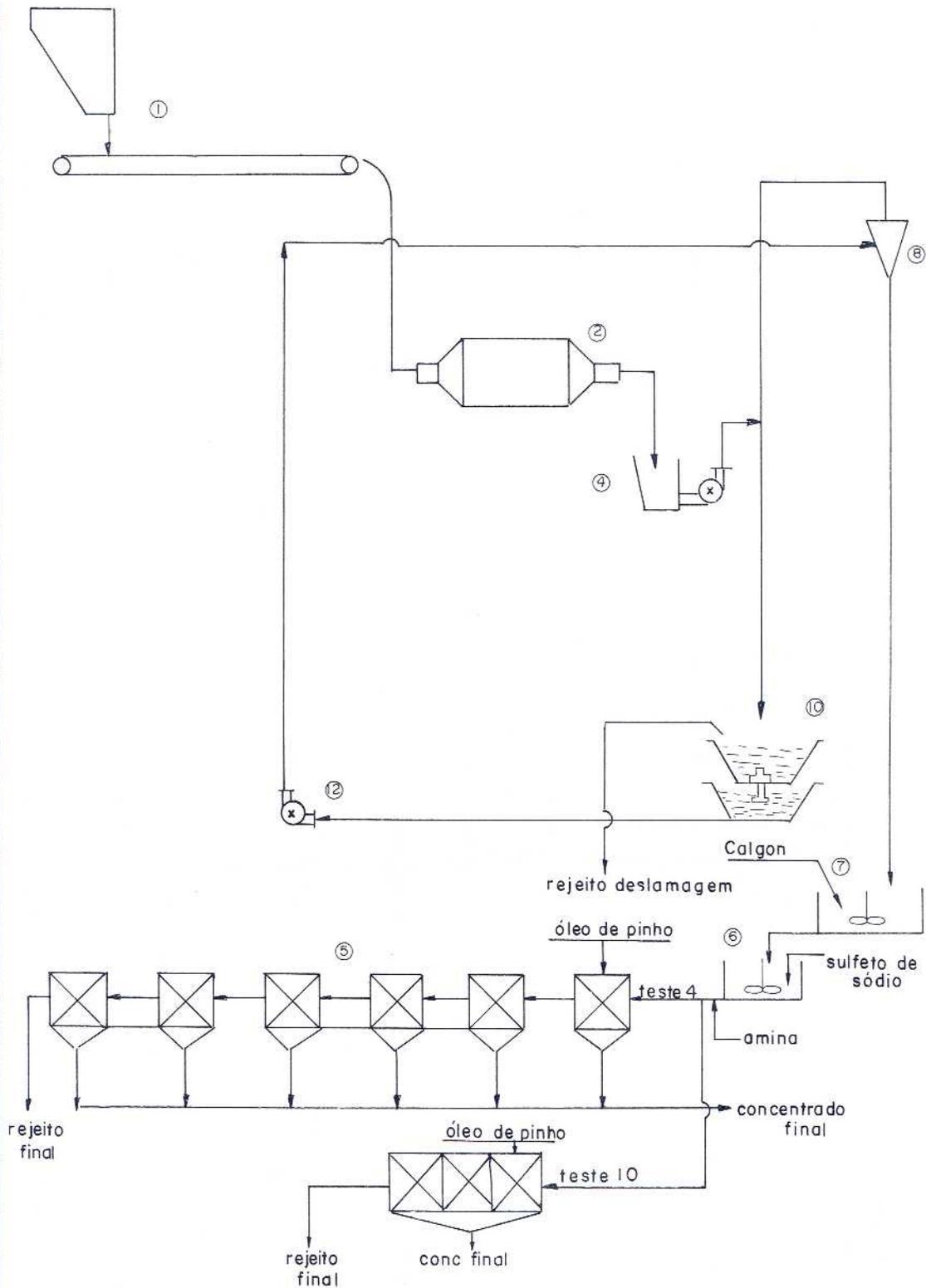


FIG 2 - Fluxograma usado nos testes 4 e 10

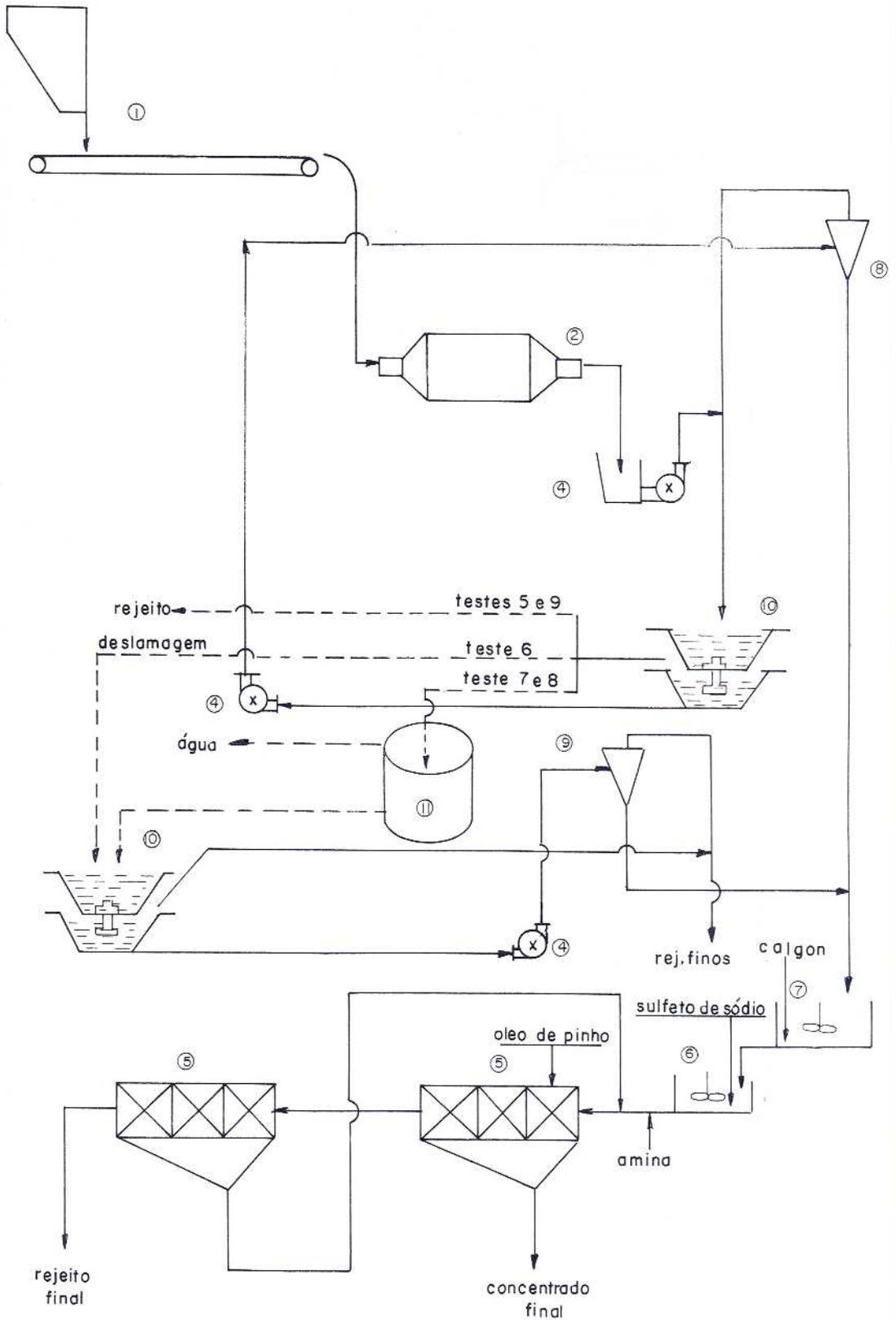


FIG 3 - Fluxograma usado nos testes 5,6,7, 8 e 9

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos por flotação nos diversos testes são apresentados, de forma resumida, nas tabelas 5 e 6.

TESTE	AMOSTRAGEM	TEOR Zn (%)		RECUPERAÇÃO Zn* (%)
		CONC. FINAL	REJ. FINAL	
3	1ª	44,8	10	12,3
4	1ª	37,5	2,5	89,4
	2ª	36,8	2,6	89,5
	3ª	38,5	3,5	89,3
5	1ª	43,8	2,7	87,6
	2ª	42,0	2,5	87,4
	3ª	43,4	2,5	88,3
6	1ª	33,0	5,4	62,5
	2ª	26,8	6,2	60,8
	3ª	26,5	5,1	66,0
7	1ª	30,5	9,0	42,7
8	1ª	36,5	7,0	61,5
9	1ª	41,0	2,5	86,0
10	1ª	39,5	3,8	96,9**

Tabela 5 - Recuperação e Teores dos Concentrados Obtidos nos Ensaios de Flotação em Planta Piloto

\* Em relação à flotação.

\*\* A confirmar.

CONCENTRADO FINAL		TEOR	
TESTE	AMOSTRAGEM	(%) Ca	(%) Mg
5	1ª	1,14	0,84
	2ª	1,23	0,96
	3ª	1,19	0,90
9	1ª	1,40	1,15
	2ª	1,45	1,09
10	1ª	1,82	1,59

Tabela 6 - Teores de Cálcio e Magnésio nos Concentrados Analisados.

## 5. OBSERVAÇÕES E CONCLUSÕES

Em relação à moagem observou-se que, sendo o minério bastante friável, há possibilidade de se usar uma moagem em circuito aberto (produto da moagem cerca de 90% abaixo de 65 malhas). Nos testes com o classificador espiral (circuito fechado) o retorno do "underflow" proporcionou um aumento na carga circulante, observando-se, em consequência, uma menor produção de finos.

Conseguiu-se uma boa classificação em 400 malhas com o ciclone de fundo plano (com corpo curto). A tentativa de usar o sistema de reagentes, empregado na flotação da fração entre 100 e 400 malhas não foi efetivo para o material abaixo de 400 malhas.

Na flotação em planta piloto foram confirmados os resultados obtidos em bancada, bem como os efeitos dos diversos parâmetros observados também nos estudos em bancada.

Partindo-se de uma alimentação com 11% Zn e 17% (CaO + MgO) obtiveram-se concentrados com mais de 40% Zn e menos de 5% (CaO + MgO), em condições, portanto, de serem aproveitados nas usinas hidrometalúrgicas. A recuperação de Zn em relação à alimentação da usina foi de 60,3% (ver Figuras 3 e 4 e Teste 9). Confirmaram-se em planta piloto as mesmas dificuldades apresentadas em bancada, para recuperação dos finos abaixo de 400 malhas (ver Figura 3, Teste 6 e Tabela 5). A presença de finos na polpa foi bastante nociva para a flotação.

Nos testes em bancada observou-se que, praticamente, todo o zinco flotava nos três primeiros minutos. Este resultado foi confirmado na piloto, já que, sendo o tempo de resistência da polpa em cada célula pouco inferior a 1 minuto, 99% do zinco flotou nas quatro células iniciais do circuito.

Observou-se que a utilização de estágio de limpeza não resultou num aumento significativo do teor de zinco no concentrado final. A utilização de estágio "scavenger" também não contribuiu para aumentar significativamente a recuperação do zinco no processo.

Sugere-se que seja estudado o aproveitamento dos finos, abaixo de 400 malhas, tendo em vista que estes representam cerca de 30% do zinco contido na alimentação.

Números publicados na SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- Nº 1 - Flotação de Carvão; estudos em escala de bancada;
- Nº 2 - Beneficiamento de talco; estudos em escala de bancada;
- Nº 3 - Beneficiamento de talco; estudos em usina piloto;
- Nº 4 - Flotação de cianita da localidade de Boa Esperança (MG);
- Nº 5 - Beneficiamento de diatomita do Ceará;
- Nº 6 - Eletrorrecuperação de zinco; uma revisão das variáveis influentes;
- Nº 7 - Redução de gipsita com carvão vegetal;
- Nº 8 - Beneficiamento de diatomita de Canavieira, do Estado do Ceará ;
- Nº 9 - Moagem autógena de itabirito em escala piloto;
- Nº 10 - Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor;
- Nº 11 - Estudos de corrente de pulso sobre o eletrorrefino da prata (esgotado);
- Nº 12 - Lixiviação bacteriana do sulfeto de cobre de baixo teor-Caraíba (esgotado);
- Nº 13 - Flotação de minérios oxidados de zinco; uma revisão da literatura (esgotado);
- Nº 14 - Efeito de alguns parâmetros operacionais no eletrorrefino do ouro (esgotado);
- Nº 15 - Flotação de Carvão de Santa Catarina em escala de bancada e piloto;
- Nº 16 - Aglomeração seletiva de Carvão de Santa Catarina; estudos preliminares;
- Nº 17 - Briquetagem e a sua importância para a indústria (em revisão)
- Nº 18 - Aplicação da petrografia no beneficiamento de carvão por flotação;
- Nº 19 - Recuperação do cobre do minério oxidado de Caraíba por extração por solventes em escala de bancada;
- Nº 20 - Dynawhirlpool (DWP) e a sua aplicação na indústria mineral;
- Nº 21 - Flotação dos rejeitos finos de scheelita em planta piloto;
- Nº 22 - Coque de turfa e suas aplicações;
- Nº 23 - Refino eletrolítico de ouro; processo Wohlwill;
- Nº 24 - Flotação de oxidados de zinco; estudos em escala piloto.