



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

# FLOTAÇÃO DE CARVÃO ESTUDOS EM ESCALA DE BANCADA

Série  
Tecnologia Mineral

N.º 1

Seção Beneficiamento

n.º 1

Brasília

1979

**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

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

Beneficiamento  
nº 1

FLOTAÇÃO DE CARVÃO  
ESTUDO EM ESCALA DE BANCADA

Brasília  
1979

Publicação do Departamento Nacional da Produção Mineral  
Setor de Autarquias Norte  
Quadra 01 — Bloco B — Telex 0611116  
70.000 — Brasília (DF) — Brasil

Copyright 1979  
Reservados todos os direitos  
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

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

C198f Campos, Antonio Rodrigues de  
Flotação de Carvão; estudos em escala de banca-  
da/Por/Antonio R. de Campos; Salvador L.M. de  
Almeida e Amilcar T. dos Santos. Brasília, DNPM,  
1979.

p. il. cm (DNPM. Tecnologia Mineral, 1. Seção  
Beneficiamento, 1)

1. Carvão — Flotação. 2. Carvão — Beneficiamen-  
to. 3. Carvão — Escala de Bancada. I. Almeida,  
Salvador Luiz Matos de, **co-autor**. II. Santos, Amilcar  
Teixeira dos, **co-autor**. III. Título. IV. Série.

CDD 622.752 2

CDU 622.765.5:552.57

FLOTAÇÃO DE CARVÃO  
ESTUDO EM ESCALA DE BANCADA

AUTORES: Eng. Metalurgista: Antonio R. de Campos  
Eng. Metalurgista: Salvador L.M. de Almeida  
Eng. Metalurgista: Amílcar T. dos Santos

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à direção da Carbonífera Próspera S/A, do Porto de Imbituba, da Indústria Carboquímica Catarinense, da Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul e da Cia. Siderúrgica Nacional, pela espontânea colaboração prestada, que constituiu fator de fundamental importância para a realização deste projeto.



## SUMÁRIO

### A) — TEXTO

ASSUNTO	PÁGINA
<b>AGRADECIMENTOS</b>	
<b>RESUMO</b>	
<b>ABSTRACT</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	12
<b>3. MÉTODO, MATERIAIS E APARELHAGENS</b> .....	13
<b>4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b> .....	14
<b>5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES</b> .....	14
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	35

### B) — ANEXOS

#### TABELAS

Tab. I — Análise granulométrica do CPL (carvão pré-lavado), britado a 28 malhas .....	15
Tab. II — Análise maceral do CPL a 28 malhas .....	16
Tab. III — Análise densimétrica da fração 28 x 200 malhas, proveniente do CPL, britado a 28 malhas .....	16
Tab. IV — Melhores resultados obtidos nas três primeiras séries de testes .....	17
Tab. V — Melhores resultados obtidos nas quatro séries de testes .....	18
Tab. VI — Comparação dos resultados obtidos por flotação do CPL (carvão pré-lavado) britado a 28 malhas, com aqueles normalmente obtidos no beneficiamento deste carvão por processos de ciclone de meio denso. ....	18

#### FIGURAS

Fig. 1 — Curvas granulométricas do ROM (alimentação do Lavador da mina 4-Próspera), a diferentes graus de britagem .....	19
Fig. 2 — Distribuição da cinza acumulada, em função da granulometria .....	20
Fig. 3 — Curva de lavabilidade da fração 28 x 200 malhas, proveniente do CPL, britado a 28 malhas. ....	21
Fig. 4 — Esquema usado para os testes de flotação nas três primeiras séries de testes .....	22
Fig. 5 — Esquema usado para os testes de flotação da 4.ª e última série de testes .....	23
Fig. 6 — Influência do pH na flotação com óleo diesel como coletor (1.ª série) .....	24
Fig. 7 — Influência do pH na flotação com querosene como coletor (1.ª série) .....	25
Fig. 8 — Influência da concentração do óleo diesel na flotação (2.ª série) .....	26
Fig. 9 — Influência da concentração do querosene na flotação (2.ª série) .....	27
Fig. 10 — Influência da concentração de óleo de pinho na flotação com diesel (3.ª série) .....	28
Fig. 11 — Influência da concentração do óleo de pinho na flotação com querosene (3.ª série) .....	29
Fig. 12 — Influência do tempo de reflotação, usando óleo diesel como coletor (4.ª série) .....	30
Fig. 13 — Influência do tempo de reflotação, usando querosene como coletor (4.ª série) .....	31
Fig. 14 — Influência do amido na reflotação com óleo diesel, em diferentes tempos de flotação (4.ª série) .....	32
Fig. 15 — Influência do amido na reflotação com querosene, em diferentes tempos de flotação (4.ª série) .....	33
Fig. 16 — Influência do amido na eliminação do enxofre, na reflotação com querosene (4.ª série) .....	34
Fig. 17 — Influência do amido na eliminação do enxofre, na reflotação com óleo diesel (4.ª série) .....	34

## RESUMO

Toda a pesquisa foi realizada em amostras de carvão da camada Barro Branco, coletadas na Mina 4, da Carbonífera Próspera S.A., em Criciúma — Santa Catarina.

Foram realizados estudos de caracterização mineralógica para o carvão bruto e pré-lavado (CPL). Esta caracterização foi feita através de curvas de lavabilidade e análises granulométricas de produtos de britagem a diversos graus. Isto possibilitou a apreciação da liberação destes materiais a estas diversas granulometrias.

Para o carvão pré-lavado foi realizado ainda um estudo complementar de petrografia, onde foi possível avaliar o grau de liberação do carvão em relação à pirita, a granulometrias a partir de 28 mesh.

Diferentes sistemas de flotação foram estudados para o tratamento do carvão pré-lavado (CPL).

Os reagentes testados foram o querosene e o óleo diesel como coletores, e o óleo de pinho como espumante. Foi estudado também o efeito do amido de milho como depressor, da pirita e constituintes não desejáveis do carvão.

Entre os principais parâmetros que influem na flotação, foram estudados:

- Granulometria
- pH
- Concentração de coletor
- Concentração de espumante
- Concentração de depressor
- Tempo de flotação

Os resultados obtidos mostraram ser possível produzir, mediante a reflotação do concentrado primário, um produto com 11% de cinzas e recuperação de 40%, a partir de uma alimentação contendo, em média, 27,2% de cinzas. Caso se queira um produto ainda mais puro, será possível chegar a um teor de cinzas de 9,5% com uma recuperação de 29%.



## ABSTRACT

The whole research program dealt with coal from the Mine 4, "Barro Branco" layer. The coal was supplied by "Carbonifera Próspera S.A.", from Criciúma — Santa Catarina — Brazil.

As a starting point for the program, mineral characterization studies from ROM (run-of-mine) and pre-washed coal "CPL" were conducted. The characterization was obtained through washability curves and particle size analysis of the coal, after it had been crushed to several degrees. Having obtained these data, studies were made on the degree of liberation of the particles at those stages of crushing.

The petrographic properties of — 28 Mesh pre-washed coal were studied, in order to determine the liberation of coal constituents from pyrite.

Several methods of benchscale froth flotation tests were conducted with pre-washed coal.

The reagents employed were kerosene and diesel oil as collectors and pine oil as frother. The influence of starch (as depressor) on flotation was also studied.

The following factors were studied, among those which have known influence on flotation:

- feed particle size
- pH
- collector addition
- frother addition
- depressor addition
- flotation time

Having studied the results of the above mentioned tests, the possibility of obtaining a product with 11% ash and 40% recovery from a 27,2% ash coal feed was observed, after "cleaning" the rougher concentrate. In the case that a higher quality coal is desired, a 9,5% ash content coal could be obtained, with a mass recovery of about 29%.

## 1. INTRODUÇÃO

Prevendo-se que a produção de aço em 1980 atinja a casa dos 20 milhões de toneladas, a dependência brasileira de carvão importado crescerá a níveis bastante elevados. Tal dependência, além de não ser desejável do ponto de vista econômico, também não o é do ponto de vista estratégico.

Dentro deste panorama, torna-se quase que obrigatório o Brasil passar a melhor aproveitar suas reservas de carvão. Entretanto, é por todos sabido que as reservas brasileiras de carvão metalúrgico, além de não serem grandes, apresentam um teor de cinzas e de enxofre bastante alto, tornando seu uso nas siderúrgicas somente admissível, atualmente, quando misturado ao importado na ordem de apenas 20%.

Para tentar solucionar o problema do carvão brasileiro de uma forma mais geral, existem, entre outras alternativas, as seguintes:

- pesquisar melhores formas de obtenção do carvão metalúrgico, visando adequá-lo a uma maior participação na mistura com o importado, para a fabricação do coque;
- introduzir pequenas adaptações na atual tecnologia de coqueificação como, por exemplo, pré-aquecimento da carga a ser enfiada;
- diversificar a tecnologia de coqueificação pesquisando, por exemplo, processos de obtenção de coque pré-moldado, possibilitando a utilização das grandes reservas de carvão não coqueificável do Rio Grande do Sul, principalmente;
- intensificar esforços no sentido de pesquisar a implantação de usinas de gaseificação, para um melhor aproveitamento das reservas e estoques de carvão vapor, para fins industriais e domésticos;
- estudar outras formas de composição da carga de alimentação das coquearias, para uma maior participação do carvão nacional na mistura.

## 2. OBJETIVOS

Conforme visto no item anterior, as dificuldades de aproveitamento do carvão metalúrgico nacional na siderurgia se prendem aos elevados teores de cinza (18,5%) e enxofre (1,65%), já que suas propriedades coqueificantes, embora não sejam excelentes, também não são ruins.

Com a tecnologia conhecida (jigues tipo Baum, na boca da mina, e ciclones de meio denso, no Lavador de Capivari), o carvão brasileiro dá um rendimento da ordem de 45% em carvão metalúrgico e 50% em carvão-vapor (C V 40), em relação ao carvão pré-lavado (CPL).

Quando se deseja abaixar esse teor de cinzas, o rendimento da fração metalúrgica cai bastante, ao passo que o carvão-vapor resultante fica com um teor de cinzas fora das especificações do mercado, obrigando-o a sofrer outro beneficiamento, do qual só pequena parcela é aproveitável e o restante estocado. Tal procedimento onera mais ainda o preço da fração metalúrgica.



Desta forma, objetivou-se, no presente estudo, desenvolver um método de beneficiamento, visando melhorar a qualidade e o rendimento da fração metalúrgica, já que com os métodos atuais não se alcançam melhores resultados.

### 3. MÉTODO, MATERIAIS E APARELHAGENS

Como ponto de partida para a realização do projeto, e ao longo do seu desenvolvimento, foram realizadas visitas técnicas às diversas minerações da região carbonífera de Santa Catarina, ao Lavador de Capivari, ao Porto de Imbituba, à Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), ao Centro de Pesquisas e Coqueria da Cia. Siderúrgica Nacional (CSN) e à Fundação de Ciência e Tecnologia do R.G. do Sul (CIENTEC). Com estas visitas técnicas foi possível fazer-se um levantamento:

- dos fluxogramas de beneficiamento;
- dos problemas relativos ao uso e manuseio do carvão;
- dos processos de obtenção do coque;
- das análises químicas, físicas e tecnológicas referentes ao carvão e ao coque;
- do aproveitamento de subprodutos do beneficiamento, etc.

Foram realizadas também, nestas visitas, amostragens de material para a realização dos ensaios de laboratório.

As pesquisas desenvolvidas em laboratório constaram de duas fases:

- 1.<sup>a</sup>) caracterização do carvão e estudos de liberação;
- 2.<sup>a</sup>) ensaios de flotação.

Na primeira fase, o objetivo principal foi o estudo da granulometria de liberação do carvão, o que foi feito através da elaboração de curvas de lavabilidade, após cominuição do material a diferentes granulometrias, e através de alguns estudos petrográficos.

Na segunda fase, que constou de ensaios de flotação, a pesquisa foi realizada através de quatro séries de testes. Estas séries se distribuíram da seguinte maneira:

- 1.<sup>a</sup> Série — pesquisa da melhor faixa de pH para os coletores (querosene e óleo diesel);
- 2.<sup>a</sup> Série — pesquisa da melhor concentração de cada coletor;
- 3.<sup>a</sup> Série — pesquisa da melhor concentração do espumante (óleo de pinho);
- 4.<sup>a</sup> Série — pesquisa do melhor tempo de flotação; e da influência da concentração do amido, na depressão da pirita e constituintes não desejáveis do carvão.

Para a realização dos ensaios de flotação foi utilizado o carvão pré-lavado da mina 4, pertencente à Carbonífera Próspera S.A., com um teor de cinzas da ordem de 27,2%, reduzido a -28 malhas.

Mesmo com a exaustão dessa mina, os estudos servirão de base para pesquisas posteriores em carvões de outras regiões, pertencentes à mesma camada ("Barro Branco").

A escolha da granulometria (-28 malhas), foi fundamentada nos estudos minuciosos de liberação, feitos no carvão bruto e no carvão pré-lavado. Esses estudos mostraram que, com exceção da pirita contida, que só se libera satisfatoriamente a -150 malhas (85%), o material argiláceo já se encontra liberado a -28 malhas.

Por outro lado, grande parte da ganga, constituída basicamente de folhelhos, siltitos e pirita, já se encontra liberada a granulometrias grosseiras (da ordem de  $1/2$  a  $1\frac{1}{2}$ ). Por esta razão, optou-se por estudar com mais detalhe a fração já pré-beneficiada nas bocas das minas, ou seja, o "CPL", onde grande parte da referida ganga já foi descartada.

Os equipamentos utilizados para a realização dos testes foram os seguintes:

- célula de flotação Denver "Sub-A", modelo D-2, com tanque de vidro de 2.5 litros de capacidade, usada nas 3 primeiras séries de testes;
- célula Fagergreen sub-aerada, com tanque de vidro de 3 litros de capacidade, usada na 4.<sup>a</sup> série de testes;
- medidor de pH Metronic;
- filtro a vácuo;
- equipamento auxiliar, tal como: estufa, balança, quarteadores "Jones," etc.



#### 4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

As análises granulométricas do ROM (alimentação do Lavador da mina 4 — Próspera), britado a diferentes granulometrias ( $1\frac{1}{2}$ " , 1" , 1/2" , 3M e 28M), podem ser vistas na figura 1. A figura 2 diz respeito à distribuição das cinzas acumuladas em função da granulometria e aos diferentes graus de britagem já referidos.

Os estudos de liberação, como já foi mencionado, recomendaram uma britagem do carvão pré-lavado a 28 malhas, assegurando assim uma boa liberação dos constituintes da amostra. Tal prática foi seguida durante a pesquisa. Analisou-se este carvão britado a 28 malhas em diversas frações granulométricas, cujos resultados estão expostos na tabela 1; a curva de lavabilidade da fração 28 × 200 M é apresentada na figura 3, elaborada com os dados da tabela III. Procedeu-se também a uma análise maceral do material britado a 28 malhas. Os resultados desta análise maceral são apresentados na tabela II.

A segunda parte dos estudos de laboratório se constituiu de ensaios de flotação. Fixados alguns parâmetros, procurou-se variar aqueles considerados mais influentes no processo.

O esquema empregado na execução dos ensaios está representado pela figura 4 para as três primeiras séries de testes, e pela figura 5 para a última série de testes.

As quatro séries de testes anteriormente descritas produziram os resultados apresentados nas figuras 6 e 7(1ª série), 8 e 9(2ª série) e 10 e 11(3ª série). Os melhores resultados obtidos a partir destas três séries de testes são apresentados na tabela IV.

A quarta série de testes, cujo objetivo foi o abaixamento do teor de cinzas do concentrado final, produziu os resultados apresentados nas figuras 12 e 13 (influência do tempo de reflotação usando óleo diesel e querosene como coletores) e 14 e 15 (influência do amido para tempos diferentes de reflotação, usando óleo diesel e querosene como coletores, respectivamente).

Muito embora não fosse objetivo principal do trabalho o abaixamento do teor de enxofre no concentrado final, os resultados da 4ª série forneceram informações a esse respeito, o que pode ser observado através das figuras 16 e 17 e tabela V. Esta última apresenta os melhores resultados obtidos nas quatro séries de testes, podendo-se escolher um produto final com o teor de cinzas que mais convier em termos de utilização e viabilidade econômica do processo.

#### 5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Para a escolha de um ponto ótimo, em termos de teor de cinzas e recuperação, seria necessário considerar, entre outros aspectos, o fator técnico e as condições mais favoráveis economicamente.

Entretanto, ao se observar a tabela V, um resultado que se apresenta como um dos mais adequados parece ser aquele em que se observa um concentrado com 11% de cinzas e recuperação em peso da ordem de 40 e 44%, usando os coletores querosene e óleo diesel, respectivamente, bem como óleo de pinho como espumante e amido como depressor. Ainda se consegue, a partir desse concentrado, um "rejeito" que pode ser integralmente aproveitado como carvão-vapor, devido ao seu teor em cinzas, da ordem de 40%.

Estes resultados podem ser apreciados utilizando-se as curvas das figuras 14 e 15.

Entretanto, este mesmo resultado (11% de cinzas com 40%, em média, de recuperação em peso) também pode ser conseguido utilizando-se menores quantidades de reagentes e sem uso do amido, como pode ser observado nas figuras 6 e 7, referentes à 2ª série de testes. Todavia, espera-se que a utilização do amido, em outras condições, propicie melhor seletividade na flotação, em relação aos constituintes petrográficos do carvão.

Se for futuramente comprovada a não-influência do amido na seletividade da flotação destes constituintes petrográficos, tentar-se-á confirmar a possibilidade de, por uma simples reflotação em um único estágio do concentrado primário, reproduzirem-se os resultados da tabela V.

Outra alternativa será o uso de curto tempo de residência na obtenção do concentrado final, fazendo-se estágios de limpeza do "rejeito" resultante.

Todos estes testes complementares em relação ao emprego do amido na flotação e alternativas de circuito serão realizados posteriormente em escala de bancada e em circuitos contínuos, em usina piloto.

As conclusões resultantes desta pesquisa, podem ser assim resumidas:

a) A utilização da flotação como processo de beneficiamento do carvão da camada Barro Branco, de Santa Catarina, apresentou resultados bastante satisfatórios, em relação ao teor de cinzas e recuperação em peso.



TABELA I — Análise Granulométrica do CPL\*, britado a 28 malhas

Fração (malhas)	Peso (%)	Peso Acum. (%)	Cinzas b.s.(%)	Enxofre b.s. (%)			
				Pirítico	Orgânico	Sulfático	TOTAL
+ 28	4,89	4,89	43,7	1,19	0,37	0,07	1,63
28 × 35	28,03	32,92	25,7	0,67	0,36	0,05	1,08
35 × 48	13,78	46,70	25,4	0,83	0,43	0,04	1,30
48 × 65	10,64	57,34	25,7	0,88	0,44	0,04	1,36
65 × 100	8,41	65,75	23,3	0,80	0,33	0,05	1,18
100 × 150	8,17	73,92	24,0	1,04	0,48	0,03	1,55
150 × 200	3,96	77,88	23,0	1,10	0,48	0,03	1,61
200 × 270	3,58	81,46	22,9	1,08	0,54	0,05	1,67
270 × 325	2,71	84,17	23,6	1,09	0,54	0,05	1,68
-325	15,83	100,00	29,7	0,67	0,41	0,05	1,13
TOTAL	100,00*	—	26,6**	—	—	—	1,28**

\* CARVÃO PRÉ-LAVADO

\*\* VALOR CALCULADO



TABELA II — Análise Maceral do CPL\*, britado a 28 malhas

Fração malhas	Peso %	Vitrinita %	Exinita %	Inertinita %	Minerais %
+ 28	4,89	48	3	26	23
28 × 35	28,03	47	3	34	16
35 × 48	13,78	46	6	32	16
48 × 65	10,64	56	4	28	12
65 × 100	8,41	64	3	26	7
100 × 150	8,17	56	3	33	8
150 × 200	3,96	66	5	24	5
200 × 270	3,58	70	2	21	7
270 × 325	2,71	65	3	26	6
-325	15,83	70	0	3	27

\* CARVÃO PRÉ-LAVADO

TABELA III — Análise Densimétrica da fração 28 × 200 malhas, proveniente do CPL (carvão pré-lavado), britado a 28 malhas

Densidade das frações (g/cm <sup>3</sup> )	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	ΣP	ΣPC ΣP	ΣPS ΣP
	Peso (%)	Cinza(%)	Enxofre (%)			
Flutua 1,30	15,71	2,5	0,7	15,71	2,50	0,70
1,30 × 1,40	24,91	11,6	0,9	40,62	8,08	0,82
1,40 × 1,45	7,31	17,6	0,9	47,93	9,53	0,83
1,45 × 1,50	12,19	23,0	0,9	60,12	12,26	0,85
1,50 × 1,55	5,02	27,6	0,9	65,14	13,45	0,85
1,55 × 1,60	7,99	33,6	1,0	73,13	15,65	0,87
1,60 × 1,70	4,70	39,3	1,2	77,83	17,08	0,89
170 × 1,80	4,89	41,2	1,4	82,72	18,50	0,92
1,80 × 2,00	5,54	59,5	2,4	88,26	21,08	1,01
Afunda 2,00	11,74	75,3	4,7	100,00	27,44	1,44

pH	REAGENTES		CONC.	FINAL
	concentração do coletor	concentração de óleo de pinho	cinzas (%) *	Recuperação (%)
6.6	óleo diesel (800 g/t)	200 g/t	17,0	75
7.5	querosene (1100 g/t)	200 g/t	16,0	65

\* Valores estimados pelas curvas das figuras 14 e 15

b) Foram também obtidos resultados animadores com relação ao abaixamento do enxofre.

c) A partir de estudos petrográficos do CPL britado a 28 malhas, verificou-se que, a esta granulometria, o carvão se apresenta satisfatoriamente liberado, no que diz respeito à calcita, outros aglomerados argiláceos e parte da pirita (66% de liberação). Em relação à pirita, uma liberação da ordem de 78%, julgada satisfatória, é conseguida para a fração 48 x 65 malhas. Existe, entretanto, uma pequena parte de pirita que se encontra finamente disseminada entre os macerais e que só se apresenta liberada satisfatoriamente abaixo de 150 malhas (liberação de 93%).

d) Com os estudos de flotação realizados sobre o material britado a 28 malhas, foi possível verificar, não só um significativo melhoramento do grau de liberação, mas também um acentuado aumento na recuperação do carvão, devido à possibilidade da concentração do material fino (-200 malhas), que não era possível apreciar pela análise das curvas de lavabilidade, onde este material fino não era considerado.

e) Ensaios preliminares mostraram ser desnecessária uma deslamagem antes da flotação, em virtude de os finos conterem, em grande parte, carvão de ótima qualidade (vitritina) e apresentarem boa seletividade na operação de flotação.

f) Com relação apenas ao teor de cinzas dos concentrados obtidos, o amido não apresenta vantagens para seu uso, pois concentrados com mesmo teor de cinzas e, praticamente, mesma recuperação em peso podem ser obtidos sem a sua adição. Entretanto, posteriormente deverá ser verificada uma possível influência deste reagente, talvez em outra faixa de pH, no que diz respeito à seletividade na composição petrográfica dos concentrados. Caso seja comprovada esta influência, o uso do amido poderá tornar-se aconselhável.

g) Caso esta influência do amido não seja comprovada, talvez seja necessário apenas um estágio de limpeza, ou mesmo conseguirem-se concentrados finais da mesma qualidade que os anteriores, apenas por controle de tempo na flotação primária, fazendo-se limpeza do rejeito resultante desta operação.

h) Foram conseguidos diversos resultados considerados bons. Entre estes, destaca-se o que apresenta um concentrado com um teor de 11% de cinzas e 40% de recuperação em peso, a partir de uma alimentação de 27,2% de cinzas (carvão pré-lavado), obtendo-se ainda um "rejeito" com 56% em peso, que pode ser integralmente aproveitado como carvão-vapor, com 38-42% de cinzas.

i) Para uma melhor avaliação dos resultados alcançados neste projeto, são apresentados na tabela VI valores comparativos entre os resultados obtidos normalmente no beneficiamento de carvões pré-lavados, por processo de ciclone de meio-denso, e os obtidos neste projeto através de flotação.



TABELA V — Melhores resultados obtidos nas 4 séries de testes.

pH	Coletor	Espumante	Amido (g/t) **	Tempo de Flotação do Conc. Final (segundos)	Concentrado		Rejeito		Eliminação de Enxôfre (%) ***
					Cz (%)	Rp (%)**	Cz (%)*	Rp (%)*	
6,6	Diesel (800 g/t)	Óleo de pinho (200 g/t)	155	75	10,0	34	36	66	71 — 75
			105	75	11,0	44	40	56	62 — 66
			90	75	12,0	49	41	51	59 — 63
			75	75	13,0	53	43	47	56 — 60
7,5	Querosene (1.100 g/t)	Óleo de pinho (200 g/tr)	355	150	10,5	39	38	61	63 — 67
			345	150	11,0	40	37	60	60 — 64
			225	150	12,0	43	39	57	60 — 64
			160	150	13,0	49	40	51	56 — 60

\* Valores Calculados, considerando-se a alimentação com um teor de 27,2% de cinzas.

\*\* Valores Estimados pelas curvas das Figuras 14 e 15.

\*\*\* Valores Estimados pelas curvas das Figuras 16 e 17.

TABELA VI — Comparação dos resultados obtidos por flotação do CPL\* a 28 malhas, com aqueles normalmente obtidos no beneficiamento deste carvão por processo de ciclone de meio denso.

PROCESSO	Carvão metalúrgico		Carvão vapor resultante	
	CINZAS (%)	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS (%)	RECUPERAÇÃO (%)
Ciclones de Meio Denso	18,5	45	40	55
	15	30	40 28	50 20
Flotação	11**	44**	40	56

\*CPL — Carvão pré-lavado

\*\* Valores estimados pelas curvas das figuras 14 e 15

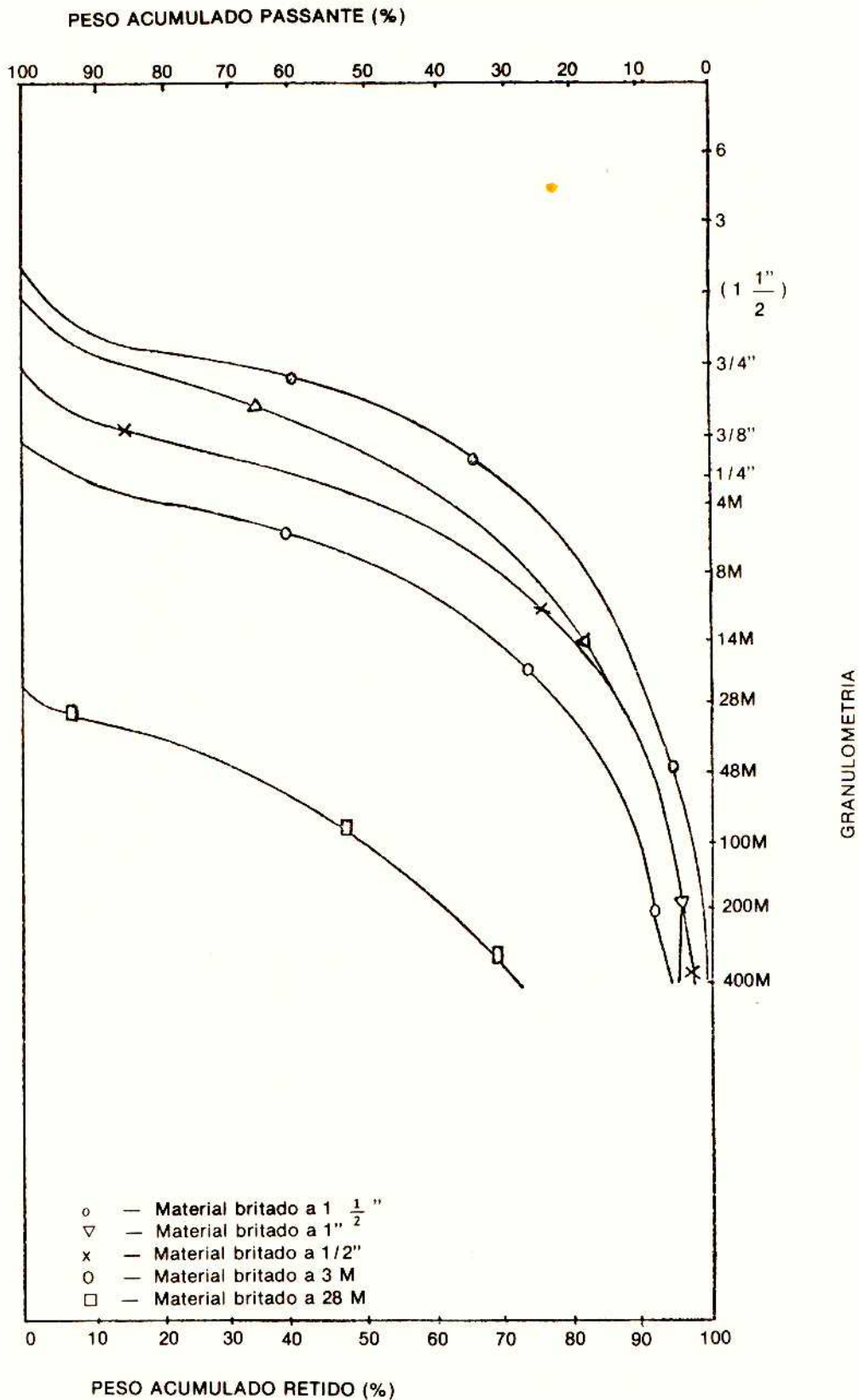


Fig. 1 — Curvas granulométricas do ROM (alimentação do Lavador da mina 4 — Próspera), a diferentes graus de britagem.

DISTRIBUIÇÃO DAS CINZAS ACUMULADAS (%)

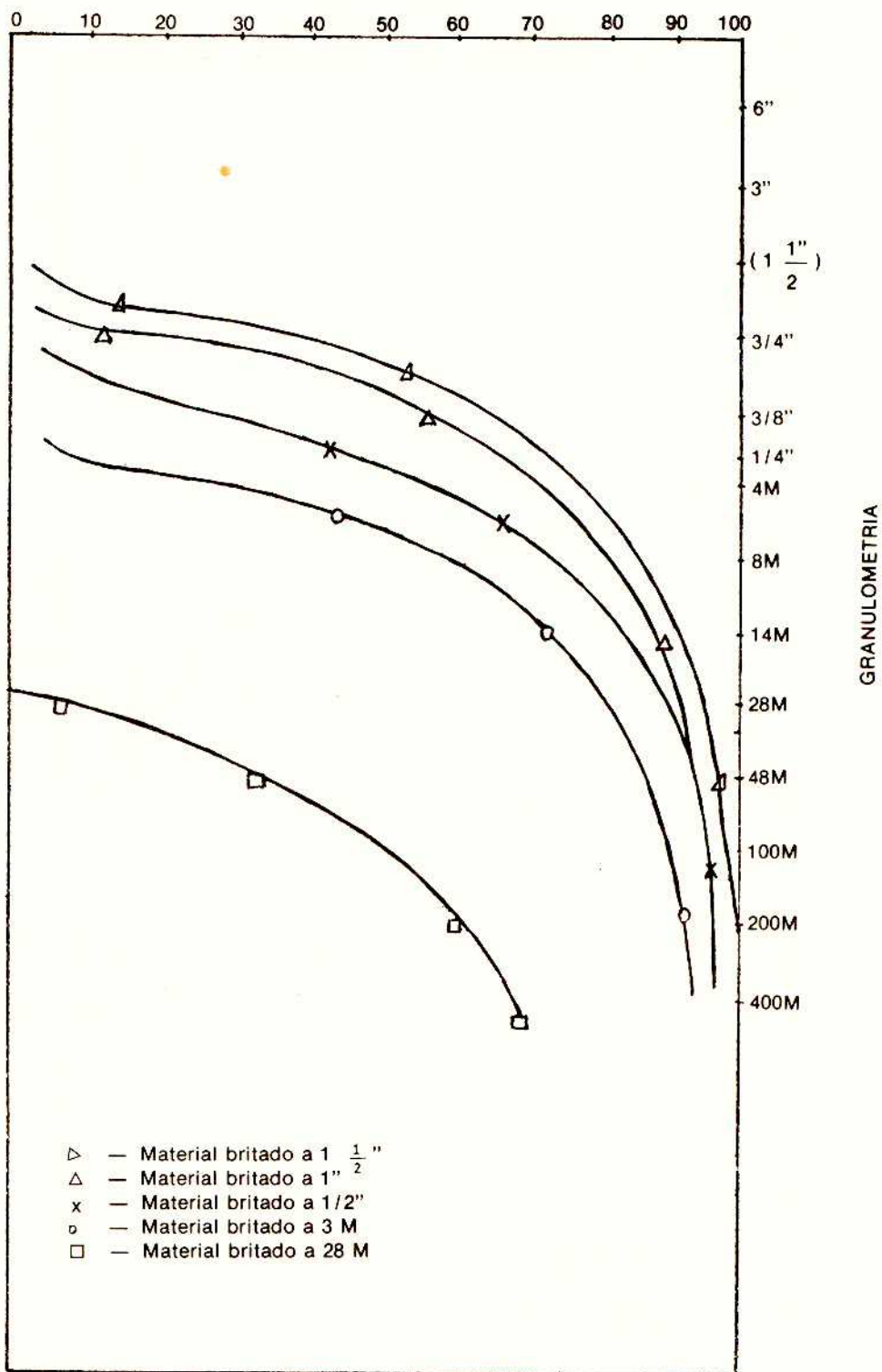
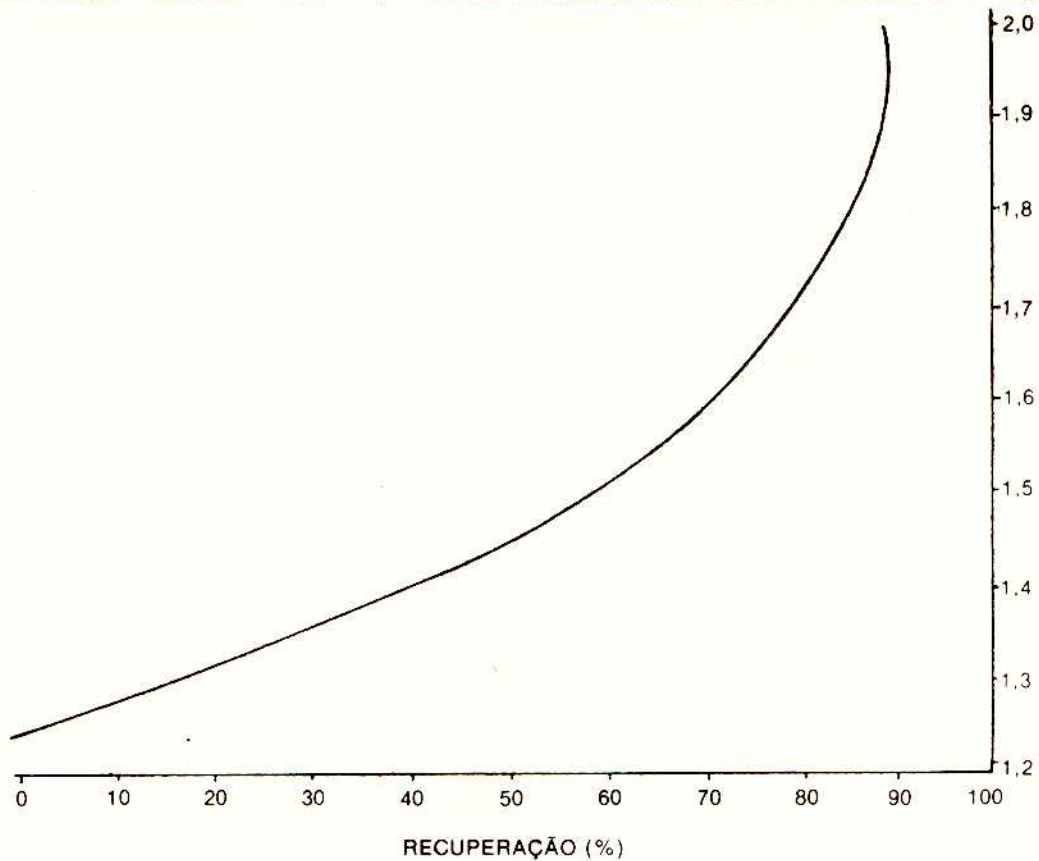


Fig. 2 — Distribuição da cinza acumulada, em função da granulometria.



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS

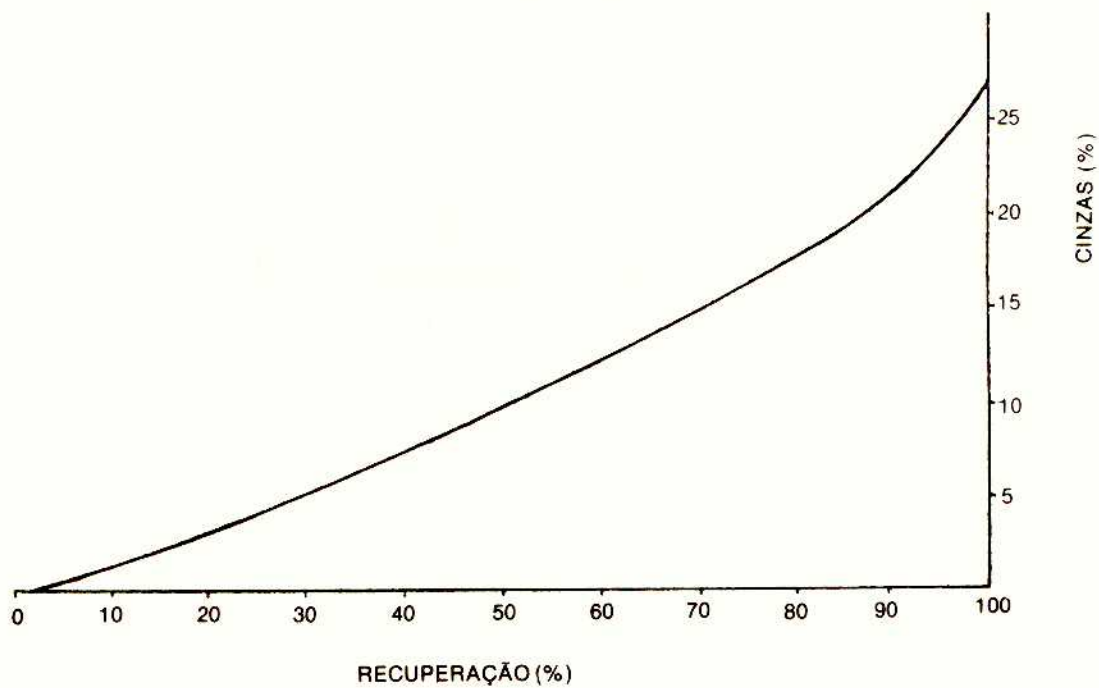


Fig. 3 — Curvas de lavabilidade da fração 28 x 200M, proveniente do CPL (carvão pré-lavado), britado a 28M.

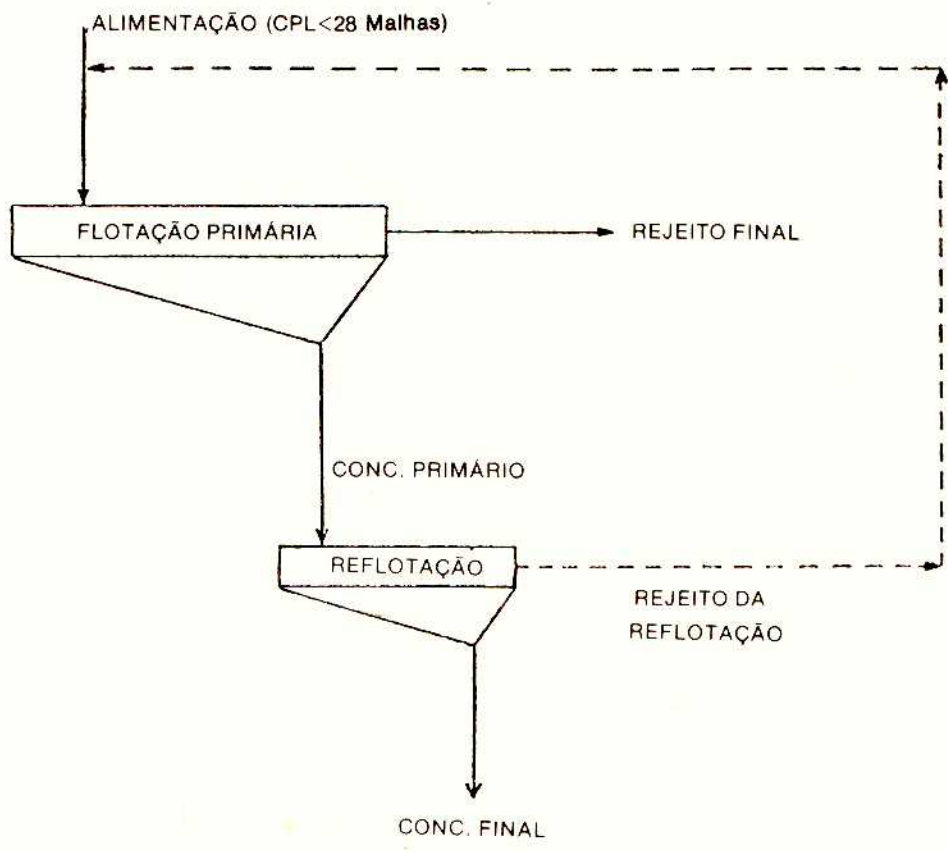
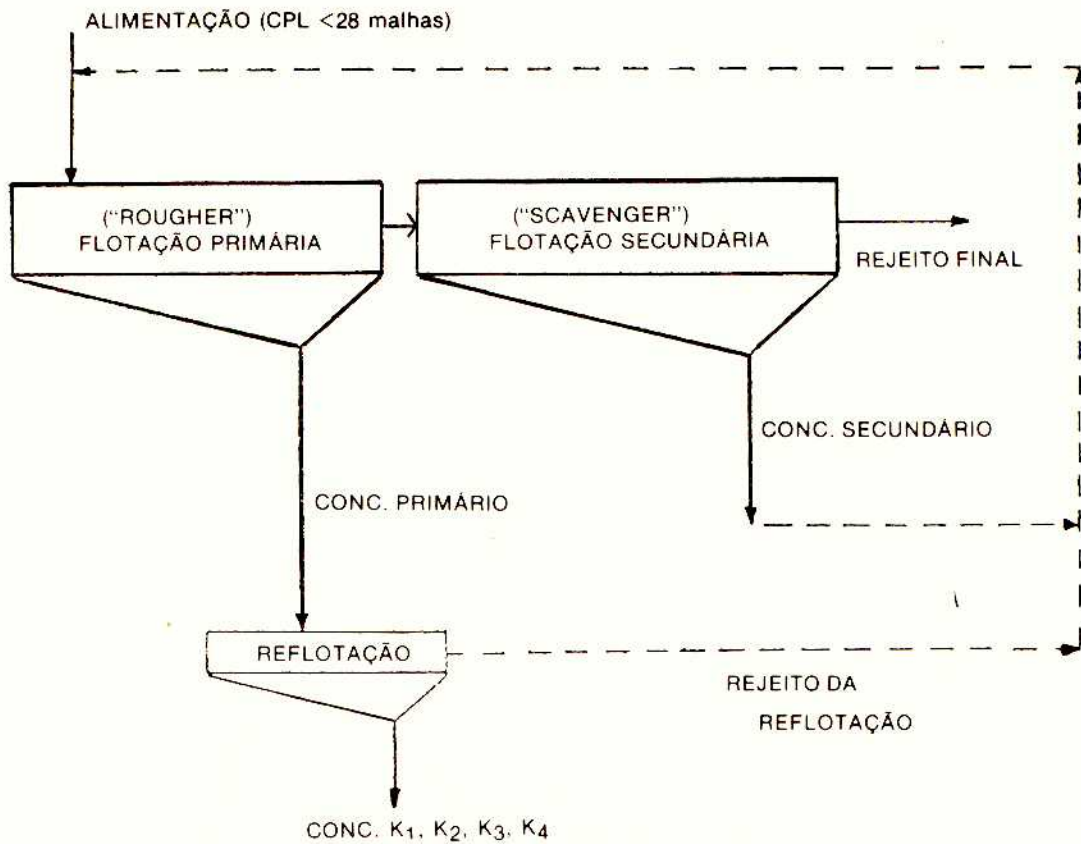


Fig. 4 — Esquema usado para os testes de flotação nas 3 primeiras séries de testes



\*  $K_i$  — Concentrados obtidos em tempos diferentes

Fig. 5 — Esquema usado para os testes de flotação da 4ª e última série de testes.

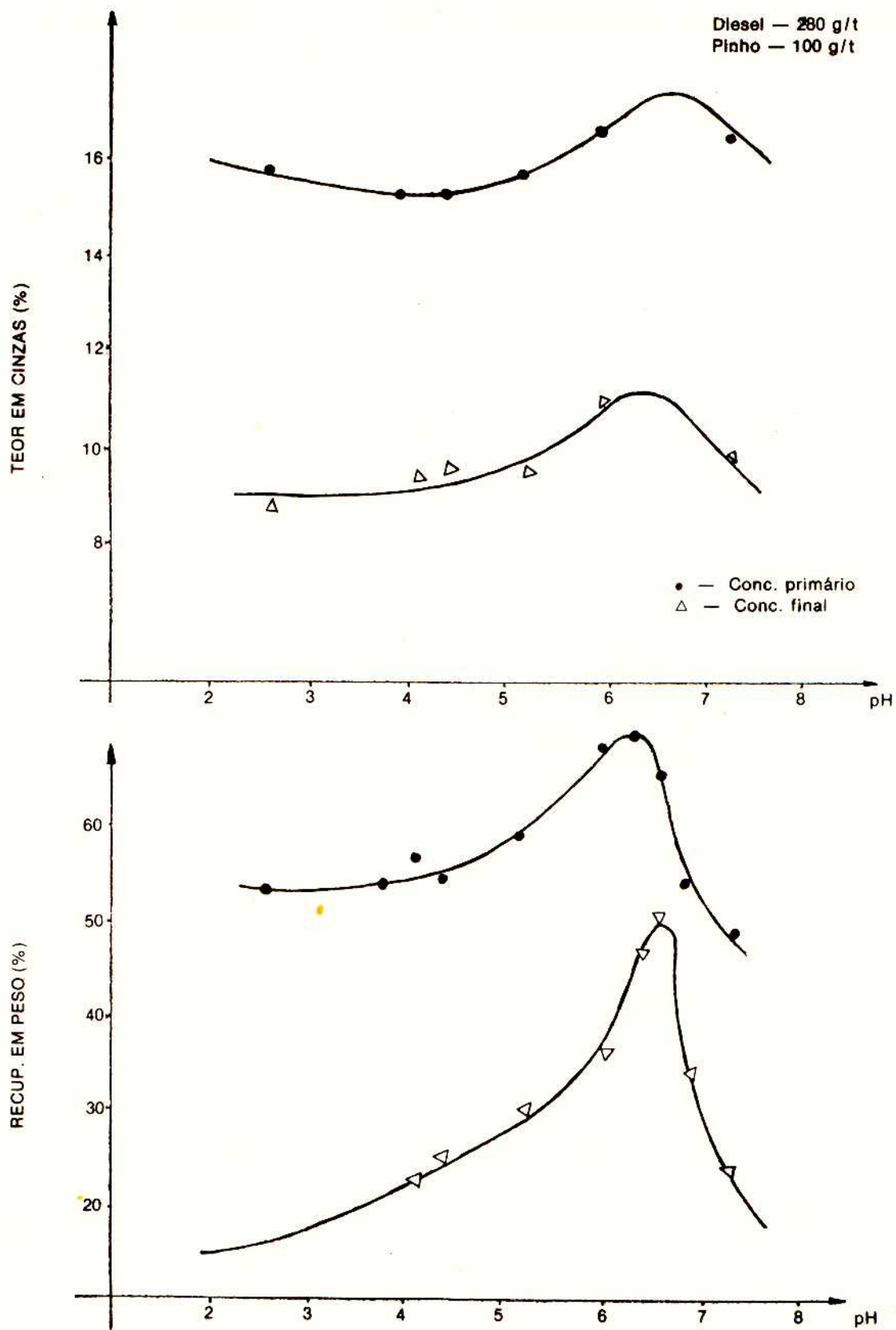


Fig. 6 — Influência do pH na flotação com óleo diesel como coletor (1ª série)

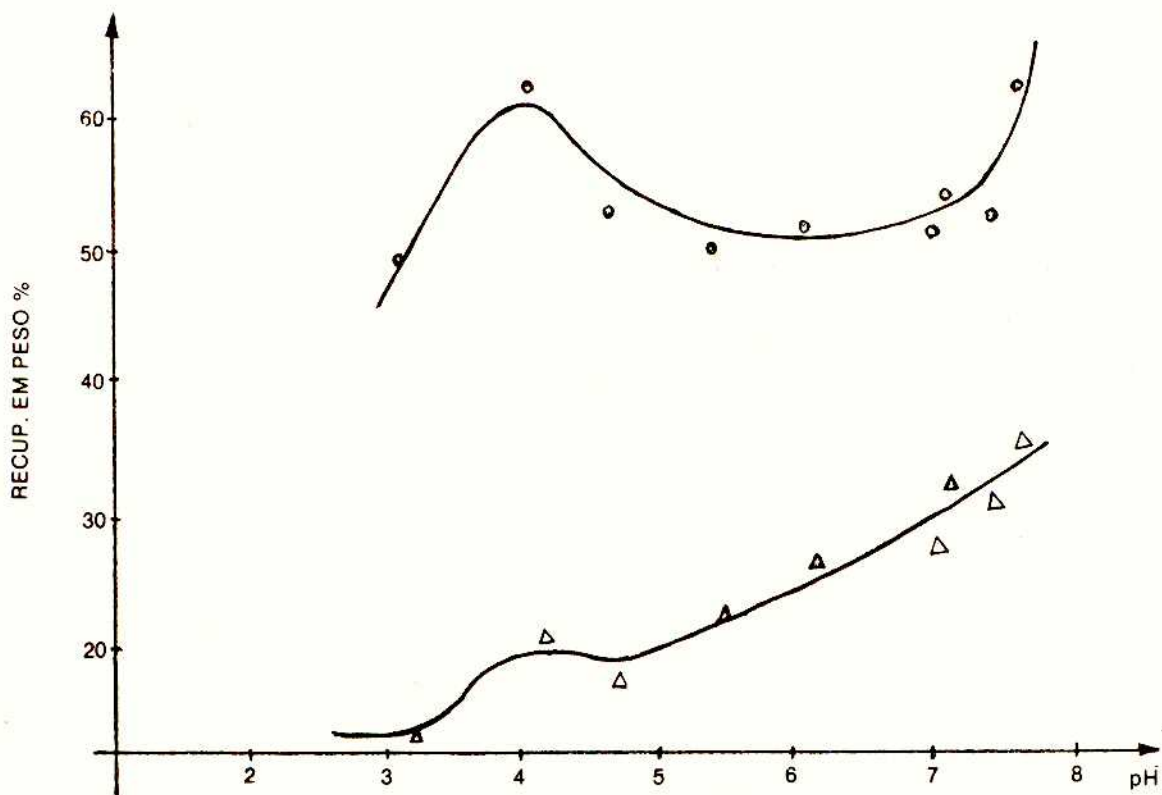
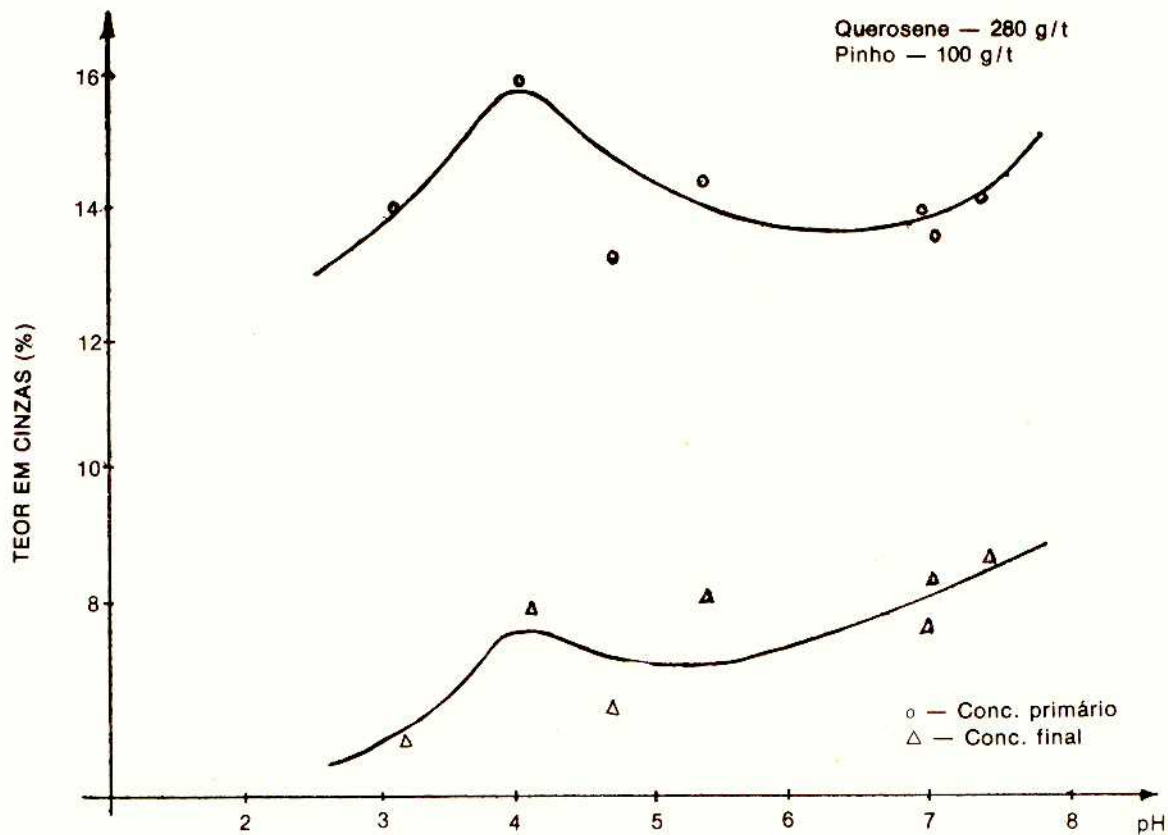


Fig. 7 — Influência do pH na flotação com querosene como coletor (1ª série)



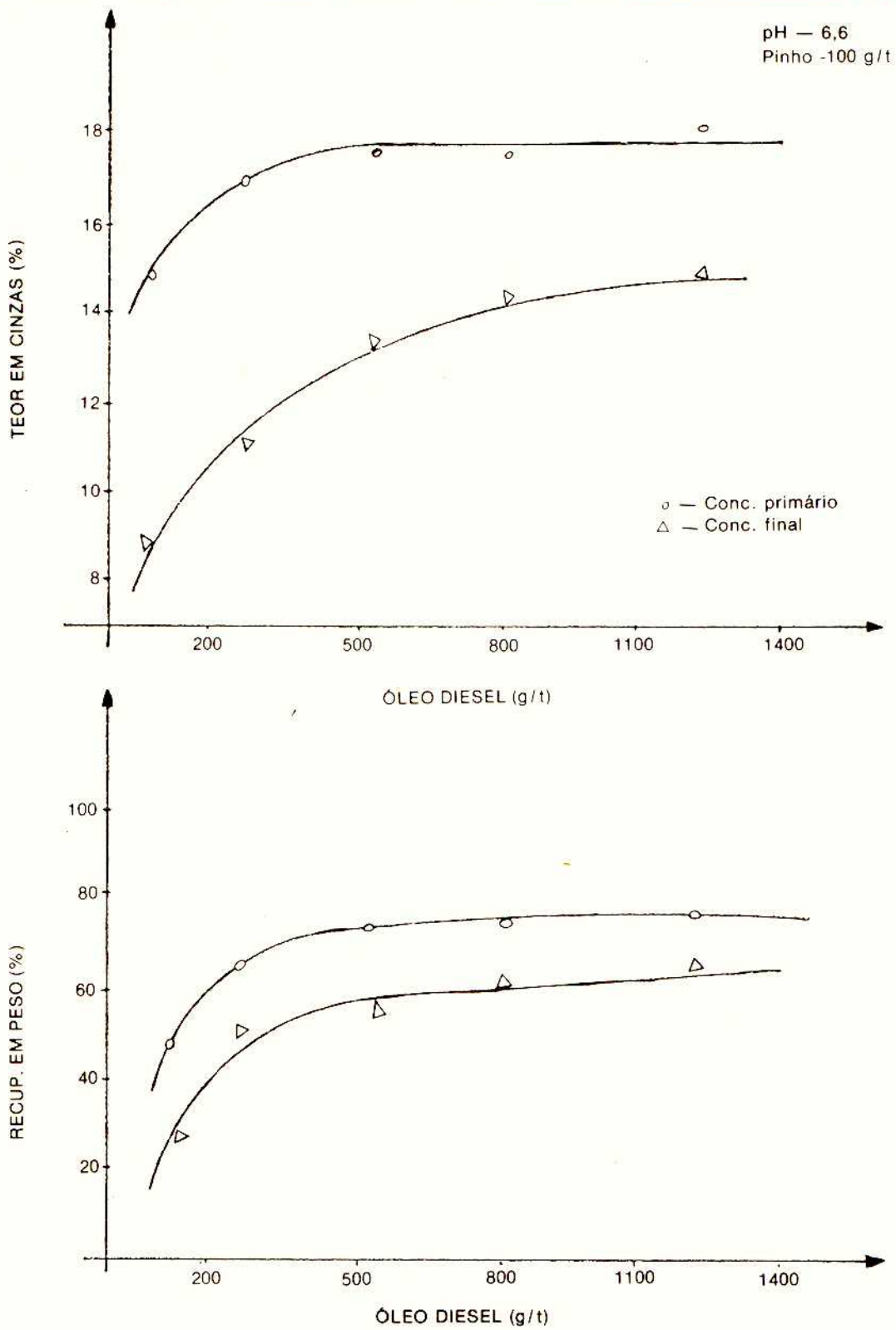


Fig. 8 — Influência da concentração de óleo diesel na flotação (2ª Série)

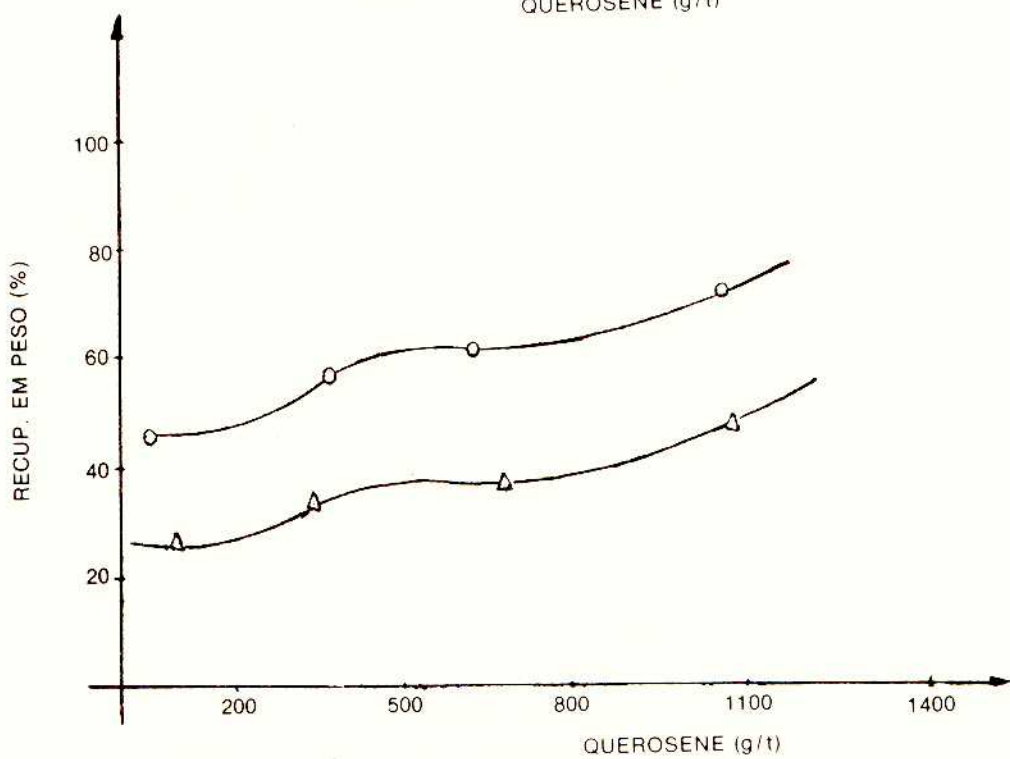
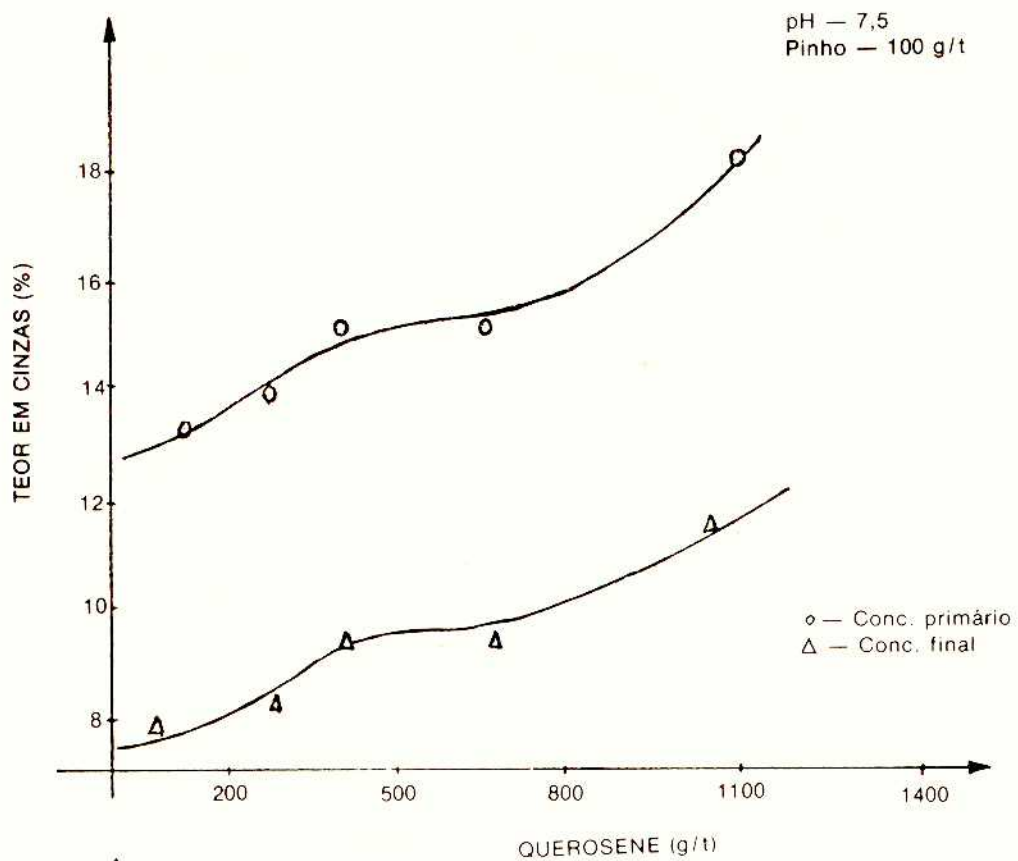


Fig. 9 — Influência da concentração de querosene na flotação (2ª Série)

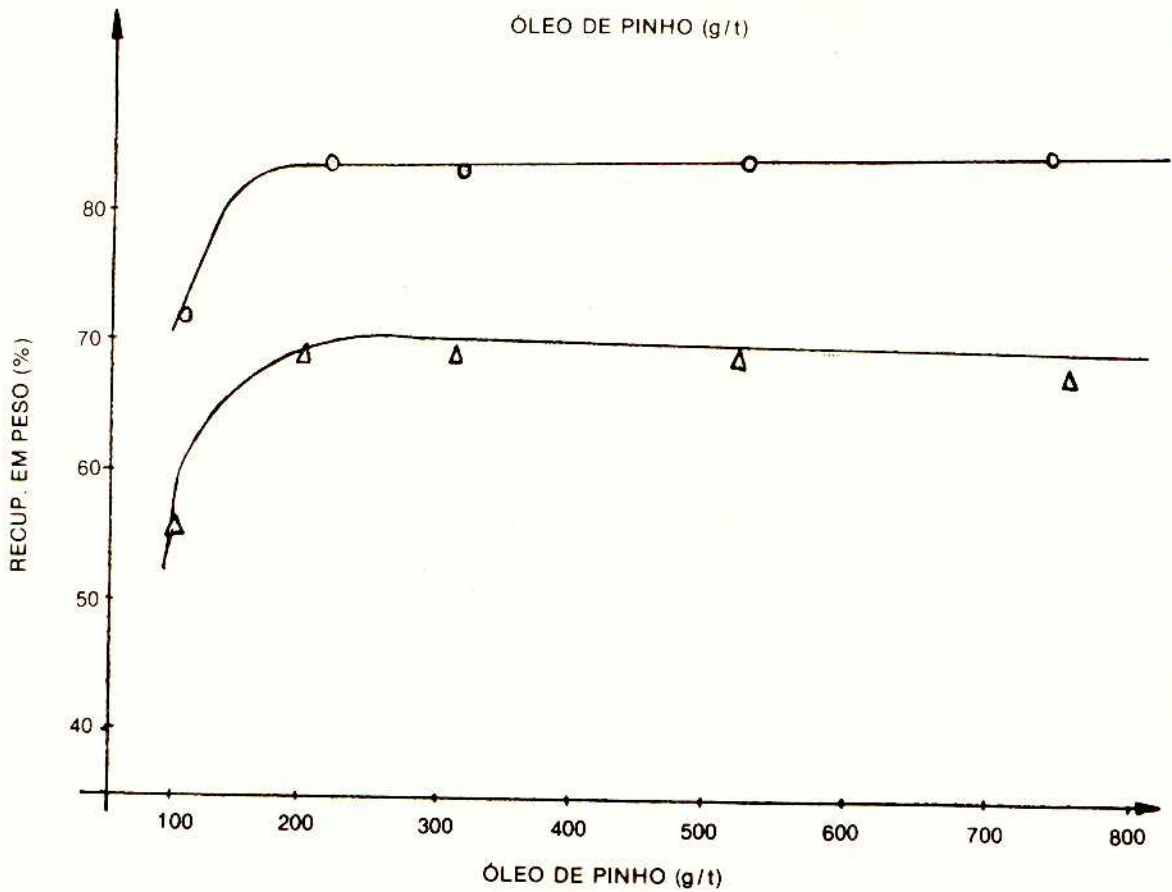
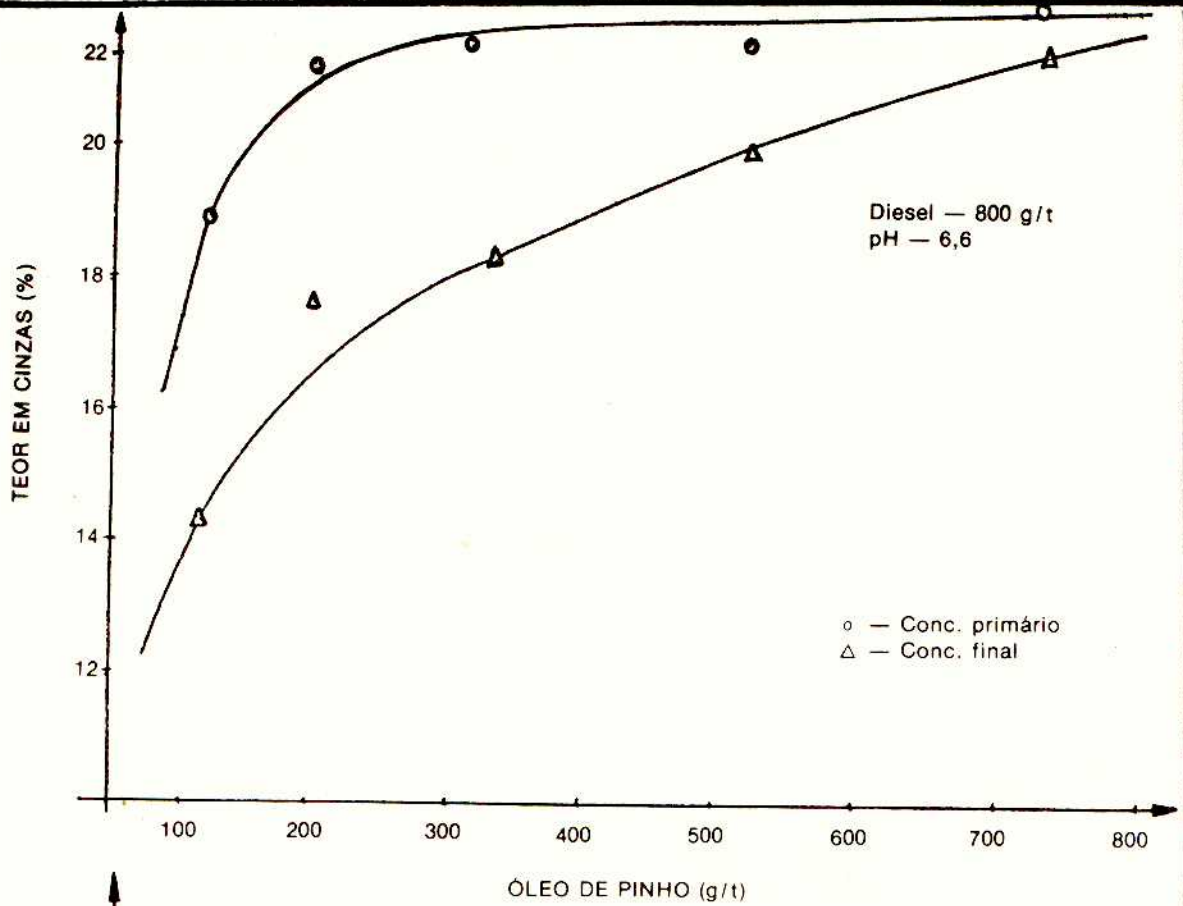


Fig. 10 — Influência da conc. de óleo de pinho na flotação com diesel (3ª série)

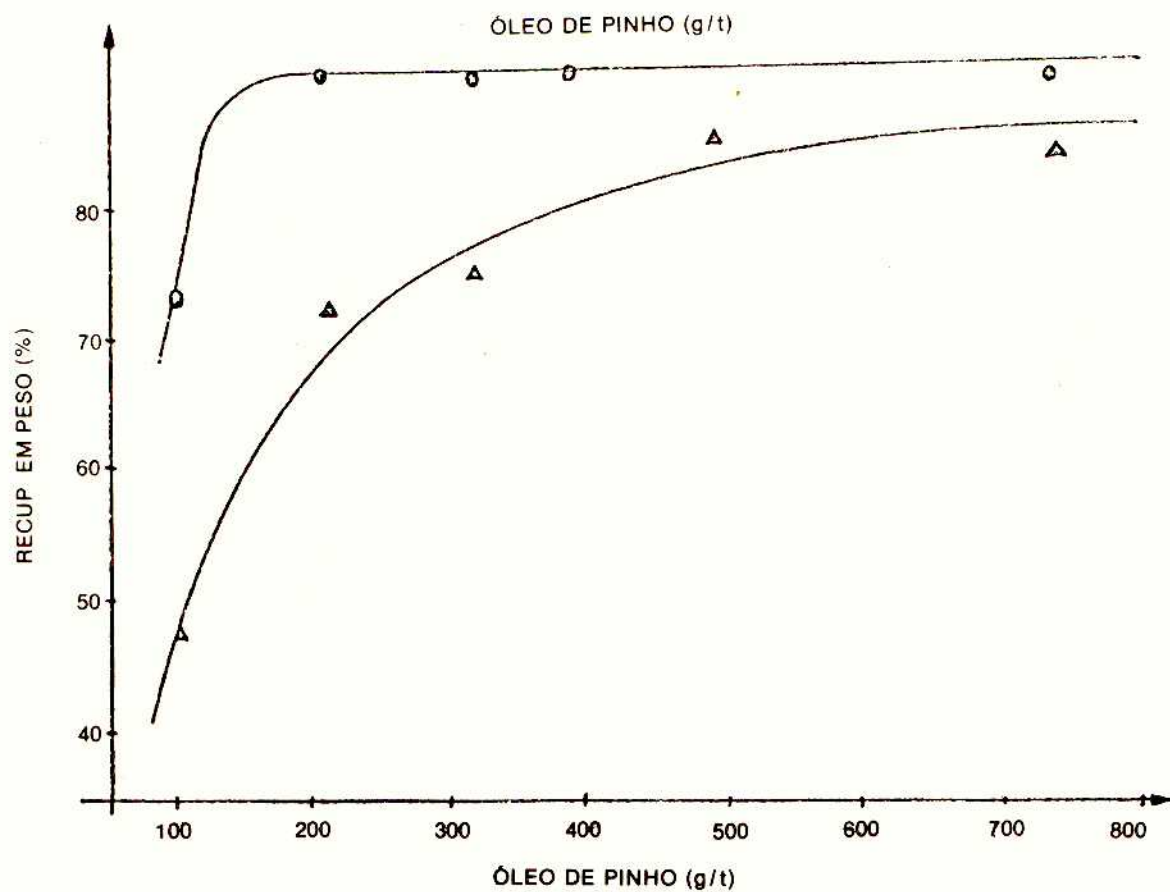
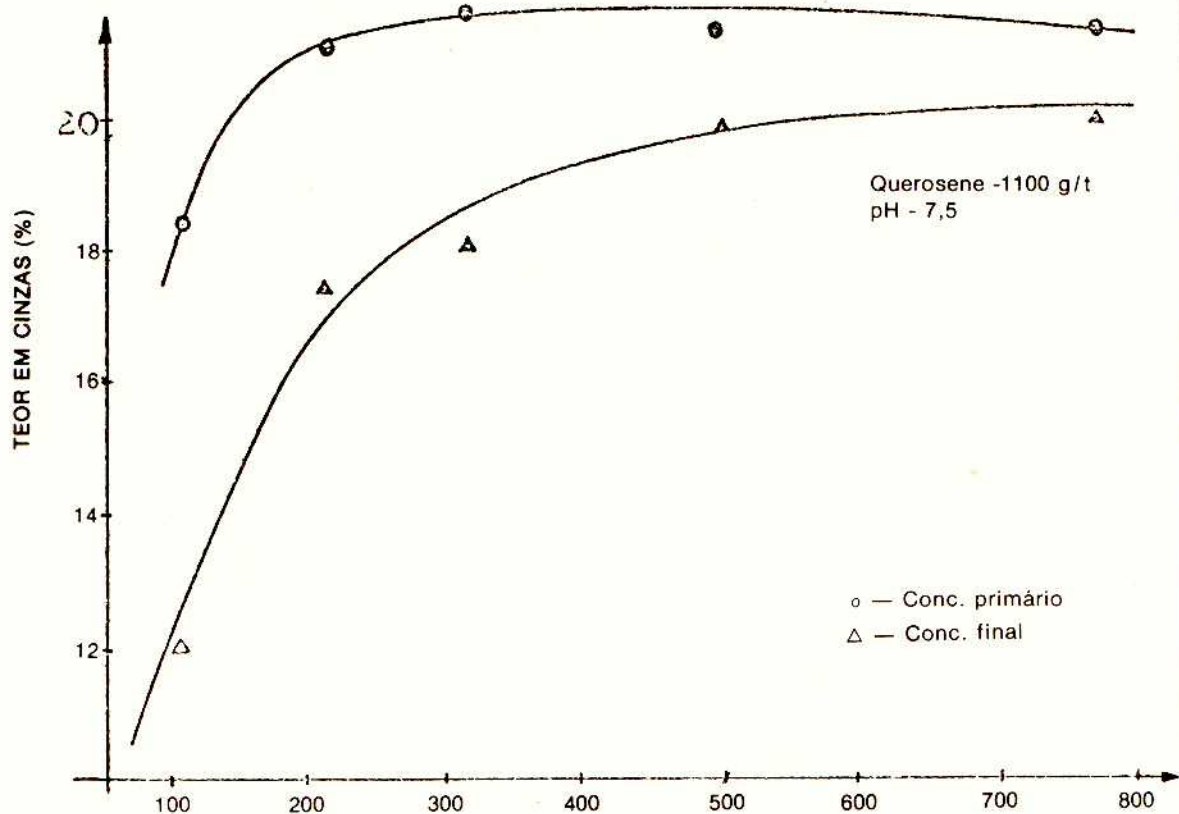


Fig. 11 — Influência da conc. de óleo de pinho na flotação com querosene (3ª Série)

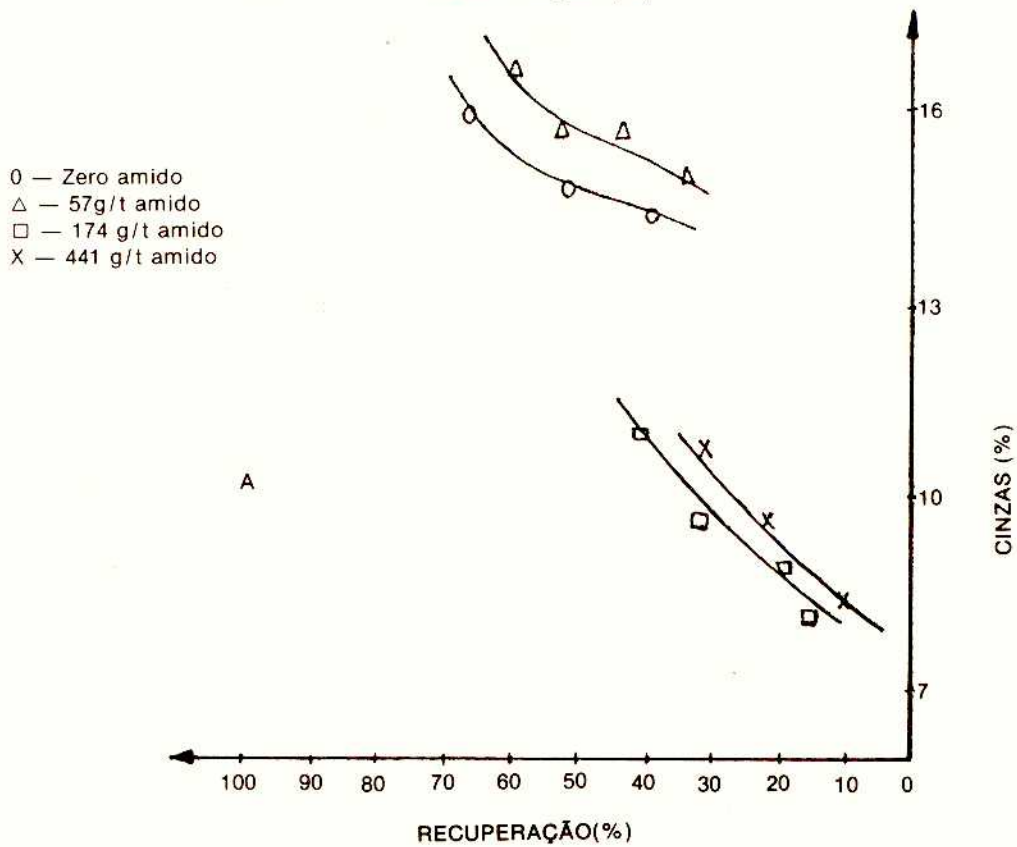
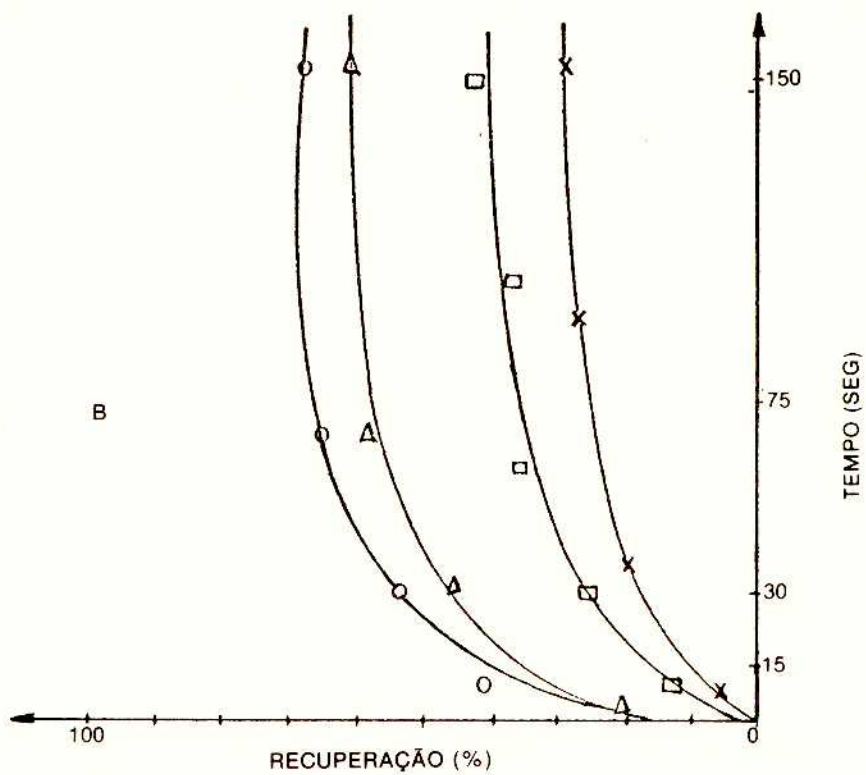


Fig. 12 — Influência do tempo de reflot. usando óleo diesel como coletor (4ª Série)



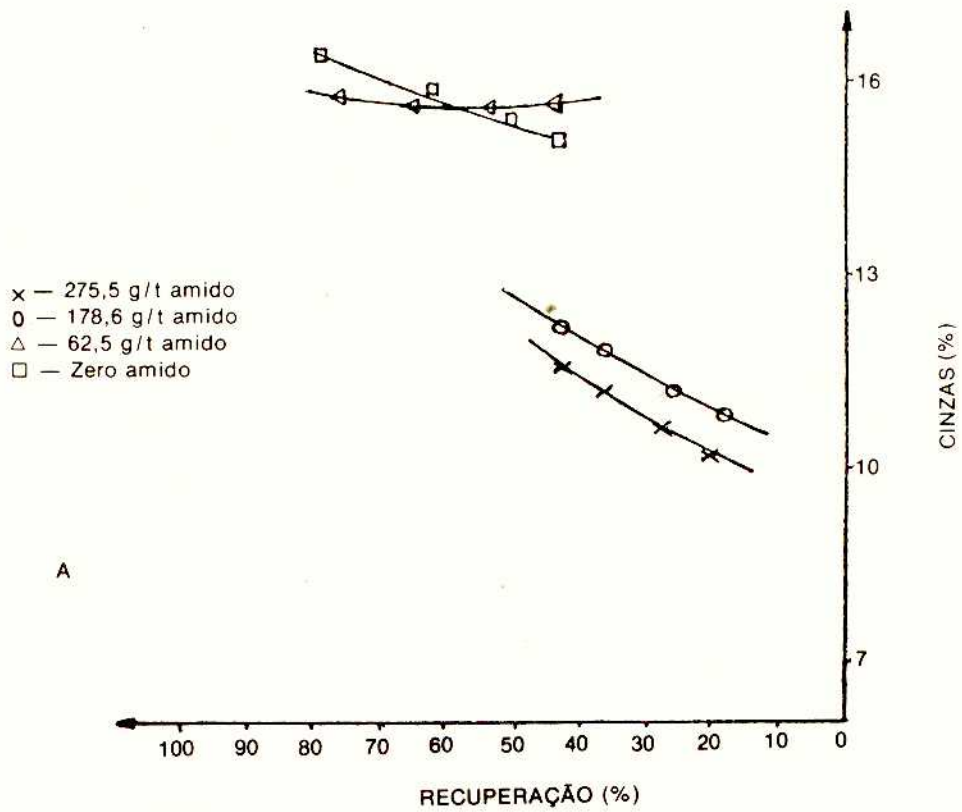
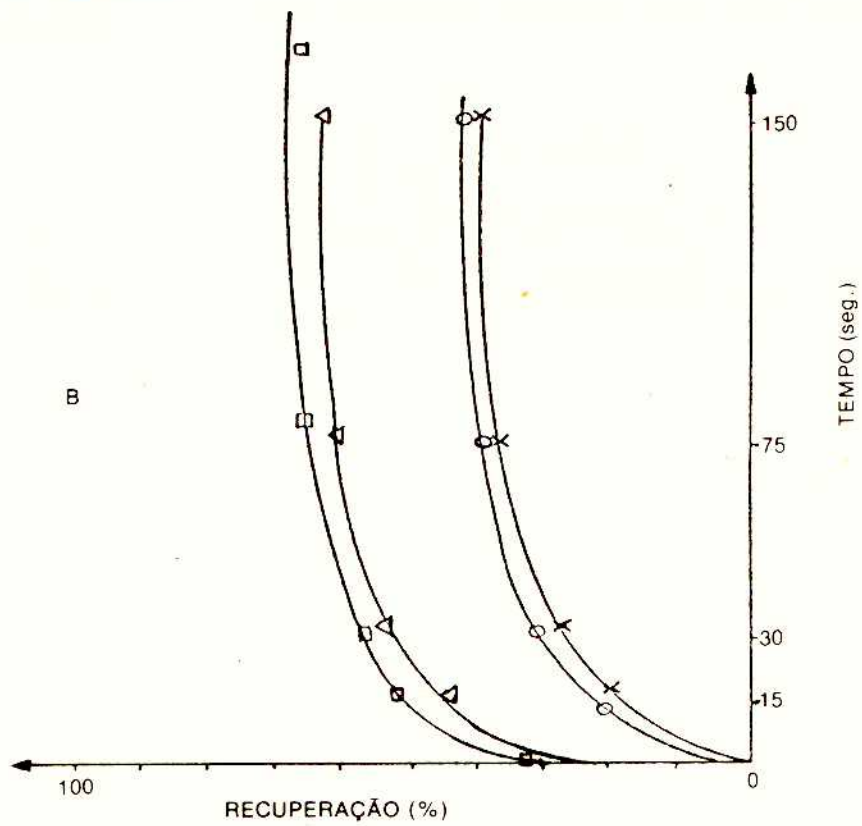


Fig. 13 — Influência do tempo de reflot. usando o querosene como coletor. (4ª série)

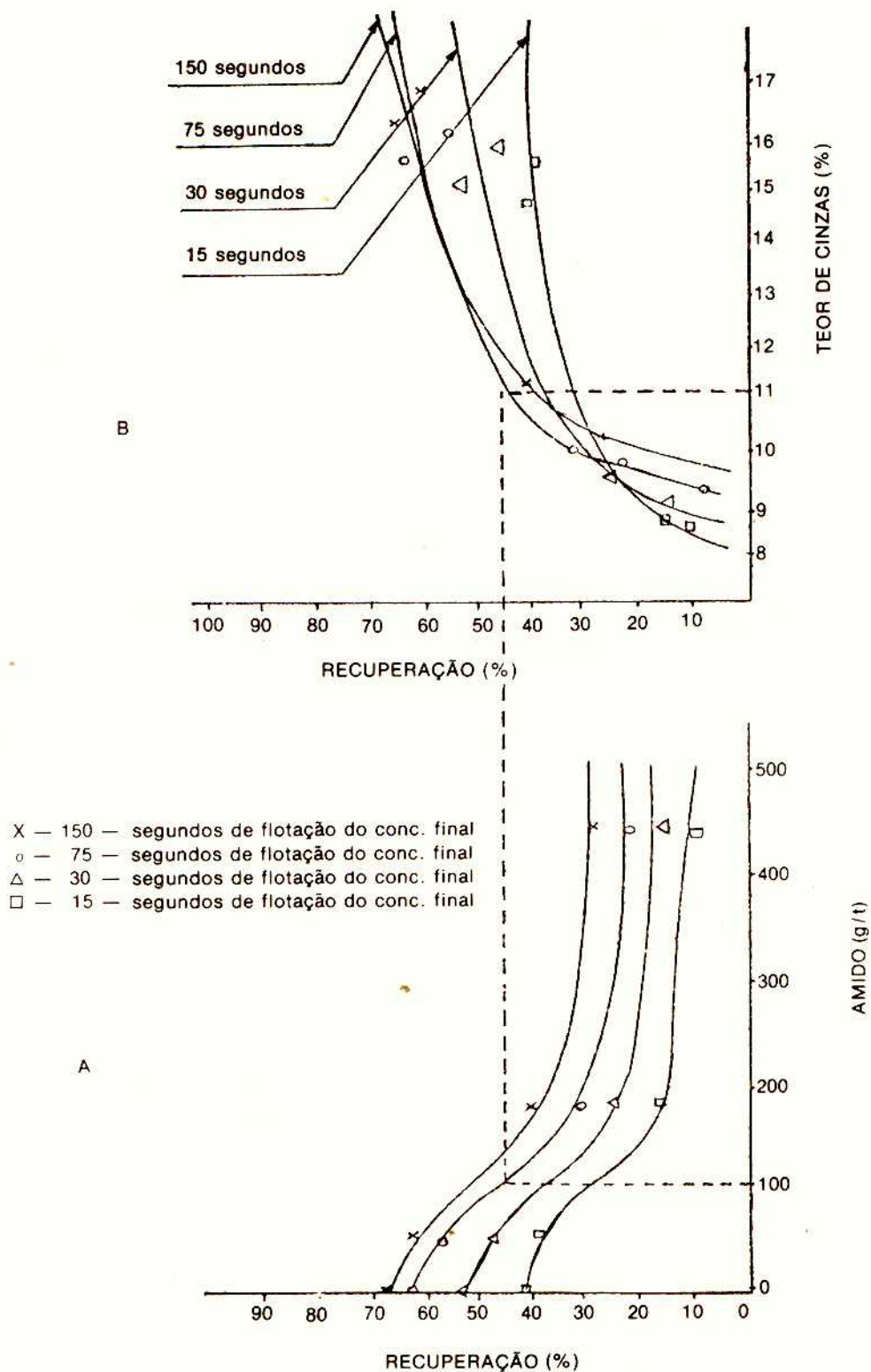


Fig. 14 — Influência do amido na reflot. com óleo diesel, em diferentes tempos de flotação (4.ª Série)

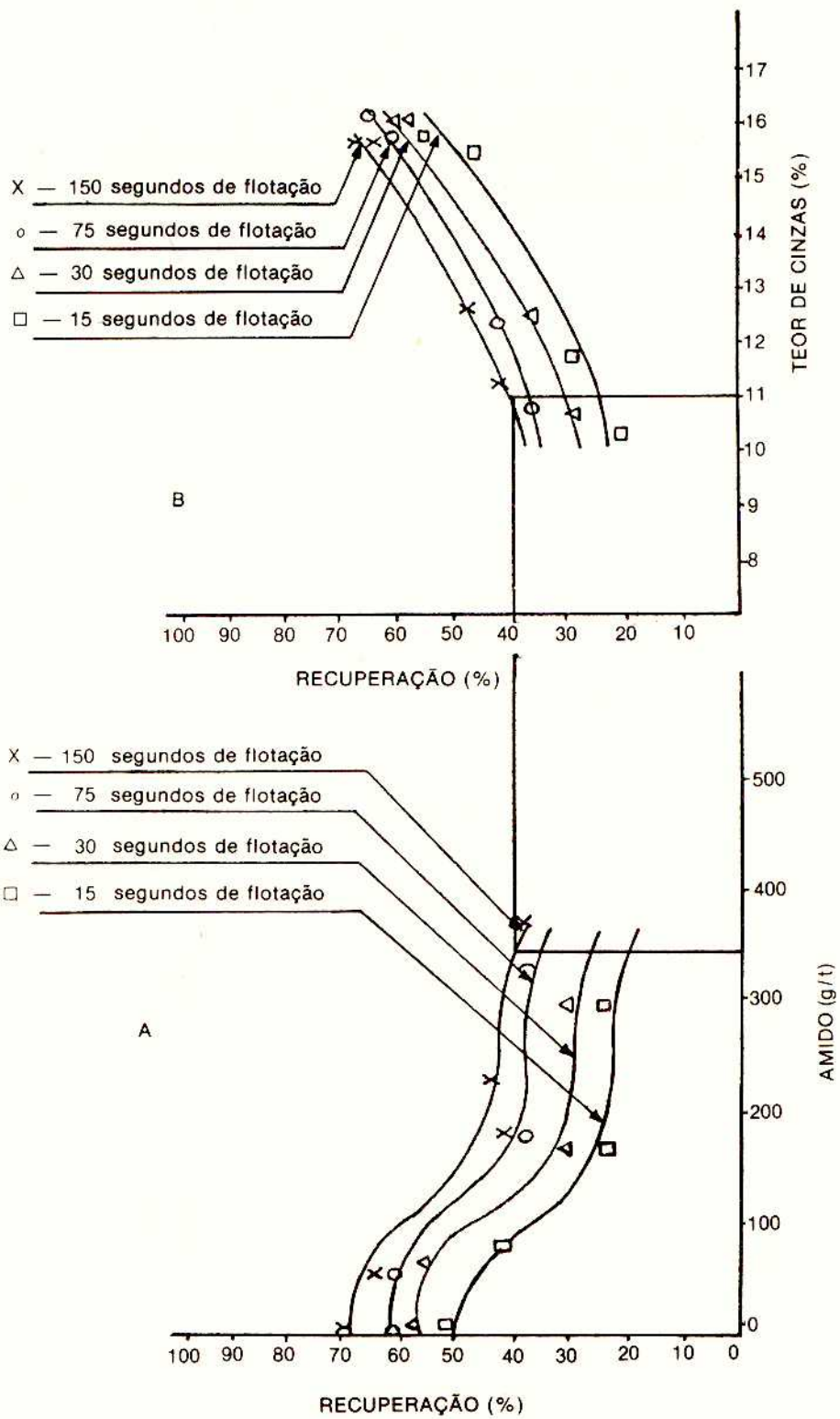


Fig. 15 — Influência do amido na reflot. com querosene, em diferentes tempos de flotação (4ª Série)



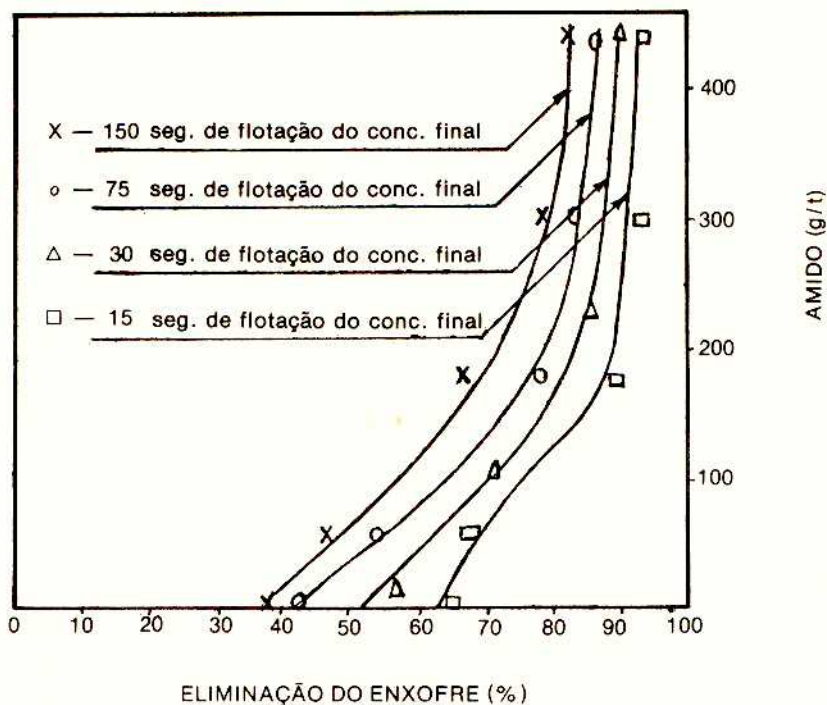


Fig. 16 — Influência do amido na eliminação do enxofre, na reflot com querosene (4ª Série)

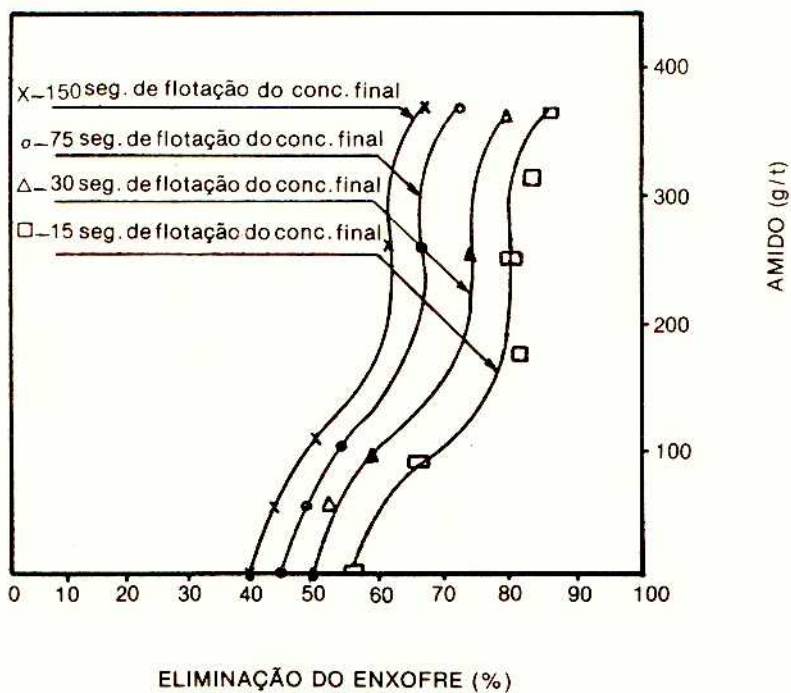


Fig. 17 — influência do amido na eliminação do enxofre, na reflot. com óleo diesel (4ª Série)

## BIBLIOGRAFIA

1. ARAÚJO, Luiz Antonio de. Siderurgia. São Paulo, FDT, 1967. V.I.
2. CHAVES Arthur Pinto. Estrutura e Comportamento dos Carvões. São Paulo, Escola Politécnica, 1972. 104 p. Tese de pós-graduação em Engenharia.
3. ENGINEERING AND MINING JOURNAL. New York, Apr. 1974.
4. FRASER, Thomas; Abreu, Álvaro de Paiva. Boletim. Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, n. 13, 1943.
5. FRASER, Thomas. Amostragem e Flutuação de Carvão em Líquidos Pesados. Avulso. Laboratório da Produção Mineral, Rio de Janeiro, n. 17, 1947. 58p.
6. FUERSTENAU, D.W. Froth Flotation. New York, AIME, 1962.
7. REVISTA DO INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, p.7-17, jul/ago. 1976.
8. MINERAÇÃO E METALURGIA. Rio de Janeiro (386): 25, maio 1977.
9. MACHADO, Eurico Romulo. Reservas Brasileiras de Carvão.  
In: CONGRESSO DEL INSTITUTO LATINO AMERICANO DEL HIERRO Y EL ACERO (LAFA-CARBON). México, Jul. 1976. 67 p.
10. NÓVOA, Roberto Vasconcellos. Beneficiamento de Carvões.  
In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CARVÃO MINERAL. Porto Alegre, nov. 1976. 12p.
11. NÓVOA, Roberto Vasconcellos. Carvão Nacional para a Siderurgia e Coque.  
In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Porto Alegre, out. 1974. 8p.
12. PLOUF, T.M. Novas Técnicas de Flotação de Carvão a fim de Reduzir o Teor de Enxofre e Cinzas.  
In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS. São Paulo. maio de 1976. n.p.
13. RUBERT, C.D.; PARTON, W.J. The operation of a froth flotation pilot on washery; water solids. Bulletin. Deco Trefoil (F10-B20) Jun. 1944.
14. SANTOS, Luiz Carlos Macedo Vieira dos. A Indústria carbonífera catarinense, sua significação na expansão, seus problemas. Criciúma, set. 1976. n.p. Trabalho apresentado para o SNIEC.
15. SOLEDADE, L.E.B.; WALKOFF, A.P. Coqueificação.  
In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE CARVÃO MINERAL. Porto Alegre, nov. 1976. 62 p.
16. TRAUTMANN, Carlos; GAUSACHS, Miguel. Flotation de carboncillo n. 18 de lota p. 157-65.
17. Steel, Iron ore and coking coal. Menlo Park, Stanford Research Institute, Apr. 1976. 221 p. (World Mineral Availability, 3).

