

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL  
CONVÊNIO DNPM - CPRM

**PROJETO  
ESTUDO TECNOLÓGICO DOS  
CARVÕES DO BRASIL**  
**RELATÓRIO FINAL**

PHL 33345

	<b>SUREMI</b> SEDOTE
CPRM	<i>J. 96</i>
	ARQUIVO TÉCNICO
Relatório n.º	<i>634. S</i>
N.º de Volumes:	<i>1</i> V.:

*Antonio Rodrigues de Campos ✓  
Salvador L. Matos de Almeida ✓  
Amilcar Teixeira Santos ✓*



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS  
SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA MINERAL  
DIVISÃO DE TECNOLOGIA MINERAL  
RIO DE JANEIRO - R.J

1977

**PROJETO**  
**ESTUDO TECNOLÓGICO DOS CARVÕES DO BRASIL**

**Coordenador do Projeto**

*Antônio Rodrigues de Campos ✓*

**Chefe do Projeto**

*Salvador L. Matos de Almeida ✓*

**Equipe Executora**

*Amílcar Teixeira Santos ✓*

*Antônio Rodrigues de Campos ✓*

*Salvador L. Matos de Almeida ✓*

**Colaboração Especial**

*Francisco Wilson H Vidal*

*José Farias de Oliveira ✓*

*Ney Hamilton Porphirio ✓*

# PROJETO ESTUDO TECNOLÓGICO DOS CARVÕES DO BRASIL

## RELATÓRIO FINAL

### ÍNDICE DO VOLUME

	pág
APRESENTAÇÃO	i
RESUMO	ii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 - Considerações Gerais	2
1.2 - Objetivos	4
1.3 - Metodologia	5
1.4 - Agradecimentos	7
2. AMOSTRAGEM E VISITAS TÉCNICAS	9
2.1 - Finalidades e Locais Visitados	10
2.2 - Conclusões sobre as Visitas Técnicas	12
3. PESQUISAS DESENVOLVIDAS EM LABORATÓRIO	24
3.1 - Caracterização do Minério Bruto	25
3.1.1 - Preparação da Amostra	25
3.1.2 - Análises Granulométricas	26
3.1.3 - Análises Densimétricas - Curvas de Lavabilidade	27
3.1.4 - Estudo de Liberação	32
3.2 - Caracterização do Carvão Pré - Lavado	33
3.2.1 - Estudo de Liberação	33
3.2.2 - Análise Granulométrica	38
3.2.3 - Análise Densimétrica - Curva de Lavabilidade	38
3.2.4 - Análise Maceral	40
3.3 - Ensaio de Flotação	43
3.3.1 - Comentários	43
3.3.2 - Escolha de Material a ser Testado e Equipamentos Utilizados	44
3.3.3 - Metodologia para os Ensaio de Flotação	45
3.3.4 - Processamento dos Ensaio de Flotação	49
3.3.5 - Resultados dos Ensaio de Flotação	50

4. APRECIACÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

pág  
82

5. CONCLUSÕES

87

6. RECOMENDAÇÕES

91

7. BIBLIOGRAFIA

94

8. ANEXOS

97

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório reporta-se aos trabalhos desenvolvidos no "Projeto Estudo Tecnológico dos Carvões do Brasil", bem como aos resultados obtidos.

Este trabalho foi executado por solicitação do Departamento Nacional da Produção Mineral à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, através da solicitação de serviço DNPM/CPRM nº 083/75.

Trata-se de estudos de beneficiamento, visando a melhoria da qualidade do carvão nacional no que se refere ao abaixamento do teor de cinzas, procurando-se também melhorar o rendimento da fração metalúrgica, mediante, principalmente, a aplicação do processo de flotação.

## RESUMO

Toda pesquisa foi realizada em amostras de carvão da camada Barro Branco, coletadas na 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, à 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.

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 44%, a partir de uma alimentação contendo, em média, 27,2% de cinzas. Caso se queira um produto ainda mais puro, será possível chegar-se a um teor de cinzas de 9,5% com uma recuperação de 29%.

1. INTRODUÇÃO

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 - Considerações Gerais

O Plano Mestre de Siderurgia prevê uma produção de 22 milhões de toneladas de aço para 1980. Para atender à esta produção, será necessário um total aproximado de 15 milhões de toneladas de carvão, sendo 12 milhões de carvão importado. Entretanto, um dos aspectos da importação desta matéria prima é a falta de garantia desse abastecimento, a exemplo do que ocorreu em 1974, quando da greve dos mineiros dos E.U.A., com a paralização temporária do suprimento, e drástico aumento dos preços.

Com o agravamento da conjuntura mundial à respeito do carvão, provocado pela crise do petróleo, é provável que os países exportadores sejam levados a um movimento de proteção às suas reservas o que ocasionaria um grande aumento nos preços do carvão.

Objetivando diminuir as consequências do impacto que causaria tal crise, e objetivando também diminuir o déficit da balança comercial do país, o CONSIDER já vem dando ênfase à implantação de siderúrgicas à redução-direta e até mesmo à expansão da siderurgia à carvão vegetal.

Entretanto, o processo de obtenção de ferro que continuará a dominar no país, será o que utiliza altos-fornos à carvão mineral, por sua grande produtiv

vidade e pelos altos investimentos já realizados na instalação dos mesmos em todo país.

Desta forma, a maneira efetiva de se contribuir com a desaceleração do uso do carvão importado, seria incentivar a realização de novos estudos de beneficiamento do carvão nacional, visando não só melhorar sua qualidade e aumentar seu rendimento, como também desenvolver estudos de novos processos de coqueificação, em que poderiam ser empregados carvões tradicionalmente não-coqueificáveis, os quais possuímos em grande quantidade.

É exatamente ao primeiro aspecto citado, "novos estudos de beneficiamento de carvão", que este projeto se dedicou.

É por todos sabido que o carvão metalúrgico nacional é de péssima qualidade. Com um teor de cinzas de 18,5% e enxôfre 1,65%, fica inteiramente fora das especificações exigidas pelas siderúrgicas, que é de no máximo 11% de cinzas e 0,9% de enxôfre. Seu uso então é admissível em mistura com os carvões importados, em quantidades de 20% em peso. Além da desvantagem técnica, o carvão nacional sempre apresentou preços muito mais altos que os importados. Com este quadro tão desfavorável, as siderúrgicas só compravam o carvão nacional por imposição do governo, que adotou essa política para evitar o fechamento das minas do sul do país.

Tal política mostrou-se inteiramente acertada quando da crise de 1974, em que as siderúrgicas, por falta de recebimento do carvão importado, tiveram de usar o carvão nacional na percentagem de 75% da mistura. Embora os altos-fornos tenham funcionado bem mal, com seu rendimento diminuído sensivelmente devido ao elevado teor de cinzas com que o coque passou a se apresentar, a verdade é que eles não pararam, o que teria acontecido, caso as minas nacionais estivessem fechadas.

A outra consequência desta crise foi o incrível aumento do preço do carvão estrangeiro, fazendo com que este passasse a ser equivalente ao do mercado interno brasileiro. Tal situação teve, sem dúvidas, seu lado positivo, pois com os preços equiparados, já se podia pensar em realizar um melhor beneficiamento do carvão nacional.

## 1.2 - Objetivos

Conforme foi visto no item anterior, os grandes defeitos do carvão nacional são os elevados teores de cinza (18,5%) e enxôfre (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 processo de ciclones à meio

denso, no Lavador de Capivari), o carvão brasileiro dá um rendimento, em carvão metalúrgico, da ordem de 45% em relação ao pré-lavado, e 50% em carvão vapor com 40% cinzas.

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, conseqüentemente, onerando bastante, o preço da fração metalúrgica.

Desta forma, objetivou-se nesse projeto, desenvolver um método de beneficiamento, visando melhorar a qualidade do carvão, e aumentar o rendimento da fração metalúrgica, já que com os métodos atuais, não se alcança melhores performances do que as já relatadas.

### 1.3 - Metodologia

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 à 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 sub-produtos do beneficiamento, etc.

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

As pesquisas desenvolvidas em laboratório, constaram de duas fases:

- 1ª) caracterização do minério e estudo de liberação de carvão;
- 2ª) ensaios de flotação.

Na primeira fase, o objetivo principal foi o estudo da granulometria de liberação do carvão, o que foi feito através de elaboração de curvas de lavabilidade, após cominuição do material à diferentes granulometrias, e através de 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:

1ª série - pesquisa da melhor faixa de pH, para os coletores querosene e óleo diesel;

2ª série - pesquisa da melhor concentração, de cada coletor, da polpa;

3ª série - pesquisa da melhor concentração do espumante (óleo de pinho);

4ª série - pesquisa do melhor tempo de flotação, e da influência da concentração do amido na polpa.

#### 1.4 - Agradecimentos

Agradecemos sinceramente a todos os técnicos, e pessoal das minerações visitadas e amostradas, aos técnicos do Lavador de Capivari, do Porto de Imbituba, Indústria Carboquímica Catarinense, Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, e da Cia. Siderúrgica Na

cional, pela espontânea colaboração, o que foi fator de grande importância para a realização deste projeto. À todos ainda que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste projeto, nossos sinceros agradecimentos.

## 2. AMOSTRAGEM E VISITAS TÉCNICAS

## 2. AMOSTRAGEM E VISITAS TÉCNICAS

### 2.1 - Finalidades e Locais Visitados

As finalidades das visitas técnicas foram as seguintes:

- obter dados e informações gerais sobre a tecnologia nacional de obtenção de carvão e verificar os circuitos de beneficiamento das principais minerações da região carbonífera de Santa Catarina, assim como do Lavador de Capivari;
- verificar problemas decorrentes do manuseio do carvão;
- obter informações sobre o uso do carvão, suas especificações, e problemas decorrentes da aplicação do carvão nacional na siderurgia;
- obter junto aos centros de pesquisa, informações sobre a realização de testes e ensaios tecnológicos de carvão, e equacionar problemas decorrentes da dificuldade da análise petrográfica de finos de carvão;

- obter informações sobre o aproveitamento de sub-produtos, tais como: carvão-vapor e rejeito piritoso.

Para a realização destes objetivos foram visitadas as seguintes entidades:

- Minerações da Cia. Próspera, em Criciúma e Siderópolis, e principais minerações do grupo independente;
- Lavador de Capivari;
- Porto de Imbituba;
- Coqueria e Centro de Pesquisa da Cia. Siderúrgica Nacional;
- Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - CIENTEC;
- Termelétrica Jorge Lacerda;
- Indústria Carboquímica Catarinense (ICC).

Além das visitas técnicas foram realizadas visitas com a finalidade de se retirar amostras para os ensaios em laboratório. As usinas amostradas foram as da Carbonífera Próspera, em Criciúma, e Siderópolis. Estas amostragens foram realizadas em três etapas, ao longo do desenvolvimento do projeto. Os pontos do circui-

to da usina em que foram realizadas amostragens foram: ali mentação da usina, carvão pré-lavado e carvão flotado.

## 2.2 - Conclusões Sobre as Visitas Técnicas

### a. Generalidades

A bacia carbonífera de Santa Catarina é a única que, até o momento, tem carvão metalúrgico (betuminoso) em quantidades economicamente explotáveis. O quadro 1 (pag.13), mostra as reservas de carvão do Brasil meridional. Recentemente foi descoberto carvão metalúrgico em Gravataí, RS, que ainda não está totalmente cubado, porém tudo indica tratar-se de uma reserva também considerável.

Em Santa Catarina, existem, no total, 10 camadas de carvão, sendo que as mais importantes são: a Barro Branco, a Irapuá e a Bonito. Entre estas, somente a Barro Branco e a Irapuá possuem carvão metalúrgico. O quadro 2 (pag.14), mostra as reservas de cada camada.

De um modo geral, todas as minerações explotam a camada Barro Branco. A camada Irapuá é lavrada apenas em ocorrências restritas. A Bonito ainda não é lavrada.

QUADRO 1

RESERVAS DE CARVÃO DO BRASIL MERIDIONAL  
10<sup>6</sup>t

ESTADO	JAZIDA	RESERVAS		TIPO DE CARVÃO
		MEDIDA + INDICADA	TOTAL ESTIMADO	
RIO GRANDE DO SUL	CANDIOTA	1 265,0	8 000,0	SUB-BETUMINOSO
	IRUI	109,0	330,0	"
	LEÃO - BUTIA	40,0	640,0	"
	CHARQUEADAS	1 013,0	1 100,0	"
SUB-TOTAL	4	2 427,0	10 070,0	-
SANTA CATARINA	SANTA CATARINA	849,3	1 570,0	BETUMINOSO
SUB-TOTAL	1	849,3	1 618,3	-
PARANÁ	RIO DO PEIXE	29,0	40,0	BETUMINOSO
	RIO TIBAGI	5,8	7,0	"
SUB-TOTAL	2	34,8	47,0	-
TOTAL	7	3 311,1	11 735,3	-
FONTES: TRABALHOS DO DACM, CRM, COPELMI, DNPM, CPRM, IBPT				

QUADRO 2

RESERVAS DE CARVÃO DE SANTA CATARINA

CAMADAS	CARVÃO ROM 10 <sup>6</sup> t	CARVÃO PL 10 <sup>6</sup> t	CARVÃO METALURGICO 10 <sup>6</sup> t	CARVÃO VAPOR 40 % CZ 10 <sup>6</sup> t	CARVÃO VAPOR 35 % CZ 10 <sup>6</sup> t
BARRO BRANCO	2 280	760	364,8	395,2	—
IRAPUÁ	22	10	4,5	5,5	—
BONITO	2 000	800	-	-	800
TOTAL	4 303	1 570	369,3	400,7	800

FONTE: C.P.R.M

A exploração do carvão em Santa Catarina é realizada por companhias que se dividem em 2 grupos: o grupo A, constituído pela Carbonífera Próspera pertencente à Cia. Siderúrgica Nacional - CSN, e o grupo B, constituído por mineradores independentes. As companhias que compõem o grupo B são as seguintes:

- Carbonífera Metropolitana S.A.;
- Carbonífera Criciúma;
- Cia. Bras. Carbonífera Araranguá;
- Cia. Carbonífera de Urussanga;
- Soc. Carbonífera Boa Vista S.A.;
- Carbonífera Treviso S.A.;
- Cia. Carbonífera Catarinense S.A.;
- Cia. Nac. Min. de Carvão de Barro Branco;
- Cia. Barão do Rio Branco-Içara.

Esta última mineração já deve ter sido incorporada ao grupo A.

A produção destas minerações era regida pelo sistema de cotas. Com o aumento em 1975, de 20% para 30% na participação do carvão metalúrgico nacional na mistura com o importado, a produção das minerações foi liberada. Antes disso, para atender as crescentes necessi

dades brasileiras de aço, que prevêm para 1980 uma produção de 22 milhões de toneladas, o que equivale à uma demanda de 2.630 mil toneladas de carvão metalúrgico nacional, foi autorizado, em 1974, a implantação de 6 projetos de minas mecanizadas de 600.000 t/ano. Entretanto devido à previsão de 5.500 mil toneladas de carvão metalúrgico nacional para 1985, o governo autorizou a implantação de mais 14 novas minerações mecanizadas de 600.000 t/ano (fonte: Revista Mineração e Metalurgia, maio de 1977). Para o aproveitamento do carvão-vapor, conseqüente da obtenção do carvão metalúrgico, está previsto o aumento da potência da usina termelétrica Jorge Lacerda, e a implantação, em Santa Catarina, de uma usina de gaseificação de carvão.

b. Beneficiamento do Carvão em Santa Catarina.

b.1 - Pré-lavagem

O carvão bruto da mina sofre uma pré-lavagem no próprio local. Esta operação consiste basicamente de uma britagem a 1 1/2" ou 1", sendo que o produto britado sofre uma jigagem, seguida por uma separação granulométrica à 28 mesh. Os jigues empregados são, na maioria das minerações, do tipo Baum. O produto maior que

28 mesh é denominado carvão pré-lavado grosso (CPL grosso), e representa 29% em peso da alimentação. A fração menor que 28 mesh vai para o circuito de finos. A primeira operação deste circuito é uma ciclonagem, que faz um corte à 100 mesh. A fração menor que 100 mesh, "overflow" do ciclone, é considerada rejeito em algumas minerações, e em outras é recirculada, em parte, para o jigge, ou para o circuito de flotação.

A fração maior que 100 mesh, "underflow" do ciclone, é peneirada novamente à 28 mesh, e a fração retida é denominada CPL fino e é juntada ao CPL grosso, formando um só produto denominado CPL, que representa, em média, uns 30% em peso da alimentação da usina. Este produto é enviado, por via férrea, ao Lavador de Capivari, para um beneficiamento final.

A fração menor que 28 mesh deste segundo peneiramento é, em geral, flotado. Quando não há circuito de flotação na usina, este produto é passado em uma peneira de 60 mesh, cujo passante é estocado para uma posterior flotação, e o retido constitui moinha para fabricação de coque de fundição. Em algumas minerações utiliza-se mesa concentradora para tratar o "underflow" do ciclone. O concentrado desta mesa é ainda passado na peneira de 60 mesh, cujo retido vai para a coqueria particular da mineração, onde se produz coque de fundição. O passante vai para a flotação. O produto misto da mesa, em geral, recircula nela mesma.

Os produtos de flotação têm destinos diferentes segundo a mineradora: se esta pertence ao grupo A, o flotado vai direto para o porto de Imbituba, onde é misturado com o carvão metalúrgico que vem do Lavador de Capivari; se a mineração pertence ao grupo B, o flotado vai para as coquearias locais para a fabricação de coque de fundição. As flotações realizadas nestas minerações não obedecem a nenhum circuito pré-estabelecido através de ensaios de laboratório, onde seriam otimizadas as variáveis julgadas mais influentes no processo.

#### b.2 - Beneficiamento Final

O CPL resultante da pré-lavagem de todas as minerações, é remetido ao Lavador de Capivari pela estrada de ferro D. Tereza Cristina. O Lavador tem uma capacidade de lavagem de 3 milhões de toneladas anuais de CPL, estando prevista uma expansão que permitirá o processamento de 5 milhões t/a.

Basicamente, o processo empregado consiste na redução granulométrica do carvão pré-lavado de 1 1/2" à menos de 25 mm, seguido de beneficiamento em ciclones de meio-denso para a fração 25 mm x 0,59 mm, e ciclonação em duplo estágio para a fração 0,59 mm x 0. Eventualmente pode ser utilizado o jigge para o beneficiamento do carvão-vapor.

O rendimento em peso dos produtos obtidos é o seguinte: carvão metalúrgico com 18,5% Cz representa aproximadamente 44% em peso da alimentação, e o carvão-vapor com 38 - 42% Cz, representa 51%. Existe uns 5% de perdas na operação (figura 1, pag. 20).

Se se tentar abaixar o teor de cinzas do carvão metalúrgico brasileiro para 15% (figura nº 2, pag. 21), o rendimento ponderal deste cai para 30%, dando como consequência uma produção de 70% de carvão-vapor com 35% de cinzas (CV 35). Desse CV 35, parte dele, (35%), é desdobrado em dois produtos: carvão-vapor com 40% cinzas (CV 40), que é fornecido à termelétrica ELETROSUL e carvão com 28% de cinzas (CV 28), em que uma parte deste vai para a termelétrica UTE, e a outra é estocada. O restante do CV 35 é também estocado. Vê-se, com isto, que o problema é essencialmente de ordem econômica, pois conservando a mesma faixa granulométrica, se se pretender obter carvão metalúrgico com teores de cinzas menores que 18,5%, vai acarretar, cada vez mais, maior produção de carvão-vapor, a qual será muito superior às possibilidades de absorção pelo mercado. A estocagem do excesso de produção, sempre onera o preço do carvão metalúrgico produzido.

Para uma melhor compreensão do circuito de beneficiamento final, realizado no Lavador de Capivari, é apresentado na figura 3, na página 22, um fluxograma simplificado do mesmo.

CIRCUITO PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO METALÚRGICO COM 18,5% CZ

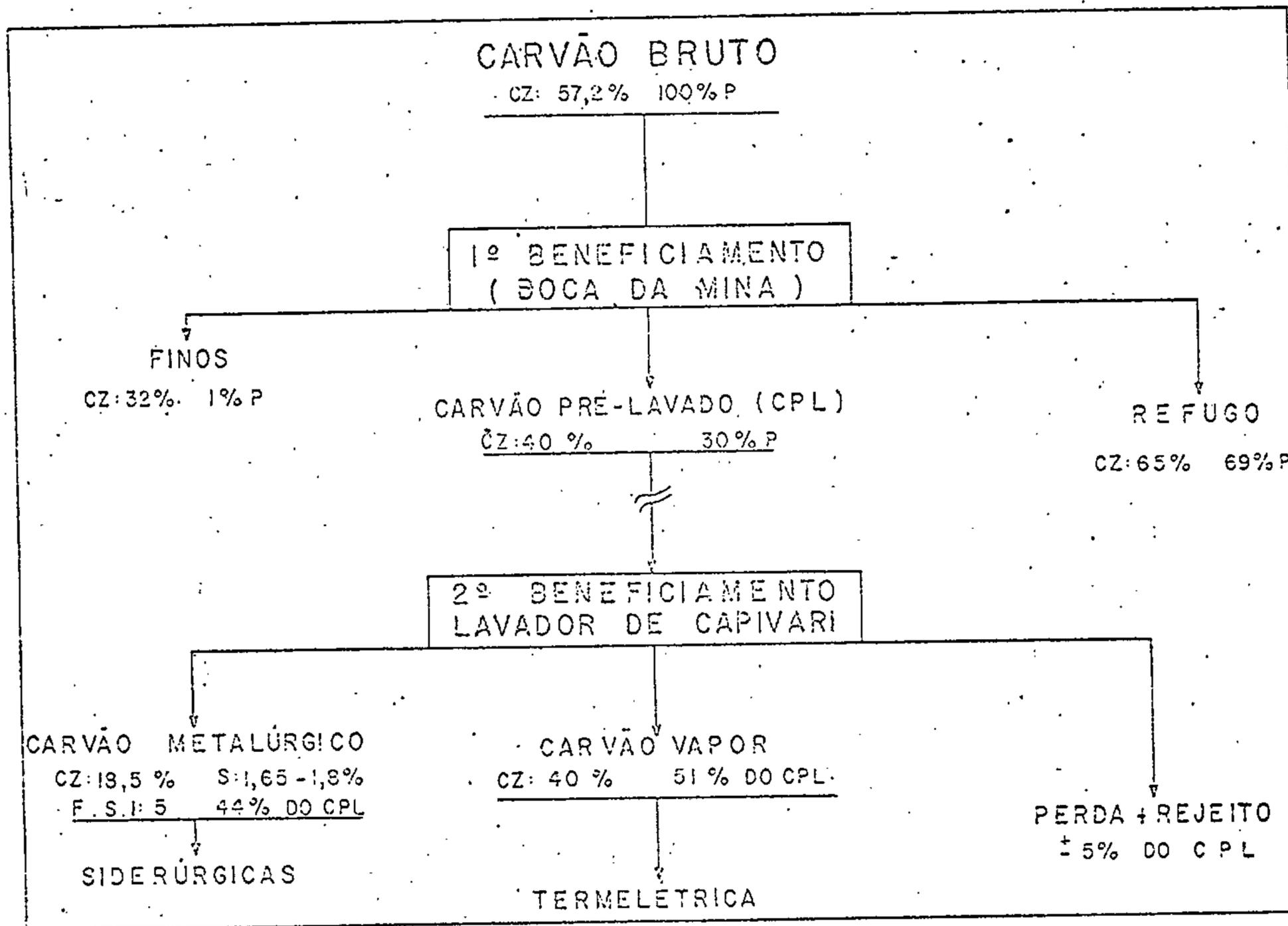


FIGURA 1

CIRCUITO PARA PRODUÇÃO DE CARVÃO METALÚRGICO COM 15 % CZ

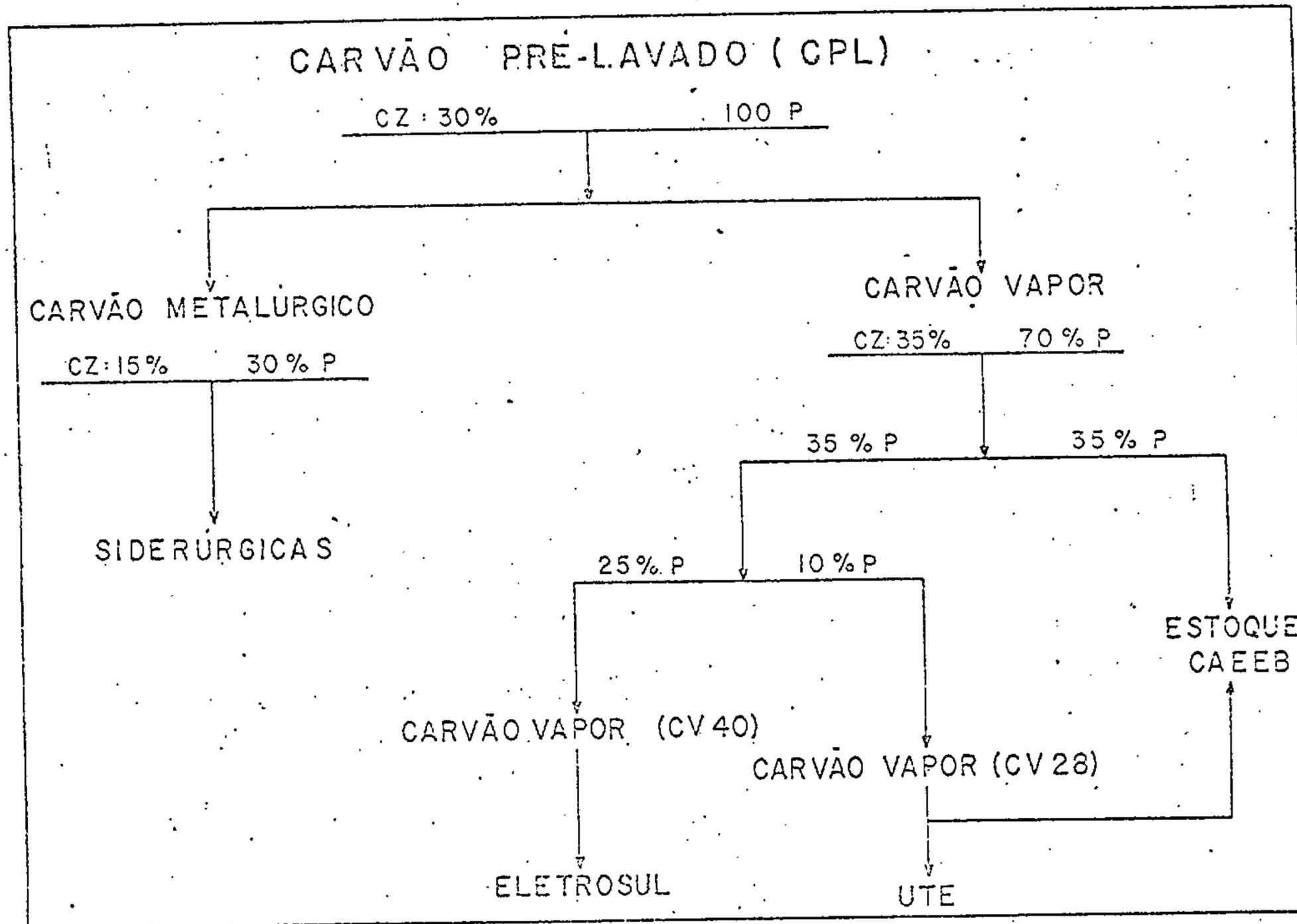


FIGURA 2 -

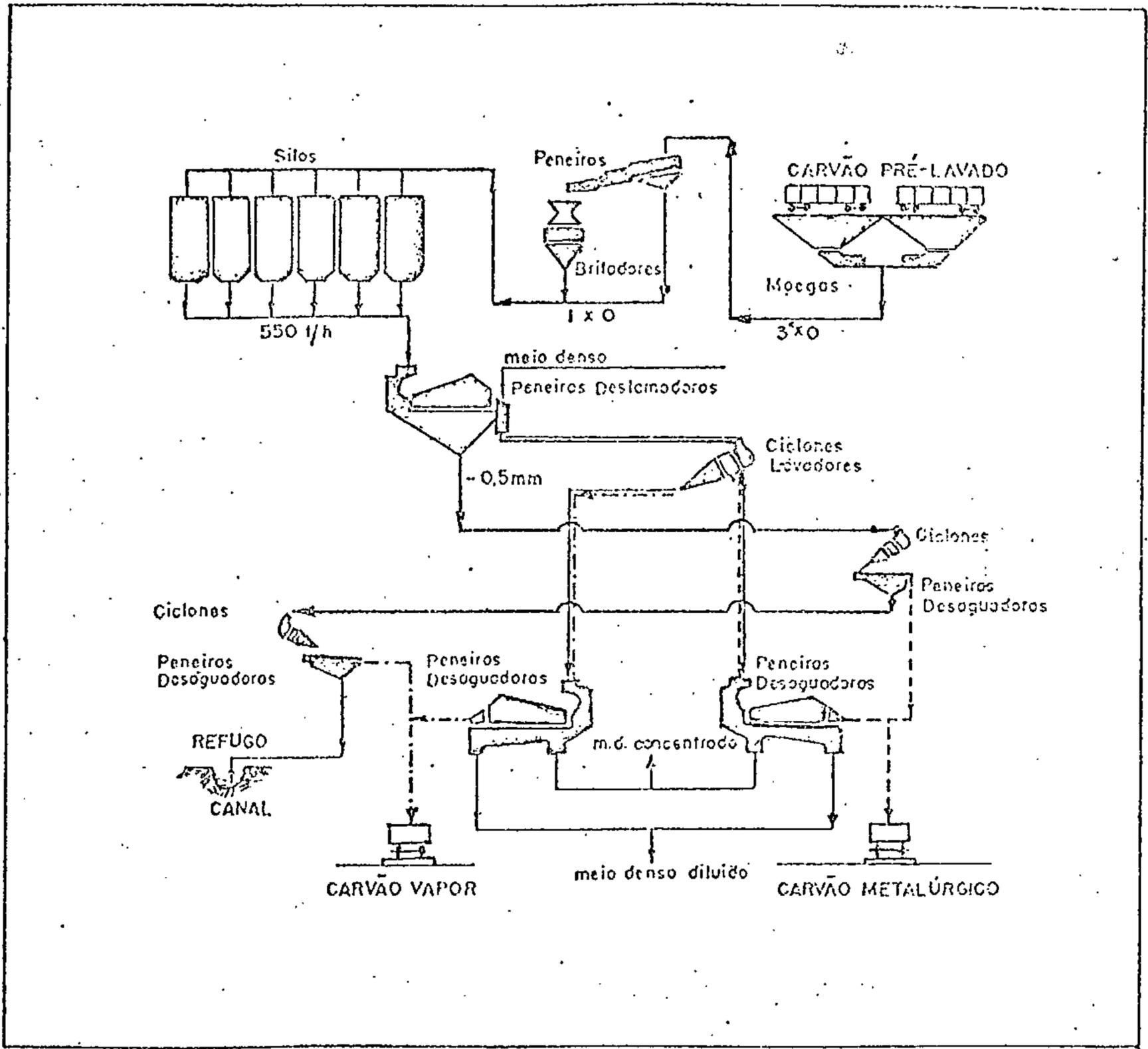


FIGURA 3 - Fluxograma simplificado do Lavador de Capivari

c. Problemas Relativos à Utilização  
do Carvão Metalúrgico Nacional

O carvão metalúrgico nacional é utilizado, nas três grandes siderúrgicas estatais numa proporção entre 20 e 30% em mistura com diferentes tipos de carvões importados (alto, médio e baixo voláteis). Uma maior participação do carvão nacional nessa mistura é, até o momento, prejudicada somente pelos seus altos teores de cinzas e enxôfre, pois as propriedades coqueificantes são relativamente boas e, em certos aspectos atuam positivamente na mistura.

Para a realização de um beneficiamento no carvão nacional, a uma britagem mais reduzida, visando a abaixar seus teores de cinzas e enxôfre, atualmente em 18,5% Cz e 1,65% S, para valores compatíveis com as especificações das siderúrgicas que são de, no máximo 11% Cz e 0,9% S, defronta-se com a especificação de granulometria para o carvão, que é de no máximo 4% abaixo de 100 mesh, pois o arraste de finos pelo tubo de ascensão das baterias de coqueificação, causam problemas operacionais.

### 3. PESQUISAS DESENVOLVIDAS EM LABORATÓRIO

### 3. PESQUISAS DESENVOLVIDAS EM LABORATÓRIO

O material utilizado para o desenvolvimento das pesquisas em laboratório, foi o minério da mina 4 da Carbonífera Próspera em Criciúma, que minera carvão da camada Barro Branco. Devido ao fato de todas as minerações da região lavrarem principalmente esta camada, qualquer conclusão obtida para o minério de uma mina, com referência aos ensaios de concentração, será válida para qualquer outra, necessitando apenas, provavelmente, de pequenos ajustes para sua otimização. Desta forma, a escolha da mina 4 da Próspera para o desenvolvimento dos estudos, deveu-se ao fato dela ser uma das maiores produtoras da região.

#### 3.1 - Caracterização do Minério Bruto ("Run-of-Mine")

##### 3.1.1 - Preparação da Amostra

A amostra destinada à estes ensaios constituiu-se de fração representativa da alimentação da usina, isto é, o "run-of-mine" britado à 1 1/2 polegada.

Em virtude do seu alto grau de umidade, o material teve de ser secado em estrados (secagem na

tural) por um período de 24 horas. Após essa secagem foi construída uma pilha de homogeneização, de onde foram retiradas alíquotas para a realização dos ensaios de caracterização do minério. Para o estudo das curvas de análise granulométrica e de lavabilidade, foram realizadas britagens à 1", 1/2", 3 M e 28 M. Para as duas primeiras britagens, o material foi reduzido através de um britador de mandíbulas, e para as duas últimas, o material foi reduzido inicialmente num britador de mandíbulas, e posteriormente num britador de rolos.

### 3.1.2. - Análises Granulométricas

Foram realizadas análises granulométricas do minério britado à 1 1/2", à 1", à 1/2", à 3 M e à 28 M. Tais ensaios foram realizados numa coluna vibratória Denver, à úmido, com tempo fixado em 20 minutos, utilizando-se a série Tyler  $\sqrt{2}$ , para o material passante em 1/4". Acima desta granulometria foi realizado peneiramento manual à seco.

Cada fração granulométrica, após pesada, foi dividida em duas amostras equivalentes, uma destinada à análise química e outra ao arquivo.

Os resultados das análises de teor de cinzas e enxôfre, por fração granulométrica, referentes à cada britagem, encontram-se nas tabelas dos anexos 14, 15, 16, 17 e 18.

Com os dados das tabelas acima, foram construídos os gráficos n<sup>os</sup>. 1 e 2, mostrados a seguir, nas páginas 28 e 29. O gráfico n<sup>o</sup> 1 apresenta as curvas granulométricas da alimentação da usina britada à diferentes graus de britagem. O gráfico n<sup>o</sup> 2 apresenta as curvas de distribuição das cinzas acumuladas em função da granulometria, para os diferentes graus de britagem.

### 3.1.3 - Análises Densimétricas. Curvas de lavabilidade

Foram realizadas análises densimétricas com o minério britado também a diversos graus de britagem, quais sejam: 1", 1/2", 3 M e 28 M.

O material resultante de cada britagem sofreu uma classificação granulométrica, que teve por objetivo uma melhor eficiência do ensaio. Assim, foram obtidas diversas frações granulométricas para cada britagem, conforme é mostrado a seguir:

CURVAS GRANULOMÉTRICAS DA ALIMENTAÇÃO DA USINA PRÓSPERA

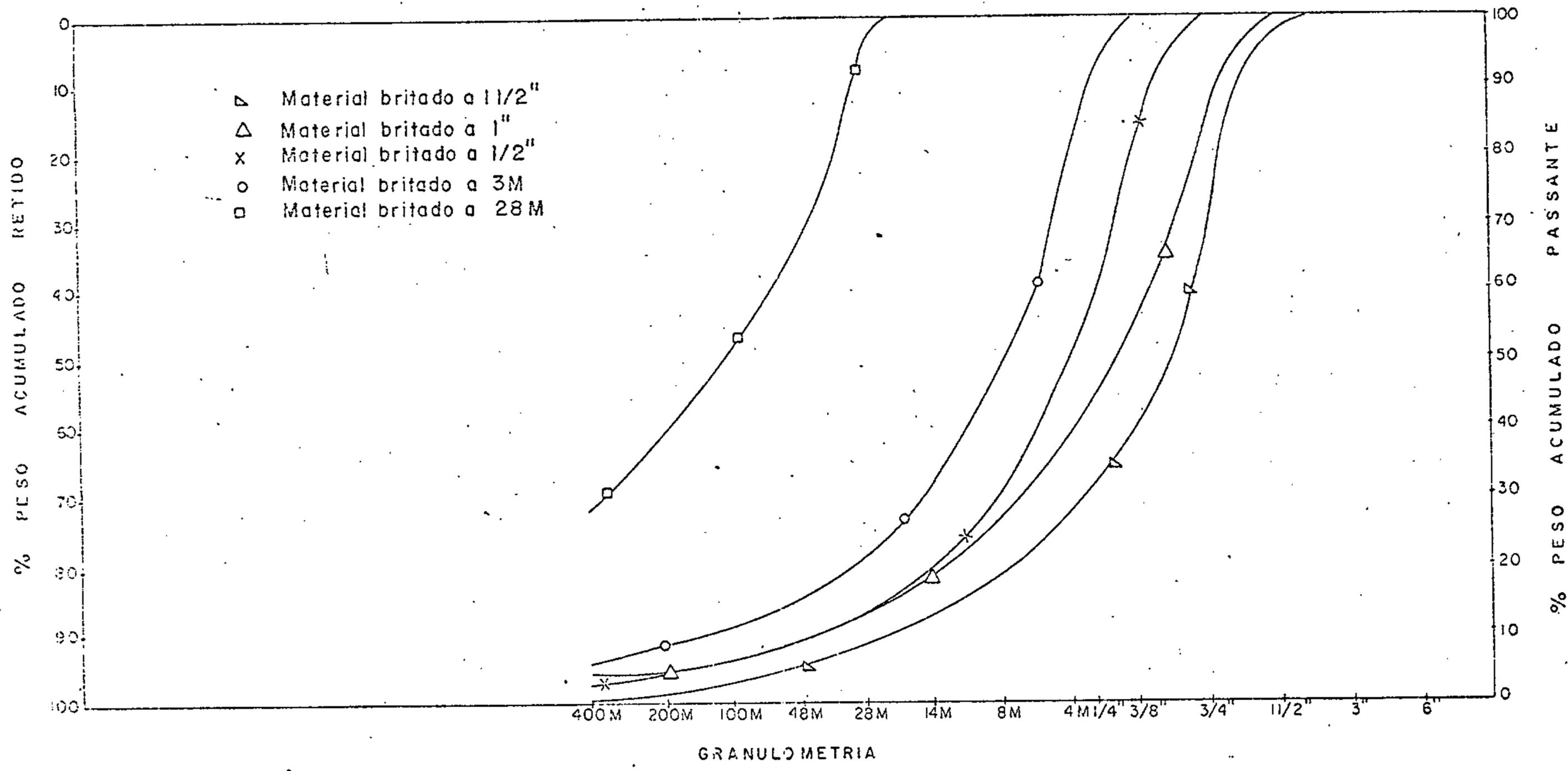


GRÁFICO - 1

DISTRIBUIÇÃO DAS CINZAS ACUMULADA, EM FUNÇÃO DA GRANULOMETRIA

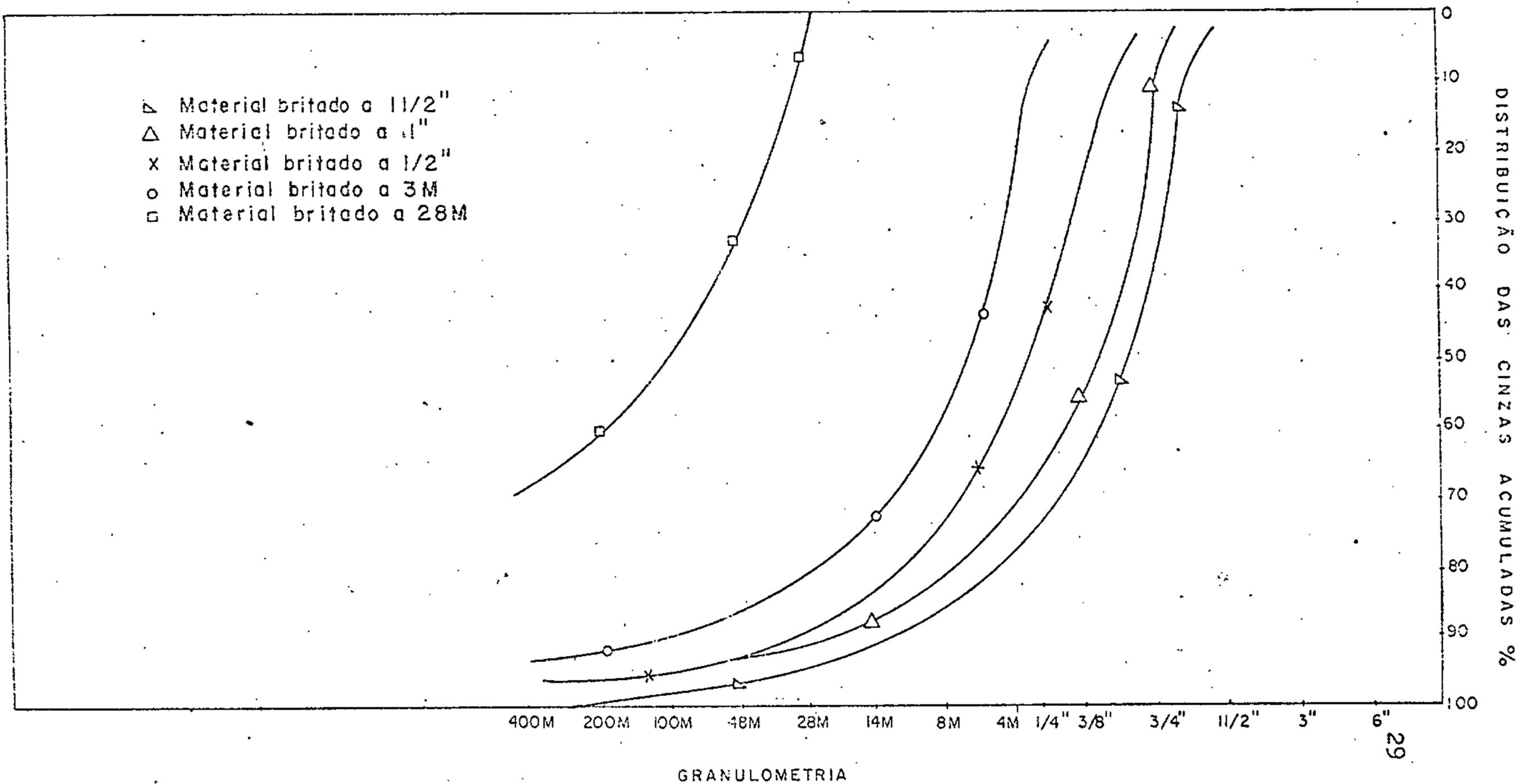


GRÁFICO - 2

a) Britagem à 1":

Fração Granulométrica	Peso (%)
1" x 3 M	60,20
3 M x 28 M	28,19
28 M x 200 M	6,57
- 200 M	5,04

b) Britagem à 1/2":

Fração Granulométrica	Peso (%)
1/2" x 6 M	62,93
6 M x 28 M	22,40
28 M x 200 M	8,89
- 200 M	5,78

c) Britagem à 3 M

Fração Granulométrica	Peso (%)
3 M x 28 M	84,75

28 M x 200 M	9,15
- 200 M	6,10

d) Britagem à 28 M

Fração Granulométrica	Peso (%)
28 M x 200 M	74,8
- 200 M	25,2

Cada fração granulométrica de cada britagem (com exceção da fração - 200 M), foi passada em meios densos, de densidades variando de 1,3 a 2,0, sendo feitas determinações do teor de cinzas e enxôfre, para cada faixa densimétrica resultante.

Os resultados obtidos para a britagem à 1" se encontram nas tabelas em anexo 1 A, 2A, 3 A, referentes a cada fração granulométrica. A tabela 4 A, em anexo, é referente a fração total desta britagem (com exceção da fração - 200 M), e foi obtida por composição das tabelas anteriores (1 A, 2 A e 3 A). Com base nestas tabelas foram construídas as curvas de lavabilidade que são apresentadas nos anexos 1, 2, 3 e 4.

Os resultados para a britagem à 1/2", foram obtidos da mesma forma, e estão apresentados nas tabelas 5 A, 6 A, 7 A e 8 A em anexo. As curvas de lavabilidade desta britagem à 1/2", se encontram nos anexos 5, 6, 7 e 8.

Para a britagem à 3 M, os resultados obtidos encontram-se analogamente, nas tabelas 9 A, 10 A e 11 A em anexo, assim como as respectivas curvas de lavabilidade se encontram nos anexos 9, 10 e 11.

Para a britagem à 28 M, os resultados obtidos encontram-se na tabela 12 A. A curva de lavabilidade referente à esta fração se encontra no anexo 12.

#### 3.1.4 - Estudo de Liberação

A liberação de grande parte dos folhelhos carbonosos, siltitos e nódulos de pirita, já ocorre a uma granulometria grosseira (em torno de 2").

Entretanto foi feito através da análise das curvas de lavabilidade, referentes às frações totais para cada britagem (1", 1/2", 3 M e 28 M - anexos 4, 8, 11 e 12), um estudo de liberação; verificou-se, com este estudo, que somente a partir de 28 M, houve uma libera

ção significativa do carvão de melhor qualidade, parte da pirita, calcita e outros aglomerados argiláceos.

Deve-se ressaltar ainda, que a britagem à 28 M produz considerável quantidade de finos (-200M), que não são computados nas curvas de lavabilidade. Estes finos estão inteiramente liberados, e se fossem computados, acentuariam ainda mais a evidência de uma melhor liberação do material, quando britado à 28 M.

Entretanto, embora a partir da britagem à 28 M se verifique um aumento na liberação do minério, não se justifica a britagem de todo ele, à esta granulometria, por motivos econômicos. O mais indicado é a realização de um pré-beneficiamento à uma granulometria mais grosseira, e aí então, no concentrado resultante, realizar a britagem à 28 M. Por este motivo é que doravante, todas as pesquisas deste projeto, serão realizadas a partir do CPL, britado à 28 M.

### 3.2 - Caracterização do Carvão Pré-Lavado (CPL)

#### 3.2.1 - Estudo de Liberação

Este estudo foi feito através de pe-

trografia, no material CPL, britado à 28 M, classificado em diversas frações granulométricas.

Tal estudo é mostrado a seguir.

a) Fração + 28 M:

Nesta granulometria são vistos todos os minerais e microlitotipos característicos do carvão, ocorrendo em boa quantidade os cristais desenvolvidos e de formas irregulares. Presença de alguns grãos de calcita e de aglomerados de material argiláceo, inteiramente liberados.

A maioria dos grãos de pirita não estão liberados e se encontram nesta fração inclusos nos diversos macerais.

b) Fração 28 x 35 M:

Grau de liberação: 66%

Nesta fração foram analisados alguns fragmentos de carbonato e aglomerados de material muito fino (argila), distribuídos geralmente nos interstícios

deixados pelos macerais.

c) Fração 35 x 48 M:

Grau de Liberação: 76%

São encontrados, além dos macerais e microlitotipos, cristais romboédricos e às vezes irregulares de calcita, aglomerados argiláceos associados ao material fino de carbonato e alguns grãos livres e arredondados de pirita.

d) Fração 48 x 65 M:

Grau de Liberação: 78%

Nesta fração granulométrica a calcita ocorre em cristais romboédricos bem formados, com linhas de geminações visíveis, assinalando-se ainda alguns aglomerados argiláceos associados ao carbonato de aspecto fino e pulverulento. A pirita quando em grãos isolados, mostra-se geralmente arredondada e em tamanhos variados.

e) Fração 65 x 100 M:

Grau de Liberação: 85%

Nesta fração além dos grãos isolados de pirita, são vistos cristais de calcita de formas romboédricas e geminados, bem como aglomerados irregulares de material argiláceo associados a carbonato fino, às vezes impregnados por limonita.

f) Fração 100 x 150 M:

Grau de Liberação: 85%

Presença de macerais típicos do carvão, alguns grãos de pirita arredondados e/ou xenomórficos, cristais romboédricos de calcita distribuídos entre os grãos de macerais, argila e carbonato fino em aglomerados irregulares associados, em alguns casos, à limonita.

g) Fração 150 x 200 M:

Grau de Liberação: 93%

São vistos os mesmos constituintes da fração anterior, os quais exibem idênticas relações entre si e aspectos morfológicos.

h) Fração 200 x 270 M:

Nesta fração os constituintes se encontram totalmente liberados, aparecendo um ou outro material do tipo vitrinita, que têm como inclusões, diminutos grãos arredondados de pirita.

Mais raramente são vistos pequenos cristais de calcita bem formados e alguns aglomerados de material argiláceo.

i) Fração 270 x 325 M:

Totalmente liberados os constituintes, observando as mesmas características das frações anteriores.

Como se pode verificar pela análise petrográfica, todo o material carbonático e argiláceo já se encontra liberado na fração + 28 M, porém a pirita só encontra liberação satisfatória (85%) a partir de 100 M.

### 3.2.2 - Análise Granulométrica

Com base no estudo do item anterior , onde conclui-se que a liberação do carvão pré-lavado (CPL) ocorre (com exceção da pirita) a partir de 28 M, foi feita então a análise granulométrica do CPL, britado à esta granulometria.

Esta análise foi realizada a úmido em uma coluna vibratória Denver, utilizando-se a série Tyler  $\sqrt{2}$ , por um tempo de 20 minutos.

Cada fração granulométrica após pesada, foi dividida em três amostras equivalentes, uma destinada à análise química, outra à análise maceral, e outra ao arquivo.

Os resultados das análises de teor de cinzas e enxôfre, por fração granulométrica, referentes à cada britagem, encontram-se na tabela nº 1, mostrada na página 39.

### 3.2.3 - Análise Densimétrica. Curva de Lavabilidade

A partir do CPL britado à 28 M, foi

TABELA 1

Análise Granulométrica do CPL Britado à 28 M

Fração (Mesh)	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 x 35	28,03	32,92	25,7	0,67	0,35	0,05	1,08
35 x 48	13,78	46,70	25,4	0,83	0,43	0,04	1,30
48 x 65	10,64	57,34	25,7	0,88	0,44	0,04	1,36
65 x 100	8,41	65,75	23,3	0,80	0,33	0,05	1,18
100 x 150	8,17	73,92	24,0	1,04	0,48	0,03	1,55
150 x 200	3,96	77,88	23,0	1,10	0,48	0,03	1,61
200 x 270	3,58	81,46	22,9	1,08	0,54	0,05	1,67
270 x 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*

\* Valor calculado

feita uma análise densimétrica. O material resultante desta britagem, sofreu uma classificação granulométrica, que teve por objetivo uma melhor eficiência do ensaio. Assim, foram obtidas diversas frações granulométricas, conforme é mostrado a seguir:

Fração Granulométrica	Peso (%)
+ 28 M	3,95
28 x 200 M	66,71
- 200 M	29,34

A fração 28 x 200 M, foi passada em meios densos, de densidades variando de 1,3 a 2,0, sendo feita determinações do teor de cinzas e enxôfre, para cada faixa densimétrica resultante.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela 13. A, em anexo, e a curva de lavabilidade obtida a partir destes resultados, encontra-se no anexo 13.

#### 3.2.4 - Análise Maceral

Também a partir do carvão pré-lavado (CPL), britado à 28 M, foi realizada uma análise maceral de cada fração granulométrica.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela nº 2, apresentada na página 42.

É interessante observar-se que a fração menor que 325 M, que tem considerável percentagem em peso, é constituída de carvão de excelente qualidade (70% de vitrinita).

TABELA 2

Análise Maceral do CPL Britado a 28 Mesh

Fração (Mesh)	Peso %	Vitrinita %	Exinita %	Inertinita %	Minerais %
+ 28	4,89	48	3	26	23
28 X 35	28,03	47	3	34	16
35 X 48	13,78	46	6	32	16
48 X 65	10,64	56	4	28	12
65 X 100	8,41	64	3	26	7
100 X 150	8,17	55	3	33	8
150 X 200	3,96	66	5	24	5
200 X 270	3,58	70	2	21	7
270 X 325	2,71	65	3	26	6
- 325	15,83	70	0	3	27

### 3.3 - Ensaio de Flotação

#### 3.3.1 - Comentários

Tendo se verificado que a liberação do carvão ocorre somente a partir de 28 M, escolheu-se a flotação como o processo de concentração de carvão a ser pesquisado neste projeto, em virtude de sua alta eficiência, principalmente para esta faixa de granulometria.

Além disso, tendo em vista o desejo de se realizar um estudo de beneficiamento petrográfico do carvão, que consiste em realizar uma flotação seletiva dos diferentes constituintes do mesmo (vitrênio, clarênio, durênio e fusênio), a flotação se apresenta como um dos processos, em que tal tipo de beneficiamento mais facilmente pode ser realizado.

A flotação, embora já seja aplicada no Brasil nas minerações de Santa Catarina, tem sua operação realizada sem conhecimento das faixas ótimas das principais variáveis. Além disso ela é aplicada somente aos finos de carvão gerados na britagem do "run-of-mine". Nosso objetivo é verificar a eficiência da flotação, definindo seus principais parâmetros, não somente no beneficiamento desses finos, mas também como uma outra opção de operação principal de beneficiamento do CPL.

### 3.3.2 - Escolha do Material a Ser Testado, e Equipamentos Utilizados

Para a realização dos ensaios de flotação foi utilizado o carvão pré-lavado, com teor médio de 27,2% Cz.

Esta escolha foi fundamentada nos estudos de liberação do carvão bruto e do CPL, os quais mostraram que, embora a liberação total do carvão (com exceção da pirita), só ocorra a partir de 28 M, não é recomendável a britagem inicial do carvão bruto a esta granulometria.

Como a moagem é um dos itens mais caros nos estudos de beneficiamento de minérios, o que se faz normalmente quando já existe alguma liberação da parte valiosa ou da ganga, é um pré-beneficiamento, para recuperar a parte valiosa já liberada, ou apenas para descartar parte do estéril, caso este apresente teor muito baixo (ou nulo) da parte valiosa. Por esta razão é que se procurou atingir a liberação total, somente a partir de um produto pré-beneficiado, que é o CPL, onde grande parte do estéril já foi descartado.

Os equipamentos utilizados foram os seguintes:

- célula de flotação Denver "Sub-A",

modelo D-2, com tanque de vidro com 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 4ª série de testes;
- medidor de pH Metronic, com precisão de 0,1 unidade de pH;
- bomba de vácuo acompanhada de acessórios para filtração;
- equipamentos auxiliares tais como: estufa, balança, quarteadores Jones, etc.

### 3.3.3 - Metodologia para os Ensaios de Flotação.

Entre as diversas variáveis influentes em um processo de flotação, considerou-se como de maior importância, com base na pesquisa bibliográfica realizada, e em testes preliminares executados, as seguintes: o pH da polpa durante o condicionamento dos reagentes; os diferentes tipos de coletor, espumante e depressor; a concentração desses reagentes; e o tempo de flotação no estágio de limpeza.

As outras variáveis do processo foram fixadas para todos os testes, e somente serão ajustadas numa fase de otimização do processo. Estas variáveis foram:

- velocidade do rotor: 1.100 r.p.m.;
- tempo de condicionamento: 5 minutos;
- tempo de flotação primária: 3 minutos
- tempo de reflotação para as 3 primeiras séries: 1,5 minutos;
- granulometria de alimentação de flotação: - 28 M;
- percentagem de sólidos na polpa, durante o condicionamento: 11%;
- percentagem de sólidos na polpa, na flotação primária: 11%;
- percentagem de sólidos na polpa na reflotação: 6 - 8%.

Embora as variáveis "tipo de espumante" e "tipo de depressor" tenham sido selecionadas como influentes, só foi possível testar um tipo de espumante e um tipo de depressor, que foram o óleo de pinho e o amido de milho, respectivamente.

Desta forma, as variáveis pesquisadas foram as seguintes:

- pH da polpa - variando entre 3 e 8;
- coletores: querosene e óleo diesel;
- concentração de coletor na polpa-para o querosene e óleo diesel foram testadas concentrações variando de 140 a 1.200 g/t;
- concentração de espumante na polpa-
  - o óleo de pinho, foi testado em concentrações variando de 100 a 800 g/t;
- concentração de depressor na polpa-
  - o amido de milho, foi testado em concentrações variando de 0 a 500 g/t.

A pesquisa desses parâmetros foi realizada através de quatro séries de testes, que são descritas a seguir:

A primeira série, constou da pesquisa do melhor nível de pH, para cada tipo de coletor. Assim variando-se o pH de 3 à 8, foram realizados 9 ensaios (com repetição) para cada coletor. As demais variáveis foram mantidas fixas.

A segunda série, já estando definido o melhor nível de atuação do pH para cada coletor, constou da pesquisa da melhor concentração dos mesmos na polpa. Assim, para cada coletor, foram realizados 4 ensaios (com repetição), variando a concentração de 140 à 1.200 g/t, mantendo-se as demais variáveis fixas, inclusive, evidentemente, o pH escolhido na primeira série.

A terceira série, constou da pesquisa da melhor concentração de óleo de pinho (espumante). Com o pH fixo, ideal para cada coletor, assim como suas respectivas melhores concentrações na polpa, variou-se a concentração de óleo de pinho, realizando-se 4 ensaios (com repetição) para cada coletor. A faixa de concentração de óleo de pinho pesquisada foi de 100 a 800 g/t.

A quarta série, constou da pesquisa do efeito da concentração do depressor (amido de milho), bem como da influência do tempo de reflotação nos concentrados obtidos. Desta forma foram realizados 4 ensaios (com repetição), variando-se a concentração de amido de 0 a 500 g/t, ao mesmo tempo em que se verificava a influência do tempo de reflotação, tirando-se espumas com 15, 30, 75 e 150 segundos.

### 3.3.4 - Processamento dos Ensaios de Flotação

Testes preliminares realizados com, e sem deslamagem prévia do material para a flotação, mostraram ser desaconselhável a deslamagem prévia do mesmo, pois além de não haver problemas em relação a seletividade, os finos se apresentam como carvão de excelente qualidade (70% de vitrinita na fração menor que 325 Mesh).

Em todos os ensaios de flotação foi utilizado uma amostra de 250 g, em média. Esta amostra era cominuída à menos 28 M e alimentada na célula juntamente com água até formar uma polpa contendo uns 30% de sólidos, que era agitada por dois minutos na própria célula. Em seguida adicionava-se mais água, até completar uns 11 à 12% de sólidos na polpa, quando então acertava-se o pH com adições de CaO ou HCl à 10%.

Com o pH ajustado, fazia-se a adição do coletor; após 4 minutos adicionava-se o espumante. Um minuto após a adição do espumante, abria-se a entrada de ar e iniciava-se o recolhimento do flotado, denominado concentrado primário. O não flotado denominado rejeito da flotação era filtrado e secado em estufa à, no máximo, 60°C.

O concentrado primário voltava à célula de flotação, onde adicionava-se água com o pH daquele ensaio, até formar uma polpa de 6 à 8% de sólidos. Sem ne

nhuma adição de reagentes realizava-se a reflotação. O flotoado era denominado concentrado final, e o não flotoado denominado rejeito da reflotação.

O procedimento acima foi o utilizado para as três primeiras séries de testes, e está esquematizado na figura 4, pag. 51.

Para a 4ª série de testes, o procedimento foi um pouco alterado: foi feita uma flotação secundária com o tempo de 1,5 minutos além da flotação primária, obtendo-se assim um concentrado primário e um concentrado secundário. Entretanto, somente o concentrado primário foi reflotado. Nesta reflotação foi adicionado amido em diversas concentrações. Foi também utilizada a técnica de flotação por controle de tempo, para este estágio de limpeza. Desta forma foram obtidos os concentrados  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  e  $K_4$ , referentes aos tempos de 15, 30, 75 e 150 segundos, respectivamente. Tal procedimento está esquematizado na figura 5, pag. 52.

### 3.3.5 - Resultados dos Ensaios de Flotação

A análise dos resultados foi feita levando-se em conta os resultados obtidos a partir dos teores de cinzas e recuperação. A análise petrográfica dos produtos de flotação não foi possível realizar devido a

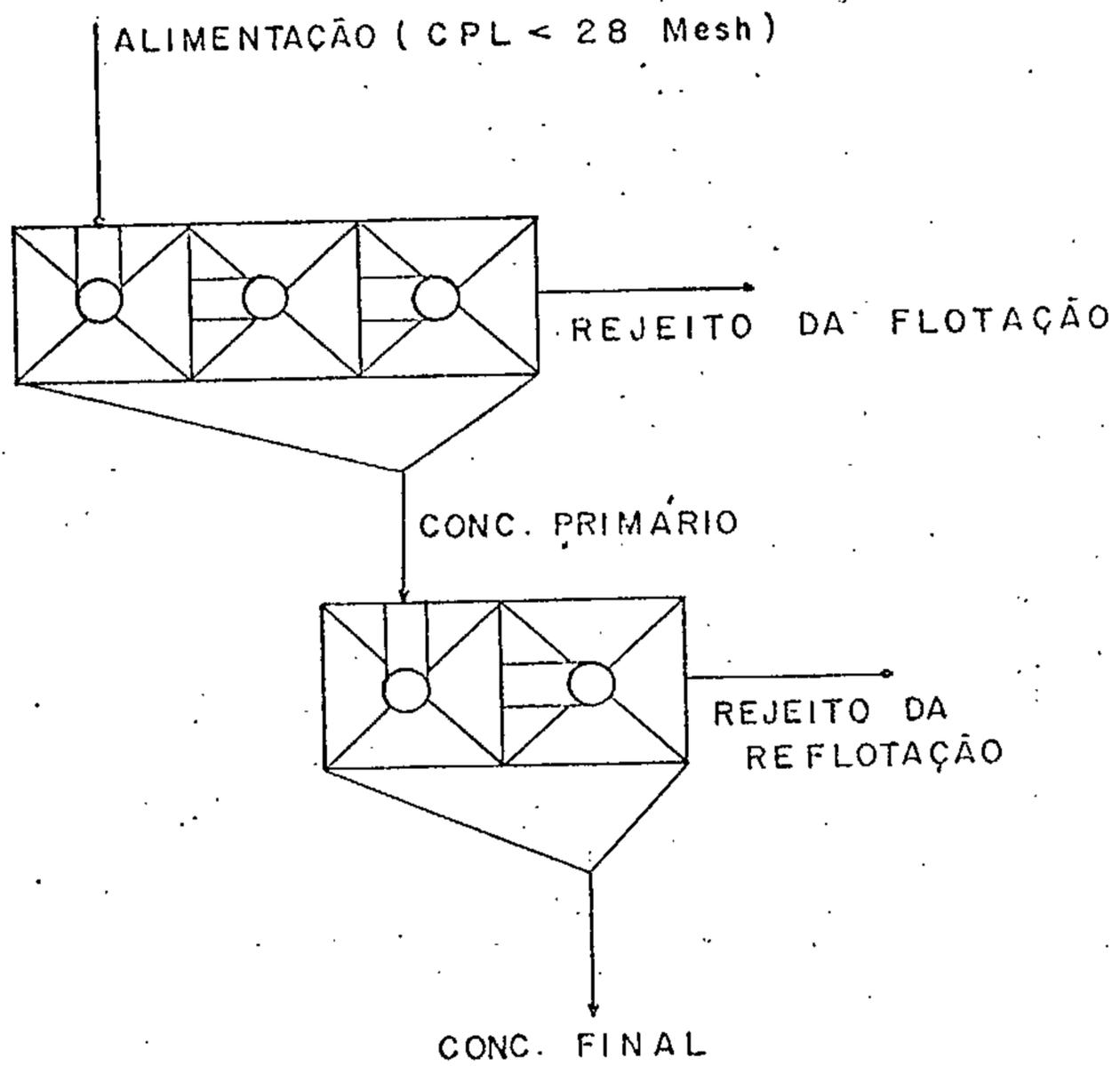


Fig. 4 - Esquema das flotações das 3 primeiras séries

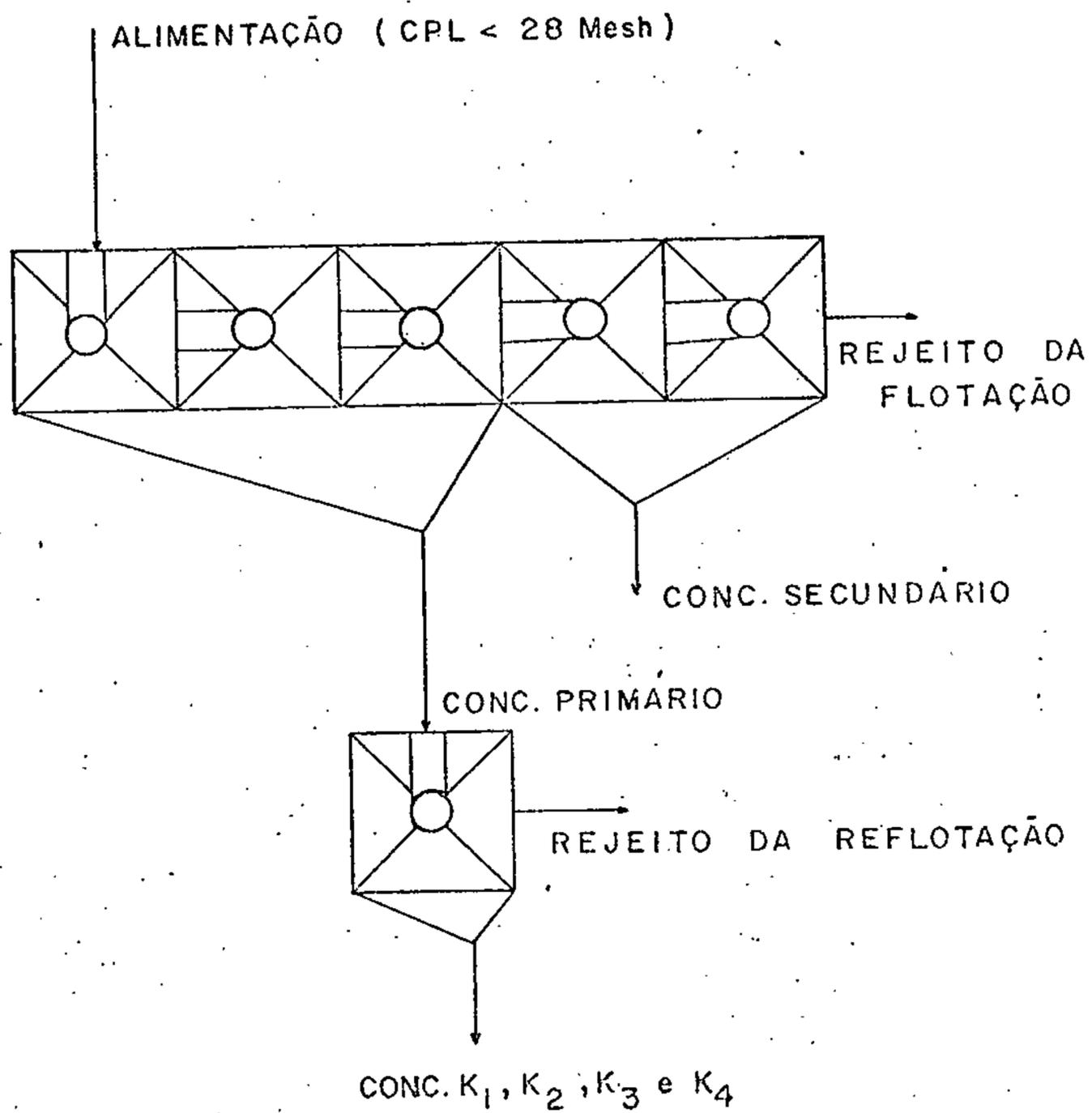


Fig.5 - Esquema das flotações da 4ª série

sua granulometria bastante fina, fora dos padrões normalmente usados para este tipo de análise, que é em torno de 800 micra (20 à 28 mesh). Este problema já está sendo equacionado, e espera-se para dentro em breve, encontrar o apoio necessário da petrografia.

São apresentados nas tabelas 3, 4, 5, 6 e 7, os dados referentes aos ensaios de flotação das quatro séries de testes.

Com base nestes resultados foram construídos para cada série de testes, gráficos que serão interpretados a seguir.

#### a) 1ª Série - Influência do pH

Ao se analisar os gráficos 3 e 4, apresentados nas páginas 55 e 56, respectivamente, construídos a partir dos dados da tabela 3 (pag. 54), referente à pesquisa da melhor faixa de pH para cada coletor, verifica-se que para o óleo diesel, o pH em torno de 6,6 é o que apresenta maiores recuperações em peso, ao mesmo tempo em que o teor de cinzas se apresenta dentro de limites considerados bons.

Para o querosene, o pH 7,5 é o que apresenta maior recuperação em peso, ao passo que o teor

TIPO DE COLETOR	ESPUMANTE	pH	PESO (%)				CINZAS (%)					
			Conc. Final	Rej. da. Reflot.	Conc. Primário	Rej. da. Flot.	Conc. Final	Rej. da. Reflot.	Conc. Primário*	Rej. da. Flot.	Alim. Calc.	Alim. Anal.
ÓLEO DIESEL (280 g/t)	ÓLEO DE PINHO (100 g/t)	7,3	23,7	24,9	48,6	51,4	9,7	23,2	16,2	39,2	28,2	29,3
		6,9	33,6	20,8	54,4	45,6	-	-	-	-	-	-
		6,6	50,5	15,6	66,1	33,9	-	-	-	-	-	-
		6,3	46,3	23,3	69,6	30,4	-	-	-	-	-	-
		6,0	36,9	29,3	66,2	33,8	10,9	24,0	16,7	49,7	27,9	27,0
		5,2	29,7	29,3	59,0	41,0	9,4	22,2	15,8	44,9	27,7	27,4
		4,4	24,4	30,3	54,7	45,3	9,4	20,1	15,3	44,0	28,3	27,0
		4,1	22,3	34,4	56,7	43,3	9,3	19,2	15,3	39,9	26,0	27,6
		2,6	16,5	36,8	53,3	46,7	8,6	19,0	15,8	38,9	26,6	27,6
QUEROSENE (280 g/t)	ÓLEO DE PINHO (100 g/t)	7,5	37,3	28,9	66,2	33,8	-	-	-	-	-	-
		7,4	30,7	21,4	52,1	47,9	8,2	22,3	14,0	41,3	27,1	27,5
		7,1	32,1	21,4	53,5	46,5	8,1	21,7	13,5	43,0	27,2	27,5
		7,0	27,0	24,3	51,3	48,7	7,7	20,8	13,9	40,2	26,7	27,4
		6,1	25,4	21,4	46,8	53,2	-	-	-	-	-	-
		5,4	21,8	28,6	50,4	49,6	8,0	19,1	14,3	41,1	27,6	27,4
		4,7	17,9	35,0	52,9	47,1	7,1	18,1	13,0	41,3	27,1	27,2
		4,1	20,0	42,8	62,8	37,2	7,9	19,8	16,0	45,4	26,9	27,2
		3,1	13,5	34,7	48,2	51,8	6,8	16,5	13,8	38,0	26,3	27,2

Tabela 3 - Influência do pH na flotação com DIESEL e QUEROSENE - 1ª Série

\* Valores calculados

INFLUÊNCIA DO pH NA FLOTAÇÃO COM DIESEL 55  
19 SÉRIE

Diesel - 280 g/t  
Pinho - 100 g/t

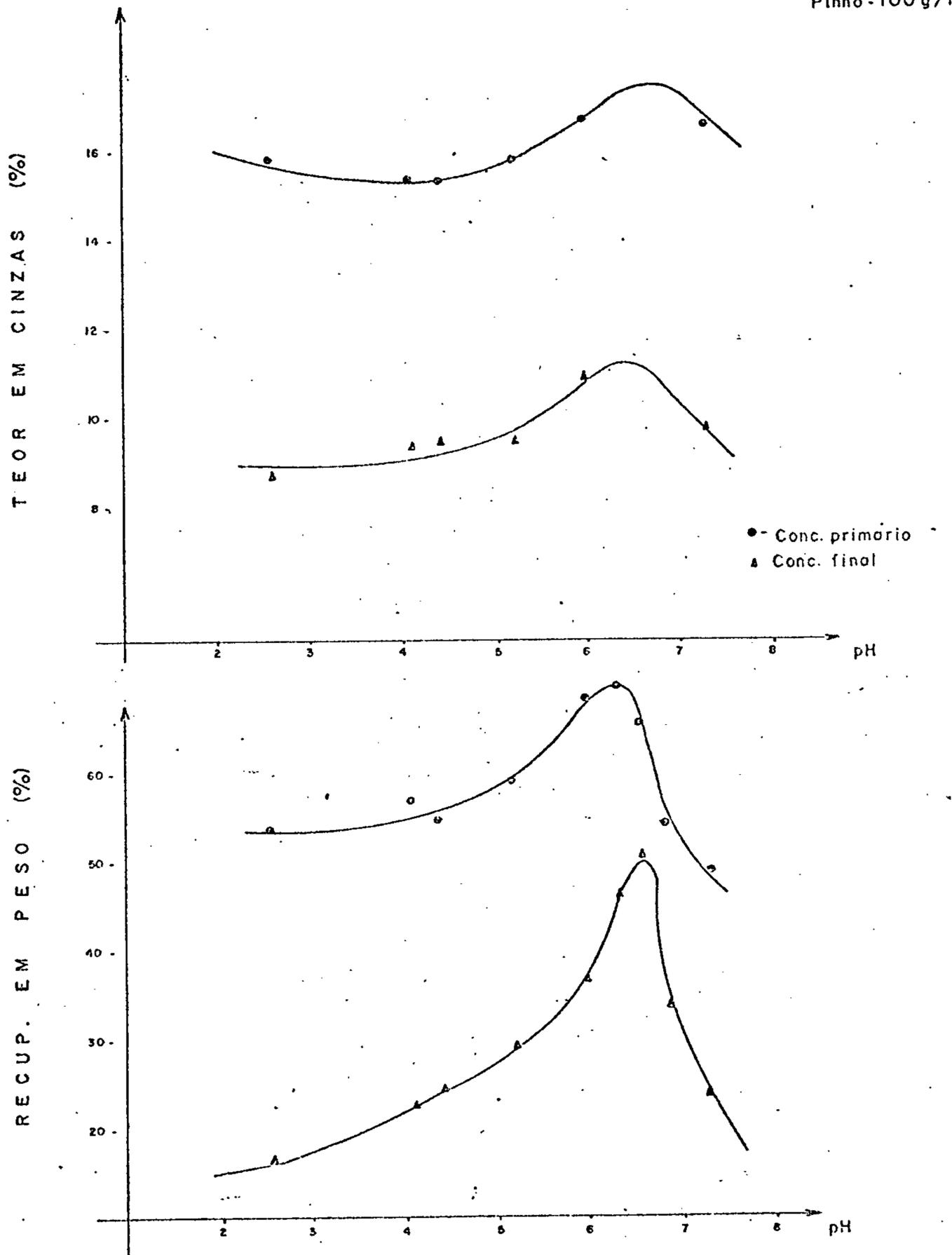


GRAFICO - 3

# INFLUÊNCIA DO pH NA FLOTAÇÃO COM QUEROSENE 1ª SÉRIE

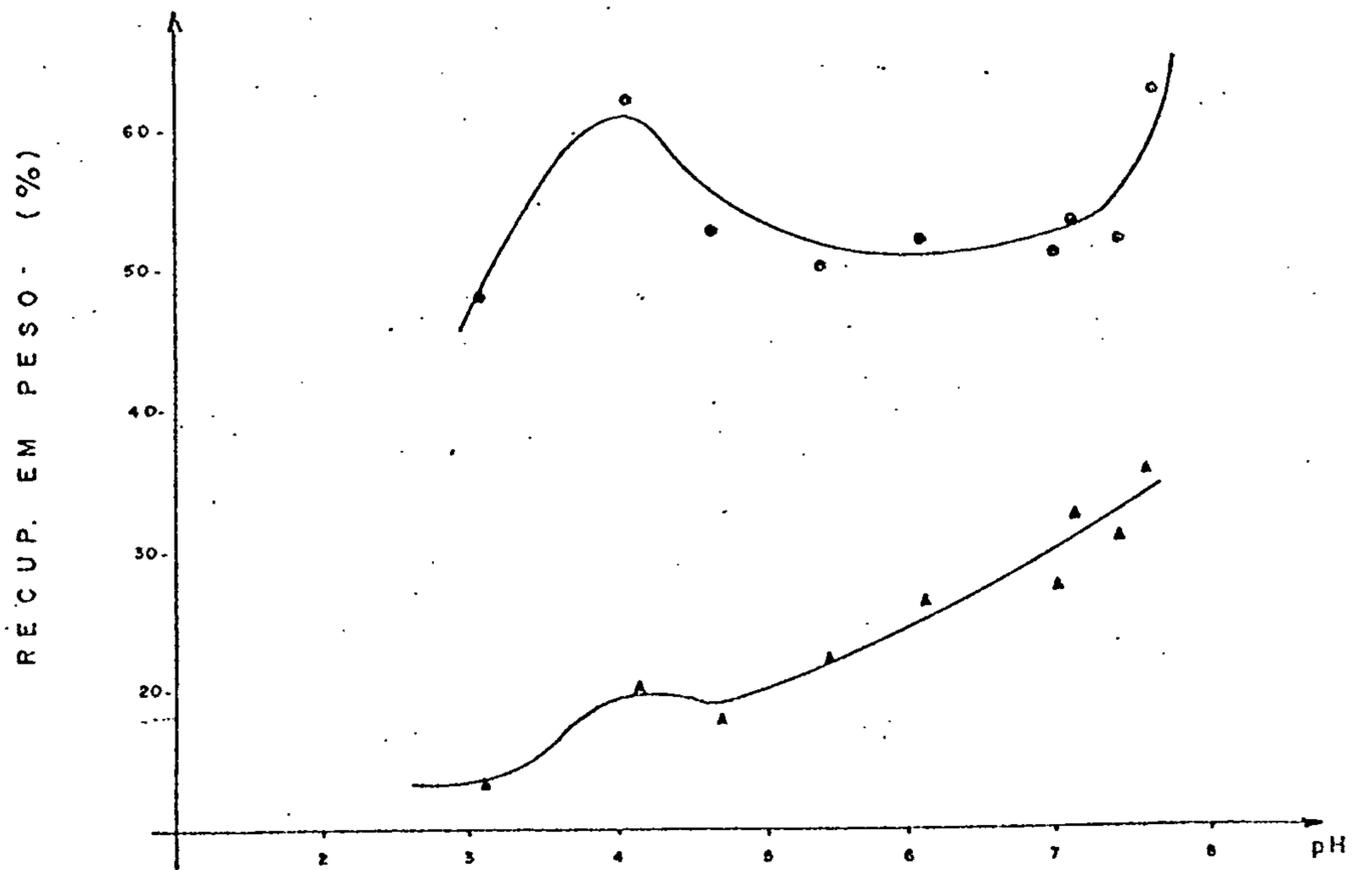
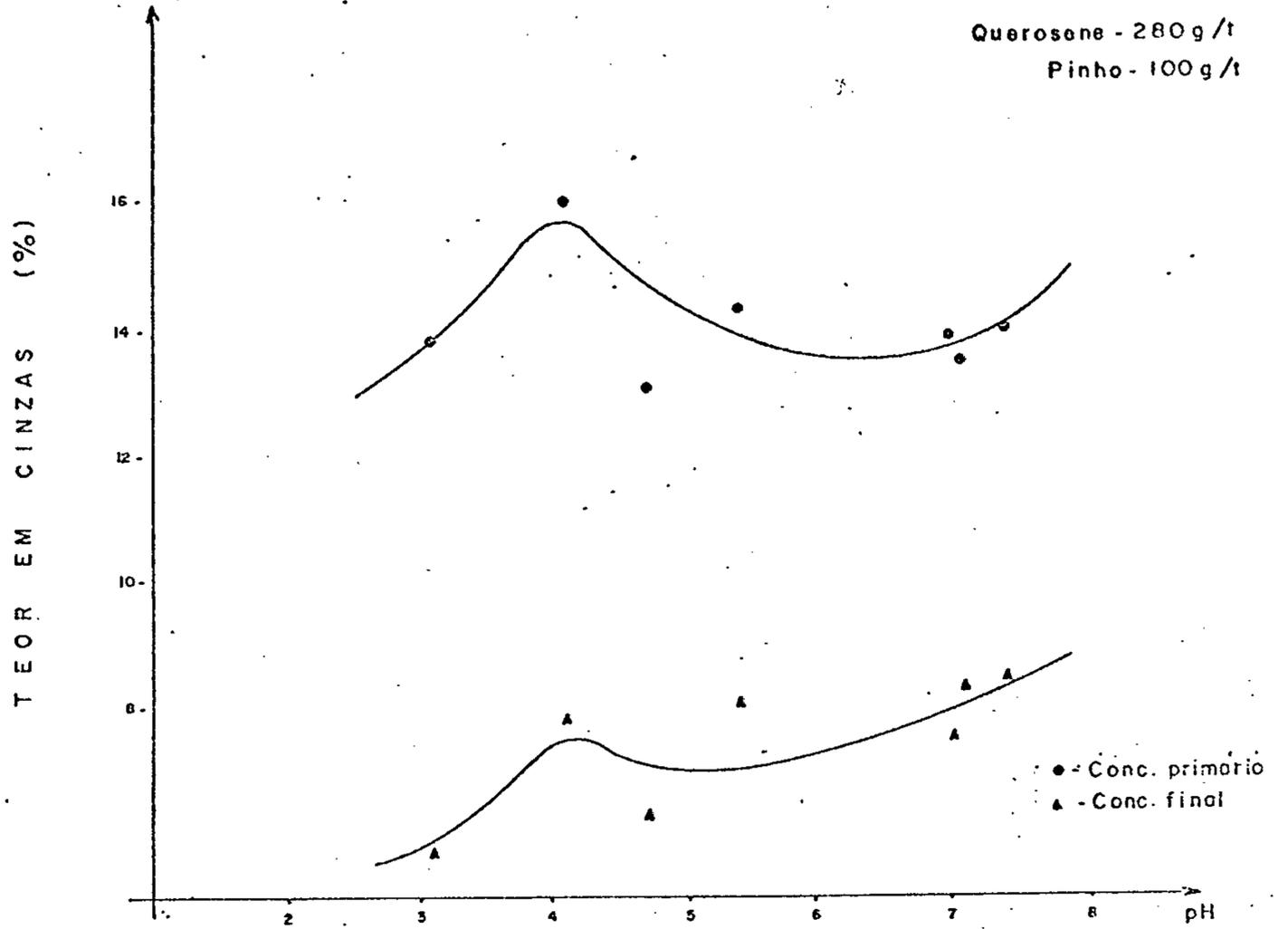


GRÁFICO - 4

de cinzas se apresenta insignificamente mais alto que o das outras faixas. Devemos ressaltar que, embora o pH em torno de 4,0, também apresente uma boa recuperação no concentrado primário, ele não foi escolhido, por não apresentar boa recuperação no concentrado final, o que não acontece com o pH 7,5, que apresenta boa recuperação tanto em um como em outro.

O quadro a seguir, mostra um resumo das conclusões referentes à 1ª série, apresentando o pH escolhido para cada coletor, e a qualidade e recuperação em peso dos produtos resultantes no concentrado final.

pH ELEITO	REAGENTES		CONC. FINAL	
	COLETOR	ESPUMANTE	CINZAS (%) *	RECUP. EM PESO (%) *
6,6	Óleo Diesel (280 g/t)	Óleo de Pinho (100 g/t)	11,0	45
7,5	Querosene (280 g/t)	Óleo de Pinho (100 g/t)	8,5	30

\* Valores estimados pelas curvas dos gráficos 3 e 4.

Com o pH escolhido e a concentração do espumante (óleo de pinho) mantida fixa, passou-se à 2ª série, referente à escolha da melhor concentração de cada coletor.

b) 2ª Série - Influência da Concentração do Coletor

Analisando-se os gráficos 5 e 6, a apresentados nas páginas 61 e 62, respectivamente, construídos a partir da tabela 4 (pag.60), verifica-se que para o óleo diesel a concentração ideal está na faixa de 500 a 800 g/t, pois a partir destes níveis não se verifica maiores aumentos na recuperação em peso, ao passo que a cinza do concentrado final aumenta. Desta forma foi escolhido o nível de 800 g/t, a fim de ser assegurada uma recuperação máxima no concentrado primário.

Para o querosene foi escolhido o nível de 1.100 g/t, com o intuito de se assegurar a recuperação máxima no concentrado primário, muito embora posteriormente deva ser otimizado, pois a partir de 500 g/t já se obtém também uma boa recuperação (pouco menor do que quando se usa 1.100 g/t).

Um quadro resumo da 2ª série, apresentando as concentrações eleitas para cada coletor, e os concentrados finais obtidos nestas condições, é mostrado a seguir:

pH	REAGENTES		CONC. FINAL	
	CONCENTRAÇÃO DE COLETOR ELEITA	ESPUMANTE	CINZAS (%) *	RECUP. EM PESO (%) *
6,6	Óleo Diesel (800 g/t)	Óleo de Pinho (100 g/t)	14	60
7,5	Querosene (1.100 g/t)	Óleo de Pinho (100 g/t)	12	47

\* Valores estimados pelas curvas dos gráficos 5 e 6.

Já com o pH e a concentração para cada coletor definidos, passou-se à 3ª série, que constou da pesquisa da melhor concentração do espumante (óleo de pinho).

c) 3ª Série - Influência da Concentração do Óleo de Pinho

Analisando-se os gráficos 7 e 8 apresentados nas páginas 64 e 65, respectivamente, construídos a partir da tabela 5 (pag. 63), verifica-se que tanto para o óleo diesel como para o querosene, a concentração de 200 g/t de óleo de pinho se mostra como ideal, pois a par

PH	TIPO DE COLETOR	ESPUMANTE	CONC. DE COLETOR (g/t)	PESO (%)				CINZAS (%)				
				Conc. Final	Rej. da Reflot.	Conc. Primário	Rej. da Flot.	Conc. Final	Rej. da Reflot.	Conc. Primário*	Rej. da Flot.	Alim. Calc.
6,6	ÓLEO DIESEL	ÓLEO DE PINHO (100 g/t)	140	27,8	20,6	48,4	51,6	8,9	22,7	14,78	38,3	26,9
			280	50,5	15,6	66,1	33,9	11,0**	-	17,0**	-	-
			550	54,3	18,3	72,6	27,4	13,2	30,8	17,64	54,9	27,8
			830	59,7	13,8	73,5	26,5	14,2	31,8	17,52	54,3	-
			1240	65,2	12,5	77,7	22,3	14,9	34,8	18,11	-	-
7,5	QUEROSENE	ÓLEO DE PINHO (100 g/t)	140	27,7	19,6	47,3	52,7	7,9	20,7	13,22	38,6	26,6
			280	30,7	21,4	52,1	47,9	8,2	22,3	14,00	41,3	27,1
			410	35,5	24,3	60,8	39,2	9,7	23,6	15,10	47,8	27,9
			680	36,5	22,4	58,9	41,1	9,4	23,4	15,00	47,8	27,9
			1080	46,9	26,7	73,6	26,4	12,00	30,00	18,53	56,0	28,4

Tabela 4 - Influência da concentração do coletor na flotação - 2ª Série

\* Valores calculados

\*\* Valores estimados pelas curvas do gráfico nº 5

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE ÓLEO DIESEL NA FLOTAÇÃO  
2ª SÉRIE

pH - 6,6  
Pinho - 100g / t

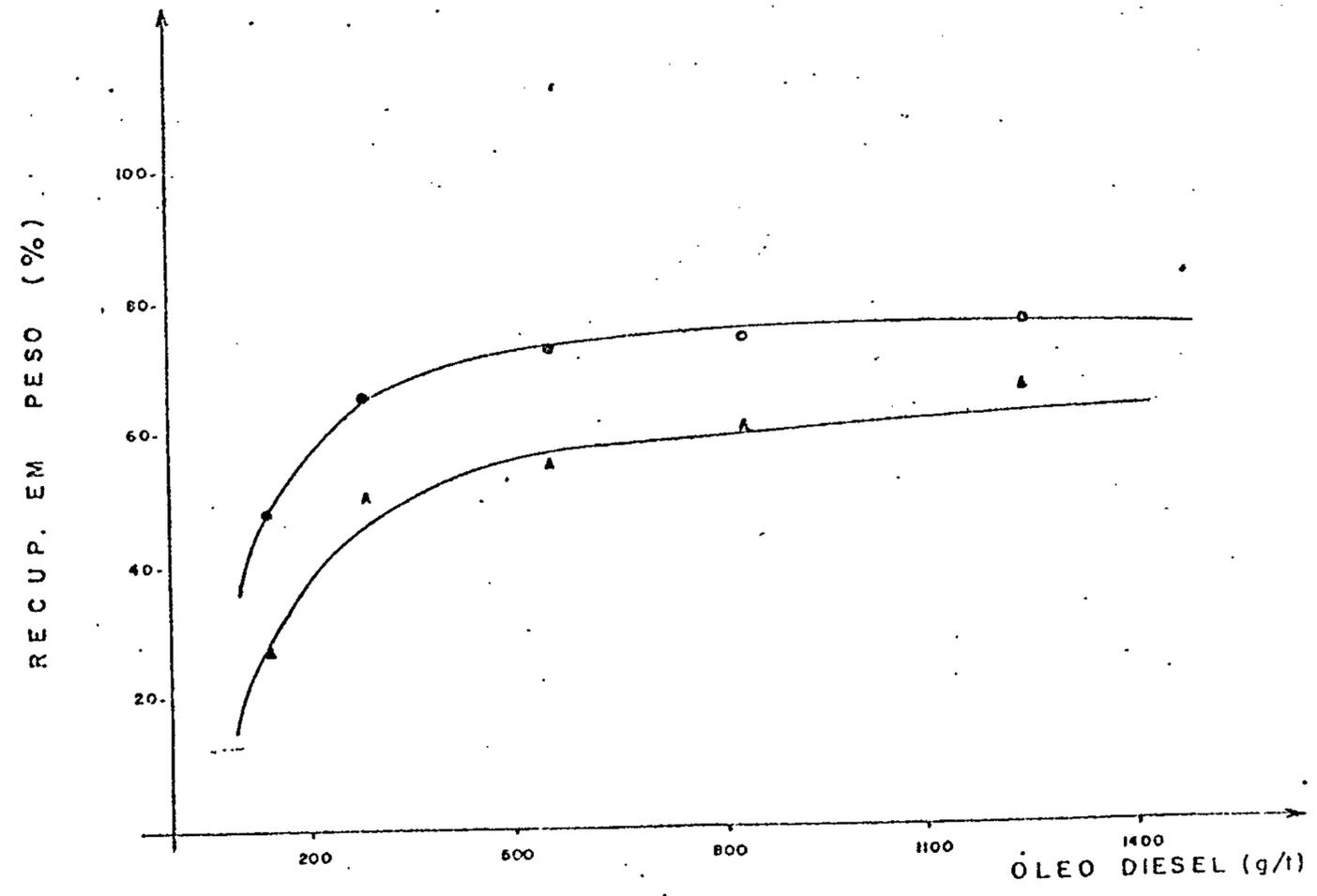
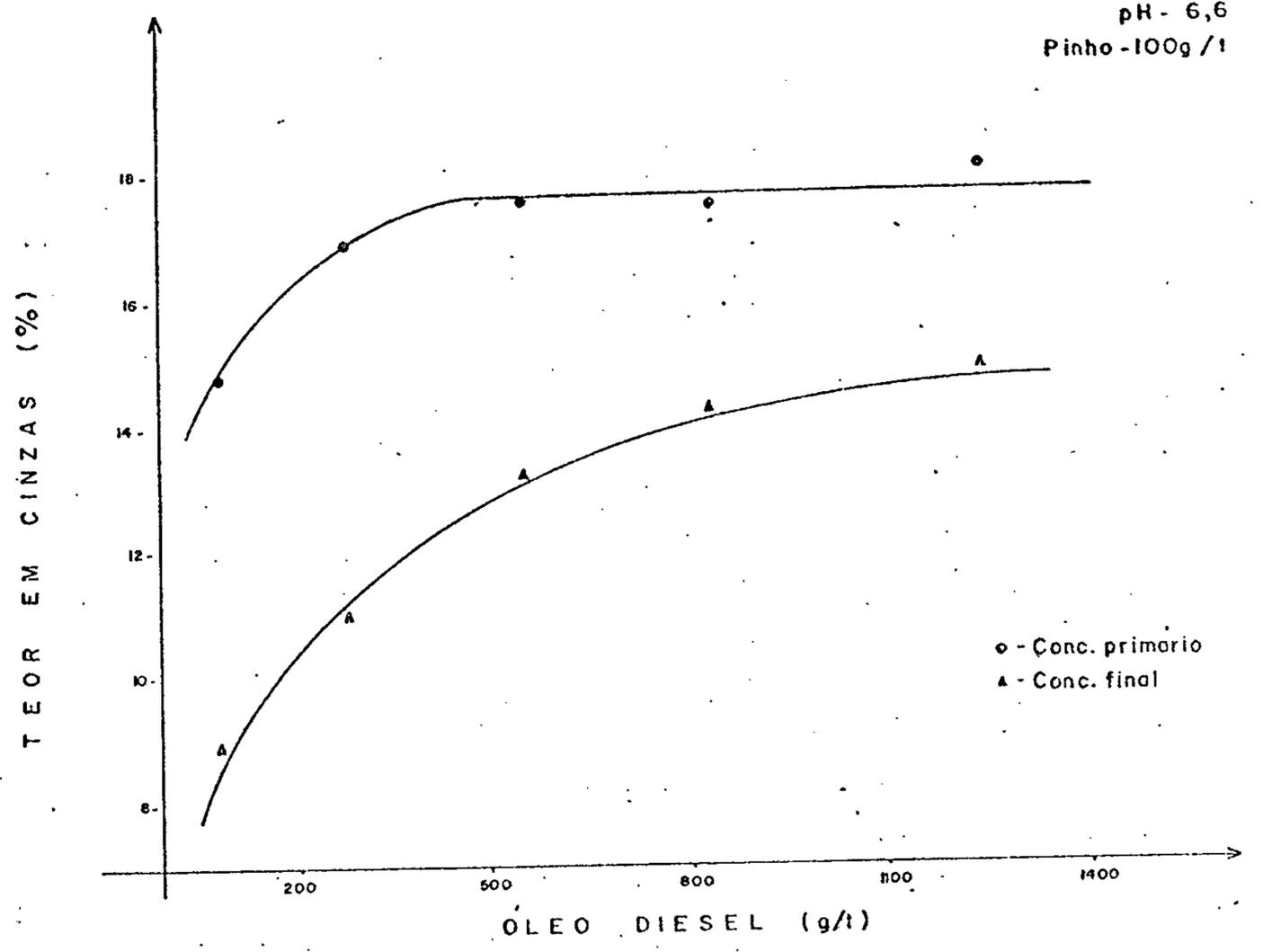


GRÁFICO - 5

# INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE QUEROSENE NA FLOTAÇÃO

2ª SÉRIE

62

pH - 7,5

Pinho - 100g/t

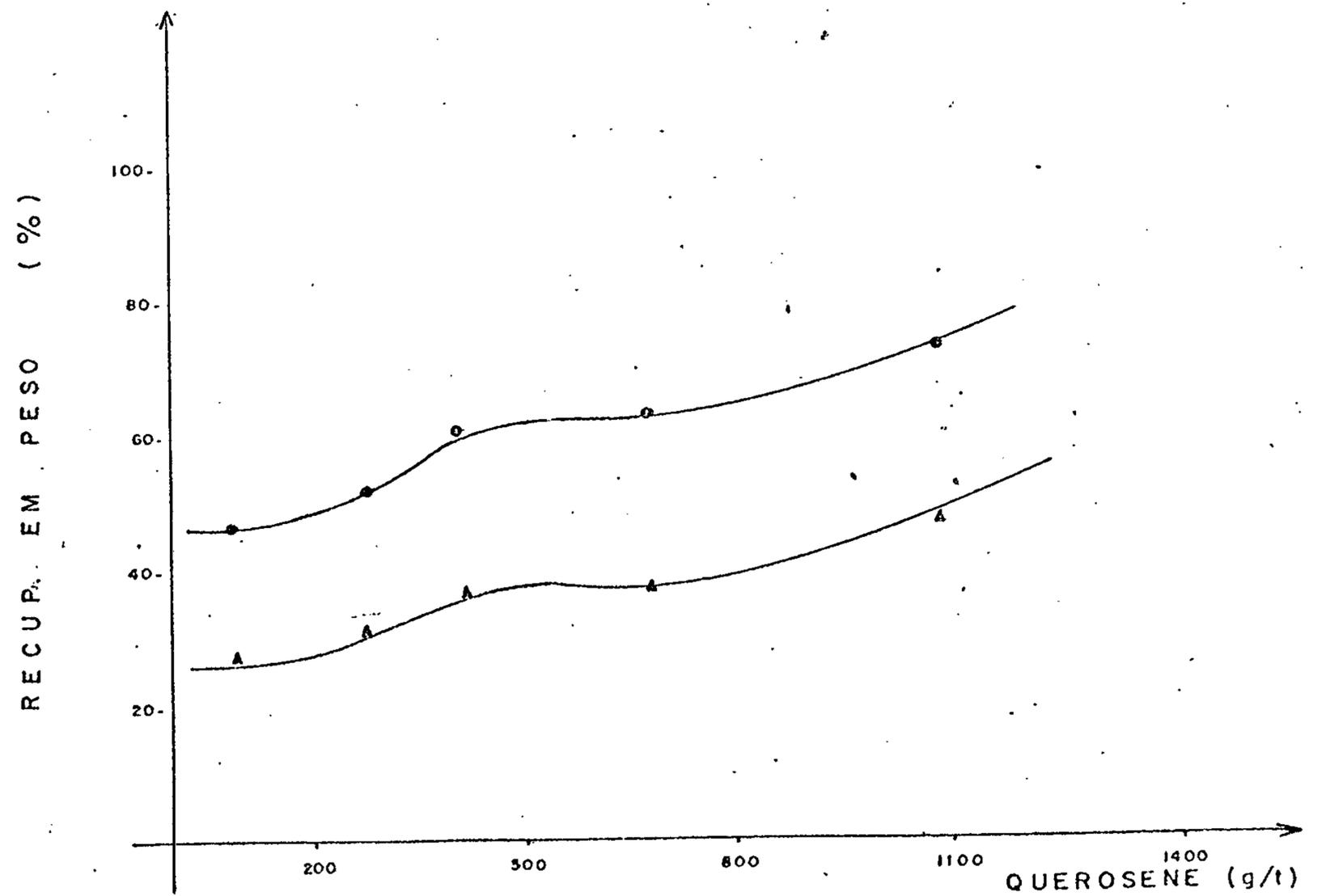
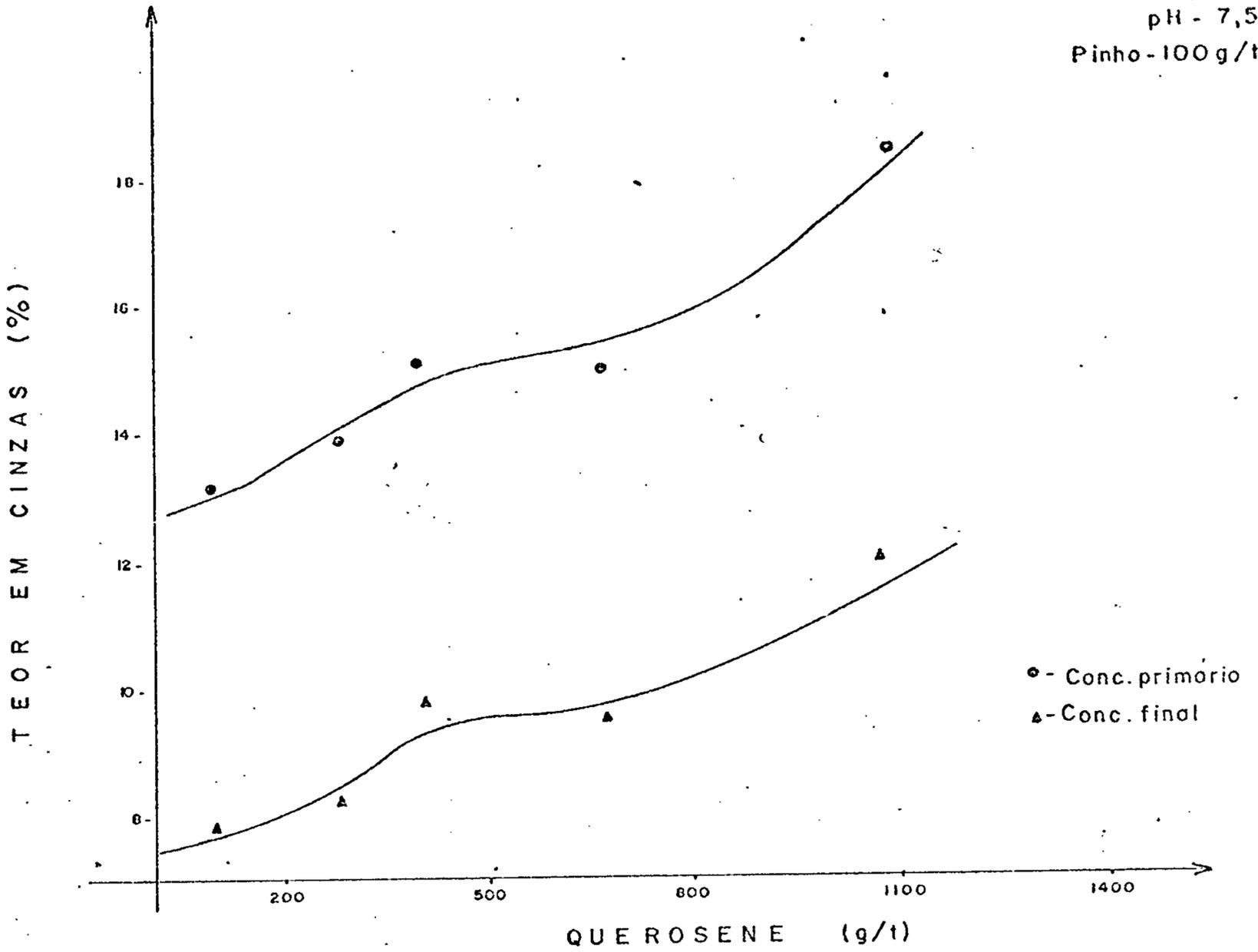


GRÁFICO - 6

TIPO DE COLETOR	ESPUMANTE	PH	CONC. DE ESPUMANTE (g/t)	PESO (%)				CINZAS (%)				
				Conc. Final	Rej. da Reflot.	Conc. Primário	Rej. da	Conc. Final	Rej. da Reflot.	Conc. Primário	Rej. da	Alim. Calc.
ÓLEO DIESEL (300 g/t)	ÓLEO DE PINHO	6,6	100	59,7	13,8	73,5	25,5	14,2	31,8	17,53	54,3	27,3
			195	74,8	13,6	88,4	11,6	17,7	42,9	21,57	71,7	27,4
			305	77,5	10,8	88,3	11,7	18,1	43,7	21,22	74,9	27,5
			510	75,1	13,8	88,9	11,1	19,9	31,2	21,63	75,6	27,6
			730	73,2	27,9	91,1	8,9	21,6	26,6	22,58	74,4	27,2
QUEROSENE (1.080 g/t)	ÓLEO DE PINHO	7,5	100	46,9	26,7	73,6	26,4	12,0	30,00	18,53	56,0	28,4
			213	72,4	17,7	90,1	9,9	17,5	36,1	21,16	71,2	26,1
			320	77,3	12,4	89,7	10,3	19,4	35,3	21,61	68,8	26,5
			495	85,4	5,5	90,9	9,1	20,1	45,9	21,65	66,5	25,7
			742	83,8	7,5	91,3	8,7	20,4	37,7	21,83	74,6	26,4

Tabela 5 - Influência da Concentração do Espumante na Flotação - 3ª Série

\* Valores calculados

INFLUÊNCIA DA CONC. DE ÓLEO DE PINHO NA FLOTAÇÃO COM DIESEL  
3ª SÉRIE

pH - 6,6  
Diesol-800g / t

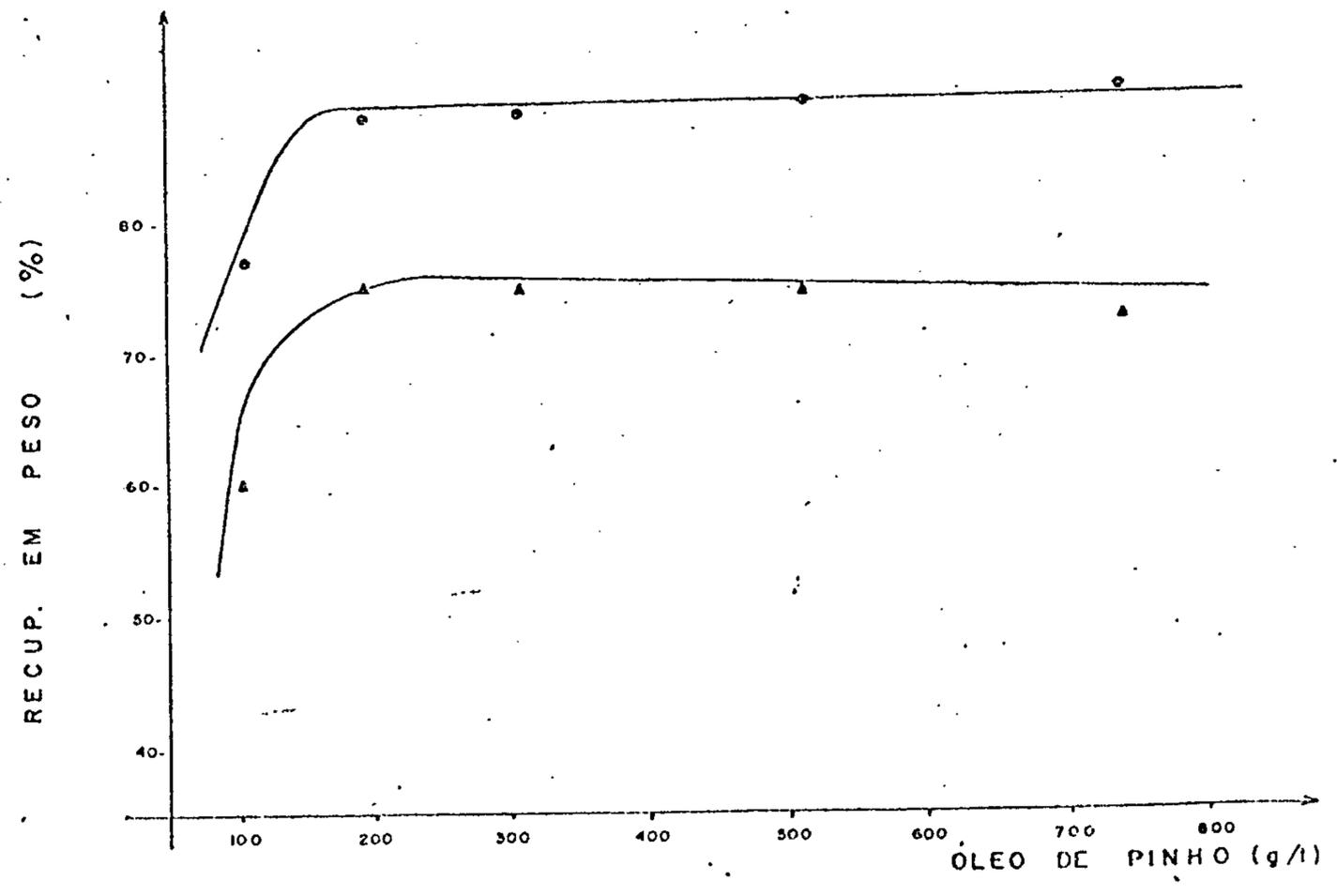
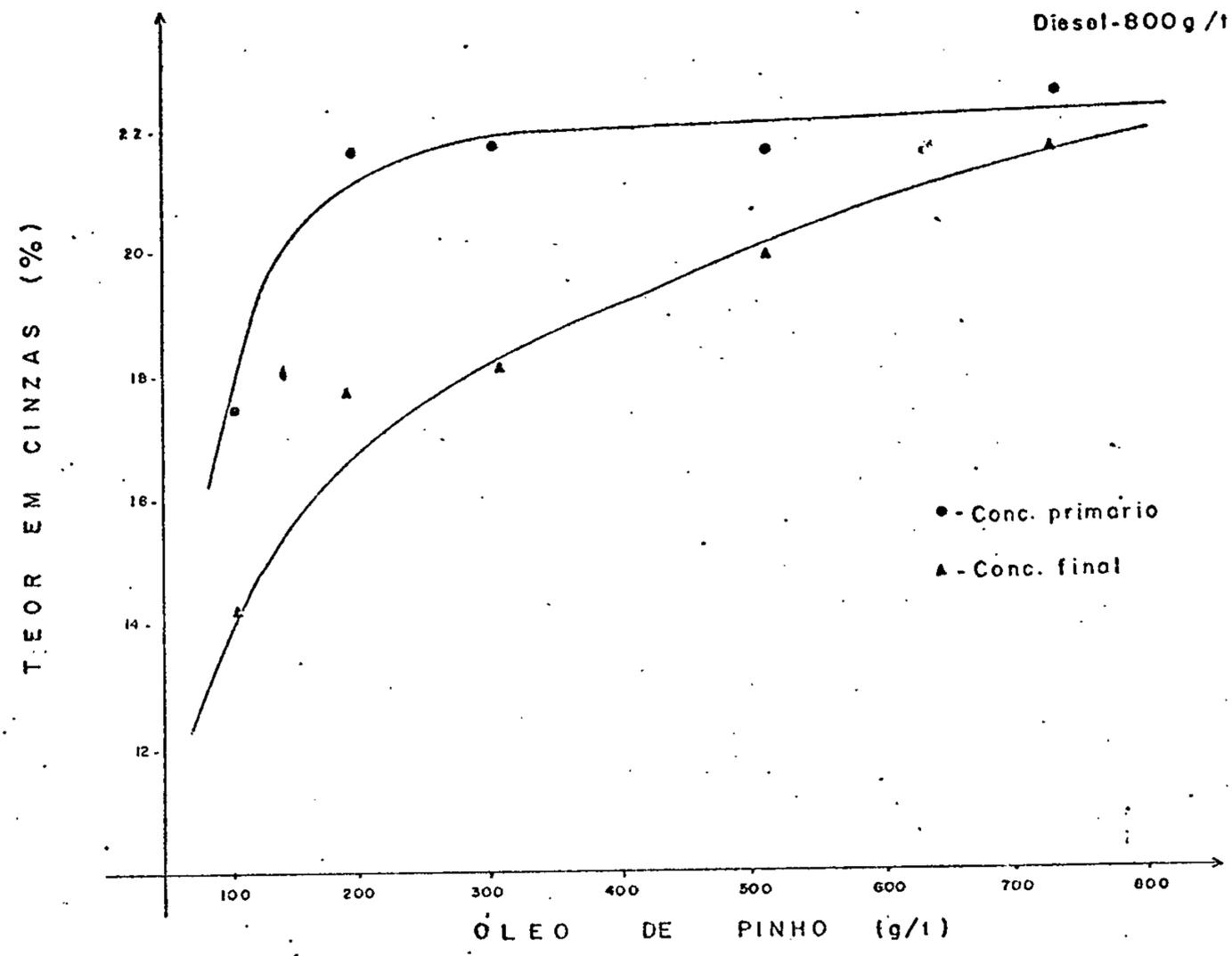


GRÁFICO - 7

INFLUÊNCIA DA CONC. DE ÓLEO DE PINHO NA FLOTAÇÃO COM QUEROSENE  
3ª SÉRIE

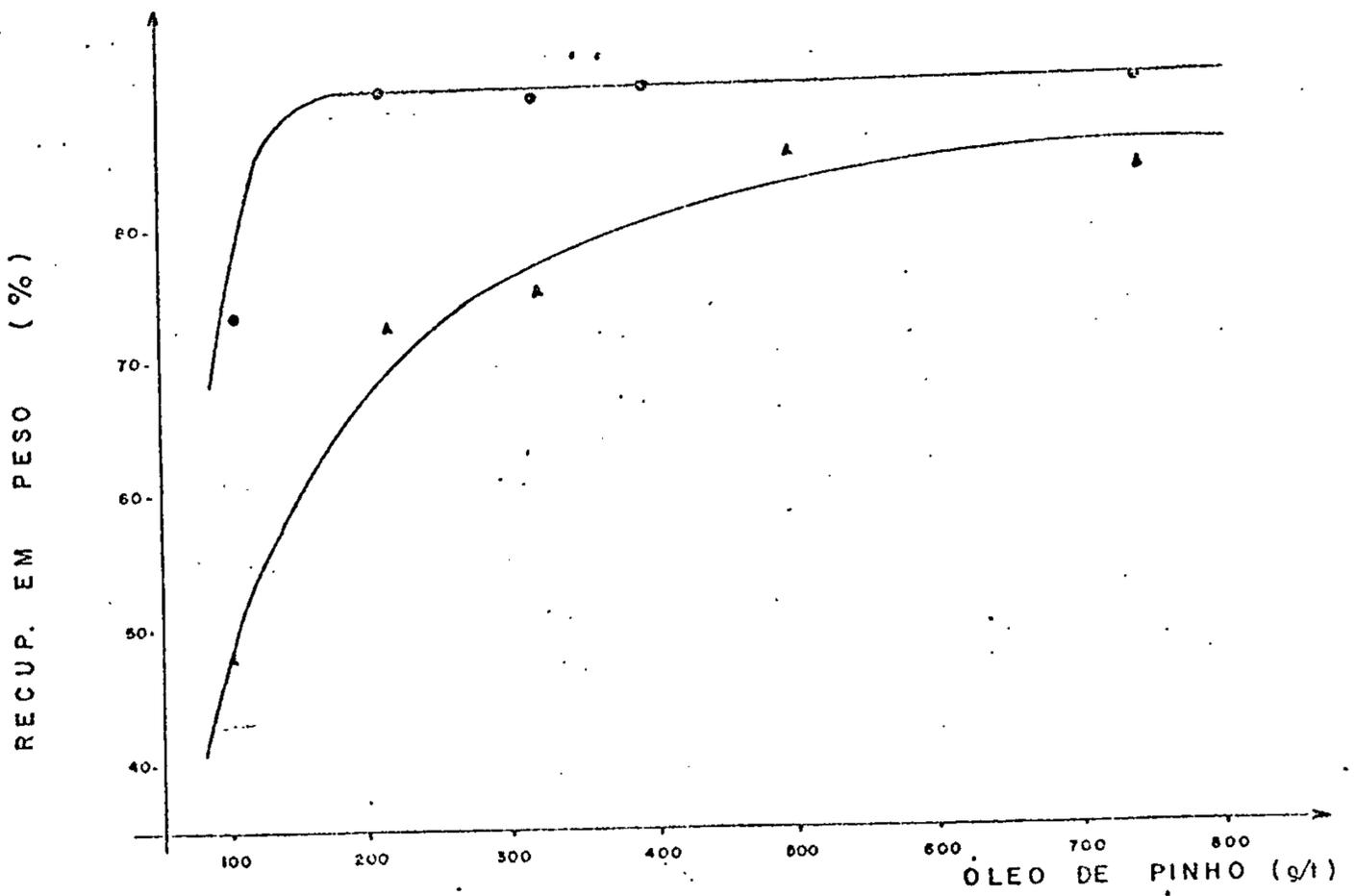
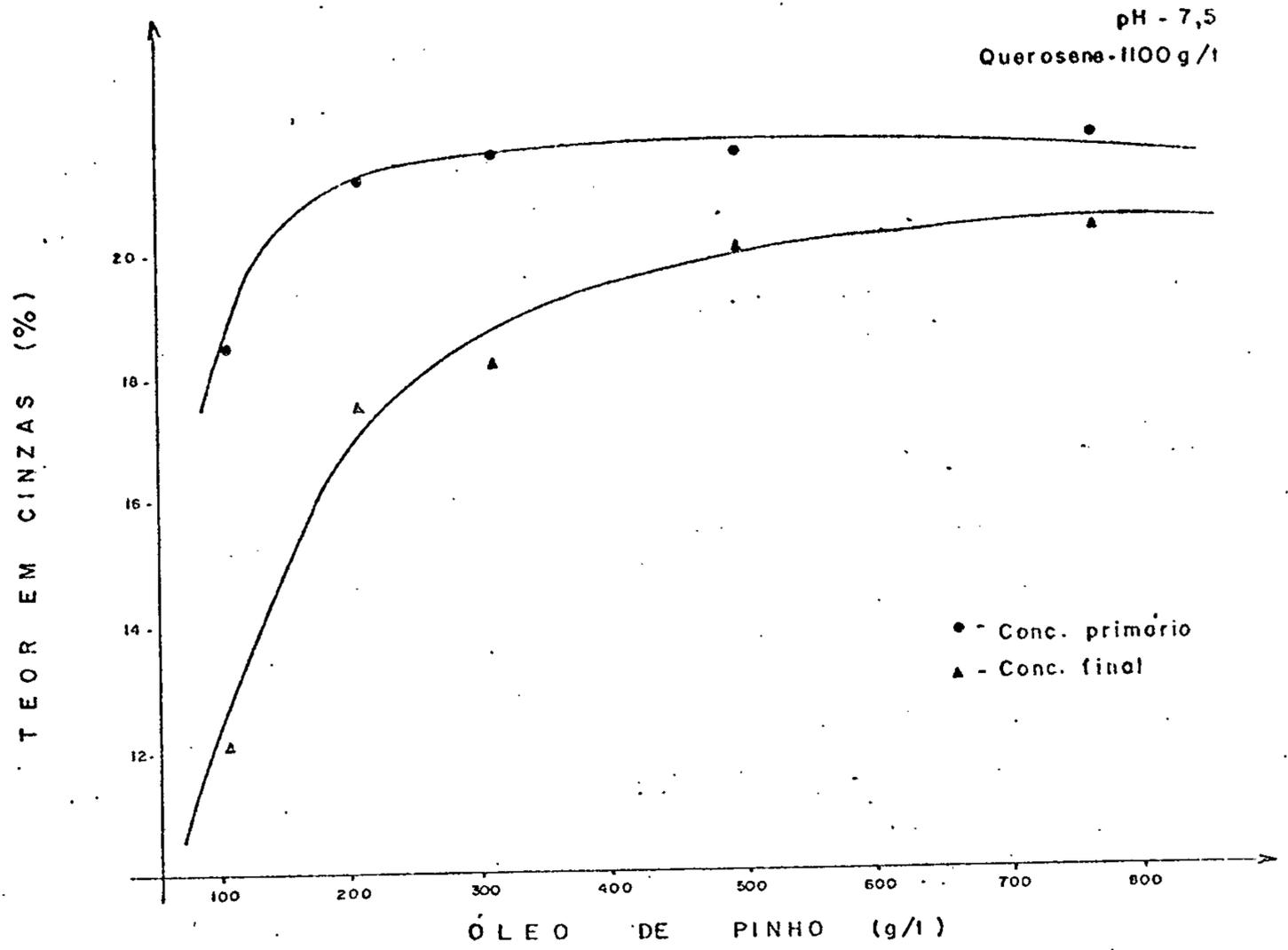


GRÁFICO - 8

tir daí a recuperação em peso do concentrado primário não aumenta. A única consideração a se fazer, seria quanto à recuperação em peso do concentrado final na flotação com o querosene, que aumenta em torno de 15% em valores absolutos, quando se varia a concentração de óleo de pinho de 200 para 500 g/t. Entretanto, tal aumento na concentração de espumante, aumenta sensivelmente o teor de cinzas do concentrado final, não justificando seu uso.

O quadro a seguir mostra um resumo das conclusões referentes à 3ª série apresentando a concentração de espumante escolhida para cada coletor, e a qualidade e recuperação em peso do concentrado final obtido.

PH	REAGENTES		CONC. FINAL	
	COLETOR	CONCENTRAÇÃO DE ESPUMANTE ELEITA	CINZAS (%) *	RECUP. EM PESO (%) *
6,6	Óleo Diesel (800 g/t)	Óleo de Pinho (200 g/t)	17,0	75
7,5	Querosene (1.100 g/t)	Óleo de Pinho (200 g/t)	16,0	65

\* Valores estimados pelas curvas dos gráficos 7 e 8.

Ao final destas três séries, assegu-

rou-se uma recuperação máxima de carvão no concentrado primário, com um rejeito de flotação, apresentando um alto teor de cinzas, e um mínimo de matéria carbonosa.

d) 4ª Série - Influência do Tempo de Flotação e da Concentração de Amido, no Concentrado Final Obtido.

Como se observa no quadro anterior, embora se tenha conseguido uma boa recuperação no concentrado final, seu teor de cinzas ainda se apresenta alto.

O objetivo da 4ª série de testes foi justamente tentar abaixar este teor de cinzas através de duas técnicas: concentração de determinados constituintes petrográficos, mediante o uso de amido, e pesquisa do melhor tempo de reflotação.

Nas tabelas 6 e 7, apresentadas nas páginas 68 e 69, respectivamente, encontram-se os resultados referentes à esta 4ª série de testes. Com base nestes resultados foram construídos diferentes gráficos. Os de n.ºs. 9 e 10, mostram a influência do tempo de reflotação

Amido (g/t)	Produtos	Peso (%)	Cinza (%)	S (%)	Σ P (%)	Cinza no carvão (%)	S no carvão (%)	Peso de rejeito (%)	Cinza no rejeito (%)	Recuperação de enxofre (%)
zero	conc. k <sub>1</sub>	39,8	14,5	1,17	39,8	14,5	1,17	60,2	36,93	35,01
	" k <sub>2</sub>	13,7	16,0	1,28	53,5	14,88	1,20	46,5	43,09	48,27
	" k <sub>3</sub>	10,9	17,5	1,32	64,4	15,33	1,22	35,6	50,93	59,07
	" k <sub>4</sub>	2,8	26,2	1,49	67,2	15,78	1,23	32,8	53,04	62,15
	Rej. da Reflot.	18,4	39,4	1,44	85,6	20,86	1,28	14,4	70,47	-
	Conc. Secundário	3,4	55,5	2,28	89,0	22,18	1,32	11,0	75,10	-
	Rej. da Flot.	11,0	75,1	1,38	100,0	28,00	1,33	-	-	-
56,77	conc. k <sub>1</sub>	38,8	15,3	1,15	38,8	15,30	1,15	61,2	36,35	32,10
	" k <sub>2</sub>	7,5	17,1	1,11	46,3	15,59	1,14	53,7	39,04	37,97
	" k <sub>3</sub>	8,8	17,2	1,31	55,1	15,85	1,17	44,9	43,32	46,38
	" k <sub>4</sub>	4,9	24,6	1,36	60,0	16,56	1,19	40,0	45,61	51,37
	Rej. da Reflot.	25,4	30,9	1,79	85,4	20,83	1,37	14,6	71,21	-
	Conc. Secundário	3,8	53,9	2,33	89,2	22,24	1,41	10,8	77,30	-
	Rej. da Flot.	10,8	77,3	1,25	100,0	28,18	1,39	-	-	-
174	conc. k <sub>1</sub>	15,5	8,5	1,09	15,5	8,5	1,09	84,5	30,65	10,83
	" k <sub>2</sub>	10,1	10,5	0,98	25,6	9,29	1,05	74,4	33,38	17,23
	" k <sub>3</sub>	5,3	12,2	1,09	30,9	9,79	1,05	69,1	35,00	20,80
	" k <sub>4</sub>	9,2	15,3	1,19	40,1	11,05	1,09	59,9	38,03	28,02
	Rej. da Reflot.	40,0	28,2	1,89	80,1	19,62	1,49	19,9	57,79	-
	Conc. Secundário	6,3	45,9	2,09	86,4	21,53	1,53	13,6	63,3	-
	Rej. da Flot.	13,6	63,3	1,72	100,0	27,21	1,56	-	-	-
441	conc. k <sub>1</sub>	10,3	8,4	0,94	10,3	8,4	0,94	89,7	28,71	6,72
	" k <sub>2</sub>	4,3	9,9	1,09	14,6	8,84	0,98	85,4	29,65	9,94
	" k <sub>3</sub>	7,8	10,9	1,09	22,4	9,56	1,02	77,6	31,54	15,87
	" k <sub>4</sub>	5,5	12,7	1,21	27,9	10,18	1,06	72,1	32,98	20,54
	Rej. da Reflot.	60,0	27,3	1,58	87,9	21,87	1,41	12,1	61,12	-
	Conc. Secundário	2,5	52,0	2,85	90,4	22,70	1,45	9,6	63,50	-
	Rej. da Flot.	9,6	63,5	1,31	100,0	26,62	1,44	-	-	-

Tabela 6 - Influência do amido na flotação com 800 g/t de óleo diesel, 200 g/t de óleo de pinho e pH 6,6

Amido (g/t)	Produtos	Peso (%)	Cinza (%)	S (%)	Σ P (%)	Cinza no carvão (%)	S no carvão (%)	Peso do rejeito (%)	Cinza no rejeito (%)	Recuperação de enxofre (%)
zero	conc. k <sub>1</sub>	52,6	15,4	1,20	52,6	15,40	1,20	47,4	40,82	44,45
	" k <sub>2</sub>	5,3	17,1	1,30	57,9	15,56	1,21	42,1	43,80	49,34
	" k <sub>3</sub>	2,5	22,0	1,30	60,4	15,82	1,21	39,6	45,18	51,47
	" k <sub>4</sub>	8,3	16,0	1,18	68,7	15,84	1,21	31,3	52,92	58,54
	Rej. da Reflot.	19,4	41,0	1,96	88,1	21,38	1,37	11,9	72,35	-
	Conc. Secundário	2,8	59,5	2,49	90,9	22,56	1,41	9,1	76,3	-
	Rej. da Flot.	9,1	76,3	1,53	100,0	27,45	1,42	-	-	-
62,5	conc. k <sub>1</sub>	44,5	15,6	1,16	44,5	15,60	1,16	55,5	36,99	37,41
	" k <sub>2</sub>	10,7	15,0	1,13	55,2	15,48	1,15	44,8	42,25	46,00
	" k <sub>3</sub>	5,6	15,5	1,26	60,8	15,49	1,16	39,2	46,07	51,11
	" k <sub>4</sub>	3,9	18,3	1,30	64,7	15,65	1,17	35,3	49,14	54,85
	Rej. da Reflot.	19,9	37,0	1,85	84,6	20,68	1,33	15,4	64,82	-
	Conc. Secundário	3,0	56,2	2,13	87,6	21,90	1,36	12,4	66,90	-
	Rej. da Flot.	12,4	66,9	1,49	100,0	27,47	1,38	-	-	-
178,6	conc. k <sub>1</sub>	20,7	10,3	1,18	20,7	10,3	1,18	79,3	33,65	18,09
	" k <sub>2</sub>	7,7	11,4	1,22	28,4	10,6	1,19	71,6	36,05	25,03
	" k <sub>3</sub>	9,5	12,7	1,46	37,9	11,13	1,26	62,1	39,62	35,37
	" k <sub>4</sub>	3,0	14,5	1,07	40,9	11,37	1,24	59,1	40,89	37,57
	Rej. da Reflot.	45,4	32,4	1,44	86,3	22,43	1,35	13,7	69,04	-
	Conc. Secundário	4,0	52,9	1,78	90,3	26,13	1,37	9,7	75,7	-
	Rej. da Flot.	9,7	75,7	1,14	100,0	28,82	1,35	-	-	-
275,5	conc. k <sub>1</sub>	26,2	11,3	1,24	26,2	11,30	1,24	73,8	34,24	23,21
	" k <sub>2</sub>	6,4	12,4	1,09	32,6	11,52	1,21	67,4	36,32	28,18
	" k <sub>3</sub>	7,7	13,8	1,09	40,3	11,95	1,19	59,7	39,22	34,26
	" k <sub>4</sub>	3,5	14,9	1,08	43,8	12,19	1,18	56,2	40,74	36,92
	Rej. da Reflot.	43,2	31,1	1,60	87,0	21,58	1,39	13,0	72,76	-
	Conc. Secundário	3,7	59,1	2,00	90,7	23,11	1,41	9,3	78,2	-
	Rej. da Flot.	9,3	78,2	1,23	100,0	28,23	1,40	-	-	-

Tab. 7 - Influência do amido na flotação com 100 g/t de querosene, 200 g/t de óleo de pinho e pH 7,5

no teor de cinzas e na recuperação em peso do concentrado final, para cada nível de concentração de amido, para ambos os coletores.

Os gráficos de n.ºs. 11 e 12, mostram a influência do amido no teor de cinzas e recuperação em peso do concentrado final, em diferentes tempos de reflotação, para ambos os coletores.

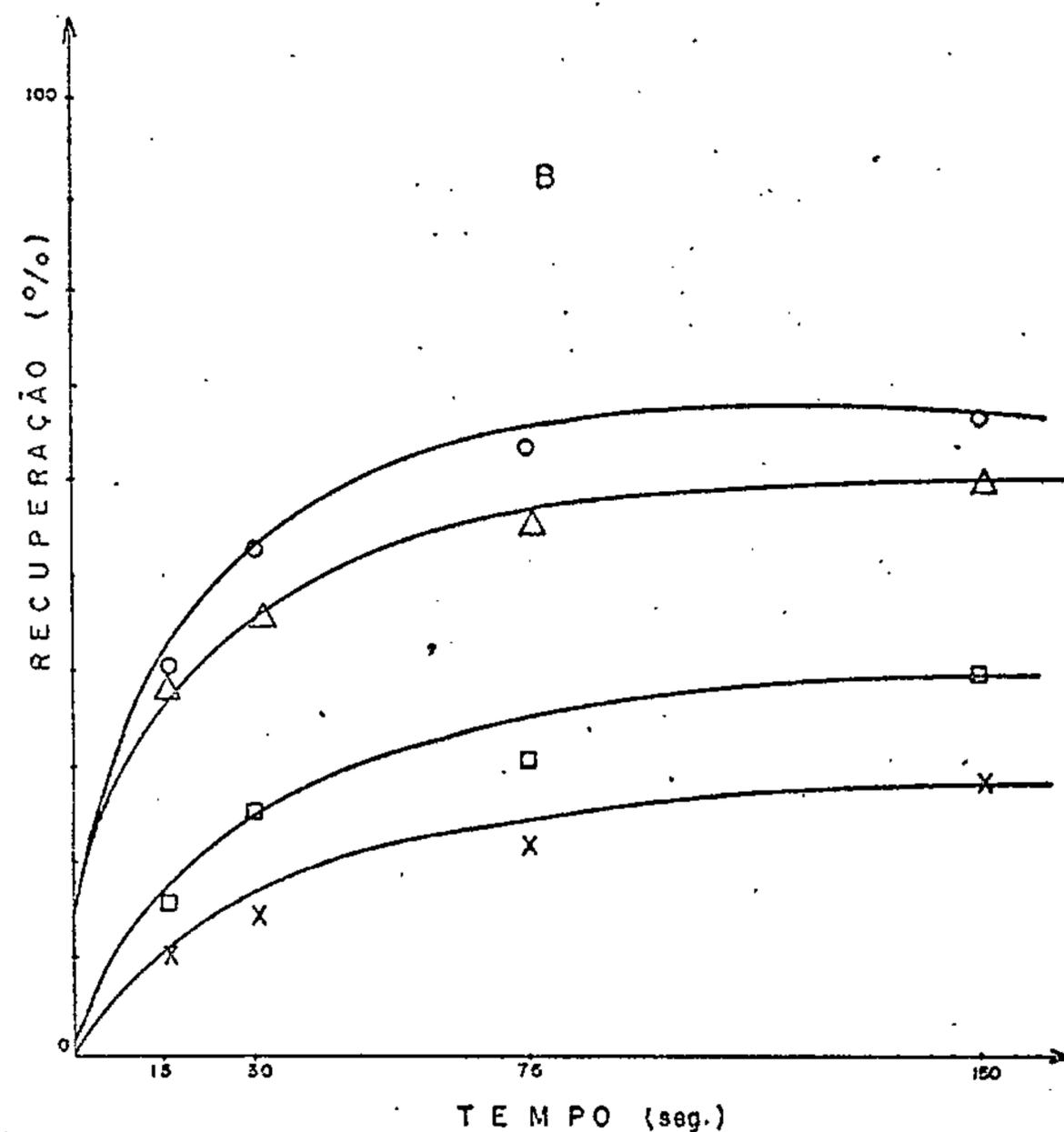
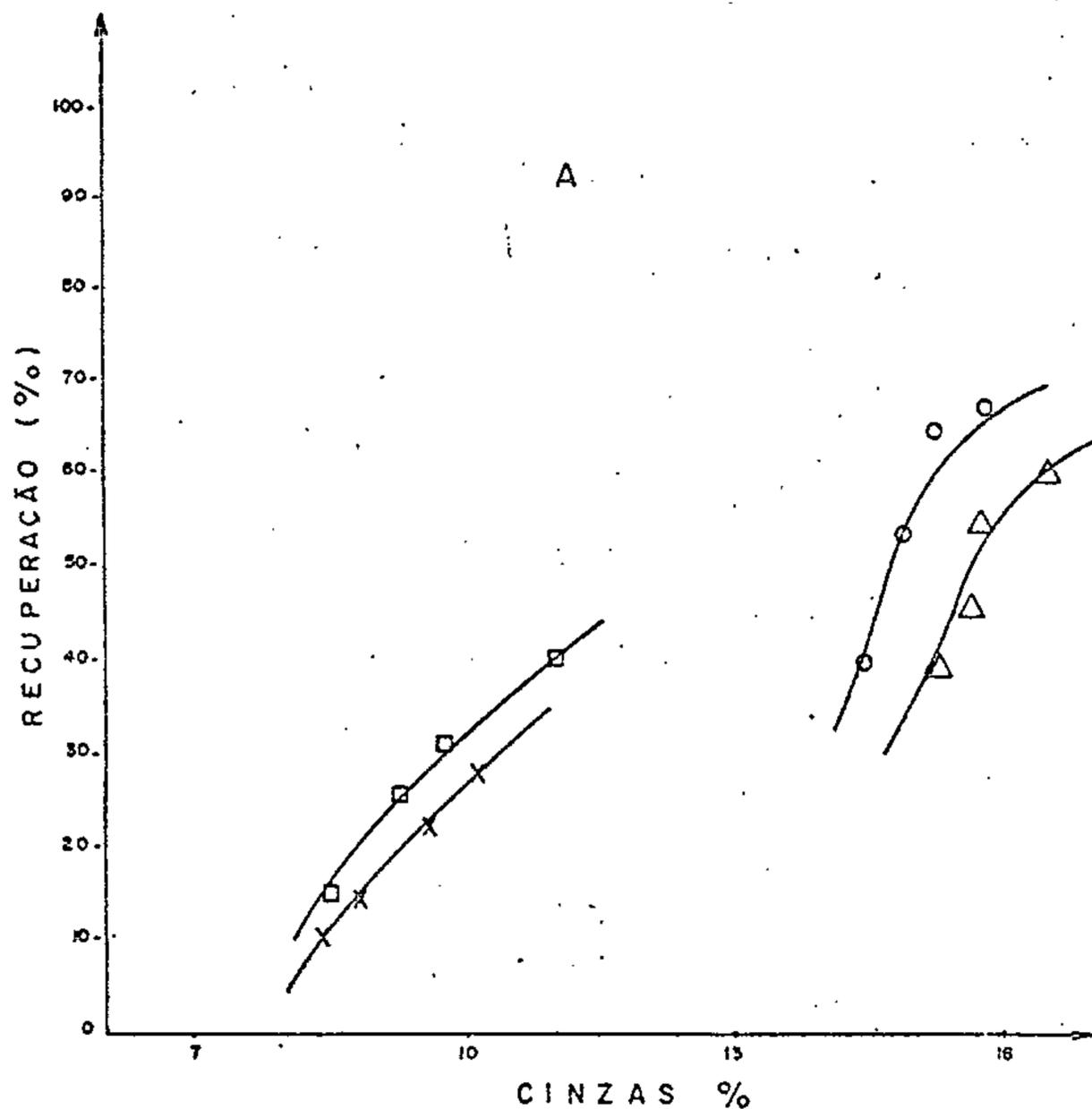
Os gráficos de n.ºs. 13 e 14, mostram a influência do amido, na eliminação do enxôfre, em diferentes tempos de reflotação, para ambos os coletores.

d.1) Influência do Tempo de Reflotação no Teor de Cinzas e na Recuperação em Peso do Concentrado Final.

Com o auxílio dos gráficos 9 e 10, a apresentados nas páginas 71 e 72, é possível analisar a influência do tempo de reflotação.

Para o querosene, o tempo de reflotação não exerce influência significativa para a obtenção de um produto de melhor qualidade, como se pode observar nas curvas correspondentes do gráfico 10. Verifica-se também que quase todo o material flota em um período curto de

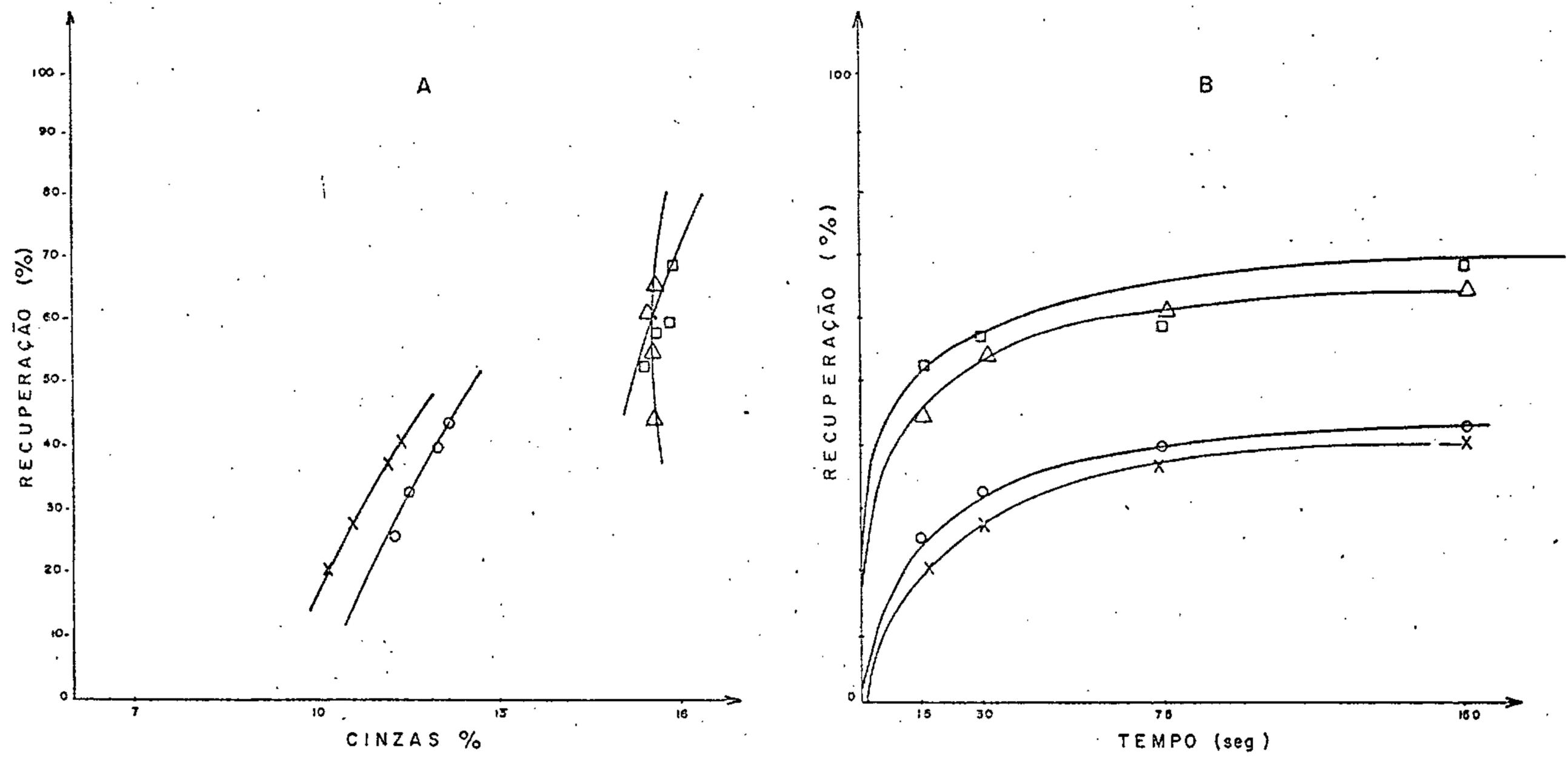
INFLUÊNCIA DO TEMPO DE REFLOT. USANDO ÓLEO DIESEL COMO COLETOR - 4ª SÉRIE



- - Zero amido
- △ - 57 g/t amido
- - 174 g/t amido
- X - 441 g/t amido

GRAFICO - 9

INFLUÊNCIA DO TEMPO DE REFLOT. USANDO O QUEROSENE COMO O COLETOR - 4ª SERIE



- - Zero amido
- △ - 62,5 g/t amido
- - 178,6 g/t amido
- × - 275,5 g/t amido

G.RÁFICO - 10

tempo (por exemplo em 30 segundos de reflotação, já se recupera acima de 70% do material total refltado), mesmo para concentrações de amido mais elevadas (gráfico 10 B).

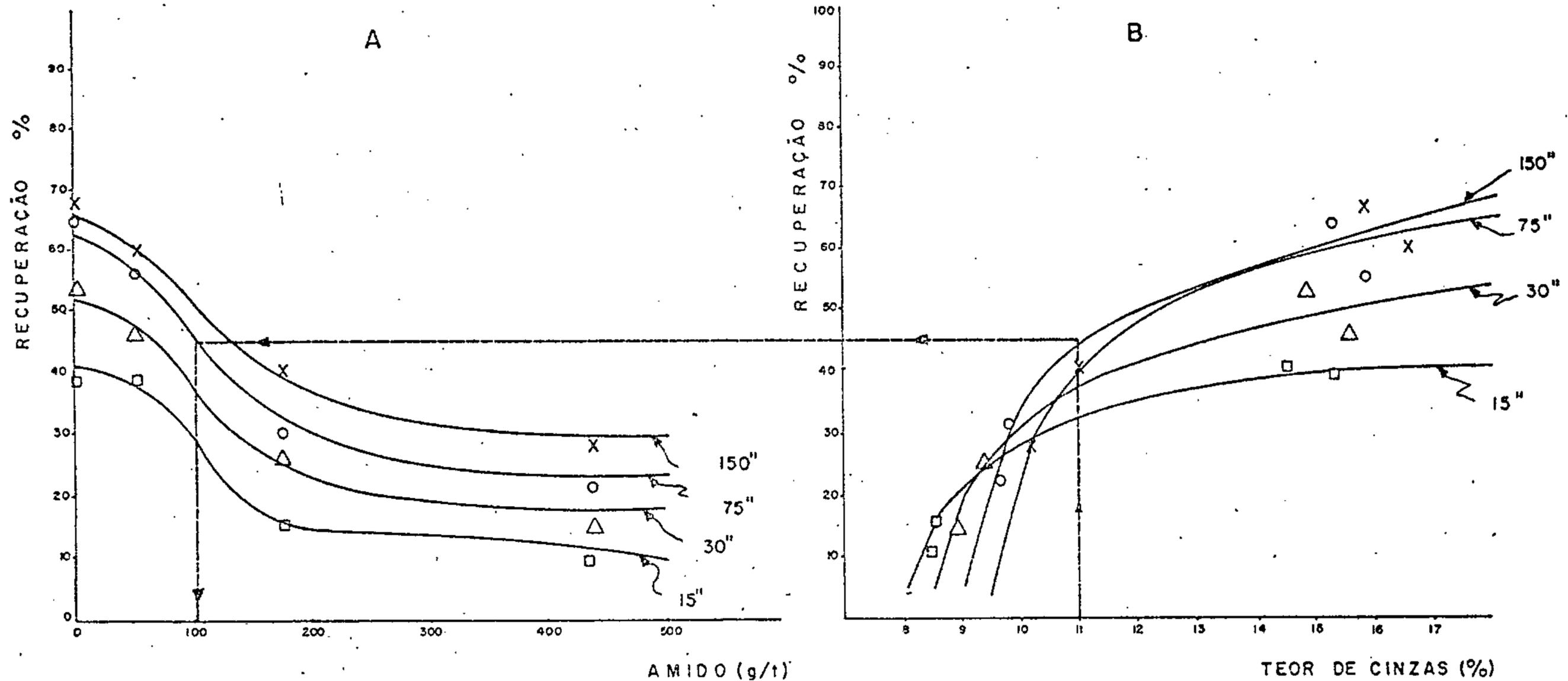
Para o óleo diesel, nota-se uma maior influência do tempo de reflotação na qualidade do concentrado final, principalmente para concentrações de amido mais elevadas (gráfico 9). Entretanto, quanto à recuperação em peso, verifica-se que à medida em que se aumenta a concentração de amido, a flotação do material já não se faz tão rapidamente, como acontece para o querosene.

#### d.2) Influência do Amido no Teor de Cinzas e Recuperação em Peso no Concentrado Final

Analisando-se agora a influência da concentração do amido, através dos gráficos 11 e 12, apresentados nas páginas 74 e 75, verifica-se que a medida em que se aumenta a concentração de amido, diminui-se a recuperação em peso e melhora-se a qualidade do material com relação ao teor de cinzas. Entretanto, tal comportamento só é mais significativa na faixa de 50 a 200 g/t, para ambos os coletores. É conveniente ressaltar que foi realizado um teste, que não está apresentado nas tabelas, em que utilizando-se o querosene como coletor, e uma concentração de 530 g/t de amido, não foi obtida qualquer re

INFLUÊNCIA DO AMIDO NA REFLOT. COM ÓLEO DIESEL, EM DIFERENTES TEMPOS DE FLOTAÇÃO

4ª SÉRIE



- X - 150" de flotação do conc. final
- O - 75" de flotação do conc. final
- Δ - 30" de flotação do conc. final
- - 15" de flotação do conc. final

GRÁFICO - II

# INFLUÊNCIA DO AMIDO NA REFLOT. COM QUEROSENE EM DIFERENTES TEMPOS DE FLOTAÇÃO

4ª SÉRIE

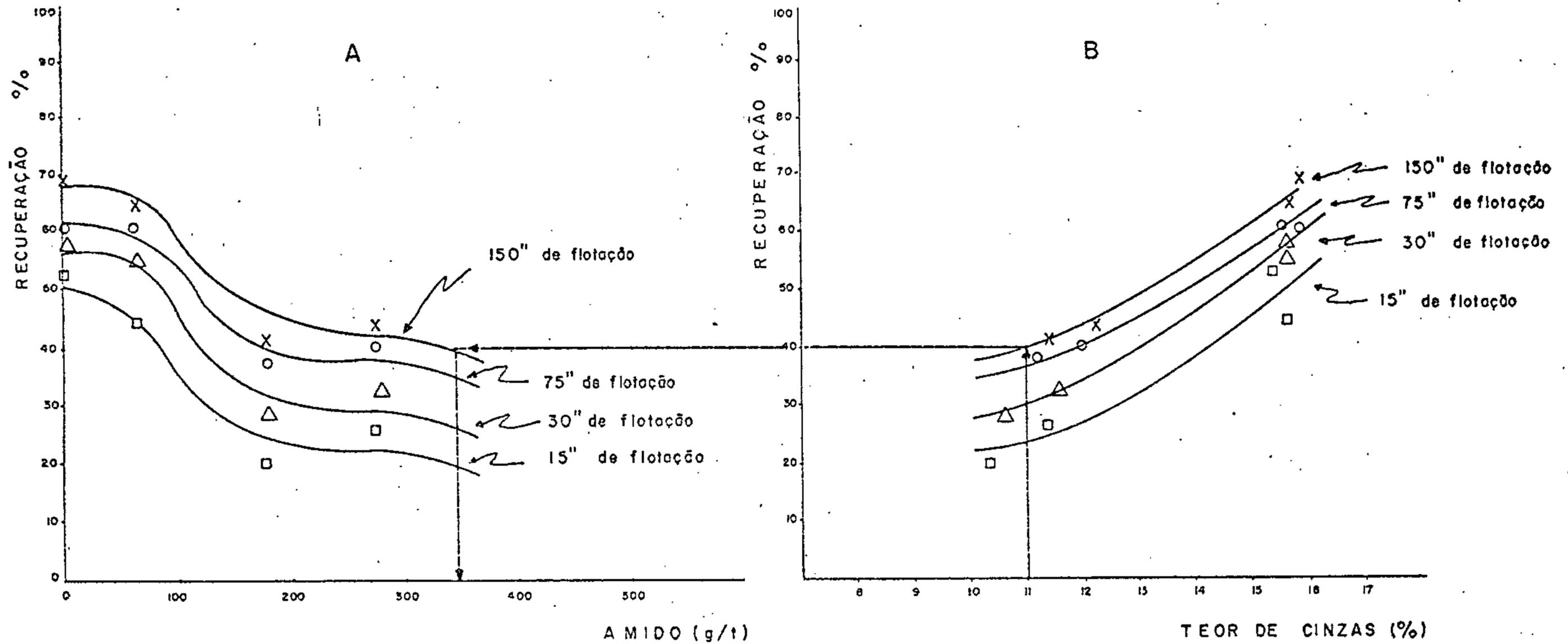


GRÁFICO - 12

cuperação em peso, em nenhum tempo. Tal fato indica que as curvas do gráfico 12 A, referentes aos diversos tempos de reflotação, devem se inclinar para baixo, até o valor de zero % de recuperação em peso, em um ponto da abcissa antes de 500 g/t de amido. Tal comportamento também pode ser esperado para o diesel, embora para uma concentração de amido, diferente.

Uma observação bastante interessante que se pode fazer com referência à flotação com óleo diesel (gráfico 11 B), é que para um tempo de reflotação de 15 segundos obtém-se, com relativamente pouca adição de amido (entre 75 e 90 g/t), um produto de boa qualidade (11 à 12% Cz) com recuperação em peso (32 à 35%), um pouco mais baixa do que o produto de alta cinza (16 à 17%), obtido sem adição de amido, e que dá uma recuperação em peso da ordem de 40%. Tal constatação parece comprovar que a velocidade da flotação da vitrinita é superior à dos demais constituintes petrográficos do carvão, conforme a literatura indica.

Com o auxílio destes gráficos podemos escolher o teor de cinzas desejado para o concentrado final, obtendo-se como respostas: a recuperação em peso, a concentração de amido necessária, e o tempo de reflotação correspondente.

Assim, por exemplo, para o óleo die-

sel, se se escolher um concentrado com 11% Cz, verifica-se que a maior recuperação em peso (44%) se acha na curva de 75 segundos (gráfico 11 B). Se estes resultados forem transferidos para a curva correspondente do gráfico 11 A, verifica-se ser necessário 105 g/t de amido. Este exemplo é indicado pela linha tracejada do gráfico no 11 (pag. 74).

Para o querosene (gráfico 12 B), es colhendo-se o mesmo teor de cinzas (11%), a maior recuperação em peso (40%) se acha na curva de 150 segundos. Procurando-se na curva correspondente, do gráfico 12 A, verifica-se a necessidade do uso de 345 g/t de amido para atingir tal teor de cinzas. Este exemplo está indicado pela linha tracejada do gráfico 12 (pag. 75).

É importante observar que podemos escolher qualquer teor de cinzas, dentro dos limites dos gráficos, e saberemos então, tanto a sua recuperação em peso, como a concentração de amido e tempo de flotação necessários.

#### d.3) Influência do Amido na Eliminação do Enxôfre

Embora a pesquisa não tenha sido conduzida no sentido estrito de abaixar o teor de enxôfre ,

os resultados obtidos nesta 4ª série, em referência à este elemento, foram animadores, como pode ser visto nos gráficos 13 e 14 (pag. 79), que mostram a eliminação do enxôfre em função da adição de amido, para diferentes tempos de flotação, e para cada coletor (diesel e querosene).

Analisando-se estes gráficos, verifica-se que à medida que se aumenta a concentração de amido, aumenta a eliminação de enxôfre. Note-se também que as curvas dos gráficos 13 e 14, têm o mesmo formato que as de "Recuperação em peso x Amido", apresentados nos gráficos 12 A e 11 A, respectivamente. A ocorrência desse fenômeno pode ser explicada pela não liberação da piritita que se encontra, como já foi visto, finamente disseminada nos macerais, só se liberando satisfatoriamente a partir de 150 mesh.

#### d.4) Escolha dos Melhores Resultados da 4ª série

Com base nos resultados da 4ª série de testes, observa-se que segundo as curvas dos gráficos 11 e 12, pode-se escolher um produto com 11%, 12%, 13%, etc. de teor de cinzas, com diferentes recuperações em peso para cada teor.

Desta forma, só será feita uma indi

INFLUÊNCIA DO AMIDO NA ELIMINAÇÃO DO ENXOFRE,  
NA REFLOT. COM QUEROSENE

4ª SÉRIE

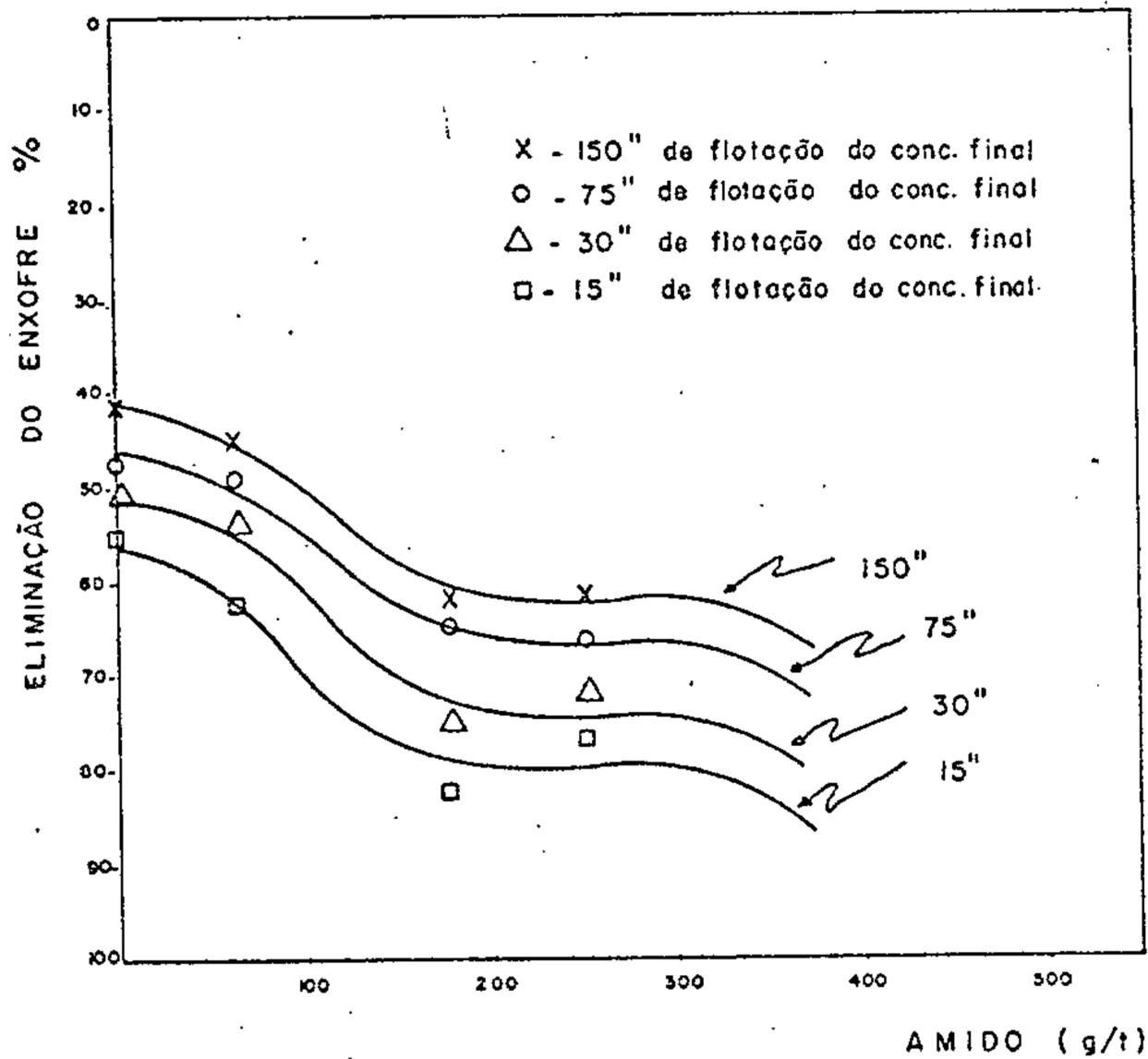


GRÁFICO - 13

INFLUÊNCIA DO AMIDO NA ELIMINAÇÃO DO ENXOFRE,  
NA REFLOT. COM ÓLEO DIESEL

4ª SÉRIE

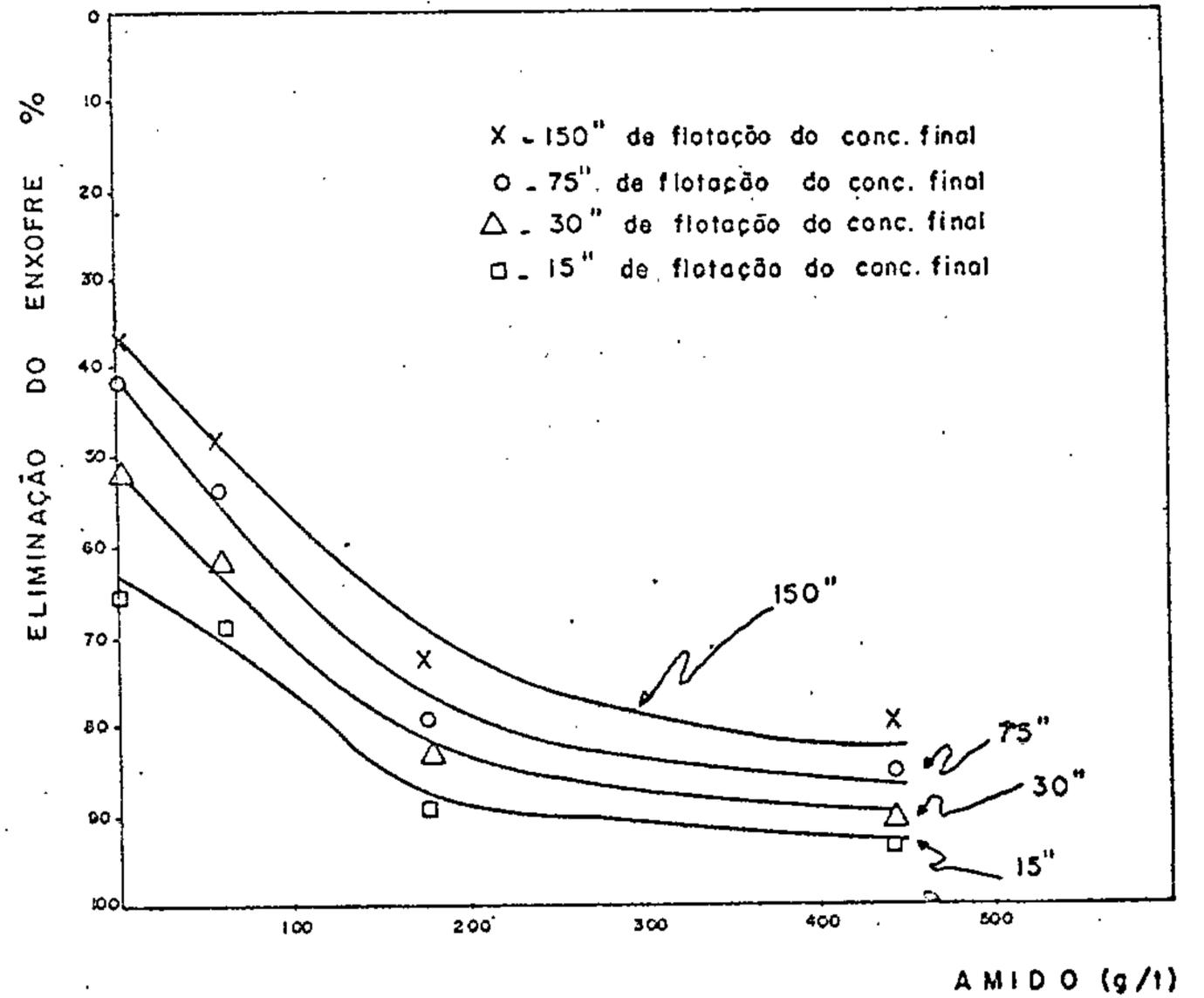


GRÁFICO - 14

cação dos resultados julgados mais promissores, sendo que qualquer um deles poderá ser eleito futuramente, de acordo com as conveniências do mercado.

Estes resultados, são apresentados no quadro da página seguinte.

pH	COLETOR	ESPUMANTE	AMIDO (g/t) **	TEMPO DE FLOT. DO CONC. FINAL (segundos)	CONCENTRADO		REJEITO		ELIMINAÇÃO DE ENXOFRE (%) ***
					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	QUERO- SENE (1.100 g/t)	ÓLEO DE PINHO (200 g/t)	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% Cz.

\*\* Valores Estimados pelas curvas dos gráficos 11 e 12.

\*\*\* Valores Estimados pelas curvas dos gráficos 13 e 14.

#### 4. APRECIACÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

#### 4. APRECIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os melhores resultados obtidos foram os seguintes:

COLETOR	CONCENTRADO FINAL		REJEITO FINAL	
	CINZAS (%) *	RECUP. EM PESO (%)	CINZAS (%) *	RECUP. EM PESO (%)
DIESEL	9,5	27 - 31	34 - 35	73 - 69
	10,0	34 - 38	36 - 38	66 - 62
	11,0	42 - 46	39 - 41	58 - 54
	12,0	48 - 52	41 - 44	52 - 48
	13,0	51 - 55	42 - 44	49 - 45
	14,0	57 - 61	45 - 48	43 - 39
QUEROSENE	9,5	31 - 36	35 - 37	69 - 64
	10,0	36 - 40	37 - 39	64 - 60
	11,0	40 - 44	38 - 40	60 - 56
	12,0	43 - 47	39 - 41	57 - 53
	13,0	49 - 53	41 - 43	51 - 47

\* Valores calculados considerando a alimentação com um teor de 27,2% de Cz.

Para a escolha de um ponto ótimo em termos de teor de cinzas e recuperação seria necessário considerar, entre outros aspectos: a percentagem mais conveniente do carvão nacional na mistura para coqueificação, de acordo com os novos teores de cinza do carvão; capacidade máxima de produção das minas; custo do carvão nacional, com o novo processo de beneficiamento, etc.

Entretanto, ao se observar o quadro na folha anterior, um resultado que se apresenta como um dos mais adequados, parece ser aquele que apresenta um concentrado com 11% de cinzas e recuperação em peso da ordem de 44% para ambos os coletores, o querosene e o óleo diesel. Ainda se consegue a partir desse concentrado, um "rejeito" que pode ser integralmente aproveitado como carvão-vapor, devido a seu teor em cinzas ser da ordem de 40%.

Este resultado pode ser conseguido utilizando-se as curvas dos gráficos 11 e 12 (páginas 74 e 75), referentes à influência do uso do amido, em que se obtém para este teor (11% de cinzas), necessidade de adição de 105 g/t de amido, ao se utilizar 800 g/t de óleo diesel, 200 g/t de óleo de pinho, pH 6,6 e tempo de reflotação de 75 segundos. Para o querosene, obtém-se este mesmo resultado (11% de cinzas), utilizando-se 345

g/t de amido, 1.100 g/t de querosene, 200 g/t de óleo de pinho, pH 7,5, e tempo de flotação de 150 segundos.

Entretanto, este mesmo resultado (11% de cinzas com 44%, 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 nos gráficos 5 e 6 (páginas 61 e 62), referente à 2ª série, em que se obtém este resultado utilizando-se apenas 280 g/t de óleo diesel, 100 g/t de óleo de pinho, pH 6,6 e tempo de reflotação de 90 segundos, ou 980 g/t de querosene, 100 g/t de óleo de pinho, pH 7,5 e tempo de reflotação de 90 segundos.

A definição das variáveis de flotação para qualquer um dos outros concentrados do quadro anterior, pode ser conseguida de forma análoga à usada para o concentrado com 11% de cinzas. Se isto for feito, verificar-se-á que com o uso de amido (e consequentemente, maiores quantidades de reagentes), obter-se-á, para um determinado teor de cinzas, praticamente, a mesma recuperação em peso, que a obtida sem o seu uso. Aparentemente tal fato seria suficiente para se decidir pela não adição deste reagente na flotação de carvão. Entretanto, há um importante fator à ser considerado: a influência do amido na seletividade da flotação de determinados constituintes petrográficos do carvão, fazendo com que os concentrados das flotações feitas com amido, apresentem uma

constituição petrográfica mais rica em vitrinita. Isto infelizmente não pôde ser comprovado neste projeto, por razões já explicadas anteriormente. .

Se for futuramente comprovada a não influência do amido na seletividade da flotação de mace-rais do carvão, é provável que seja desnecessária a re-flotação, podendo se obter os mesmos resultados do qua-dro anterior, usando-se apenas a técnica de flotação com controle de tempo, na flotação primária.

5. CONCLUSÕES

## 5. CONCLUSÕES

1. 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.

2. Foram também obtidos resultados animadores com relação ao abaixamento do enxôfre.

3. A partir de estudos petrográficos do CPL britado à 28 Mesh, 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). Uma liberação da ordem de 78%, julgada satisfatória, é conseguida para a fração 48 x 65 Mesh.

Existe entretanto uma pequena parte da pirita que se encontra finamente disseminada entre os macerais, e que só se apresenta liberada satisfatoriamente, abaixo de 150 Mesh (liberação de 93%).

4. Com os estudos de flotação realizados com o material britado à 28 Mesh, foi possível ve-

rificar, não só um significativo melhoramento do grau de liberação, como também um acentuado aumento na recuperação do carvão, devido a possibilidade da concentração do material fino ( - 200 Mesh), que não era possível apreciar pela análise das curvas de lavabilidade, onde este material fino não fazia parte.

5. Ensaio preliminar mostrou ser desnecessária uma deslamagem antes da flotação, em virtude dos finos conterem, em grande parte, carvão de ótima qualidade (vitrinita), e apresentarem boa seletividade na operação de flotação.

6. 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, no que diz respeito à composição petrográfica dos concentrados, e caso seja comprovada esta influência, o uso do amido poderá ser aconselhável.

7. Caso esta influência do amido não seja comprovada, talvez não seja necessário estágios posteriores de limpeza, podendo-se conseguir concentrados

finais da mesma qualidade que os anteriores, apenas por controle de tempo na flotação primária.

8. Foram conseguidos diversos resultados considerados bons. Entre estes, destaca-se o que apresenta um concentrado com um teor de 11% de cinzas e 44% 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.

9. Para uma melhor avaliação dos resultados alcançados neste projeto, é apresentado a seguir um quadro comparativo entre os resultados obtidos normalmente no beneficiamento de carvões pré-lavados, por processo de meio-denso, e os obtidos neste projeto através de flotação.

PROCESSO	CARVÃO METALÚRGICO		CARVÃO-VAPOR RESULTANTE	
	CINZAS (%)	RECUPERAÇÃO (%)	CINZAS (%)	RECUPERAÇÃO (%)
Meio-Denso	18,5	45	40	55
	15,0	30	40 28	50 20
Flotação	11,0	44	40	56

## 6. RECOMENDAÇÕES

## 6. RECOMENDAÇÕES

1. Embora este projeto tenha alcançado resultados satisfatórios, devemos ressaltar que:

a) em uma outra oportunidade, deverão ser testados outros reagentes, que não puderam ser utilizados neste projeto, devido ao prazo de execução do mesmo;

b) utilizar, se possível, em toda uma futura pesquisa, apoio petrográfico total, para melhor avaliação e compreensão dos resultados, que por restrições de ordem técnica, não pode ser obtido neste projeto;

c) orientar a pesquisa, visando também o abaixamento de enxôfre, à níveis que melhor satisfaçam as especificações para coqueificação;

d) ampliar o estudo à carvões de outras áreas;

e) testar os melhores resultados obtidos dos ensaios de bancada, em circuitos contínuos.

2. Considerando-se a grande quantidade de finos de que são constituídos os produtos de flotação, torna-se necessário um estudo, visando a aglomeração de

tes finos. Esta aglomeração pode ser feita por processos de briquetagem ou pelletização.

Tal necessidade de aglomeração dos finos, é entretanto providencial, visto que uma nova técnica de obtenção de coque, que necessariamente terá de ser estudada no Brasil, a do Coque Pré-moldado, utiliza numa de suas etapas, a aglomeração de finos.

3. Outra aplicação para os produtos de flotação, está no uso do processo de Briquetes e Finos, processo este que permite enforar, em uma bateria convencional de coqueificação, uma mistura com até 70% de finos e somente 30% de briquetes.

4. O beneficiamento do carvão brasileiro, através do processo de flotação, é o início de um amplo estudo de tecnologia de carvão, visando seu melhor aproveitamento, com o desenvolvimento de tecnologias próprias de beneficiamento e coqueificação. Um Anteprojeto, já proposto ao DNPM, denominado "Tecnologia do Carvão Brasileiro", engloba todas as pesquisas descritas e recomendadas anteriormente, para uma melhor complementação dos estudos realizados neste projeto.

7. BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

1. Araújo, Luiz Antonio de, Editora FTD - São Paulo-1967.
2. Chaves, Arthur Pinto, "Estrutura e Comportamento dos Carvões" - Tese de Pós-Graduação em Engenharia - Escola Politécnica da Universidade de S.Paulo - 1972.
3. Engineering and Mining Journal - Abril/1974.
4. Fraser, Thomas e Abreu, Álvaro de Paiva - Boletim nº 13 - Laboratório da Produção Mineral - Rio de Janeiro-1943.
5. Fraser, Thomas, "Amostragem e Flutuação de Carvões em Líquidos Pesados" - Avulso 7 - Laboratório da Produção Mineral - Rio de Janeiro/1947.
6. Fuerstenau, D.W. Aime - N.Y/1962.
7. Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS) - Revista - Julho/Agosto/1976.
8. Mineração e Metalurgia - Revista - Maio/77, pag. 25.
9. Machado, Eurico Romulo - "Reservas Brasileiras de Carvão" - Ciclo de Palestras Sobre Carvão Mineral - Novembro/1976.
10. Nóvoa, Roberto Vasconcellos - "Carvão Nacional para a Siderurgia à Coque" - Congresso Brasileiro de Geologia - Porto Alegre - Outubro/1974.

11. Nóvoa, Roberto Vasconcellos - "Beneficiamento de Carvões" - Ciclo de Palestras Sobre Carvão Mineral - Novembro/1976.
12. Plouf, T.M. - "Novas Técnicas de Flotação de Carvão a fim de reduzir o Teor de Enxôfre e Cinzas" - IV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios - São Paulo - Maio/1976.
13. Rubert, C.D. e Parton, W.J. - "The Operation of a Froth - Flotation Pilot Plant on Whashery - Water Solids" - Bulletin nº F 10 - B 20 - Deco Trefoil - June/1944.
14. Santos, Luiz Carlos Macedo Vieira dos - "A Indústria Carbonífera Catarinense, sua Significação, na Expansão, seus Problemas" - Setembro/1976.
15. Soledade, L.E.B. e Walkoff, A.P. - "Coqueificação" - Ciclo de Palestras Sobre Carvão Mineral - Porto Alegre. Novembro/1976.
16. Trautmann Carlos e Gausachs, Miguel - "Flotacion de Carboncillo nº 18 de Lota".
17. "World Minerals Availability" - Final Report, vol.3 - Steel, Iron Ore and Coking Coal" - Stanford Research Institute - April/1976.

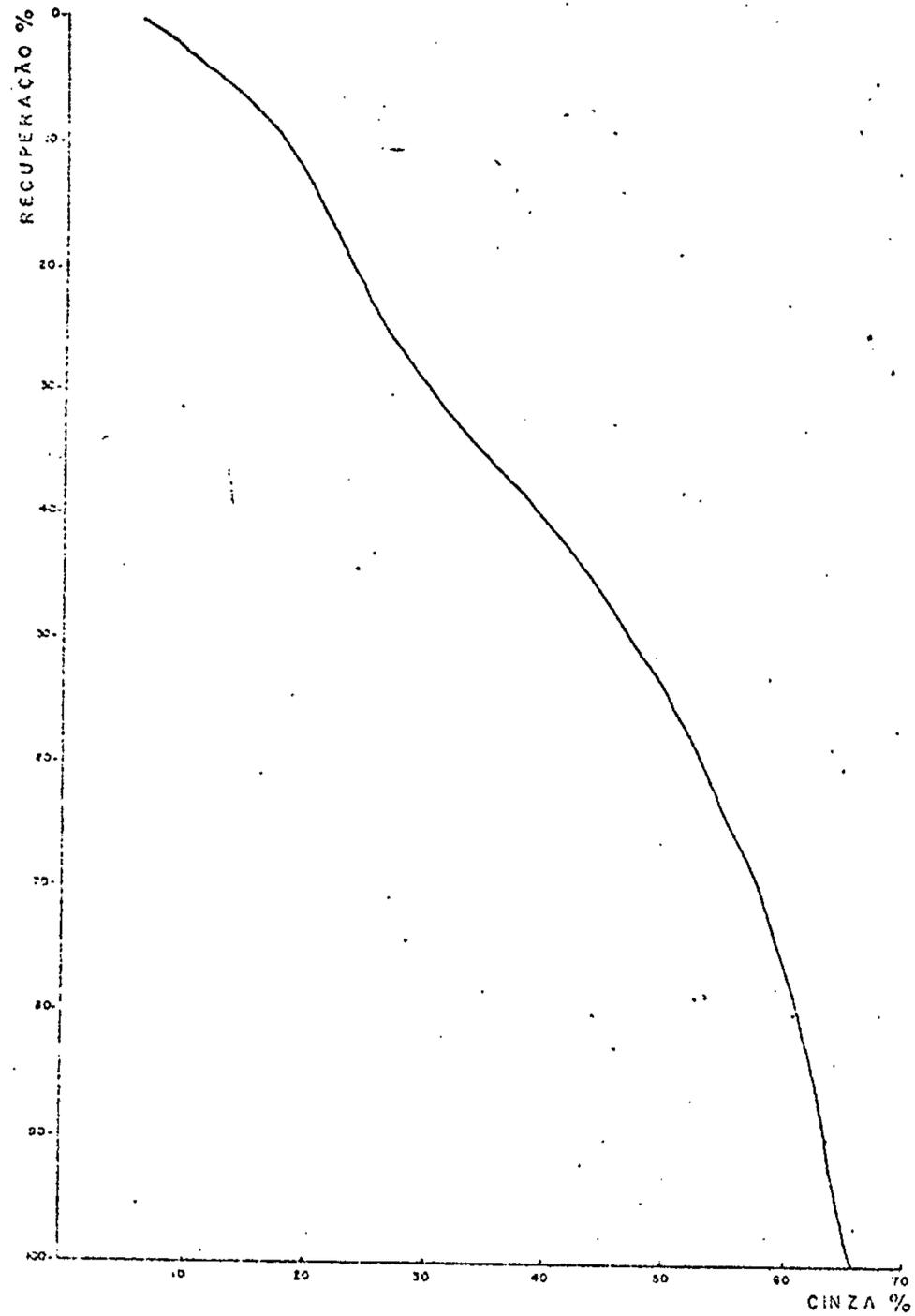
8. ANEXOS

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Fcso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	0,32	6,4	1,1	0,32	6,40	1,10
1,30 x 1,40	7,31	15,7	1,4	7,63	15,31	1,39
1,40 x 1,45	5,02	25,9	1,1	12,65	19,51	1,27
1,45 x 1,50	4,30	31,2	1,5	16,95	22,48	1,33
1,50 x 1,55	3,12	31,2	1,8	20,07	23,83	1,40
1,55 x 1,60	1,56	32,6	2,2	21,63	24,47	1,46
1,60 x 1,70	1,81	38,7	1,5	23,44	25,56	1,46
1,70 x 1,80	3,00	47,5	1,2	26,44	28,05	1,43
1,80 x 2,00	6,32	54,0	0,9	32,76	33,06	1,33
Afunda 2,00	67,24	81,6	2,9	100,00	65,70	2,39

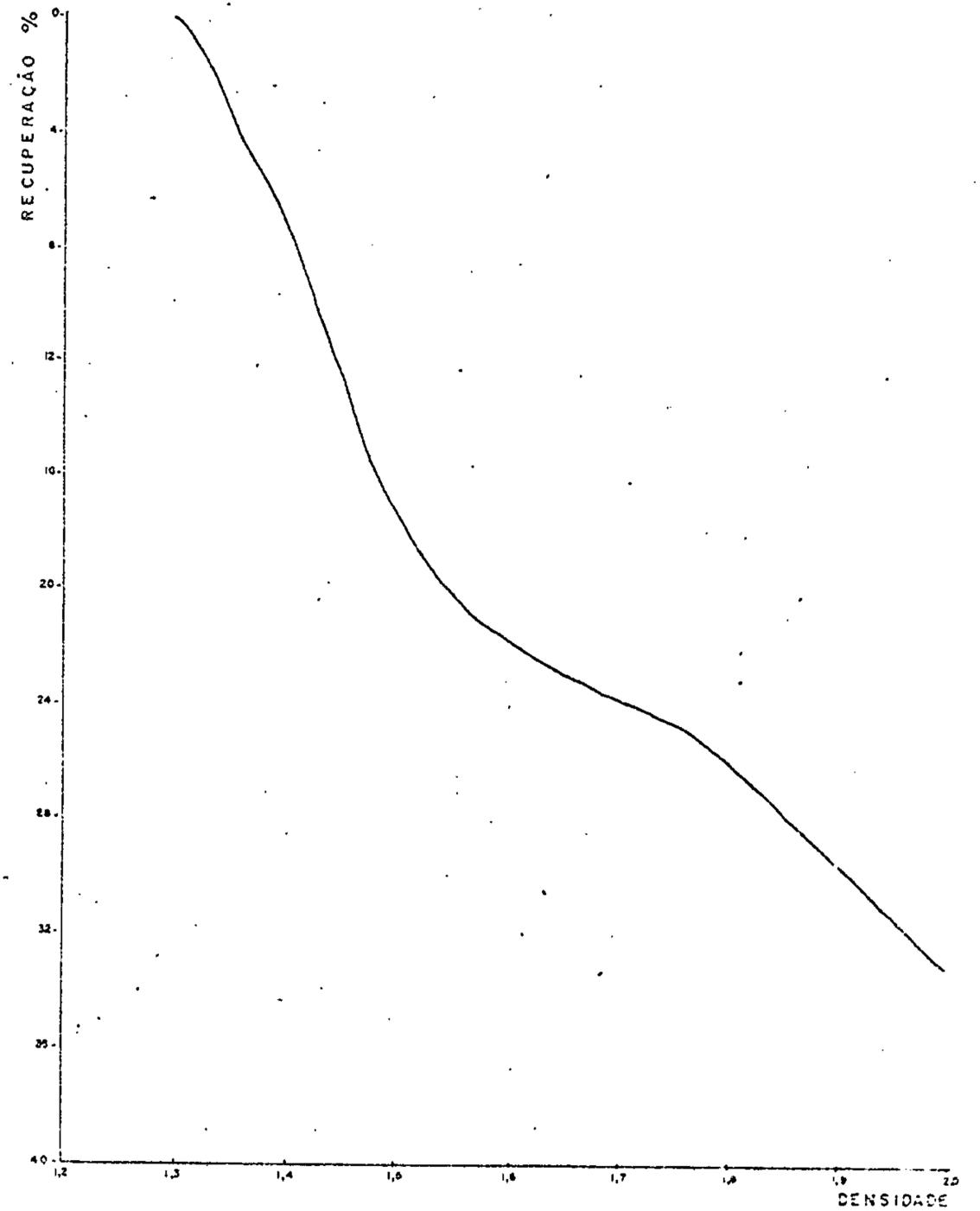
Anexo 1 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1" - fração 1" x 3 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



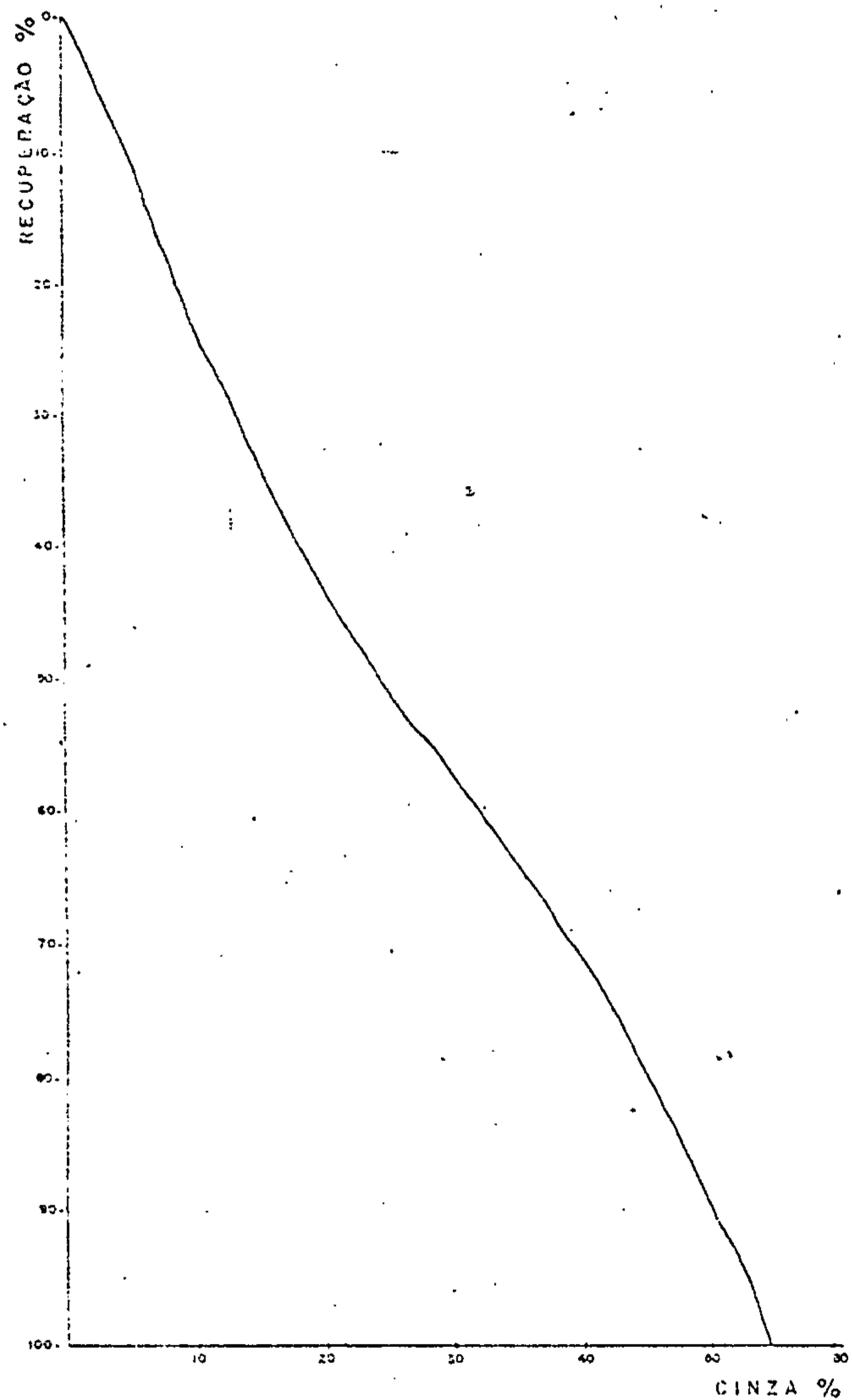
CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedência: Carb. Próspera-Mina 4	C P R M
	Natureza: Alimentação da Usina	
Proj. Est.Tec. dos Carvões do Brasil	Granulometria: 1" X 0 (britado)	D I T E M I
ANEXO - 1	Fração em estudo: 1" X 3 Mesh	

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	7,22	3,5	1,1	7,22	3,5	1,10
1,30 x 1,40	14,22	12,8	1,4	21,44	9,7	1,30
1,40 x 1,45	4,49	20,7	1,2	25,93	11,6	1,28
1,45 x 1,50	5,45	24,6	1,5	31,38	13,8	1,32
1,50 x 1,55	3,37	28,8	1,8	34,75	15,3	1,37
1,55 x 1,60	1,85	33,5	1,8	36,60	16,2	1,39
1,60 x 1,70	1,94	38,3	2,5	38,54	17,3	1,44
1,70 x 1,80	2,85	49,8	1,7	41,39	19,6	1,46
1,80 x 2,00	6,20	46,0	1,3	47,59	23,0	1,44
Afunda 2,00	52,41	82,3	2,2	100,00	54,1	1,84

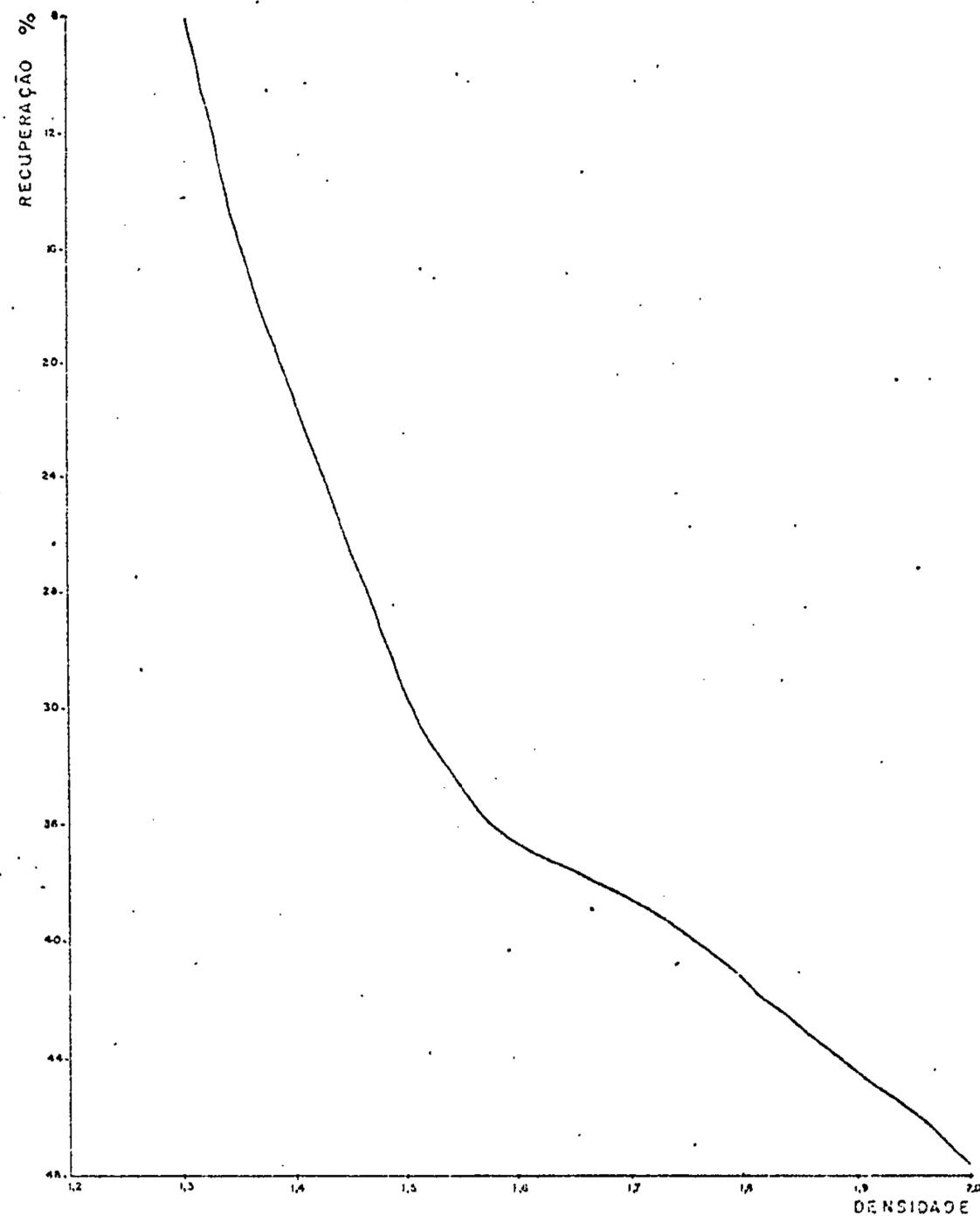
Anexo 2 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1" - fração 3 M x 28 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



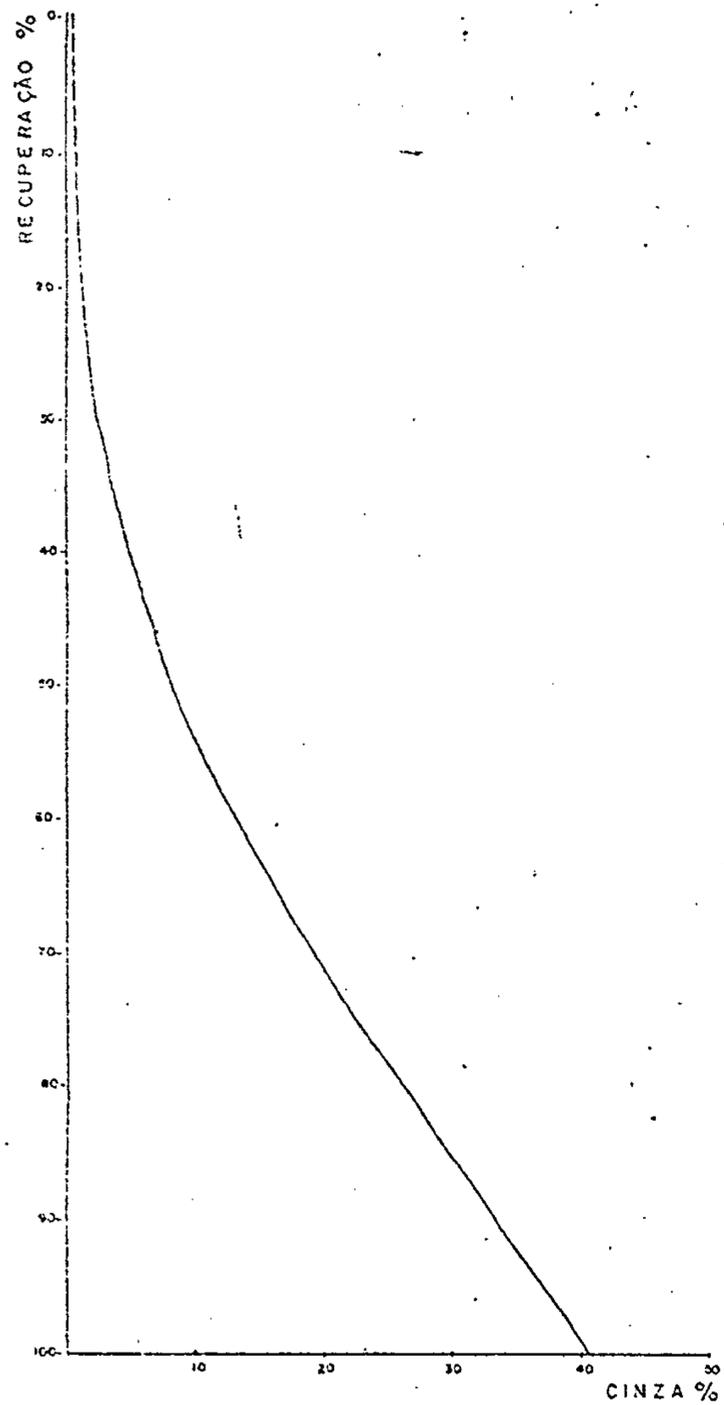
CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera - Mina 4	CPRM DITEMI
	Natureza: Alimentação da Usina	
Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - 2	Granulometria: 1" XO (britado)	
	Fração em estudo: 3M X 28M	

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	29,09	2,3	0,8	29,09	2,30	0,80
1,30 x 1,40	11,24	12,2	1,3	40,33	5,06	0,94
1,40 x 1,45	4,05	17,5	1,2	44,38	6,19	0,96
1,45 x 1,50	6,87	23,8	1,3	51,25	8,55	1,01
1,50 x 1,55	0,07	27,5	1,2	51,32	8,58	1,01
1,55 x 1,60	2,39	30,4	1,3	53,71	9,55	1,02
1,60 x 1,70	2,29	26,9	1,5	56,00	10,26	1,04
1,70 x 1,80	2,86	46,1	1,7	58,86	12,00	1,07
1,80 x 2,00	3,84	58,3	1,5	62,70	14,84	1,10
Afunda 2,00	37,30	82,3	3,8	100,00	40,00	2,11

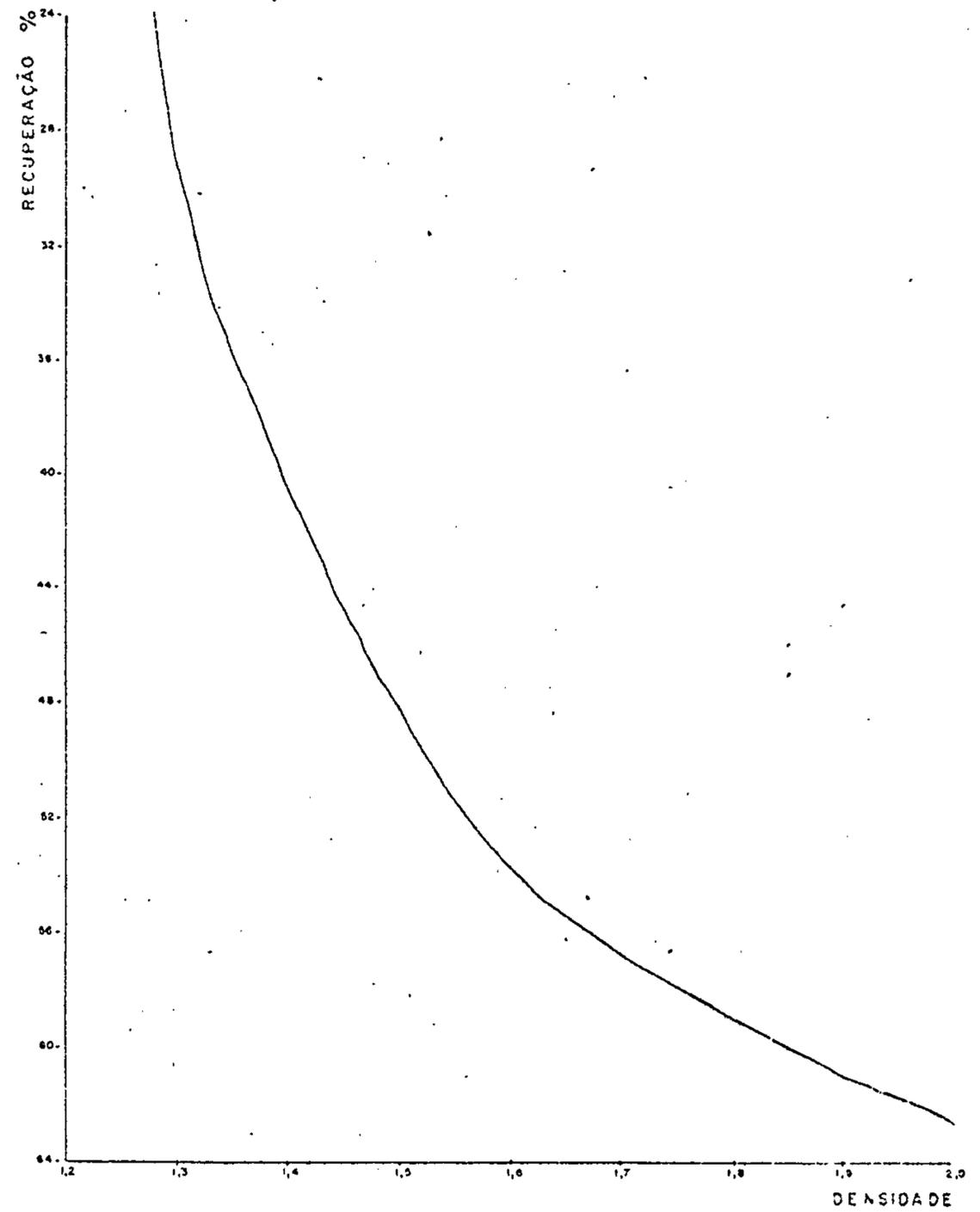
Anexo 3 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1" - fração 28 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



CURVAS DE LAVABILIDADE

Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil  
ANEXO - 3

Procedencia: Carb. Prospera - Mina 4  
Natureza: Alimentação da Usina  
Granulometria: 1" X 0 (britado)  
Fração em estudo: 28 M X 20 CM

C P R M  
D I T E M I

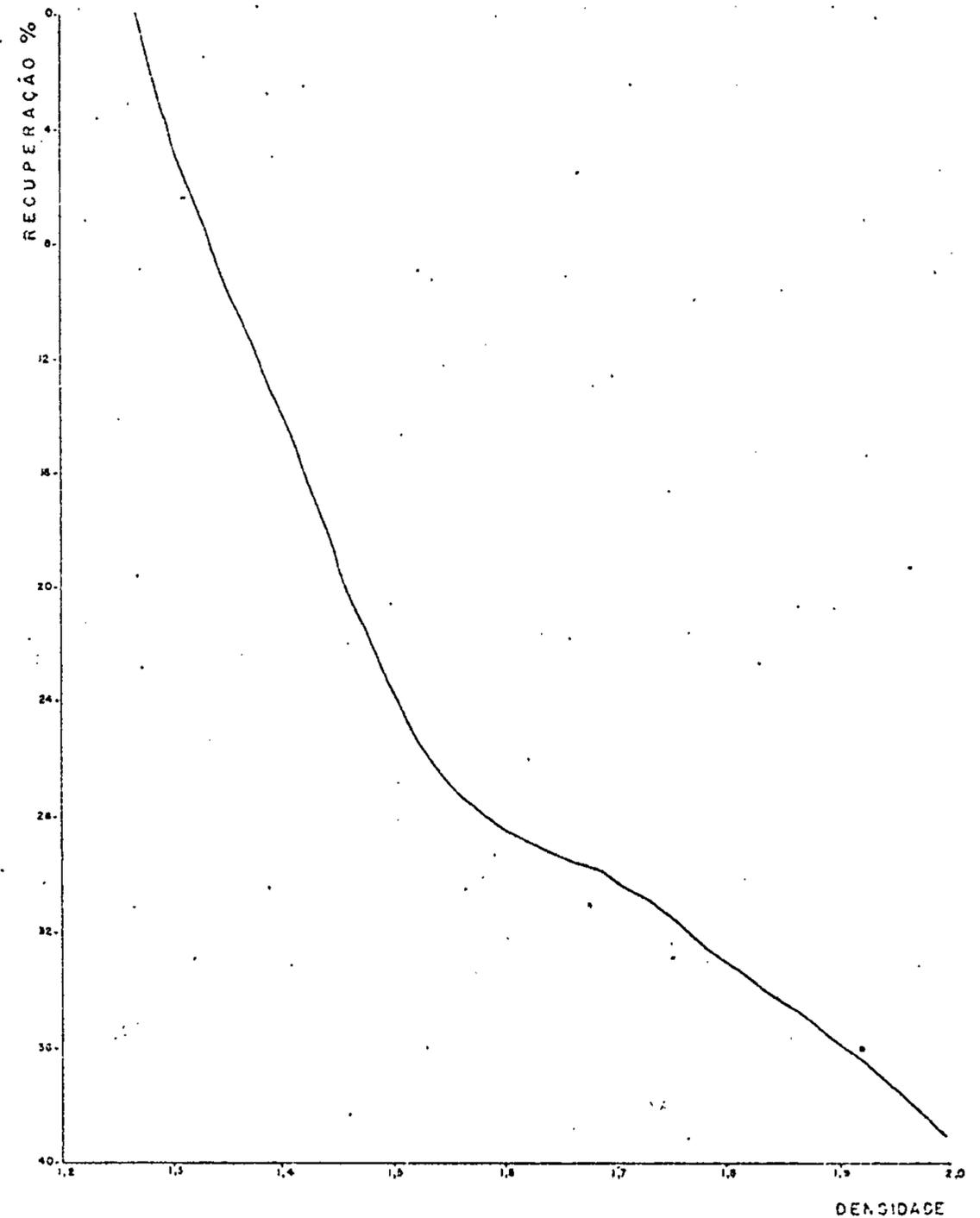
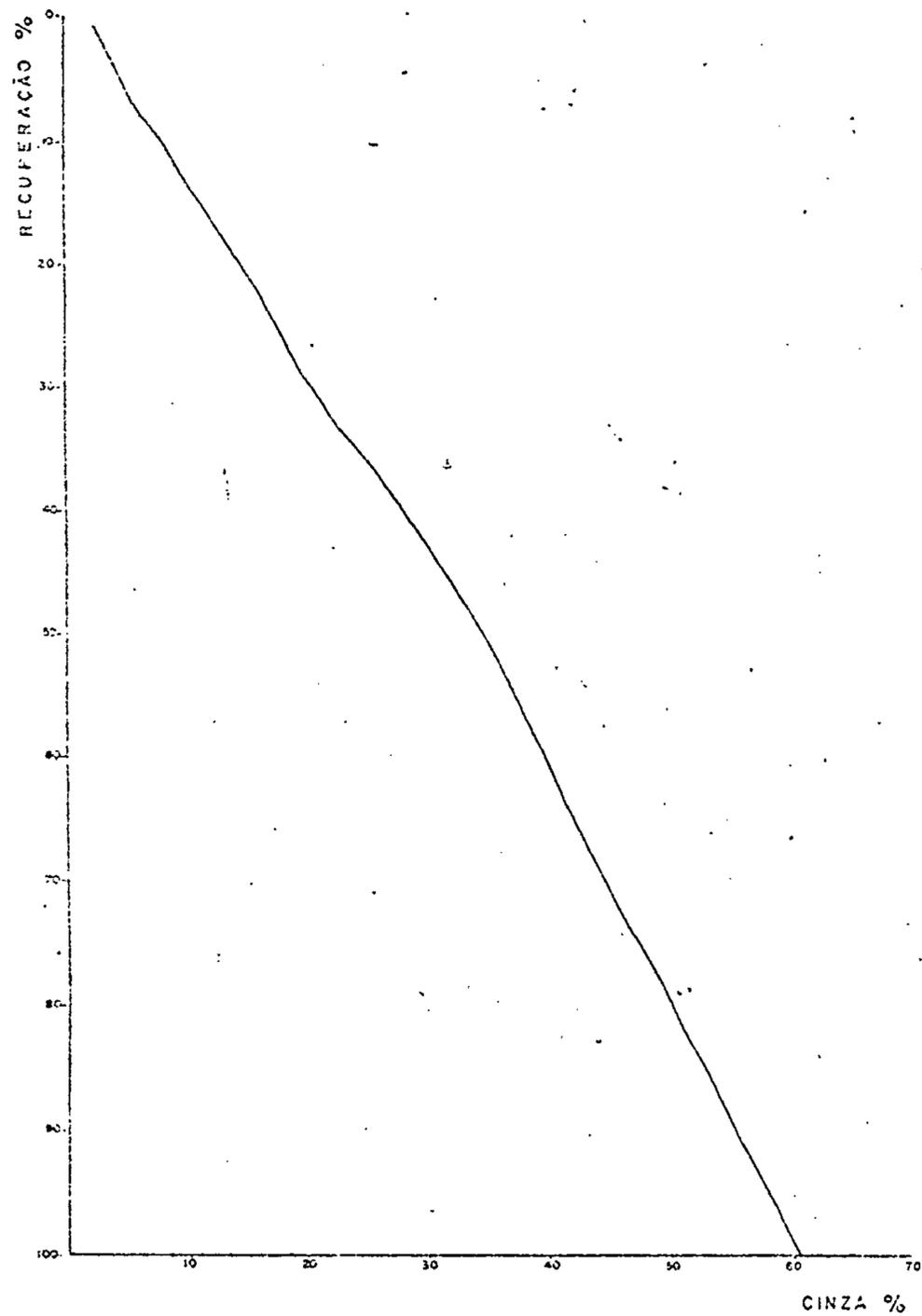
Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	4,36	3,08	0,96	4,36	3,08	0,96
1,30 x 1,40	9,63	14,15	1,39	13,99	10,70	1,26
1,40 x 1,45	4,79	23,96	1,13	18,78	14,08	1,22
1,45 x 1,50	4,82	28,25	1,48	23,60	16,98	1,28
1,50 x 1,55	2,98	30,39	1,80	26,58	18,48	1,33
1,55 x 1,60	1,70	32,68	1,98	28,28	19,33	1,37
1,60 x 1,70	1,88	37,58	1,81	30,16	20,47	1,40
1,70 x 1,80	2,95	48,07	1,38	33,11	22,93	1,40
1,80 x 2,00	6,12	51,78	1,05	39,23	27,43	1,34
Afunda 2,00	60,77	81,81	2,76	100,00	60,48	2,20

Anexo 4 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1" - fração total 1" x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEO EM CINZAS

CURVA FUNÇÃO DA DENSIDADE



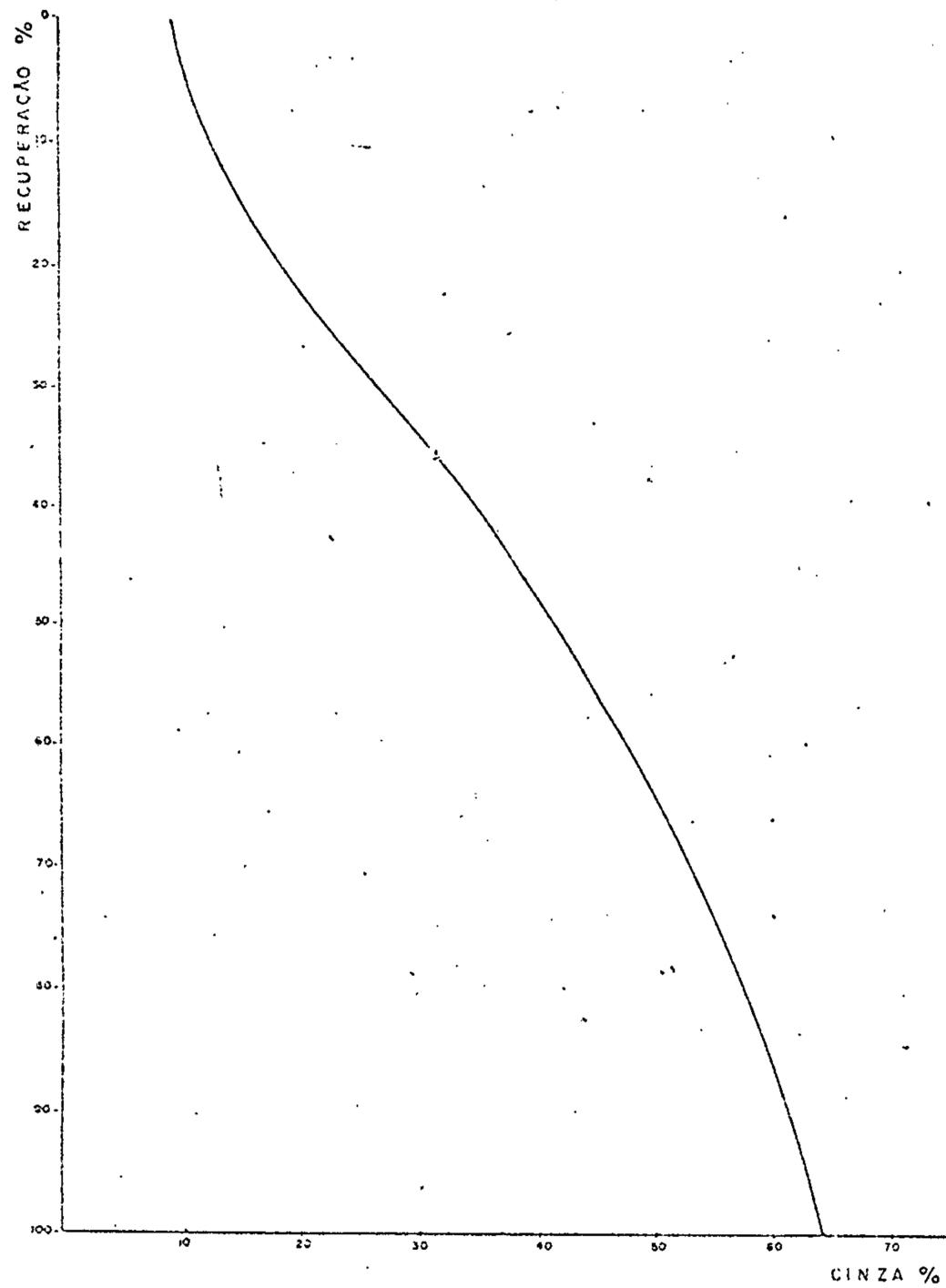
Fines: (-200M) Plus: 5,04% Cinza: 57,2%	CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera-Mina 4 Natureza: Alimentação da Usina Granulometria: 1" X 0 (britado) Fração em estudo: 1" X 200 M	C P R M D I T E M I
	Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - 4		

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma FC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	6,31	13,0	1,6	6,31	13,00	1,60
1,30 x 1,40	1,27	6,5	1,2	7,58	11,91	1,53
1,40 x 1,50	10,39	21,7	1,6	17,97	17,57	1,57
1,50 x 1,60	4,20	30,5	1,6	22,17	20,02	1,58
1,60 x 1,70	2,38	38,0	1,6	24,55	21,76	1,58
1,70 x 1,80	2,75	45,7	1,2	27,30	24,17	1,54
1,80 x 2,00	5,55	56,3	1,0	32,85	29,60	1,45
Afunda 2,00	67,15	81,7	4,4	100,00	64,59	3,43

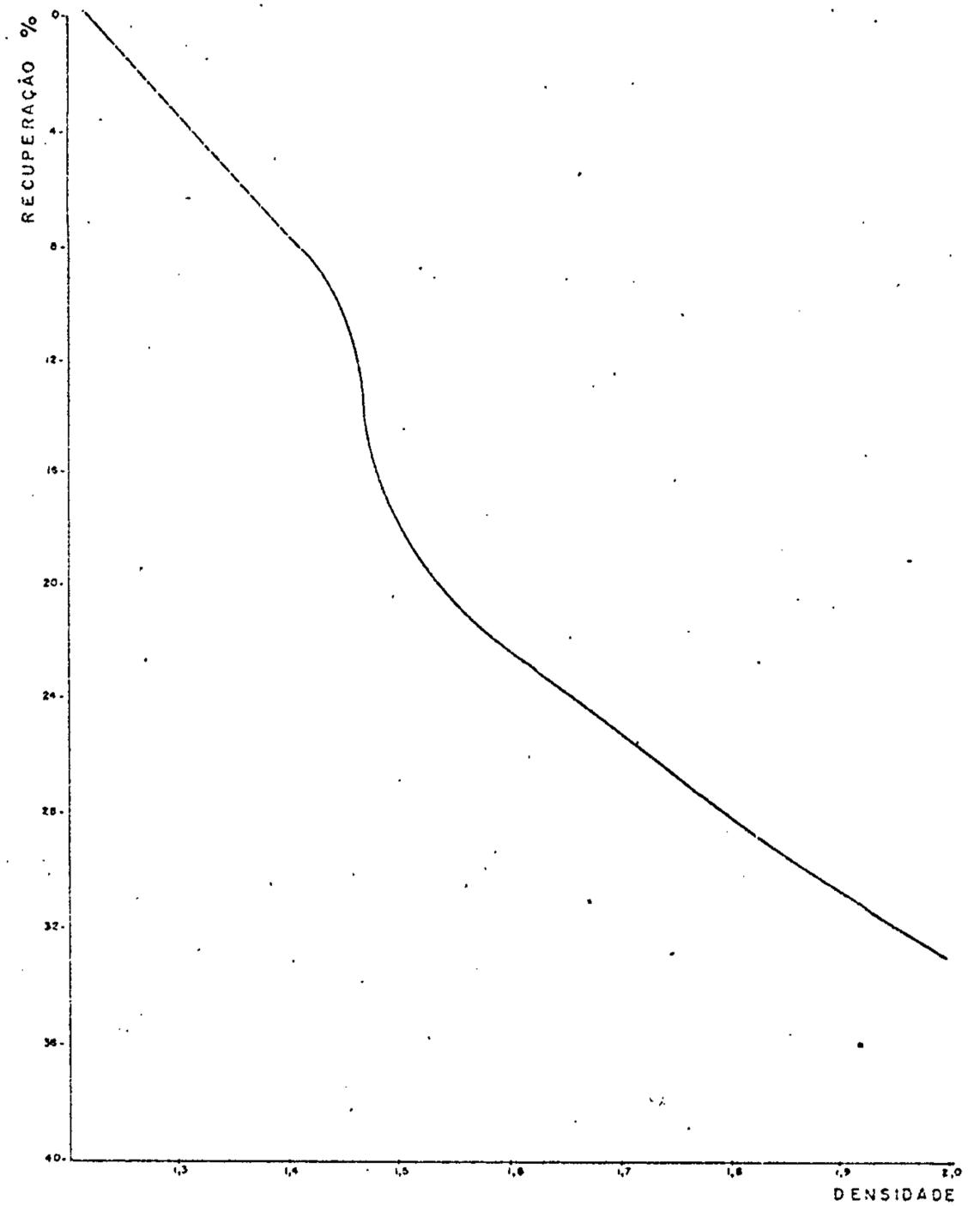
Anexo 5 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1/2" - fração 1/2" x 6 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEO EM CINZAS



CURVA FUNÇÃO DA DENSIDADE



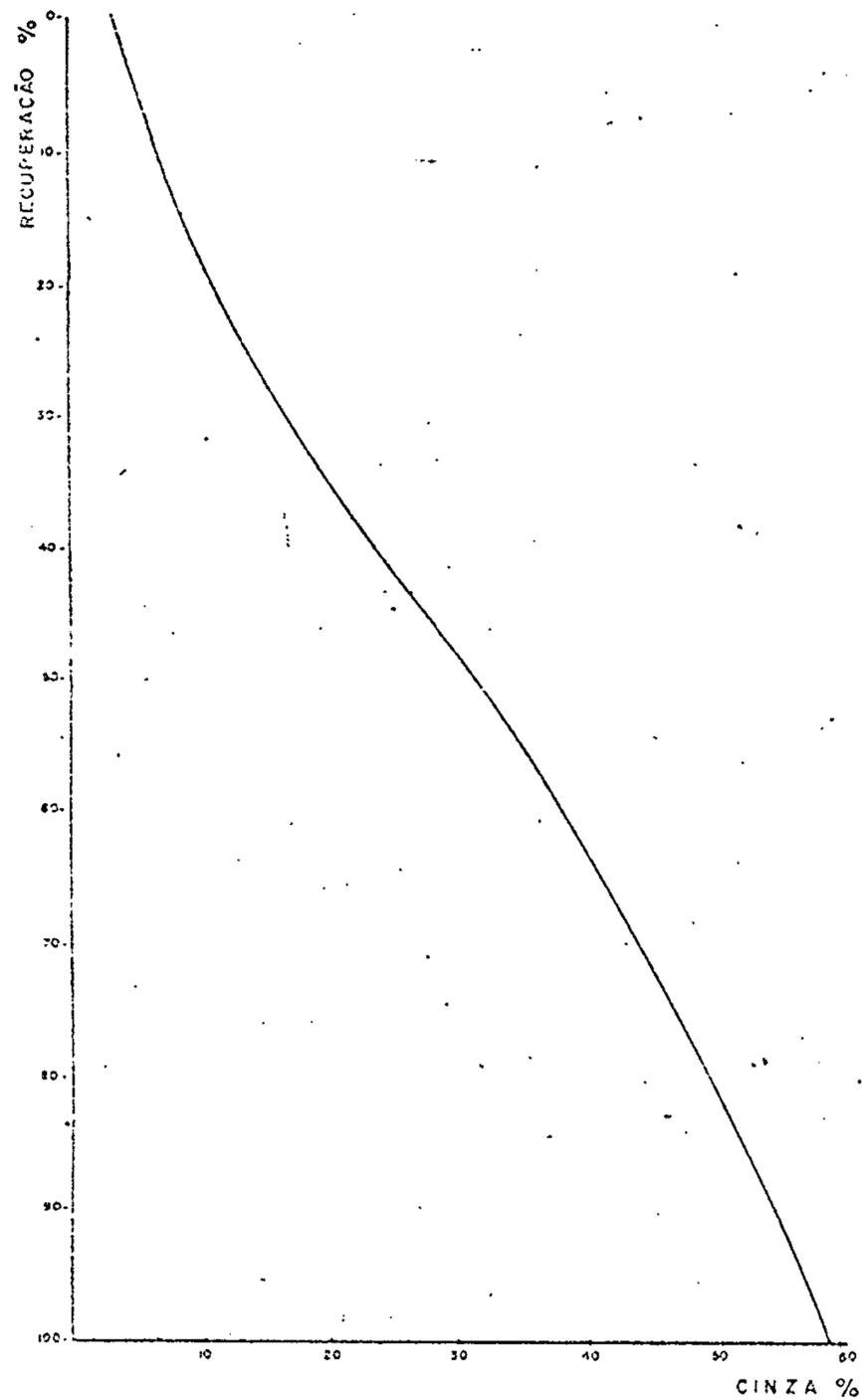
CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera-Mina 4	C P R M
	Natureza: Alimentação da Usina	
Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil	Granulometria: 1/2" X 0 (britado)	DITEMI
ANEXO - 5	Fração em estudo: 1/2" X 6 M	

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma FC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	11,48	7,3	1,1	11,48	7,30	1,10
1,30 x 1,40	9,44	17,4	1,4	20,92	11,86	1,23
1,40 x 1,50	8,71	27,7	1,6	29,63	16,51	1,34
1,50 x 1,60	0,59	34,3	1,8	30,22	16,86	1,35
1,60 x 1,70	2,70	40,3	1,7	32,92	18,78	1,38
1,70 x 1,80	2,69	47,3	1,7	35,61	20,94	1,40
1,80 x 2,00	4,95	53,5	1,1	40,56	24,91	1,37
Afunda 2,00	59,44	82,7	3,0	100,00	59,26	2,34

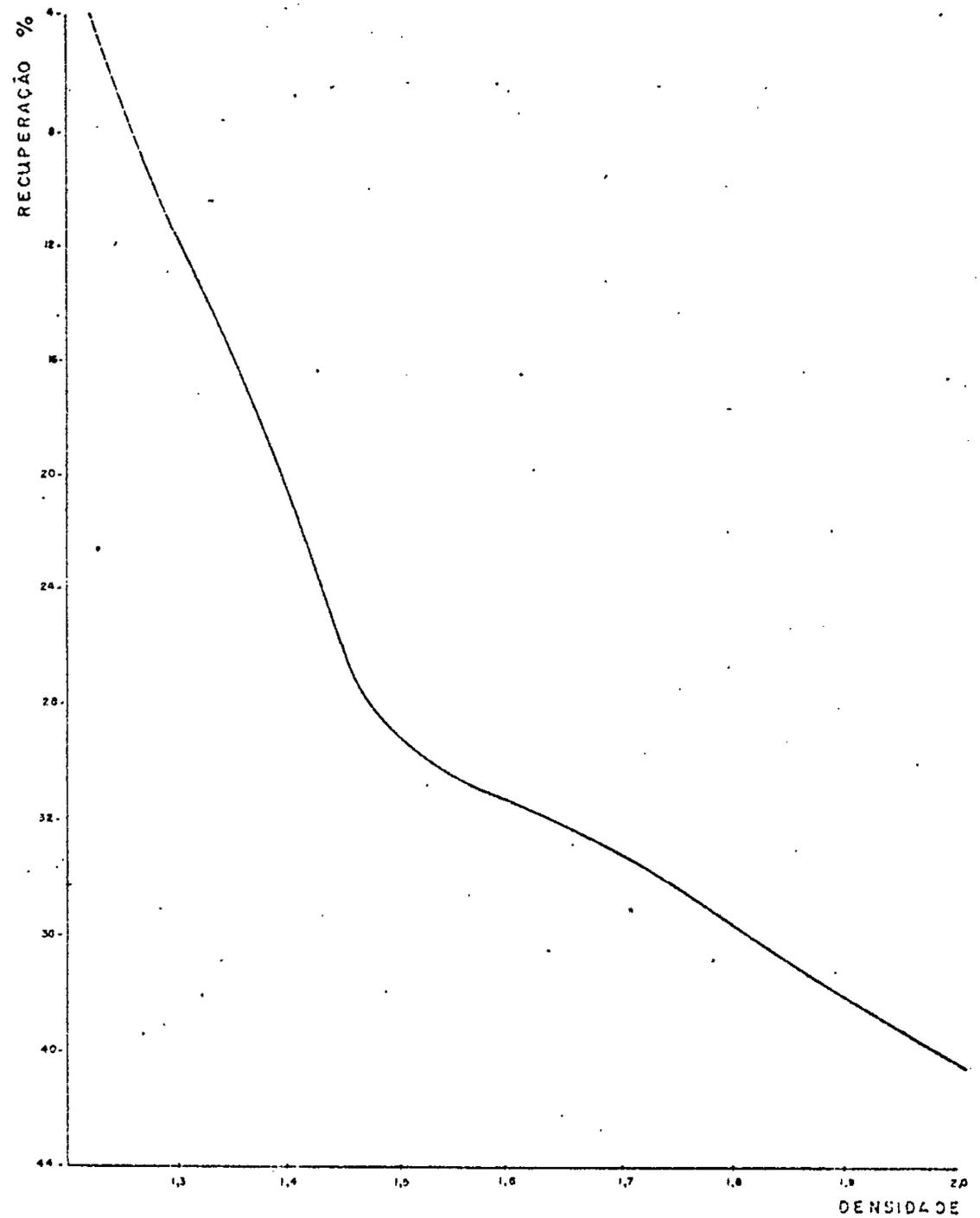
Anexo 6 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1/2" = fração 6 M x 28 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



CURVAS DE LAVABILIDADE

Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil  
ANEXO - 6

Procedencia: Carb. Prospera - Mina 4  
Natureza: Alimentação da Usina  
Granulometria: 1/2"XO (britado)  
Fração em estudo: 6M X 28M

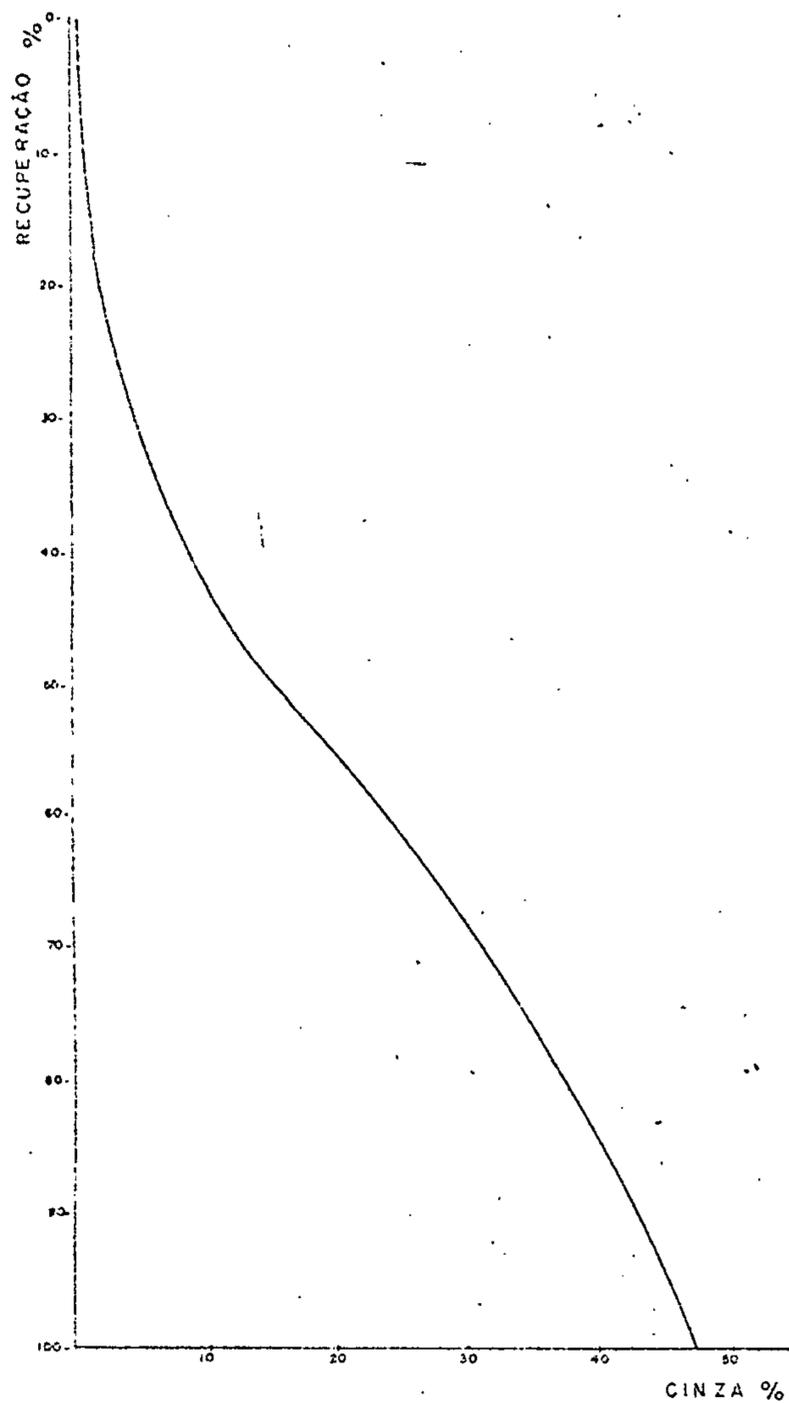
C P R M  
D I T E M I

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	24,98	3,7	0,7	24,98	3,70	0,70
1,30 x 1,40	9,32	14,0	1,2	34,30	6,50	0,84
1,40 x 1,50	8,10	25,1	1,2	42,40	10,05	0,90
1,50 x 1,60	1,86	34,4	1,4	44,26	11,07	0,93
1,60 x 1,70	2,42	42,1	1,4	46,68	12,68	0,95
1,70 x 1,80	5,31	58,4	1,4	51,99	17,35	1,00
1,80 x 2,00	2,83	57,0	1,1	54,82	19,40	1,00
Afunda 2,00	45,18	83,0	3,5	100,00	48,13	2,13

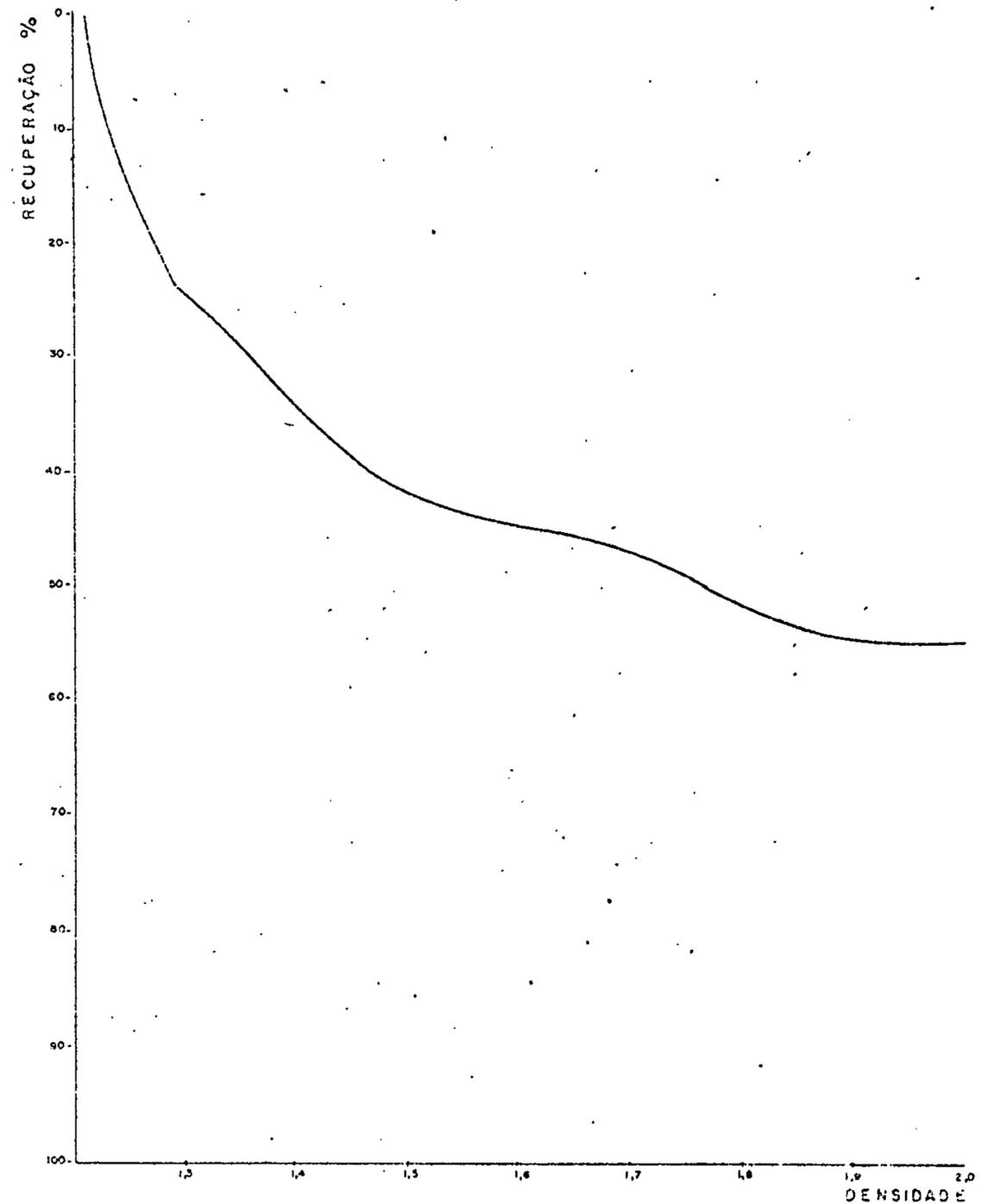
Anexo 7 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1/2" - fração 28 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



CURVAS DE LAVABILIDADE

Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil  
ANEXO - 7

Procedencia: Carb. Prospera - Mina 4  
Natureza: Alimentação da Usina  
Granulometria: 1/2" X 0 (britada)  
Fração em estudo: 28M X 200M

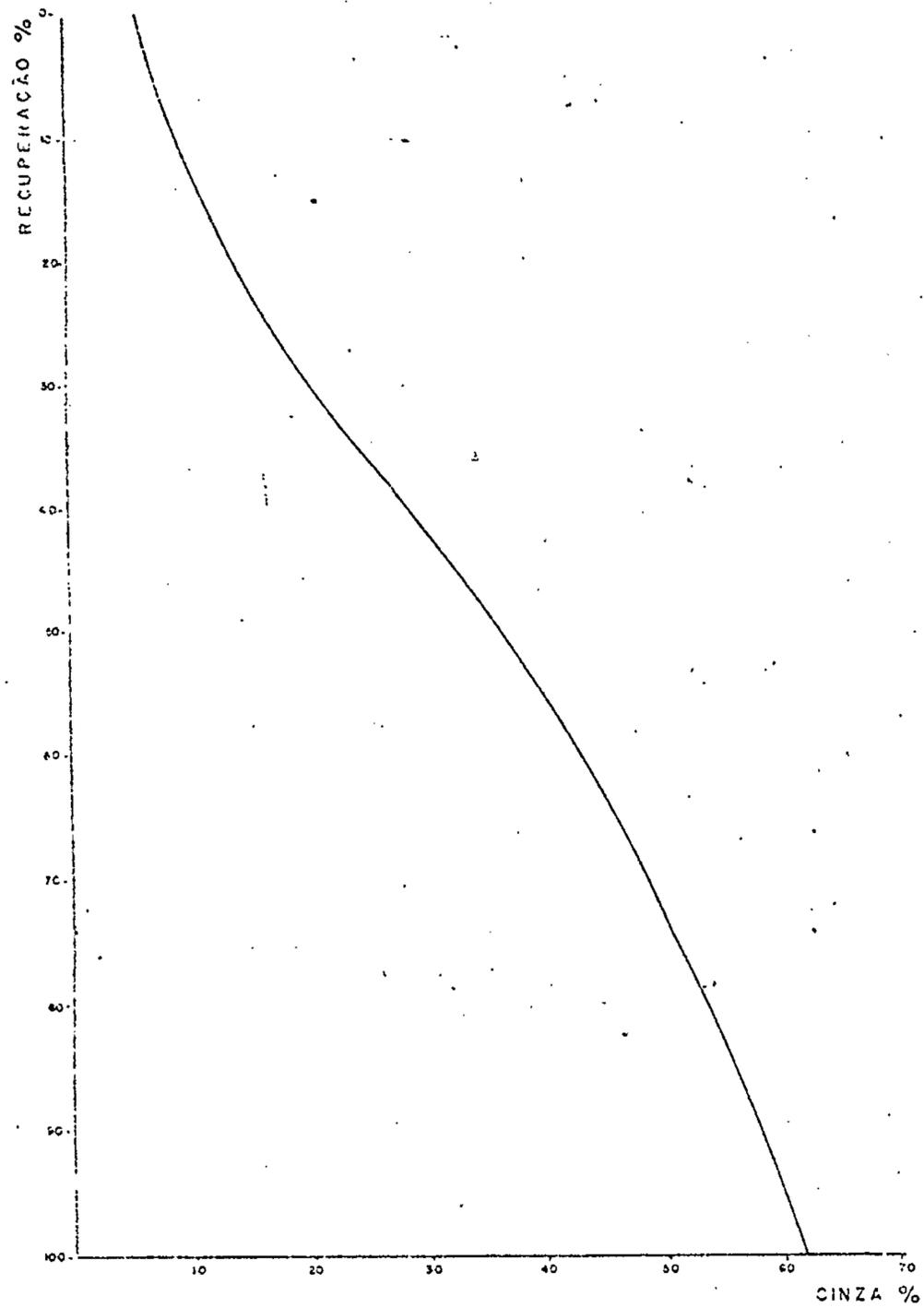
C P R M  
D I T E M I

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	9,30	8,97	1,23	9,30	8,97	1,23
1,30 x 1,40	3,97	13,95	1,31	13,27	10,46	1,25
1,40 x 1,50	9,78	23,24	1,57	23,05	15,88	1,39
1,50 x 1,60	3,12	30,89	1,60	26,17	17,67	1,41
1,60 x 1,70	2,46	38,98	1,61	28,63	19,50	1,43
1,70 x 1,80	2,98	48,18	1,34	31,61	22,21	1,42
1,80 x 2,00	5,15	55,70	1,03	36,76	26,90	1,37
Afunda 2,00	63,24	82,01	4,03	100,00	61,75	3,05

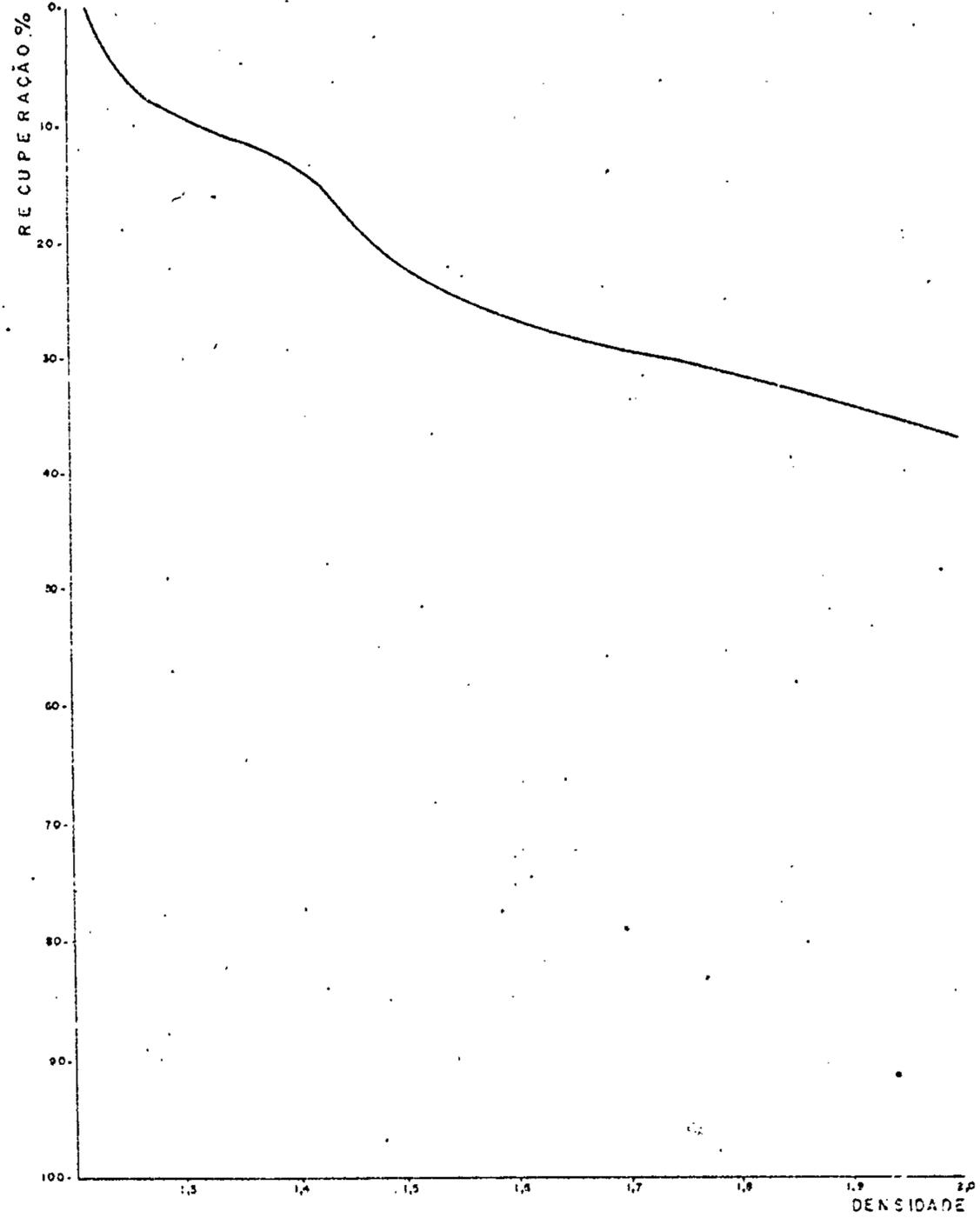
Anexo 8 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 1/2" - fração total 1/2" x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



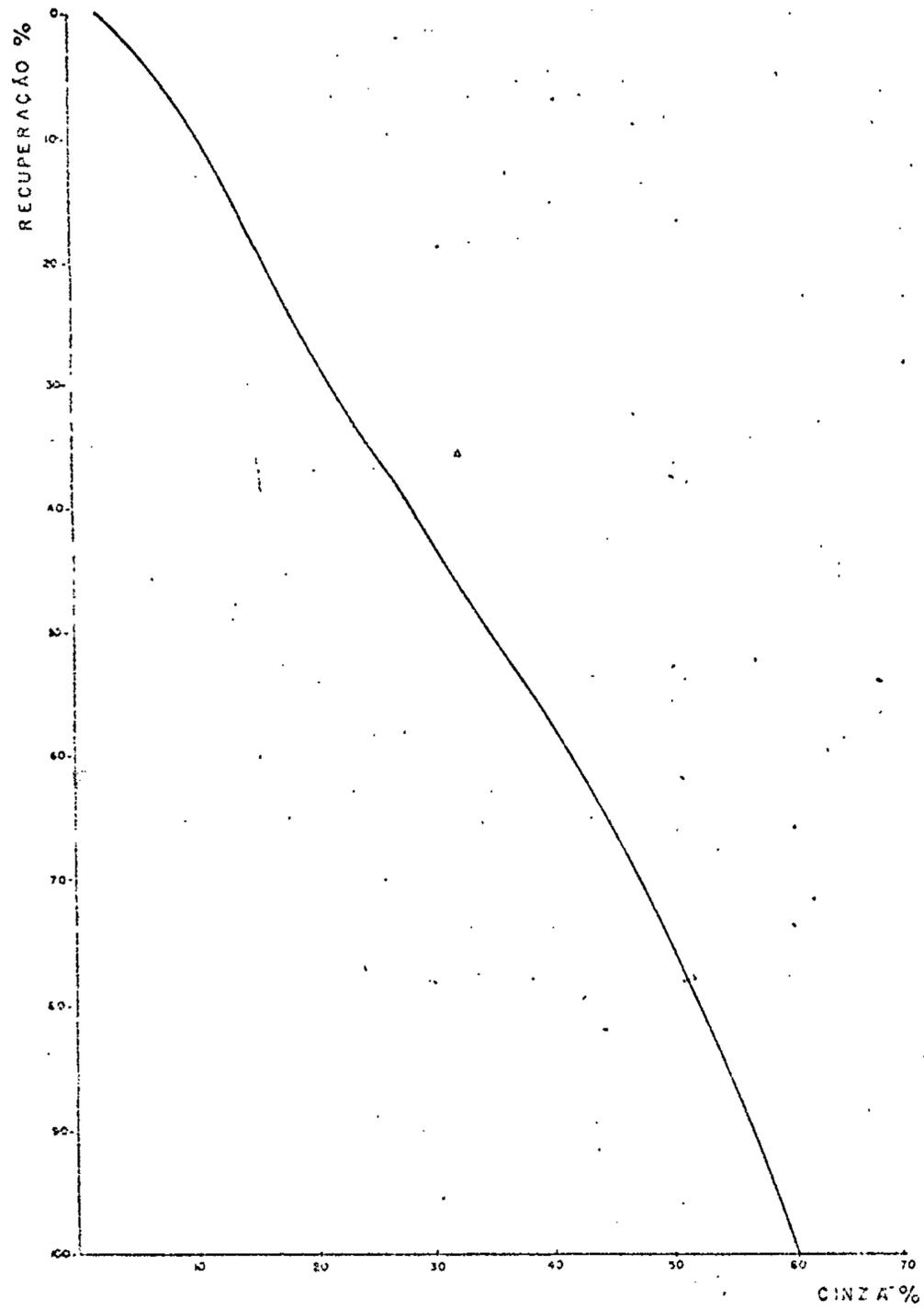
Finos: (-200M) Peso: 5,78% Cinza: 60,6%	CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera-Mina 4 Natureza: Alimentação da Usina	C P R M DITEMI
	Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - 8	Granulometria: 1/2" X 0 (brita da) Fração em estudo: 1/2" X 200M	

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma FC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	4,75	7,3	1,1	4,75	7,30	1,10
1,30 x 1,40	7,28	15,1	1,3	12,03	12,02	1,22
1,40 x 1,50	10,92	24,2	1,3	22,95	17,82	1,26
1,50 x 1,60	6,49	31,3	1,8	29,44	20,79	1,38
1,60 x 1,70	2,24	40,5	2,0	31,68	22,18	1,42
1,70 x 1,80	2,65	60,1	1,4	34,33	25,11	1,42
1,80 x 2,00	6,18	50,0	2,0	40,51	28,91	1,51
Afunda 2,00	59,49	83,1	3,5	100,00	61,15	2,69

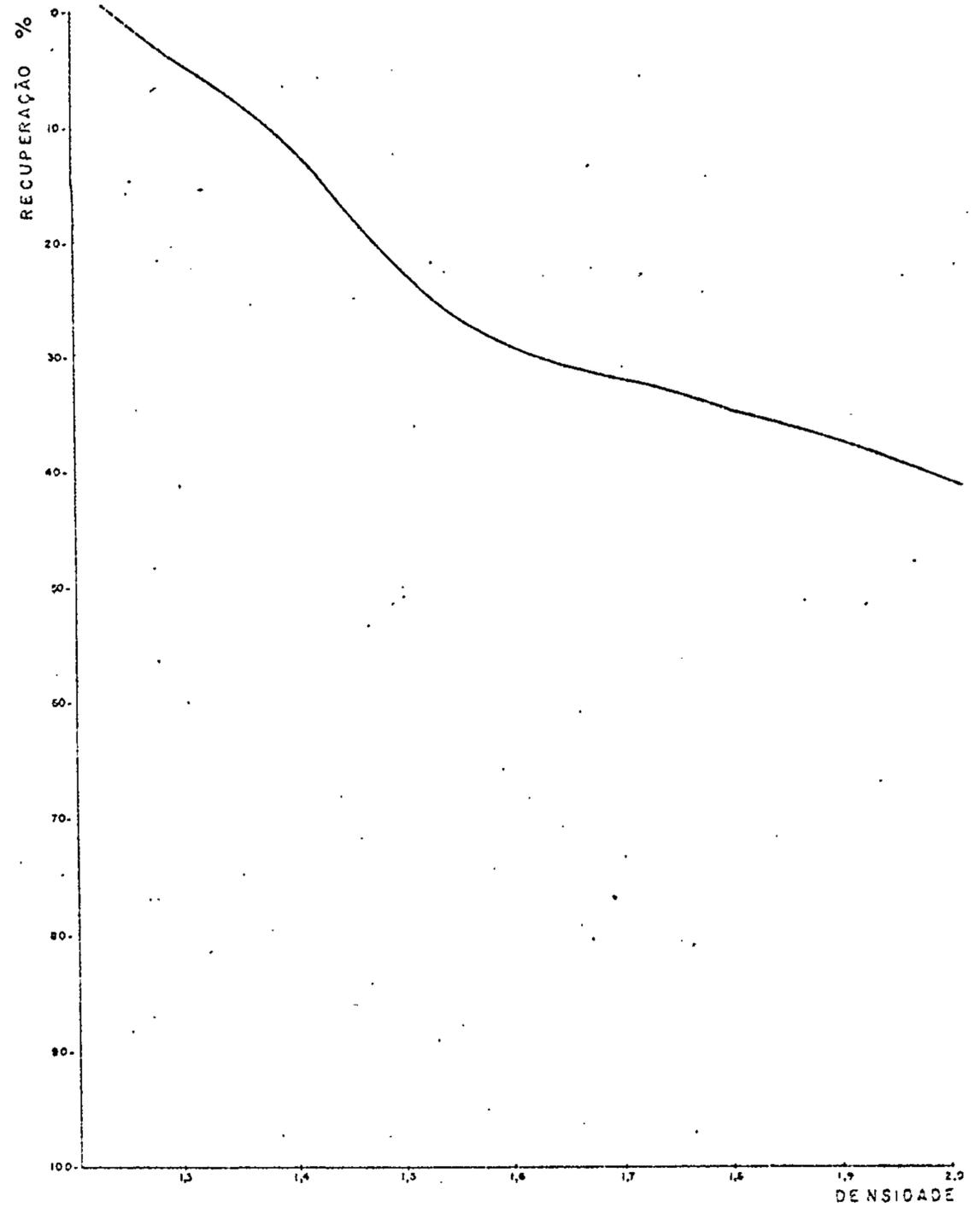
Anexo 9 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 3 M - fração 3 M x 28 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



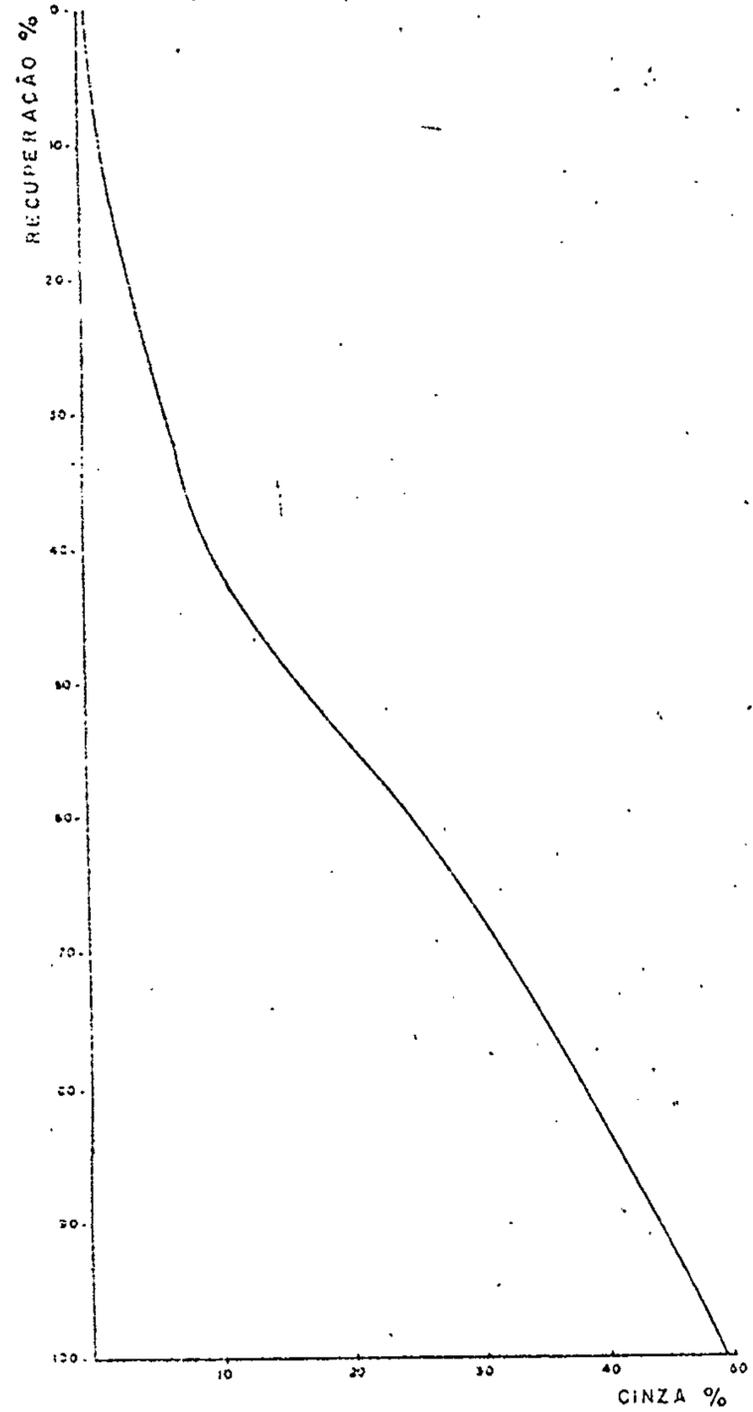
CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Próspera-Mina 4	C P R M
	Natureza: Alimentação da Usina	
Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - 9	Granulometria: 3MX0 (britado)	DITEMI
	Fração em estudo: 3M X 23 M	

Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	19,35	3,5	0,9	19,35	3,50	0,90
1,30 x 1,40	12,45	12,6	1,2	31,80	7,06	1,02
1,40 x 1,50	6,59	20,5	1,2	38,39	9,37	1,05
1,50 x 1,60	4,81	29,5	1,4	43,20	11,61	1,09
1,60 x 1,70	3,25	40,1	1,5	46,45	13,60	1,12
1,70 x 1,80	2,73	51,9	1,6	49,18	15,73	1,14
1,80 x 2,00	6,17	64,6	1,3	55,35	21,18	1,16
Afunda 2,00	44,65	83,1	3,6	100,00	48,83	2,25

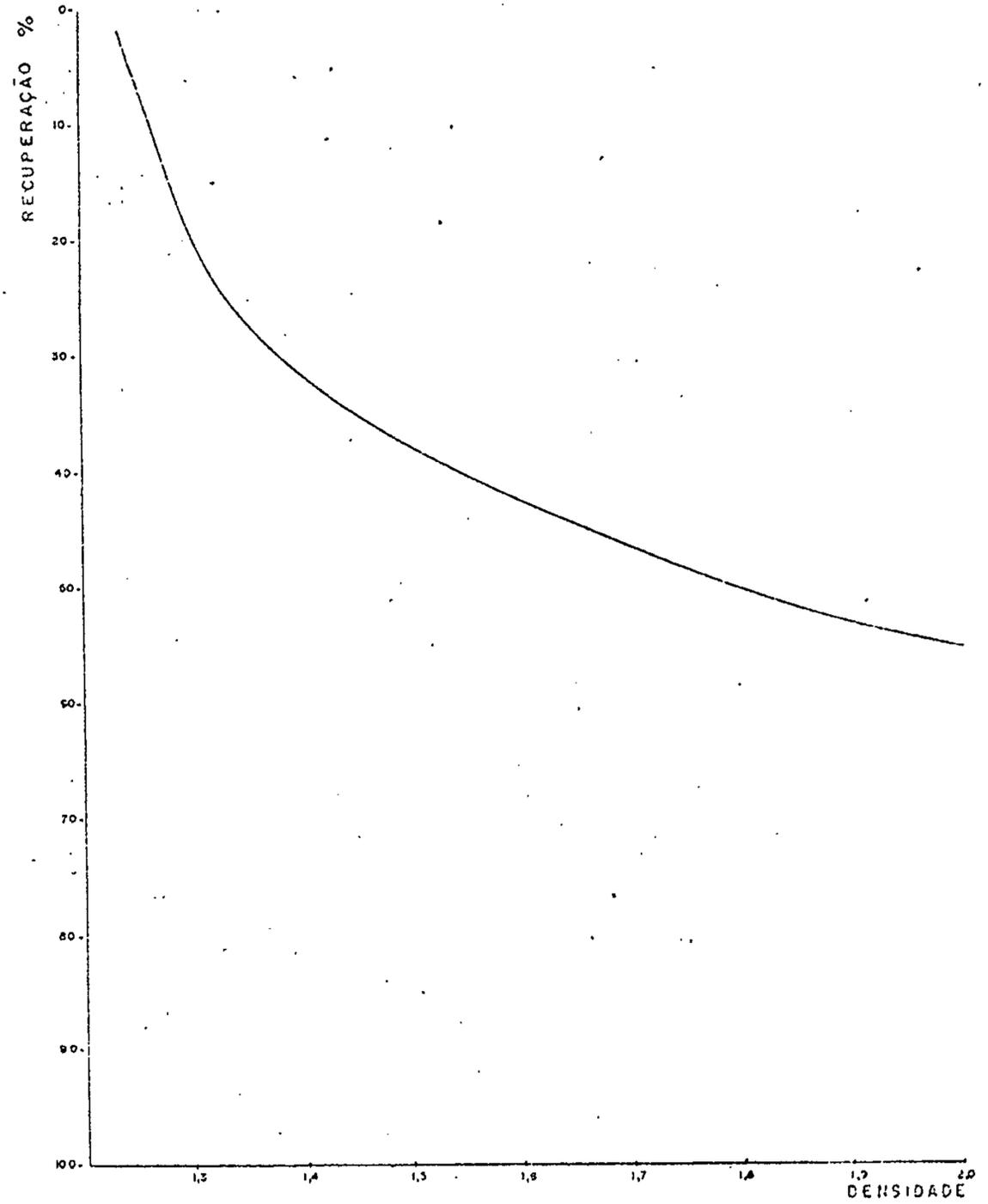
Anexo 10 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 3 M - fração 28 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



CURVAS DE LAVABILIDADE

Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil  
ANEXO-10

Procedencia: Carb. Prospera-Mina 4  
 Natureza: Alimentação da Usina  
 Granulometria: 3MX0 (britado)  
 Fração em estudo: 28MX200M

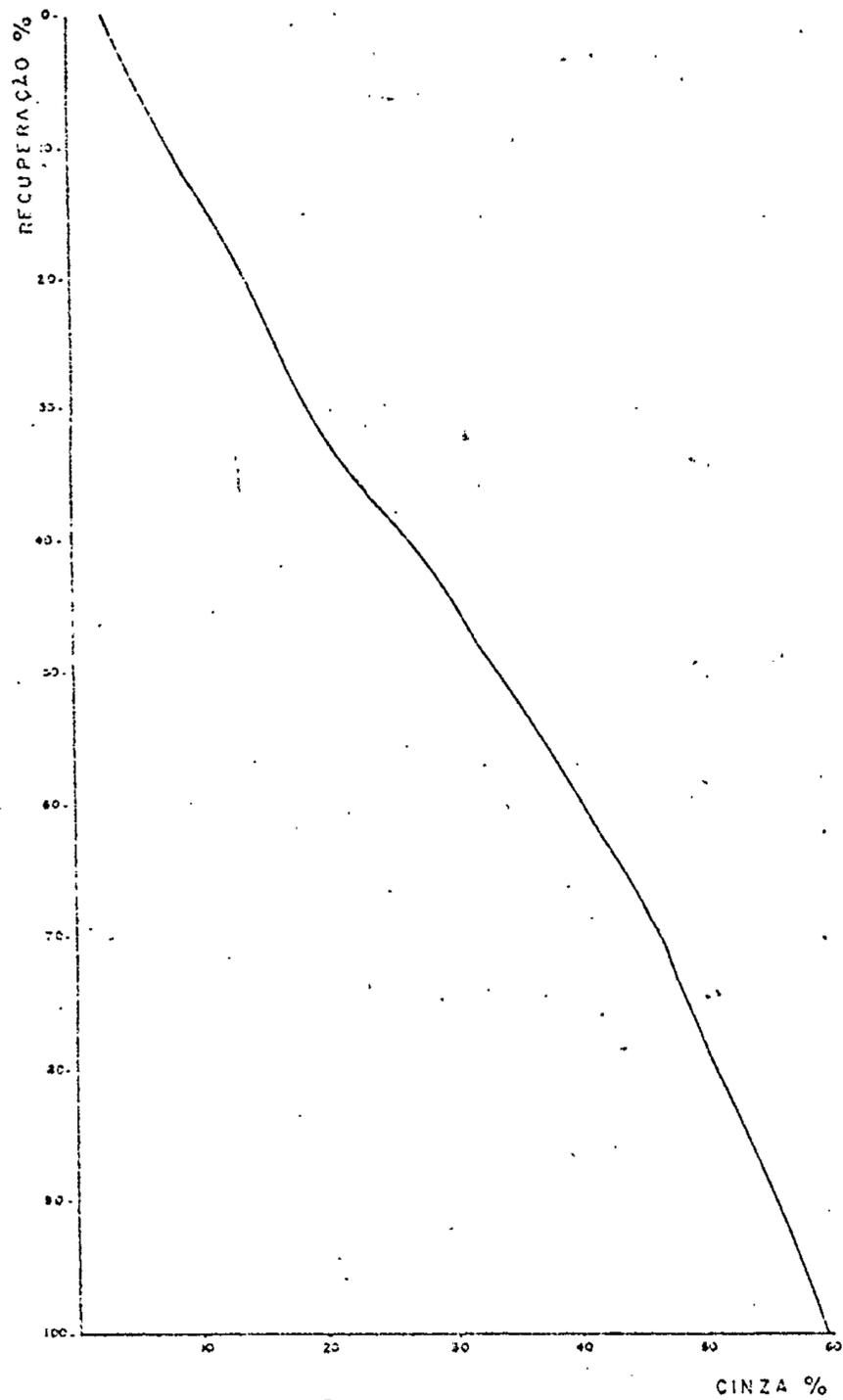
C P R M  
 DITEMI

Densidade das frações.	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	6,18	6,14	1,04	6,18	6,14	1,04
1,30 x 1,40	7,78	14,71	1,28	13,96	10,92	1,17
1,40 x 1,50	10,50	22,60	1,29	24,46	15,93	1,22
1,50 x 1,60	6,33	31,17	1,77	30,79	19,06	1,34
1,60 x 1,70	2,34	40,45	1,93	33,13	20,57	1,38
1,70 x 1,80	2,66	59,28	1,42	35,79	23,45	1,38
1,80 x 2,00	6,17	51,42	1,93	41,96	27,56	1,46
Afunda 2,00	58,04	83,10	3,51	100,00	59,80	2,65

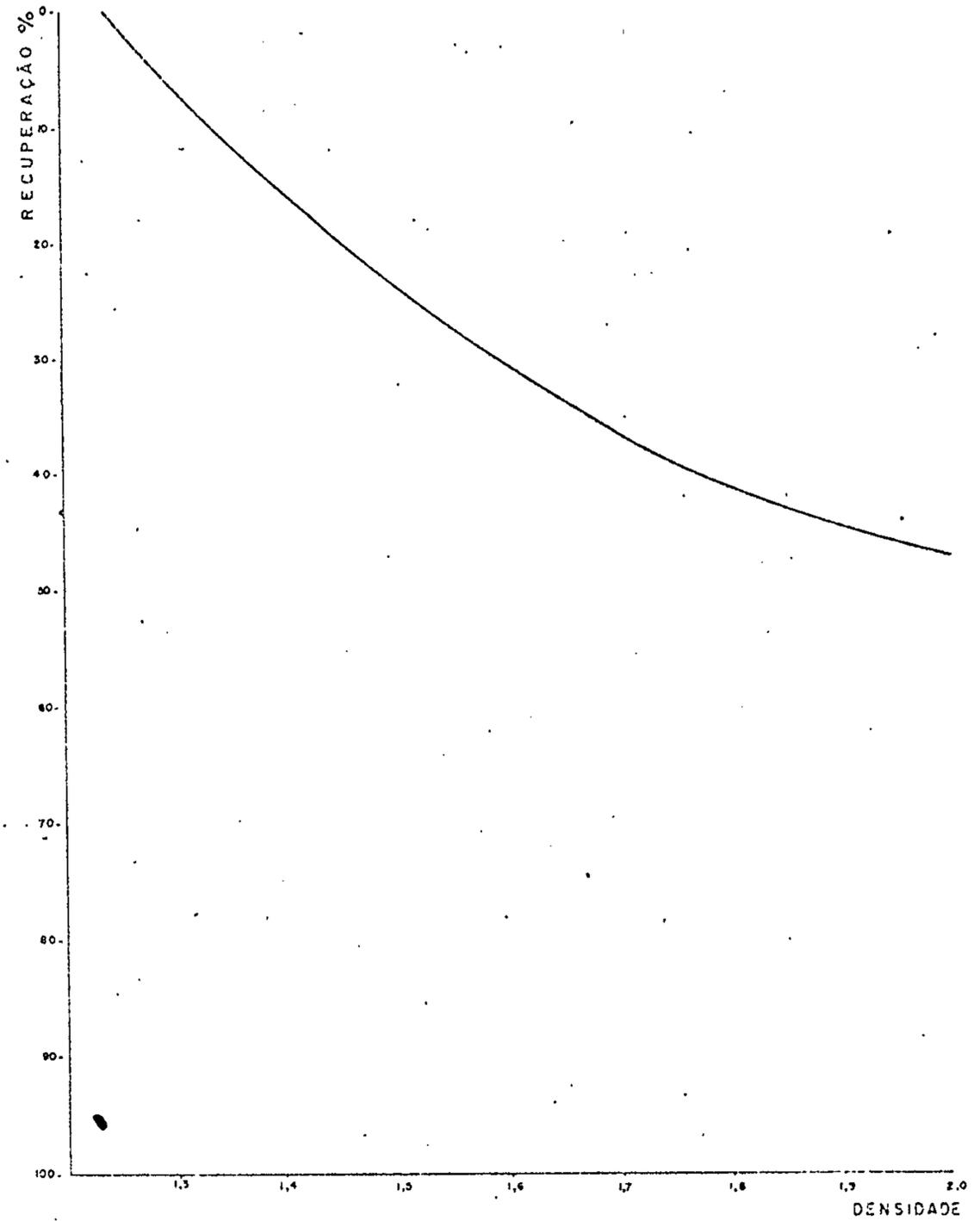
Anexo 11 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 3 M - fração total 3 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



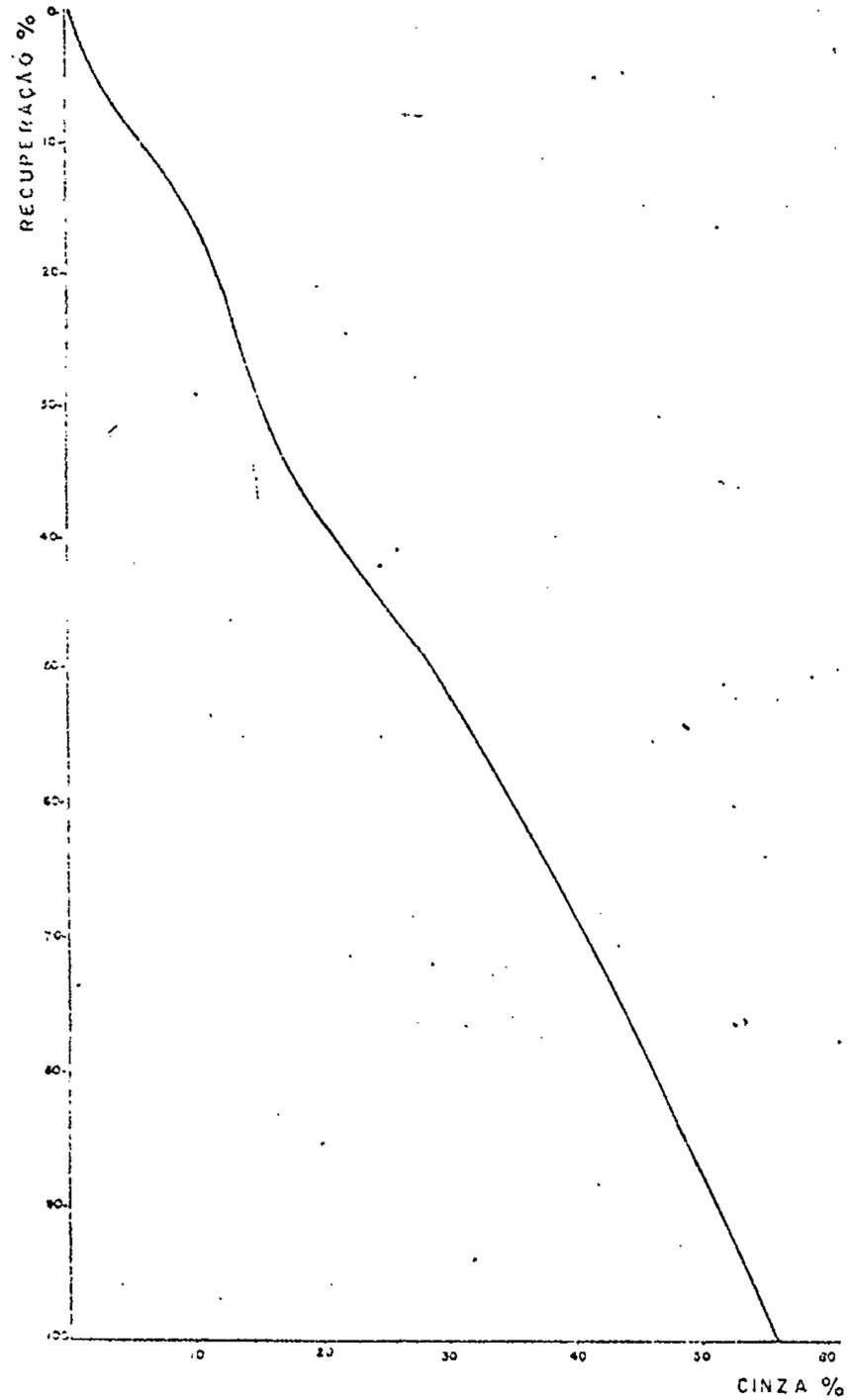
Finos: (-200M) Peso: 6,10% Cinza: 62,2%	CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera - Mina 4	C P R M DITEMI
	Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - II	Granulometria: 3MX0 (britado) Fração em estudo: 3MX 200M	

Densidade das Frações	Valores encontrados		Dados cumulativos das frações que flutuam	
	P	C	Σ P	$\frac{\Sigma FC}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)		
Flutua 1,30	5,17	2,3	5,17	2,30
1,30 x 1,40	5,63	10,3	10,80	6,47
1,40 x 1,50	5,78	18,8	16,58	10,77
1,50 x 1,65	17,34	18,9	33,92	14,93
1,65 x 1,85	8,92	54,8	42,84	23,23
Afunda 1,85	57,16	80,7	100,00	56,08

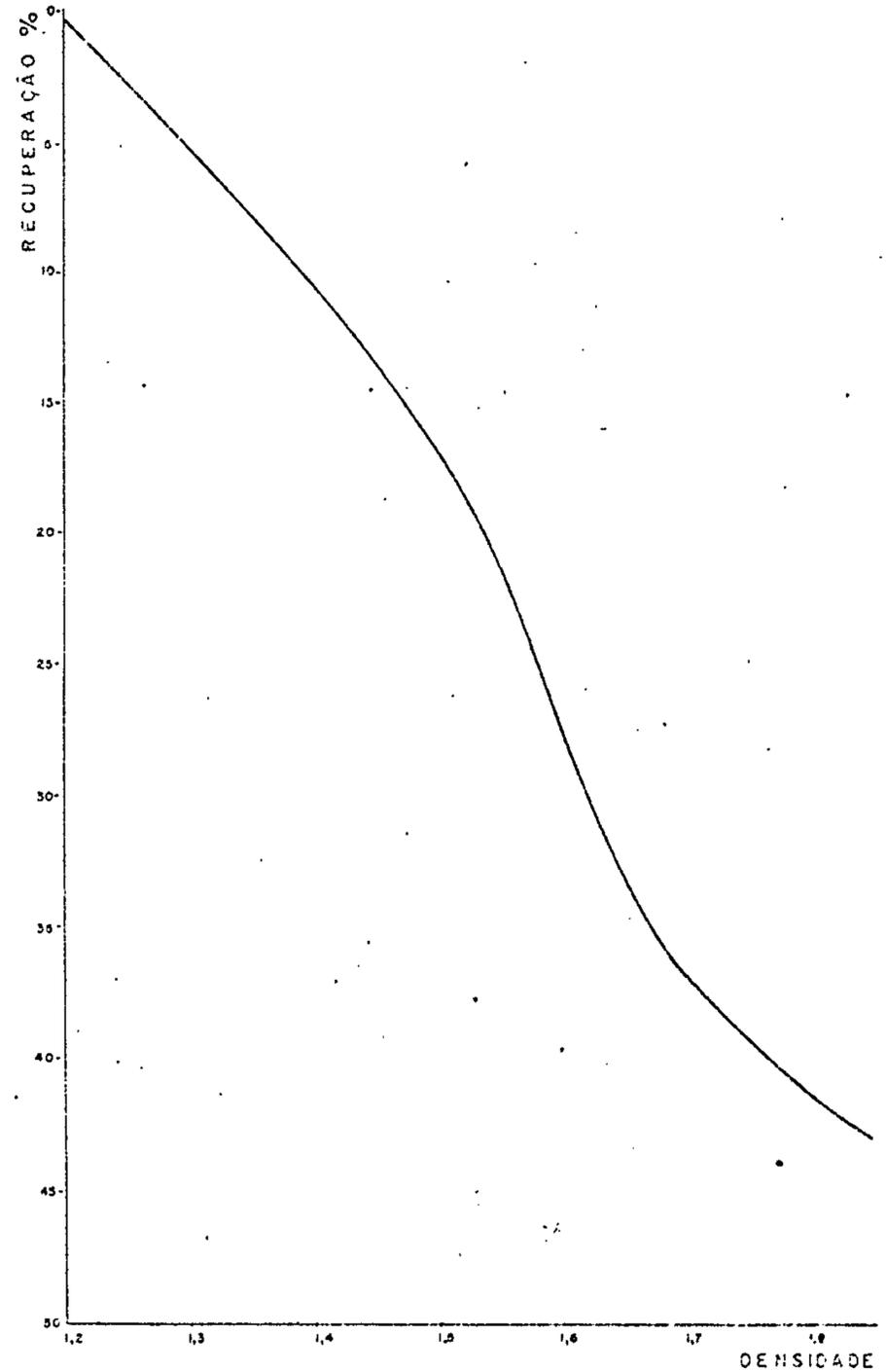
Anexo 12 A

Análise densimétrica da alimentação do jigue  
Material britado à 28 M - fração total 28 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



Finos: (-200M) Puro: 25,2% Cinza: 61,8%	CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Prospera-Mina 4 Natureza: Alimentação do Jigue	C P R M DITEM!
	Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil A N E X O - 12	Granulometria: 28 M (britado) Fração em estudo: 28 X 200M	

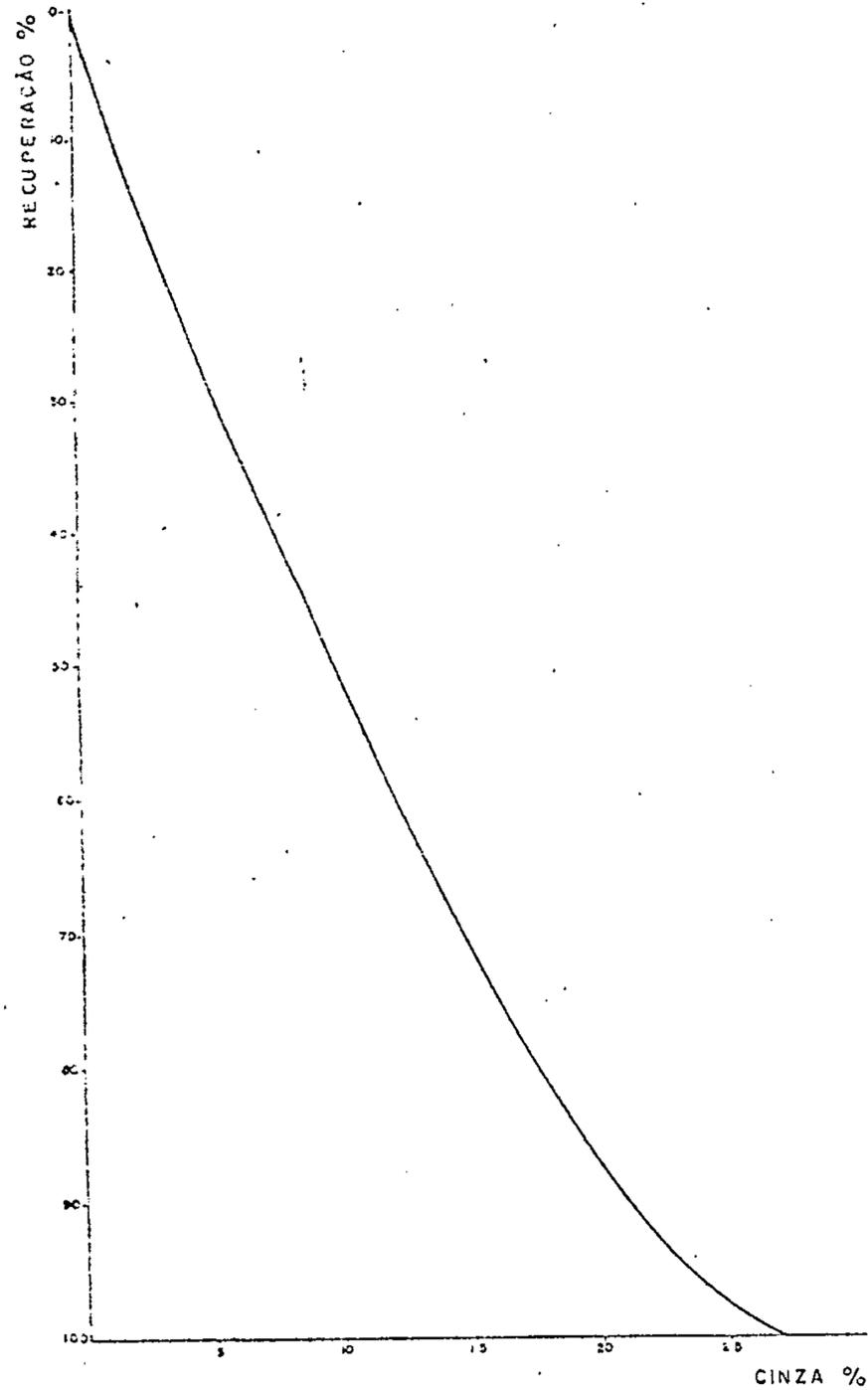
Densidade das frações	Valores Encontrados			Dados cumulativos calculados das frações que flutuam		
	P	C	S	$\Sigma P$	$\frac{\Sigma PC}{\Sigma P}$	$\frac{\Sigma PS}{\Sigma P}$
	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)			
Flutua 1,30	15,71	2,5	0,7	15,71	2,50	0,70
1,30 x 1,40	24,91	11,6	0,9	40,62	8,08	0,82
1,40 x 1,45	7,31	17,6	0,9	47,93	9,53	0,83
1,45 x 1,50	12,19	23,0	0,9	60,12	12,26	0,85
1,50 x 1,55	5,02	27,6	0,9	65,14	13,45	0,85
1,55 x 1,60	7,99	33,6	1,0	73,13	15,65	0,87
1,60 x 1,70	4,70	39,3	1,2	77,83	17,08	0,89
1,70 x 1,80	4,89	41,2	1,4	82,72	18,50	0,92
1,80 x 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

Anexo 13 A

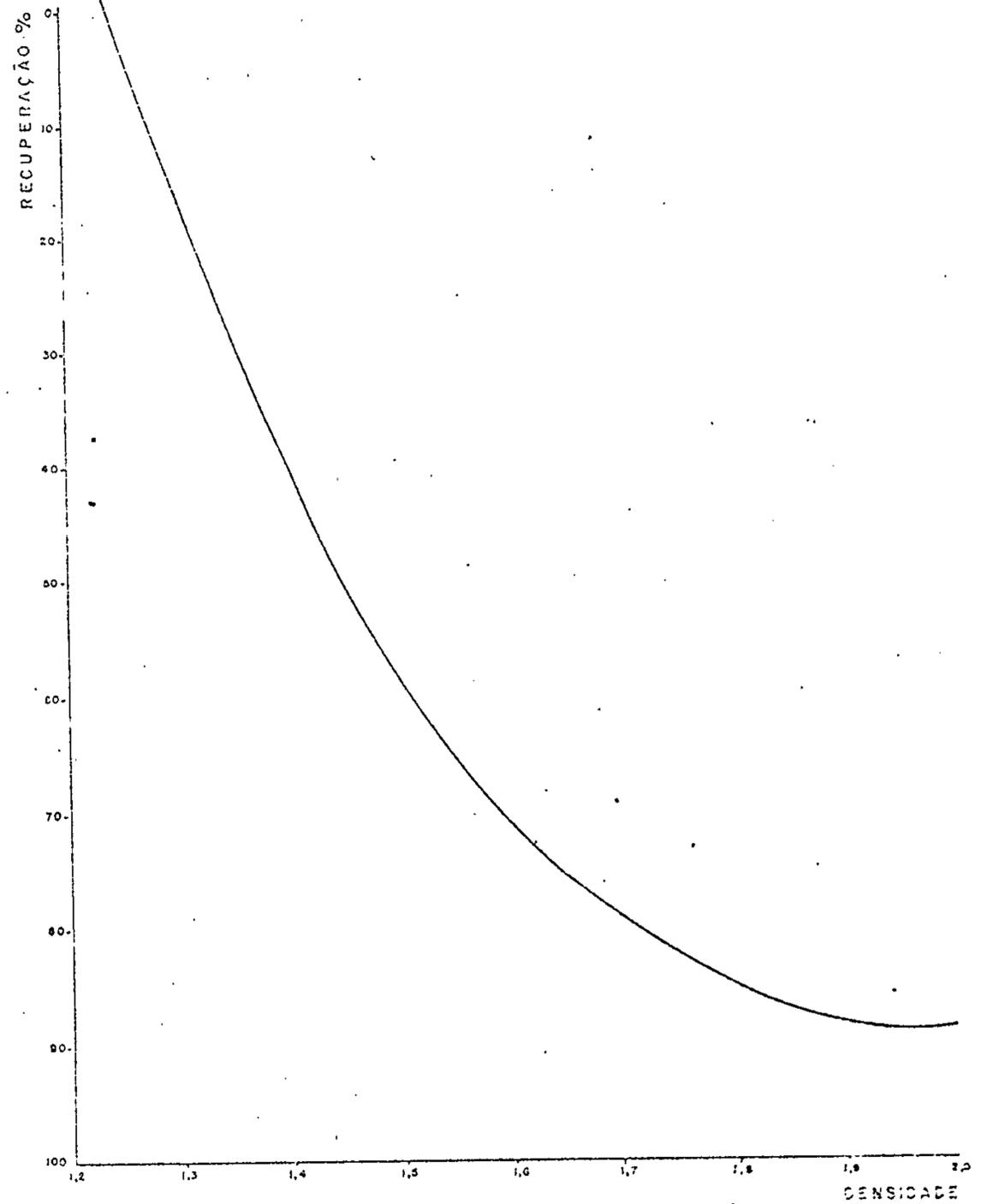
Análise densimétrica do CPL

Material britado à 28 M - fração 28 M x 200 M

CURVA EM FUNÇÃO DO TEOR EM CINZAS



CURVA EM FUNÇÃO DA DENSIDADE



Finos (-200M) Peso: 29,34 % Cinza: 25,44%	CURVAS DE LAVABILIDADE	Procedencia: Carb. Próspera- Mina 4 Natureza: C.P. L Granulometria: 28 M (britado) Fração em estudo: 28 X 200M	CPRM
	Proj. Est. Tec. dos Carvões do Brasil ANEXO - 13		DITEM

Granulometria	Peso (%)	Cinza (%)	Enxofre (%)	Peso Acumulado (%)	Distribuição de Cinza (%)	Distribuição de Cinza Acumulada (%)
1 1/2" x 1"	9,65	71,9	0,4	9,65	11,56	11,56
1" x 3/4"	19,98	69,5	2,1	29,63	23,14	34,70
3/4" x 1/2"	20,60	58,2	2,4	50,23	19,98	54,68
1/2" x 2,5 M	12,50	62,4	1,5	62,73	13,00	67,68
2,5 M x 3 M	4,19	56,0	2,5	66,92	3,91	71,59
3 M x 6 M	11,76	56,4	1,8	78,68	11,05	82,64
6 M x 10 M	6,95	53,2	2,0	85,63	6,16	88,80
10 M x 14 M	2,32	46,4	1,6	87,95	1,79	90,59
14 M x 20 M	1,91	45,5	1,8	89,86	1,45	92,04
20 M x 28 M	1,76	44,6	1,8	91,62	1,31	93,35
28 M x 35 M	0,56	43,7	1,7	92,18	0,41	93,76
35 M x 48 M	2,06	44,4	1,8	94,24	1,52	95,28
48 M x 65 M	1,22	43,5	2,0	95,46	0,88	96,16
65 M x 100 M	1,25	46,9	2,1	96,71	0,98	97,14
100 M x 150 M	1,10	48,5	2,0	97,81	0,89	98,03
150 M x 200 M	0,94	50,7	2,1	98,75	0,79	98,82
200 M x 270 M	1,02	55,8	1,8	99,77	0,95	99,77
- 270 M	0,23	59,8	1,6	100,00	0,23	100,00

Anexo 14 - Análise granulométrica de alimentação do jigue da Próspera, britado à 1 1/2"

Granulometria	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)	Peso Acumulado (%)	Distribuição de Cinza (%)	Distribuição de Cinza Acumulada (%)
1" x 3/4"	14,66	72,6	2,7	14,66	17,67	17,67
3/4" x 1/2"	20,50	69,4	2,2	35,16	23,63	41,30
1/2" x 2,5 M	13,95	61,9	2,8	49,11	14,34	55,64
2,5 x 6 M	21,22	57,3	1,9	70,33	20,19	75,83
6 M x 14 M	11,87	51,5	1,8	82,20	10,15	85,98
14 M x 28 M	4,99	45,2	1,9	87,19	3,75	89,73
28 M x 35 M	1,98	43,8	2,1	89,17	1,44	91,17
35 M x 48 M	1,70	40,6	1,9	90,87	1,15	92,32
48 M x 65 M	1,11	40,6	2,1	91,98	0,75	93,07
65 M x 100 M	1,05	41,7	2,3	93,03	0,73	93,80
100 M x 150 M	0,71	40,3	2,2	93,74	0,48	94,28
150 M x 200 M	0,47	38,9	2,4	94,21	0,30	94,58
200 M x 270 M	0,74	41,9	2,5	94,95	0,51	95,09
- 270 M	5,05	58,6	1,1	100,00	4,91	100,00

Anexo 15 - Análise granulométrica da alimentação do jigote da Próspera, britado à 1"

Granulometria	Peso (%)	Cinza (%)	Enxofre (%)	Peso Acumulado (%)	Distribuição de Cinza (%)	Distribuição de Cinza Acumulada (%)
1/2" x 3 M	38,84	68,1	2,3	38,84	42,27	42,27
3 M x 6 M	22,53	62,4	2,5	61,37	22,49	64,76
6 M x 10 M	13,42	59,1	1,8	74,79	12,69	77,45
10 M x 14 M	5,02	59,6	1,9	79,81	4,79	82,24
14 M x 20 M	3,68	58,2	2,0	83,49	3,43	85,67
20 M x 28 M	4,23	51,5	1,8	87,72	3,48	89,15
28 M x 35 M	1,80	52,0	2,1	89,52	1,50	90,65
35 M x 48 M	1,94	49,5	2,1	91,46	1,54	92,19
48 M x 65 M	0,94	49,0	2,4	92,40	0,74	92,93
65 M x 100 M	1,24	44,8	1,8	93,64	0,89	93,82
100 M x 150 M	0,76	50,2	1,9	94,40	0,61	94,43
150 M x 200 M	0,66	50,7	2,2	95,26	0,70	95,13
200 M x 270 M	0,60	54,0	2,3	95,86	0,52	95,65
270 M x 325 M	0,31	55,7	2,4	96,17	0,28	95,93
- 325 M	3,83	66,4	1,2	100,00	4,07	100,00

Anexo 16 - Análise granulométrica da alimentação do jigue da Próspera, britado à 1/2"

Granulometria	Peso (%)	Cinza (%)	Enxôfre (%)	Peso Acumulado (%)	Distribuição de Cinza (%)	Distribuição de Cinza Acumulada (%)
3 M x 6 M	38,30	65,4	2,6	38,30	42,48	42,48
6 M x 10 M	22,20	59,3	2,3	60,50	22,34	64,82
10 M x 14 M	7,31	54,0	1,7	67,81	6,70	71,52
14 M x 20 M	6,11	53,3	2,0	73,92	5,53	77,05
20 M x 28 M	4,43	48,5	2,2	78,35	3,65	80,70
28 M x 35 M	3,66	52,1	2,3	82,01	3,24	83,94
35 M x 48 M	3,15	46,7	1,8	85,16	2,50	86,44
48 M x 65 M	2,22	45,7	1,9	87,38	1,72	88,16
65 M x 100 M	1,45	46,6	2,3	88,83	1,15	89,31
100 M x 150 M	1,64	46,4	2,6	90,47	1,29	90,60
150 M x 200 M	0,58	51,8	2,8	91,05	0,51	91,11
200 M x 270 M	1,63	46,3	2,2	92,68	1,28	92,39
270 M x 325 M	0,52	46,7	2,1	93,20	0,41	92,80
- 325 M	6,80	62,4	1,2	100,00	7,20	100,00

Anexo 17 - Análise granulométrica da alimentação do jigge da Próspera, britado à 3 M

Granulometria	Peso (%)	Cinza (%)	Peso Acumulado (%)	Distribuição de Cinza (%)	Distribuição de Cinza Acumulada (%)
+ 28 M	4,80	84,4	4,80	6,36	6,36
28 M x 35 M	14,60	65,9	19,40	15,11	21,47
35 M x 48 M	12,34	62,8	31,74	12,17	33,64
48 M x 65 M	8,51	62,6	40,25	8,37	42,01
65 M x 100 M	8,77	59,1	49,02	8,14	50,15
100 M x 150 M	6,35	57,1	55,37	5,69	55,84
150 M x 200 M	5,29	53,5	60,66	4,44	60,28
200 M x 270 M	4,45	57,1	65,11	3,99	64,27
270 M x 325 M	4,01	56,9	69,12	3,58	67,85
- 325 M	30,88	66,3	100,00	32,15	100,00

Anexo 18- análise granulométrica da alimentação do jigue da Próspera, britado à 28 M