



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA
DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

APLICAÇÃO DA PETROGRAFIA NO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO POR FLOTAÇÃO

Série
Tecnologia Mineral

n.º 18

Seção Beneficiamento

n.º 13

Brasília

1981

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA

Cesar Cals — Ministro de Estado

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL

Yvan Barretto de Carvalho — Diretor Geral

DIVISÃO DE FOMENTO DA PRODUÇÃO MINERAL

Manoel da Redenção e Silva — Diretor

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Roberto C. Villas Bôas — Superintendente

Autor : Ney Hamilton Porphirio •

APLICAÇÃO DA PETROGRAFIA NO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO POR FLOTAÇÃO

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

• Petrógrafo

BRASÍLIA
1981

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

Copyright 1981
Reservados todos os direitos
Permitida a reprodução, desde que mencionada a fonte

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

Brasil. DNPM

Aplicação da petrografia no beneficiamento de carvão por flotação/ Por/N.H. Porphírio. Brasília, 1981.

8 p. graf. il. (Brasil. DNPM. Ser. Tecnologia Mineral, 18. Seção Beneficiamento, 13).

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

Bibliogr. 5 refs.

1. Tecnologia Mineral-Brasil. 1. Porphírio, Ney H. II. Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro. III. Título (Série)

CDD 622.364

CDU 622.2 (81)

SUMARIO	PAGINAS
RESUMO	
ABSTRACT	
1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOS	1
2.1. Métodos Tradicionais	1
2.2. Preparação do Material de Carvão Beneficiado para Petrografia	3
2.3. Análise dos Microconstituintes	4
2.4. Acompanhamento dos Ensaio de Flotação: Análises Imediatas	4
2.4.1. Condições Variáveis	4
2.4.2. Condições Fixas	5
2.4.3. Resultados de Análises Imediatas	5
2.5. Acompanhamento dos Ensaio de Flotação: Análises Petrográficas	5
2.5.1. Resultados de Análises Petrográficas	5
3. CONCLUSÕES	6
4. BIBLIOGRAFIA	8

AGRADECIMENTOS

Agradeço a valiosa colaboração ao trabalho, aos colegas Eng^o Arthur Pinto Chaves, Eng^o Marcello Mariz da Veiga e ao Técnico Luiz Carlos Correia.

Estes agradecimentos são extensivos a Sra. Rosa Virgínia Lima Tavares e ao Sr. José Vieira da Silva.

RESUMO

Este estudo visou determinar, por adaptação dos métodos tradicionais de identificação microscópica de carvões, a qualificação, quantificação e avaliação de graus de liberação em concentrados e rejeitos oriundos de ensaios de flotação de carvão. Os resultados de petrografia e análises químicas foram correlacionados e analisados de acordo com as condições usadas nos ensaios de flotação. Problemas relacionados com a confecção dos briquetes de carvão, sua representatividade: diferença granulométrica oficial e recomendada pelas normas internacionais do "C.I.P.C." (Comité International de Pétrographie des Charbons), são ressaltados. Foi realizado um estudo petrográfico completo de todos os macerais e microlitotipos e um levantamento dos dados relativos a aplicação do P.R. (poder refletor das vitrininitas), correlacionando-o com os teores de matérias voláteis⁽¹⁾.

ABSTRACT

This study intended to determine, by adaptation of traditional methods of microscopic identification of coals, the qualification, quantification and evaluation of degrees of liberation for concentrates and tailings produced by the flotation of coal. Results obtained from petrographic and chemical analysis were correlated and analysed according to the conditions during each flotation test. The problems related to the manufacture of coal briquettes and its representativity; difference of actual granulometry as compared to the one suggested by "C.I.P.C." (Comité International de Pétrographie des Charbons), are underlined. A complete petrographic study of all macerals and microlithotypes was carried out as well as a search of data related to the R.P. (Reflecting Power of Vitrinites), correlating it to the grade of volatile materials⁽¹⁾.

1. INTRODUÇÃO

Em princípio, os estudos por microscopia ótica em amostras de carvão, se limitam a identificação e quantificação dos seus microconstituintes, completando-se com a determinação da refletividade da vitrinita para cálculo do grau de maturidade do carvão ("Rank").

Estes dados, juntamente com os de análises imediatas, obtidos no laboratório de química, fornecem subsídios para qualificar o tipo de carvão sob um prisma essencialmente geológico e posicioná-lo na sua melhor faixa de utilização industrial.

O acompanhamento dos processos de beneficiamento pela petrografia constitui um outro aspecto extremamente importante. A caracterização dos microconstituintes separados em cada fase do processo possibilita uma compreensão muito mais precisa das variáveis de operação e do comportamento de cada um.

Isto tem sido realizado como rotina no CETEM e para efeito de ilustração desta atividade, estamos apresentando o acompanhamento de um ensaio de flotação de carvão da Mina A - Sangão (SC).

Os produtos de flotação, remetidos ao laboratório petrográfico, apresentaram características especiais diferentes das amostras de carvão utilizados em caracterização tradicional. Daí a necessidade de modificação e inclusive de adaptação de métodos mais adequados, relacionados diretamente a este tipo de caracterização.

2. MÉTODOS

2. 1. Métodos Tradicionais:

Sabe-se que para o estudo de carvão por microscopia, existem normas estabelecidas pelo "C.I.P.C." ("Comité Inter

national de Petrographie des Charbons") e aceitas pela maioria dos pesquisadores de carvão⁽¹⁾.

Estas normas se referem principalmente quanto a representatividade do material, o modo de confecção dos briquetes e o tipo de observação que devem ser estudados em microscopia por reflexão.

A nomenclatura própria e usada neste trabalho é aquela criada pela Dra. Mary Stopes (1935) que se baseou nas propriedades de reflexão dos constituintes de carvão.

Esta nomenclatura apresentada e aceita pelos membros do Congresso de Estratigrafia do Carbonífero em Heerlen (Países Baixos) em 1935 e a partir daí passou a ser utilizada pela maioria dos estudiosos do mundo inteiro, sendo então conhecida como Sistema Stopes-Heerlen^(2,3).

Na sua essência, esta classificação foi criada com o intuito de atender as descrições petrográficas em seções polidas, com objetivas de imersão em óleo, no material granular (em torno de 20 - 28 malhas) ou em pequenos blocos e embutidos em resina sintética.

Uma outra classificação também muito aceita pelos estudiosos em carvão, foi aquela criada pelo pesquisador americano Reinhardt Thiessen, em trabalhos no "U. S. Bureau of Mines", baseada essencialmente em características de carvão obtidas em lâminas delgadas e estudadas em microscopia por luz transmitida.

Esta classificação, conhecida como Sistema TBM - (Thiessen Bureau of Mines) considera os componentes do carvão sob um prisma botânico relacionando-os diretamente com os constituintes do vegetal original (tabela 1)⁽²⁾.

Portanto, sabendo que estas classificações tinham por finalidade principal fornecer dados úteis ao estudo geológico de uma jazida de carvão, notadamente a paleobotânica e palinologia, evidenciou-se que, para aplicar as observações petrográficas em material resultante de beneficiamento, tivemos que adaptar estas normas não só relativas a preparação dos briquetes, bem

como obter determinados tipos de informações aplicadas diretamente aos processos de flotação.

Tipos de Carvão seg. Sist. TBM	Tipos de Carvão seg. Sist. Stopes-Heerlen	Grupos de Macerais
Antraxilon	Vitrênio	Vitrinita
Fusênio	Fusênio	Inertinita
Atritus Translúcido	Clarênio	Vitrinita com Exinita e Inertinita
Atritus opaco	Durênio	Inertinita dominante com Vitrinita e Exinita

Tab. 1 - Principais tipos de carvões - segundo Petrakis, L. e Grandy, D. W. - "Coal analysis characterization and petrography", Journal of Chemical Education, Vol. 57 nº 10 - Oct/80.

2.2. Preparação do Material de Carvão Beneficiado para Petrografia:

Os concentrados e rejeitos resultantes dos processos de flotação em escala piloto, depois de homogeneizados e quarteados são considerados representativos e destes produtos são tomadas alíquotas para a confecção de secções polidas e para análises imediatas.

Estes carvões, de granulometria variada e mais fina daquela usada na petrografia tradicional em geral abaixo de 65 malhas (0,210 mm de diâmetro) até abaixo de 200 malhas (0,074 mm), são misturados em resina líquida, do tipo polyester, numa proporção de 1:7 de líquido:sólido, sendo este aglomerado endurecido em estufa na temperatura 100 - 80°C, durante 10 minutos aproximadamente.

Em seguida, estes briquetes são polidos segundo técnicas próprias de material com durezas baixas. Sequencialmente faz-se um primeiro desbaste no disco de ferro com o carborundum 220 e 400, depois em disco com lona e carborundum 660. O polimento propriamente dito começa num disco revestido de veludo e carborundum 1.500, seguidos de discos revestidos de veludo e de aluminas alpha (1 micron) e gama (0,06 micron).

2.3. Análises dos Microconstituintes:

Através destes briquetes identificam-se no microscópio polarizante todos os seus constituintes: macerais e microlitotipos, bem como alguns minerais frequentes no carvão: pirita, carbonatos, material argiláceo e quartzo ainda presentes, mesmo em granulometrias bem finas e sob percentagens irrisórias.

São identificados facilmente os grupos de macerais da vitrinita, exinita e inertinita, determinando-se alguns tipos de microlitotipos: vitrinertita, durita, clárita, etc.

Nesta análise se permite ainda estimar a faixa de liberação total de alguns minerais, principalmente a pirita, que muitas vezes se encontram inclusos nos macerais e microlitotipos⁽¹⁾

Foram medidos os poderes refletivos em amostras da alimentação e de concentrados. Correlacionamos as medidas da alimentação com os teores de matéria volátil e segundo Nahuys, J.⁽⁵⁾ posicionamos este carvão em estudo, nas curvas de Kötter, (figura 3 e 4).

2.4. Acompanhamento dos Ensaios de Flotação: Análises Imediatas:

Dos produtos de carvão gerados nos diversos ensaios de flotação, em material CPL da Mina A - Sangão (SC), tomamos um exemplo que obedecia as seguintes condições:

2.4.1. Condições Variáveis:

Espumantes: Óleo de pinho e MIBC (metil isobutil carbinol)

Coletores: Querosene

Tempo de Flotação: 672 segundos.

2.4.2. Condições Fixas:

pH - natural

rotação do rotor - 1.200 RPM

percentagem de sólidos - 11%

célula de flotação DENVER - 5 litros

granulometria - abaixo de 28 malhas

2.4.3. Resultados de Análises Imediatas:

Este material apresentou os seguintes resultados de análises imediatas, segundo o esquema simplificado do circuito de flotação (Figura 1), acompanhados pelos resultados das razões mássicas (Tabela 4).

2.5. Acompanhamento dos Ensaio de Flotação: Análises Petrográficas:

2.5.1. Resultados de Análises Petrográficas:

As amostras enviadas ao laboratório, referentes aos concentrados, rejeitos e alimentação, permitiram caracterizar os macerais de carvão dos tipos: vitrinita, inertinita, (variedade fusinita e semifusinita) e mais raramente a exinita. Esta exinita apresentou-se em geral como inclusão nos microlitotipos.

Com relação aos microlitotipos ficou evidenciado não só a presença do tipo vitrinertita como o aparecimento da fusita e da clarodurita.

Dentre os minerais presentes a calcita e a pirita foram os predôminantes. Em algumas amostras de rejeito foram observados também grãos de quartzo e material de aspecto argiláceo.

A pirita ocorre normalmente inclusa nos microlitotipos, sob formas arredondadas e as vezes com aspectos esqueléticos (seg. "Stach's Textbook of Coal Petrology" - página nº 151)^(4,5).

Os teores obtidos nesta medição podem ser vis

tos nas tabelas 2 e 3 e figuras 2 e 3.

3. CONCLUSÕES

No decorrer dos trabalhos de rotina, correlacionando os estudos petrográficos aos resultados de ensaios de flotação, concluímos que:

- nos primeiros concentrados verificou-se uma predominância de vitrinitas e microlitotipos e conseqüentemente menor teor de cinzas;

De outro modo, devido a esta composição espera-se um maior poder calorífero e uma melhor capacidade de inchamento (F.S.I.).

- a tabela 3 expressa as cinéticas diferentes de flotação dos diversos microconstituintes, destacando-se no primeiro concentrado, com o tempo de 109 segundos uma recuperação de 77% de vitrinita. O primeiro e o segundo concentrado, apresentaram uma recuperação de 94% de vitrinita contida. Isto é devido a propriedade da vitrinita ser um maceral muito hidrófobo e conseqüentemente flotou bem mais depressa do que os demais;
- observa-se ainda que a inertinita e os microlitotipos (dos tipos vitrinertita, na sua maioria) apresentam, mesmo com menor intensidade, uma boa flotabilidade;
- a pirita mantém-se com percentagens mais ou menos constantes em todos os concentrados, situação esta explicada pela sua não liberação, encontrando-se microgrãos de pirita em diferentes tamanhos e inclusos tanto nos macerais como nos microlitotipos.

Os demais constituintes do carvão, minerais e di minutos fragmentos de rochas, que constituem cerca de 10% da alimentação, mostram teores muito baixos e constantes em todos os concentrados, deduzindo-se que houve uma boa seletividade na flotação.

- as medidas de poder refletor na amostra de alimentação e nos diversos concentrados, correlacionando-as com os teores de matéria volátil, possibilitaram a colocação destes carvões na curva de Kötter (figura 3) e segundo Nahuys, J. (5) entre "flambant" para gás e "carvão para gás". - \bar{R} alim. = $0,86 \pm 0,015$ (intervalo de confiança com 95% de probabilidade);

Os valores do poder refletor nos primeiros concentrados apresentou $\bar{R} = 0,98$, com desvio padrão = 0,07, e no concentrado 5 tivemos $\bar{R} = 0,71$, com desvio padrão = 0,02.

Estes valores nos sugeriu também uma possibilidade de variação no comportamento físico-químico no grupo das vitrinitas e numa mesma jazida, relacionando-se provavelmente esta maior capacidade de flotação com o seu grau de maturidade (tabela 2).

Condições de operação do aparelho de medidas do poder refletor:

Microscópio ZEISS com microfotômetro

Objetiva: Epi 16/0,40 oil Pol

Óleo de Imersão $n_e = 1,518$ a 23°C

Padrão: Leucosafira, 546mm, $R_{ne} = 0,506\%$

Número de Vitrinitas contadas = 105

4. BIBLIOGRAFIA

1. ALPERN, B.; NAHUYS, J. - Étude petrographique et chimique des charbons du Brésil. In: CONGRES INTERNATIONAL DE STRATIGRAPHIE ET DE GEOLOGIE DU CARBONIFÈRE , 5. Paris, 1963.
2. COMITE International de Pétrographie des Charbons. Lexique international de pétrographie des charbons. 2.ed. Paris, C.N.R.S, 1963.
3. NAHUYS, J. DUARTE N.M. - Petrografia de carvão e suas aplicações. Porto Alegre, CIENTEC, 1980.
4. PETRAKIS, L. GRANDY, D.W. - Coal analysis; characterization and petrography. J. of Chemical Education, v.57, Oct. 1950.
5. STACH, E. et alii - Textbook of coal petrology. 2.ed. rev. Berlim, Gerbruder Borntraeger, 1975.

	VITRINITA (%)	INERTINITA (%)	MICROLITO TIPOS (%)	PIRITA (%)	OUTROS (%)	PESO (%)	P. R. VITRINITA (%)
Alimentação	28,5	9,0	48,2	4,3	9,8	100	0,86
Conc. 1	49,1	8,8	37,6	3,4	1,0	44,9	0,98
Conc. 2	31,9	8,8	52,0	4,8	1,8	15,2	0,97
Conc. 3	8,7	10,7	74,6	3,9	1,9	14,9	0,91
Conc. 4	3,0	11,6	78,9	2,6	3,6	7,8	0,84
Conc. 5	1,2	9,8	83,1	2,6	3,2	4,9	0,71
Rejeito	0,2	5,6	17,2	9,1	67,7	12,3	

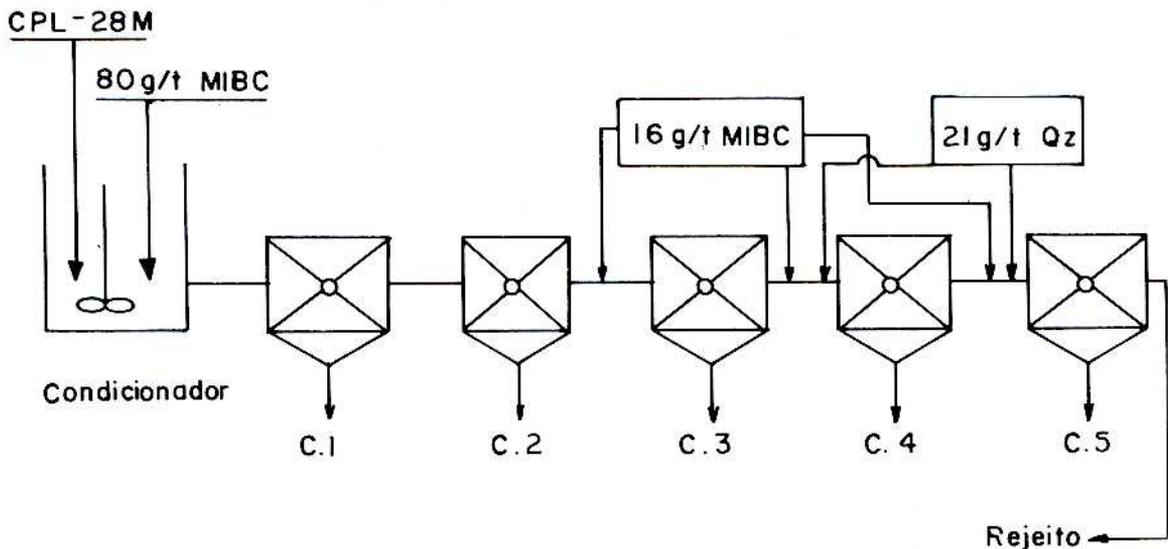
tab. 2 - Resultados de análises petrográficas dos produtos de flotação - Mina A, Sangão - Santa Catarina - Ensaio contínuo

	VITRINITA (%)	INERTINITA (%)	MICROLITO TIPOS (%)	PIRITA (%)	OUTROS (%)
Con. 1	77	44	35	36	5
Con. 2	17	15	16	17	3
Conc. 3	5	18	23	13	3
Con. 4	1	10	13	5	3
Conc. 5	-	5	8	3	2
Rejeito	-	8	4	26	84

tab. 3 - Resultados de análises petrográficas. Percentagem recuperada do total contido. CPL - Mina A - Sangão - Santa Catarina.

	Alimentação	Conc. 1	Conc. 2	Conc. 3	Conc. 4	Conc. 5	Rejeito
Tempo flotação (seg)	-	109	238	374	521	672	-
Massa (%)	100	44,9	15,2	14,9	7,8	4,9	12,3
Cinzas (%)	31,1	16,5	22,8	33,9	41,1	51,9	77,2
M.V. (%) DAF	35,3	34,0	32,8	34,0	35,4	39,5	45,8
C. fixo (%)	33,4	49,5	44,4	38,1	23,5	8,6	-
S (%)	1,11	1,11	1,10	1,12	1,14	1,31	1,68

tab 4 - Razões mássicas de um ensaio de flotação CPL - Mina A - Sangão (SC)



entrada de água no circuito: 1,04 galões/min
 alimentação do circuito: 30 kg/h
 % sólidos na alimentação da flotação: 11%
 adição de reagente: manualmente, com seringa
 de injeção.

Fig 1- Esquema simplificado de um circuito de flotação CPL da Mina A-Sangão (SC)

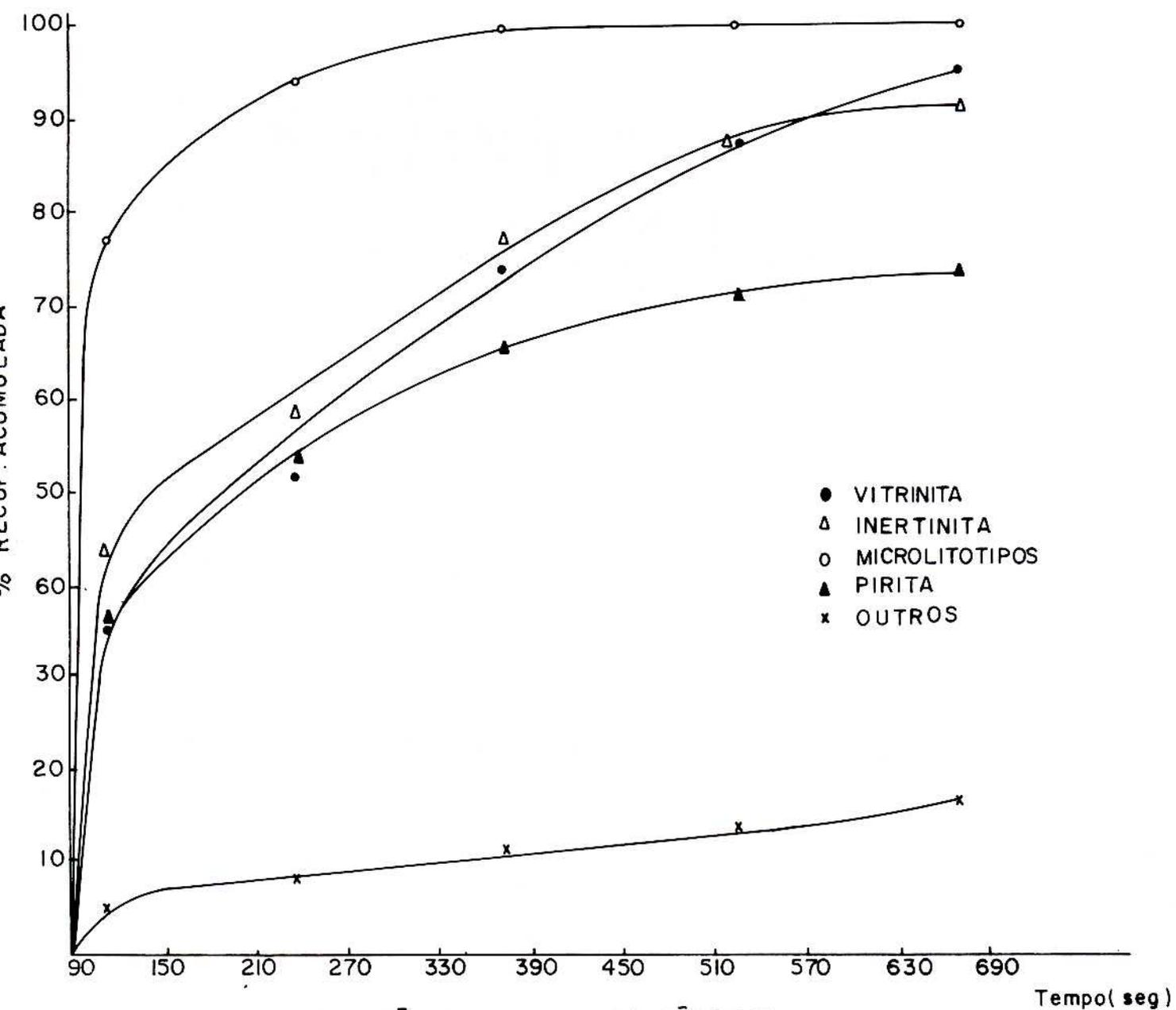


Fig. 2 - ENSAIO DE FLOTAÇÃO CPL MINA A - SANGÃO (SC). % RECUPERADOS DO TOTAL CONTIDO

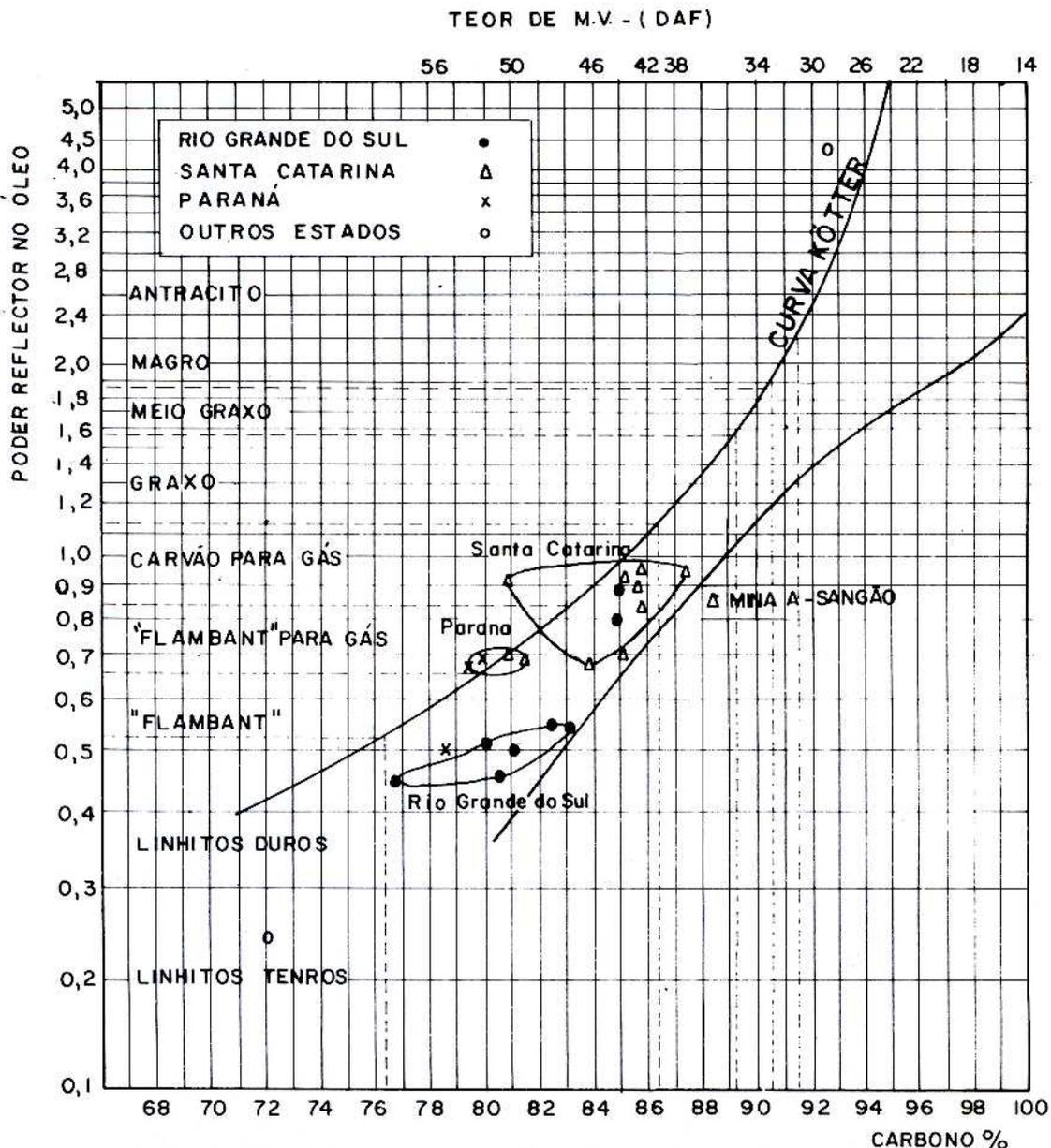


FIG. 3 - POSIÇÃO DOS CARVÃO BRASILEIROS NA
SÉRIE METAMÓRFICA (Seg. J. Nahuys)



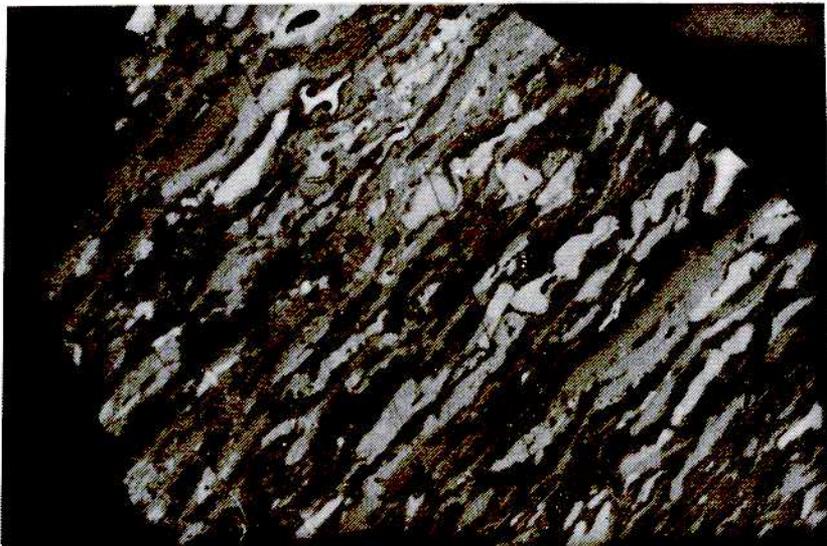
Fotomicrografia 1 - Exinita inclusa no mi
crolitotipo.
Objetivo Imersão - s/
Nicóis.

┌───┐
0,15 mm



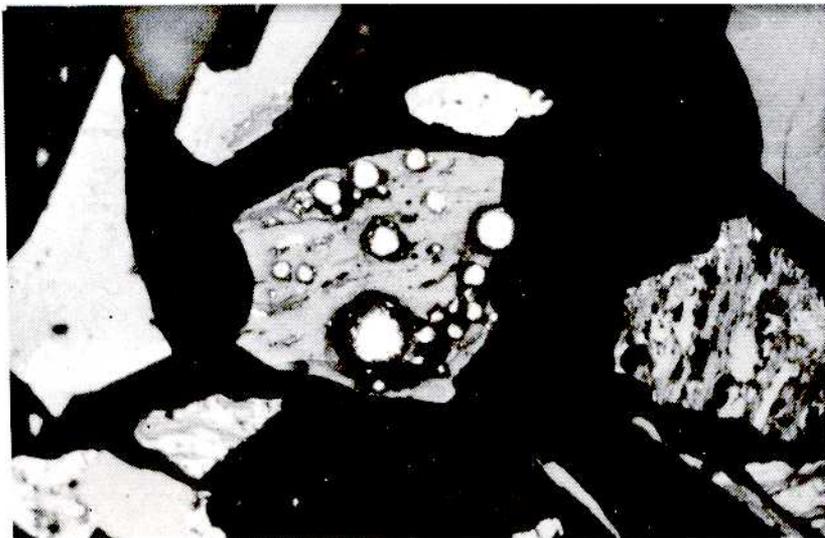
Fotomicrografia 2 - Inertinita, variedade
Fusinita.
Objetivo Imersão - s/
Nicóis.

┌───┐
0,15 mm



Fotomicrografia 3 - Microlitotipo do tipo Duroclarita.
Objetivo Imersão - s/
Nicóis.

—
0,15 mm



Fotomicrografia 4 - Grãos de Pirita de tamanhos diversos incluídos no Microlitotipo.
Objetivo Imersão - s/
Nicóis.

—
0,15 mm