CPRM

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

CPRM

CPRM
BIBLIOTECA
RLI
0680

ÁREAS DA CPRM DA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

RELATÓRIO FINAL

Telmo Süffert

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE PORTO ALEGRE

1987

Anexo Item 1129/SUREG-BA/87

CPRM

CPRM
BIBLIOTECA
RLI

0680

PHL017323

ÁREAS DA CPRM DA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

RELATÓRIO FINAL

DIDTEC

CPRM

SUMÁRIO

PÁG.

RESUMO i

1. INTRODUÇÃO 01

1.1.- Características das Áreas Estudadas 03

1.2 - Trabalhos Anteriores 07

1.3 - Objetivos e Método de Trabalho 08

2. GEOLOGIA 09

2.1 - Considerações Gerais 09

2.2 - Unidades Inferiores 11

2.3 - Formàção Rio Bonito 12

2.4 - Unidades Superiores 16

2.5 - Aspectos Estruturais 17

3. CAMADAS DE CARVÃO 18

3.1 - Características das Camadas de Carvão 18

3.2 - Camada Capanezinho 19

3.3 - Camadas Triângulo, Triângulo Superior e Triângulo Inferior 21

3.4 - Camadas Jeribá, Jeribá Superior e Jeribá Inferior 22

4. AVALIAÇÃO DE RESERVAS 24

4.1 - Avaliação de Camada Total e de Carvão na Camada 24

4.2 - Classificação de Reservas 25

4.3 - Método de Cálculo 27

4.4 - Dados de Reservas 28

4.5 - Reservas Lavráveis a Céu Aberto 30

4.6 - Outros Recursos 33

PÁG.

5. QUALIDADE 40

5.1 - Informações Disponíveis 40

5.2 - "Rank" 41

5.3 - "Grade" 42

5.4 - Previsão de Rendimento Industrial 50

5.5 - Teor de Enxofre 53

6. DECAPAGEM E LAVRA 54

6.1 - Método de Lavra 54

6.2 - Escavadeira 56

6.2.1 - Programação da Lavra 65

6.3 - Perfuração e Dinamitação 67

6.4 - Remoção da Terra Vegetal 71

6.5 - Desmonte e Carregamento de Carvão 71

6.6 - Transporte de ROM e de Refugo 74

6.7 - Equipamento de Apoio 76

7. PRODUTOS DE BENEFICIAMENTO 77

7.1 - Considerações de Mercado 77

7.2 - Evolução Histórica dos Preços 83

7.3 - Previsões de Preços 89

7.4 - Seleção de Produtos 90

8. BENEFICIAMENTO 91

8.1 - Parâmetros 91

8.2 - Localização 94

8.3 - Recebimento e Britagem 94

8.4 - Rebritagem e Jigagem 96

8.5 - Circuito de Finos e Recirculação da Água 98

8.6 - Estocagem 99

CPRM

PÁG.

9. CONTROLE AMBIENTAL, INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DIVERSOS 100

9.1 - Controle Ambiental 100

9.1.1 - Rejeitos Sólidos 100

9.1.2 - Efluentes Líquidos 101

9.2 - Instalações Industriais 101

9.3 - Veículos Diversos 102

9.4 - Água Potável e Energia Elétrica 102

10. ANÁLISE ECONÔMICA

10.1 - Investimentos 103

10.2 - Depreciação e Custo Direto 107

10.3 - Fluxo de Caixa 109

10.4 - Exaustão Real, Exaustão Incentivada e Capital de Terceiros 113

11. CONCLUSÕES 117

12. BIBLIOGRAFIA 120

FIGURAS

1 - Mapa de Localização da Área
2 - Mapa de Situação
3 - Coluna Estratigráfica Resumida
4 - Coluna Típica da Formação Rio Bonito
5 - Método de Cálculo de Reservas
6 - Áreas e Volumes de Estéril por Faixa de Cobertura
7 - Gráficos de Lavabilidade - Trincheiras
8 - Gráficos de Lavabilidade - Comparativo de Trincheiras e Sondagens
9 - Correlação entre Teores em Cinzas e Poderes Caloríferos
10 - Curvas de Rendimento Industrial
11 - Diagrama de Lavra - Cobertura de 18,3 m
12 - Diagrama de Lavra - Cobertura de 26 m
13 - Diagrama de Lavra - Cobertura de 40 m
14 - Diagrama de Lavra - Corte em Caixão
15 - Seqüência dos Cortes de Lavra
16 - Preços e Qualidades dos Carvões
17 - Variações de Preços e de Indicadores Econômicos (1979/87)
18 - Preços de Carvão e de Combustíveis Líquidos, Deflacionados em Relação ao Dólar (1979/87)
19 - Preços Comparativos da Caloria Contida no Carvão e no Óleo Combustível (1979/87)
20 - Fluxograma do Beneficiamento
21 - Relação entre o Valor Atual da Jazida e a Taxa Interna de Retorno
22 - Evolução do Fluxo de Caixa Descontado

QUADROS

I - Situação Legal das Áreas
II - Camada Capanezinho - Reservas Totais de Carvão na Camada
III - Camada Capanezinho - Avaliação por Setor
IV - Camada Capanezinho - Áreas por Faixa de Cobertura
V - Camada Capanezinho - Reservas de Carvão por Faixa de Cobertura
VI - Camada Capanezinho - Volumes de Estéril por Faixa de Cobertura
VII - Camada Capanezinho - Análise Média - Trincheiras
VIII - Camada Capanezinho - Análise Média - Sondagens
IX - Produtos Vendáveis
X - Subsídios no Transporte de Carvão
XI - Investimentos
XII - Depreciações
XIII - Fluxo de Caixa - CE 3700 a US$25,60/t
XIV - Fluxo de Caixa - CE 3700 a US$20,80/t

TABELA

1 - Reservas de Carvão Lavráveis a Céu Aberto na Camada Capanezinho

ANEXOS

I - Seção Geológica
II - Camada Capanezinho - Mapa de Contorno Estrutural da Lapa
III - Mapa de Isópacas do Carvão na Camada Capanezinho
IV - Camada Capanezinho - Mapa de Reservas
V - Camada Capanezinho - Mapa de Setores Lavráveis a Céu Aberto
VI - Preços de Carvão FOB Mina Deflacionados em Relação ao Dólar (1979/86)

CPRM

RESUMO

Este Relatório visa avaliar o aproveitamento econômico do carvão jacente em 5 áreas de pesquisa autorizadas pelo DNPM à CPRM, situadas na localidade de Taquara, 30 km a sudoeste de Cachoeira do Sul, estado do Rio Grande do Sul.

A Formação Rio Bonito, composta de um pacote síltico-arenoso de idade permiana, contém 7 camadas de carvão, das quais a principal é a superior, chamada Capanezinho. A estrutura é sub-horizontal, com mergulhos de até 6° para NW.

As reservas da Camada Capanezinho foram recalculadas, obtendo-se $31,8 \times 10^{6}$ t de carvão na camada. Há 10 setores lavráveis a céu aberto, somando $12,536 \times 10^{6}$ t de carvão na camada (94,8% na categoria de Reserva Medida), que correspondem a $20,208 \times 10^{6}$ t de camada totoal jacente. O erro de avaliaçao global estimado é inferior a $\pm$ 5%. A cobertura estéril soma $129,075 \times 10^{6}$ m^{3}. É possível também a lavra, com custos marginais, de outros trechos das camadas Capanezinho e Triângulo.

A caracterização qualitativa foi executada em bitolas de 1/8" e 1/2" e é precisa o suficiente para prever os rendimentos industriais dos vários tipos possíveis de beneficiado.

A jazida será lavrada em 15 anos, do modo tradicional, com descobertura em tiras por uma escavadeira de 35 j^{3}. O carvão ROM será removido por caminhoes fora de estrada de 22,5 t e o lavador, baseado em um jig tipo Batac, de 330 t/h, terá como produto principal o CE 3700, com 3.700 cal/g, 44,1% de cinzas e 0,4% de enxofre.

O carvão deverá ser consumido principalmente na geração de termoeletricidade, nas usinas em construção e em projeto no centro do Estado. Mesmo aos baixos preços ora vigentes, resultantes da guerra de preços do petróleo, o empreendimento é econômico até a taxa interna de retorno de 21,8% ao ano. Renovação da exaustão incentivada (que, pela lei atual, cessará em 1989), condições favoráveis de crédito e recuperação dos preços internacionais do petróleo são eventos externos possíveis a médio prazo e capazes de favorecer o empreendimento.

CPRM

1. INTRODUÇÃO

No auge do 2º choque do petróleo (1979/82) o Programa de Mobilização Energética instituído pelo DL.1.691 de 02/08/79 planejou o crescimento da produção de carvão energético no país de 5 Mt (1979) para 27,5 Mt (1985). Foram previstos grandes investimentos, governamentais e privados, nos setores de pesquisa, lavra, beneficiamento, transporte, estocagem, conversão de indústrias consumidoras, pesquisa tecnológica e proteção ambiental.

A recessão subseqüente, as reduções do preço do petróleo e as dificuldades orçamentárias, em poucos anos inviabilizaram as metas globais do Programa.

Foram obtidos, porém marcantes sucessos em alguns setores, dos quais cumpre citar:

- Grande progresso na pesquisa, chegando-se a um estágio de razoável conhecimento quantitativo e qualitativo de quase todas as grandes jazidas, formando base segura para um planejamento a longo prazo.
- Substituição quase total do óleo combustível anteriormente queimado nas fábricas de cimento do centro-sul do Brasil. O uso do carvão apresentou vantagens técnico-econômicas tais que esse mercado suportou inclusive a perda parcial de subsídios e a baixa relativa do custo do óleo.

Como parte dos trabalhos citados acima, a CPRM pesquisou, em convênio com o DNPM, a jazida de Capané, em cuja borda sul as camadas de carvão jazem sob baixa cobertura, favorecendo a lavra a céu aberto.

Há, nessa região, duas minas recentemente implantadas pela Companhia Riograndense de Mineração (na jazida de Iruí) e pela Carbonífera Palermo Ltda.(na jazida de Capané). Ambas comportam considerável expansão, que depende fundamentalmente de crescimento do mercado e de recursos para investimento.

A CPRM requereu, entre as duas minas citadas, 21 áreas para pesquisa de carvão. Os trabalhos de mapeamento, abertura de trincheiras e sondagens rotativas obtiveram graus variáveis de sucesso. Em nove das áreas encontrou-se carvão em volume e qualidade suficientes para quantificar reservas, estando as informações reunidas no Relatório Final de Pesquisa do Bloco Taquara, enviado ao DNPM em 1984.

As cinco áreas mais promissoras, cuja situação legal está resumida no Quadro I estão sendo objeto de avaliação mais detalhada no presente trabalho. Será demonstrado que elas comportam lavra de médio porte, competitiva nas condições econômicas atuais.

O DNPM aprovou o Relatório de Pesquisa com referência a quatro das cinco áreas; devido a uma falha no cumprimento de prazos legais, a aprovação para a área 153/79 foi negada. A CPRM renovou a solicitação de Alvará para a mesma. Entretanto, convém notar que esse trecho ainda não garantido legalmente contém menos de 6% das reservas lavráveis a céu aberto do conjunto; a eventual perda desses direitos minerários não afetaria substancialmente o empreendimento global.

QUADRO I

SITUAÇÃO LEGAL DAS ÁREAS

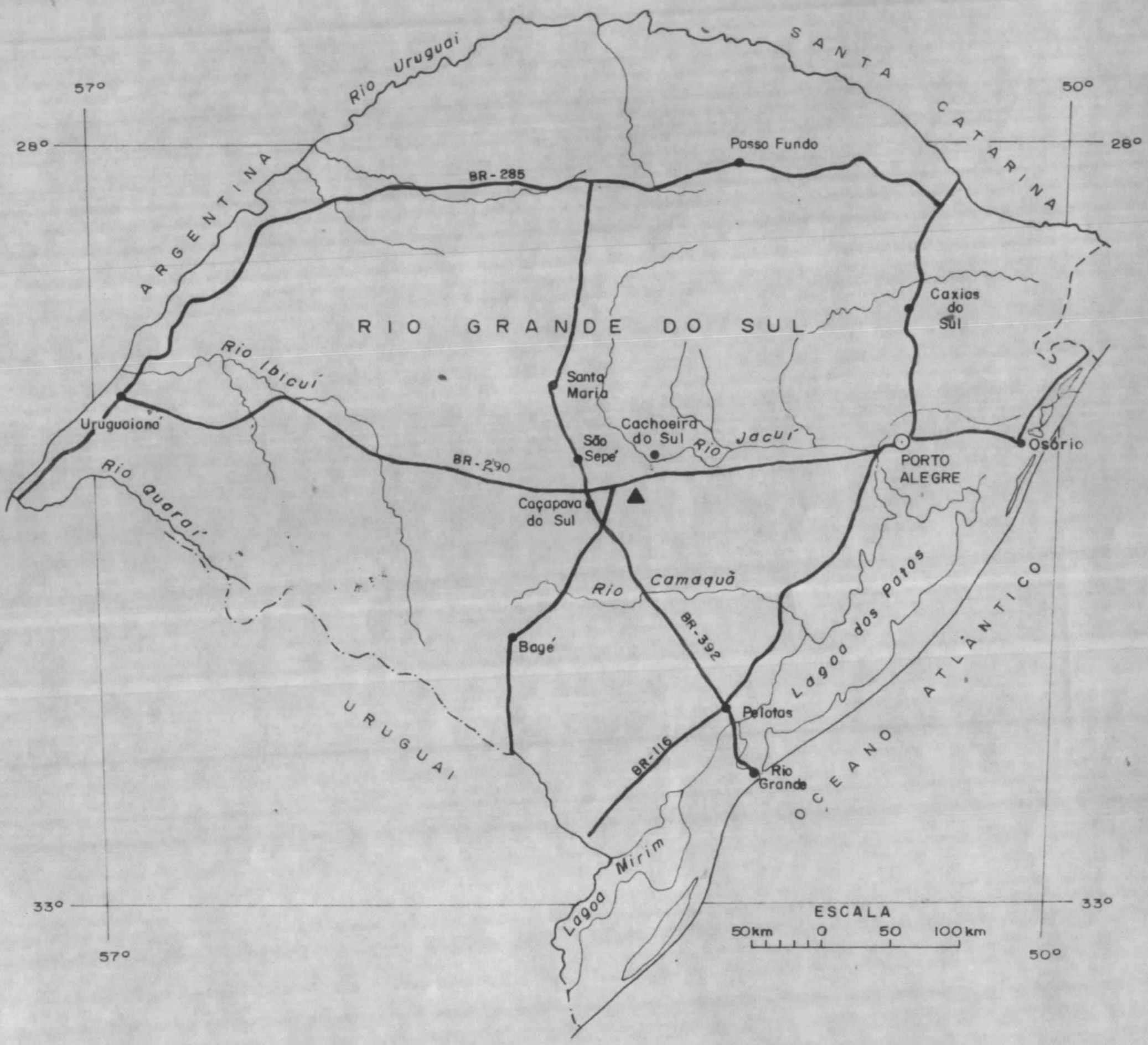
ÁREA	PROCESSO DNPM	ALVARÁ			APROVAÇÃO RELATÓRIO (PUBLICAÇÃO P.O.U)	SUPERFÍCIE (ha)
		Nº	DATA	PUBLICAÇÃO D.O.U.		
RS-145/79	810.006/80	2092	23/06/81	09/07/81	18/07/86	774,04
RS-146/79	810.007/80	2148	25/06/81	03/07/81	18/07/86	354,92
RS-151/79	810.012/80	2176	03/07/81	09/07/81	18/07/86	1.272,99
RS-152/79	810.013/80	3467	06/08/82	17/08/82	24/07/86	908,10
SUBTOTAL						3.310,05
RS-153/79	810.014/80	2016	19/06/81	25/06/81	Obs.	-
RS- 44/84	810.213/84					1.088,06
TOTAL						4.398,11

Obs.: Por ter sido negada aprovação ao Relatório com referência à área RS-153/79, a mesma foi objeto de novo pedido, sob Nº ..... RS-44/84.

1.1 - Características das Áreas Estudadas

O trecho pesquisado situa-se no distrito de Capané, município de Cachoeira do Sul, próximo ao centro do estado do Rio Grande do Sul. O centro das áreas está a cerca de 30 km a SSW da sede municipal e 180 km a W da capital estadual, como mostram os mapas de localização e de situação, Figuras 1 e 2. A denominação "Taquara" foi escolhida devido ao arroio de mesmo nome que corre a sudoeste das áreas em estudo.

A BR-290, que passa próximo à extremidade Norte do Bloco é sua principal via de acesso rodoviário. Uma estrada municipal ensai-



CONVENÇÕES

- ⊙ CAPITAL
- ● CIDADE
- ▲ ÁREA DE PESQUISA
- DRENAGEM
- – – – LIMITE ESTADUAL
- –·–·– LIMITE INTERNACIONAL
- ——— RODOVIA FEDERAL

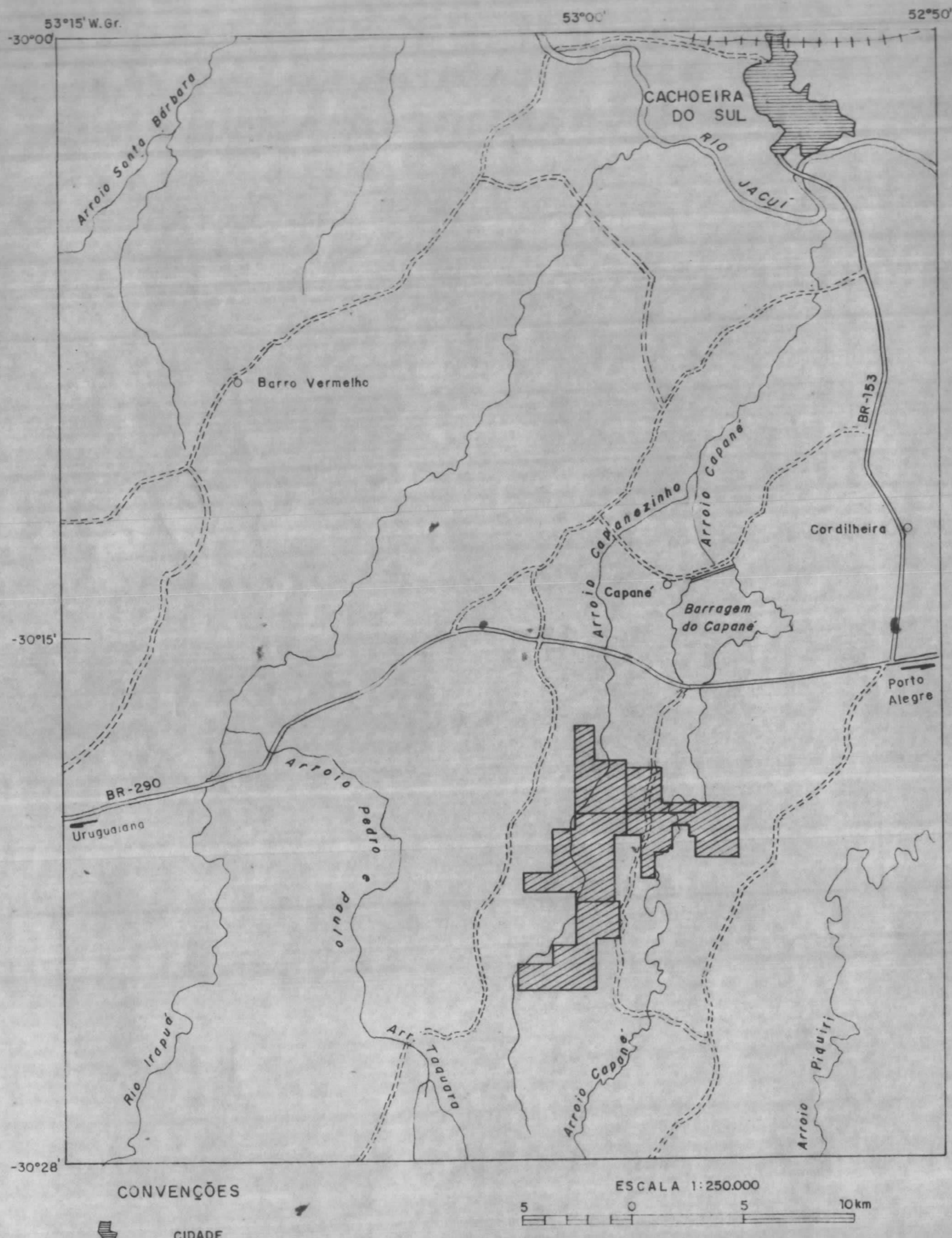
FONTE: RELATÓRIO FINAL DO PROJETO SÃO SEPÉ - BLOCO TAQUARA

Figura 1

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



CONVENÇÕES

- CIDADE
- VILA
- FERROVIA
- RODOVIA FEDERAL
- RODOVIA SECUNDÁRIA
- DRENAGEM
- ÁREAS DE PESQUISA

ESCALA 1:250.000

5 0 5 10km

Figura 2

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
MAPA DE SITUAÇÃO

brada atravessa todo o trecho de norte a sul, acompanhando o divisor de águas entre os arroios Capanezinho e Taquara.

A jazida de Capané localiza-se na faixa morfológica denominada Depressão Periférica do Rio Grande do Sul, formada por sedimentos permo-triássicos, entre o Escudo Sul-rio-grandense e os derrames basálticos da Serra Geral.

A topografia é ondulada, com elevações suaves e vales pouco acentuados, com altitudes entre 50 m e 200 m. Os principais cursos d'água são os arroios Taquara, Capanezinho e Capané, todos dirigindo-se de sul para norte e tributários diretos ou indiretos do rio Jacuí.

O solo, oriundo da decomposição de rochas sedimentares clásticas, é argilo-arenoso, pouco profundo; predominam tonalidades acizentadas.

O clima é mesotérmico, com temperatura média anual de aproximadamente 17° C e consideráveis diferenças entre inverno e verão. A precipitação média é de aproximadamente 1600 mm/ano; embora sem estação seca definida, as chuvas são mais intensas no outono e no inverno. A umidade relativa do ar é elevada.

Sob o aspecto de cobertura vegetal, predominam pastagens naturais formadas por gramíneas e arbustos; a vegetação de maior porte está representada por matas ciliares e bosques oriundos de reflorestamento.

A região tem características sócio-econômico - demográficas rurais, com população pouco densa devido ao predomínio das atividades pastoris extensivas e da média propriedade. As principais cultu

ras agrícolas são representadas pela soja e pelo milho nas terras altas e pelo arroz irrigado nas baixadas. Não há aglomerações urbanas nas áreas pesquisadas nem em suas proximidades.

1.2 - Trabalhos Anteriores

As primeiras avaliações das camadas de carvão nas proximidades do arroio Capanezinho foram executadas por MACHADO e CASTANHO (1957). MACHADO, DEQUECH e CASTANHO (1962) estudaram o condicionamento das jazidas de carvão do sul do Brasil. Como a jazida de Capané é cortada pelo meridiano de 53°W, os mapeamentos geológicos da quadrícula de Encruzilhada do Sul, de Tessari e Picada (1966), bem como o da quadrícula de Caçapava/Lavras, de Ribeiro et alii (1967) reuniram os dados então disponíveis sobre a jazida.A UNISINOS(1977) executou o mapeamento geológico das cabeceiras do arroio Capané na escala 1:50.000.

No Projeto Carvão no Rio Grande do Sul, de Ferreira et alii, (1978) foram executadas sondagens pioneiras, em malha ampla,reconhecendo a parte centro-norte da jazida de Capané, ao norte da BR-290.

Os trabalhos específicos visando a pesquisa de carvão na região dos arroios Capané e Iruí foram iniciados em 1980 e se estenderam até 1984, através do convênio DNPM/CPRM para o Programa de Mobilização Energética do Ministério das Minas e Energia. Deste programa constaram o Projeto Carvão Energético na Área do Iruí, de Machado et alii (1982), o Projeto Carvão na Área do Iruí - RS, de Figueirôa e Dias (1983) e o Projeto Carvão na Área do Arroio Capané - RS, de Andrade Fº e Süffert (1984). Esses projetos adensaram as pesquisas, permitindo delimitação e caracterização das jazidas de carvão de Capané e de Iruí.

Como já citado acima, o Relatório Final de Pesquisa do Bloco Taquara, executado pela CPRM em 1984, engloba as pesquisas mais recentes sobre 21 Alvarás, incluindo as cinco áreas objeto do presente trabalho.

1.3 - Objetivos e Método de Trabalho

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a viabilidade da lavra de um trecho da jazida de carvão de São Sepé, nas condições de custos e preços atuais ou previsíveis em futuro próximo e considerando uma moderada expansão do consumo de carvão energético que viabilize a absorção da produção.

Os dados existentes foram reavaliados. As informações do Relatório Final de Pesquisa do Bloco Taquara foram reinterpretadas, sendo incluídos os dados de quatro sondagens concluídas após o preparo do mesmo.

Os mapas foram ampliados para a escala 1:25.000. Foi refeito o mapa de isópacas de carvão na camada Capanezinho. Com base nas folhas cartográficas em 1:50.000 e nas cotas das sondagens, foram esboçados mapas de isocobertura para a camada Capanezinho, com curvas espaçadas de 10 m. Várias linhas de igual relação estéril/CC foram lançadas em mapas de trabalho.

Foram refeitas as avaliações de reservas, estudando várias hipóteses, com o objetivo de selecionar um trecho para lavra a céu aberto que contivesse um máximo de reservas dentro de condições econômicas para lavra.

Foram calculadas qualidades médias do carvão de cada bloco e do total lavrável a céu aberto. Foram calculados os rendimentos in

dustriais de produtos vendáveis que podem ser obtidos.

Foram estudados diversos métodos de lavra, aproveitando-se visitas a minas próximas para obter informações sobre sucessos e dificuldades. Optou-se pela lavra em tiras usando escavadeiras tipo "dragline".

Foram calculados rendimentos e custos, concluindo-se pela viabilidade econômica do empreendimento.

2. GEOLOGIA

2.1 - Considerações Gerais

A descrição geológica da região em estudo foi exposta de modo detalhado por ANDRADE Fº, E. L. de, e SUFFERT, T. (1984). Esse tópico será aqui apresentado de modo sumário, com ênfase nos aspectos que mais influem na economicidade do empreendimento mineiro.

O trecho pesquisado encontra-se na unidade geomorfológica denominada Depressão Periférica do Rio Grande do Sul. Nesta, os sedimentos gonduânicos, com idades que vão do carbonífero ao triássico, tectonicamente pouco movimentados, assentam-se discordantemente sobre o embasamento. A coluna estratigráfica resumida está exposta na Figura 3.

A maioria dos furos executados iniciou-se em posição estratigráfica correspondente ao topo da formação Rio Bonito ou ao terço inferior da formação Palermo. Há três casos especiais a citar: o ST-22-RS, localizado num baixo estrutural, foi o único a encontrar a Formação Iratí e a atravessar em sua totalidade a Formação Palermo. O ST-67-RS, sob fina capa de quaternário encontrou diretamente o em

ERA	PERÍODO	GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO				Q	Depósitos aluvio-coluvionares inconsolidados atuais e sub-atuais.
						Discordância
P	PERMIANO SUPERIOR	PASSA DOIS		IRATI	Pir	Siltitos com vênulos de material carbonático e folhelhos. Não ocorre em superfície.
A L E O Z Ó I C O	PERMIANO MÉDIO A SUPERIOR	T U B A R Á O	G U A T Á	PALERMO	Pp	Associação de siltitos e arenitos muito finos, c/notáveis laminações lenticular, paralela e cruzada; estruturas bioturbadas (tubos de vermes) e de compactação (defluidização).
				RIO BONITO	Prb	Unidade Faciológica Superior: pacote de arenitos finos a médios, com intercalação da camada de carvão Capanezinho. Unidade Faciológica Intermediária: intercalações de arenitos e siltitos, contendo as camadas de carvão Triângulo e Jeribá. Unidade Faciológica Inferior: espesso pacote de siltitos com intercalações subordinadas de arenitos médios a grosseiros, feldspáticos.
	PERMIANO INFERIOR-CARBONÍFERO SUPERIOR		ITARARÉ		PCit	Diamictitos com seixos de granitos, xistos, rocha básica e sedimentos eo-paleozóicos; varvitos e ritmitos.
						Discordância
	EO-PALEOZÓICO	MARICÁ	INDIVISO		Eopz	Conglomerados e arenitos arcoseanos avermelhados.
						Discordância
PRÉ-CAMBRIANO		PORONGOS		VACACAÍ	pCp	Quartzo-mica-xistos, quartzitos micáceos e calcários marmorizados.

FIGURA 3 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA RESUMIDA
Fonte : Relatório Final de Pesquisa do Bloco Taquara

basamento, evidenciando alto estrutural. Por motivo semelhante, o ST-45-RS encontrou embasamento aos 6,85 m.

Cerca de 1/3 das sondagens foi levada até o embasamento pré-gonduânico. Após adquirido um conhecimento suficiente, preferiu-se concluir os furos logo após ter com segurança ultrapassado o nível da camada Jeribá.

2.2 - Unidades Inferiores

O embasamento pré-gonduânico é representado, principalmente, pela formação Vacacaí, do grupo Porongos, com idade pré-cambriana.

São rochas de baixo grau metamórfico formadas por quartzo-mica-xistos, quartzitos micáceos e calcários marmorizados, que comumente apresentam xistosidade com direção preferencial nordeste e mergulhos subverticalizados, seguindo a mesma direção das grandes falhas NE que ocorrem na região, por vezes originando rochas cataclásticas. Veios quartzosos e pegmatíticos são abundantes, ocorrendo em forma de boudins concordantes com a xistosidade da rocha.

Algumas das sondagens que atingiram o embasamento encontraram conglomerados da formação Maricá, de idade eo-paleozóica. Essa formação é constituída litologicamente por conglomerados e arenitos arcoseanos avermelhados, às vezes conglomeráticos, com grânulos e seixos de quartzo, feldspatos, siltitos e rocha granítica, com tamanhos de até 0,10 m de diâmetro.

O subgrupo Itararé é encontrado aflorando cerca de 5km a sudoeste do trecho pesquisado. A partir de pesquisas de jazidas próximas, sabe-se que esta unidade preenche paleodepressões e apresenta grandes va-

riações laterais de espessura. O subgrupo Itararé foi atingido por três sondagens do bloco Taquara, sendo que a maior espessura encontrada foi 31,75 m, no furo ST-01-RS, que terminou sem atingir sua base.

Litologicamente o subgrupo Itararé é constituído por diamictitos, varvitos e ritmitos.

Os diamictitos apresentam cor cinza-amarelada, matriz areno-argilosa, às vezes arcosiana, com seixos angulosos e subangulosos de granitos, xistos, rocha básica e sedimentos eopaleozóicos. Normalmente possuem cimento carbonático.

Os varvitos compõem-se de uma seqüência interestratificada de leitos finos a médios de siltitos cinza claro, com lâminas e leitos finos de argilitos cinza escuro. É muito comum a ocorrência de microfalhas e superfícies de escorregamento.

Os ritmitos são formados por intercalações rítmicas de leitos de siltitos cinza com leitos finos de arenitos calcíferos, com laminação plano paralela e cruzada. Ocorrem microfalhas, mas menos habitualmente que nos varvitos.

Suas relações de contato com a Formação Rio Bonito que lhe sobrepõem, são gradacionais, somente visualizadas em testemunhos.

2.3 - Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito é a unidade geológica mais importante, por conter as camadas de carvão. Recobre a maior parte da superfície das cinco áreas em estudo.

No bloco Taquara, a Formação Rio Bonito assenta-se em ge-

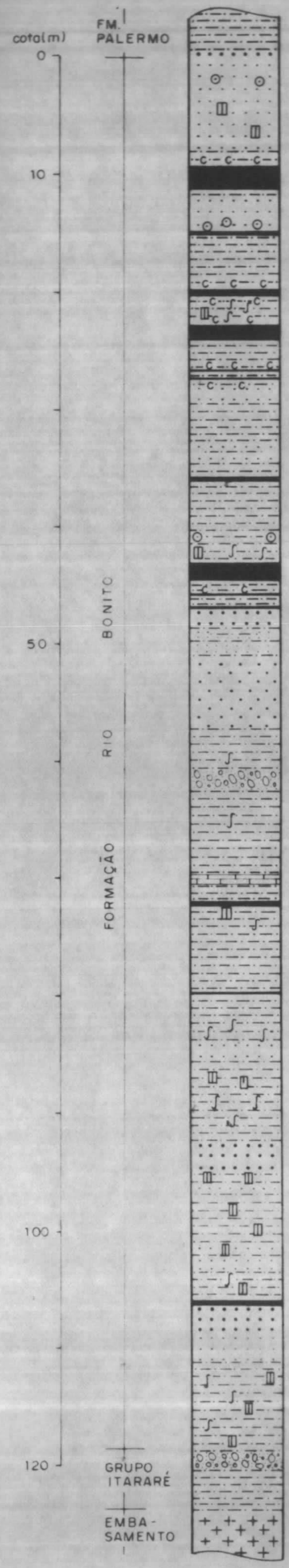
ral diretamente sobre o embasamento prégonduânico. Em alguns locais os paleobaixos estão parcialmente preenchidos pelos depósitos do Sub-Grupo Itararé.

A variabilidade lateral de facies e espessura diminui gradualmente da base para o topo devido à colmatação progressiva das depressões préexistentes. Essas espessuras são, em geral, menores a sudeste, próximo aos afloramentos de rochas pré-cambrianas e maiores a noroeste, onde furo ST-01-RS atravessou 174,35 m dessa Formação.

A coluna típica da Formação Rio Bonito no Bloco Taquara encontra-se ilustrada na Figura 4. Há três unidades litofaciológicas, identificadas pelo exame de testemunhos mas dificilmente distingúíveis em mapeamento de superfície.

A unidade faciológica inferior é caracterizada por um espesso pacote de siltitos cinza a cinza escuros, com intercalações subordinadas de arenitos médios a grosseiros, feldspáticos, e as vezes calcíferos. Neste intervalo são comuns ocorrerem laminações paralelas, lenticulares e cruzadas, fraturas oblíquas, superfícies de escorregamento, além de leitos de carvão sem expressão e continuidade lateral. Apresenta uma espessura média de aproximadamente 60 m.

A unidade faciológica intermediária é composta de um intervalo mostrando arenitos finos e médios, de cor cinza claro a esbranquiçada, maciços, submaturos, porosos, com grãos subarredondados,podendo conter cimento carbonático. Intercalados a estes arenitos ocorrem siltitos acizentados, apresentando laminações plano-paralela, ondulada e cruzada de pequeno porte, e vez por outra algumas bioturbações. Esta unidade engloba as camadas de carvão Triângulo Superior, Triângulo, Triângulo Inferior, Jeribá Superior, Jeribá e Jeri



CONVENÇÕES

- CARVÃO
- SILTITO
- ARENITO FINO
- ARENITO MÉDIO
- ARENITO GROSSO
- CONGLOMERADO
- CALCÁRIO OU MARGA
- EMBASAMENTO
- LAMIN. PARALELA
- LAMIN LENTICULAR
- SUPERFÍCIE DE ESCORREGAMENTO
- ROCHA CARBONOSA
- NÓDULOS E CONCREÇÕES

Fonte: Relatório Final do Projeto São Sepé - Bloco Taquara

Figura 4

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ.

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

COLUNA TÍPICA DA FORMAÇÃO RIO BONITO

ESCALA VERTICAL 1:500

bá Inferior. Apresenta uma espessura média de aproximadamente 40 m.

Os intervalos entre as camadas Triângulo Superior e Triângulo Inferior, bem como aquele entre as camadas Jeribá Superior e Jeribá Inferior são predominantemente sílticos. O intervalo entre as camadas Triângulo Inferior e Jeribá Superior é predominantemente arenoso, contendo bancos de 2 m a 10 m de arenitos médios a grosseiros, com variações notáveis de espessura em poucas centenas de metros de extensão, demonstrando variações no aporte de clásticos, eventualmente conjugados a variações tectônicas sindeposicionais.

A unidade faciológica superior é formada por um pacote predominantemente arenoso, com espessura média de 20 metros e que contém a camada de carvão Capanezinho.

Os arenitos entre o topo da formação Rio Bonito e a camada de carvão têm, em geral, espessura entre 8 m e 15 m; são, usualmente, arenitos finos a médios, quartzosos, de grãos arredondados, ora friáveis e porosos, ora densos e compactos. A laminação em geral é intensa, predominando os tipos paralelo, ondulado e cruzado.

A camada de carvão Capanezinho, que será descrita mais adiante está intercalada, quase sempre, entre dois intervalos de siltito cinza escuro a preto, carbonoso, frequentemente contendo leitos de carvão; o intervalo superior tem em geral espessuras entre 1m e 3m; o inferior tem, usualmente, de 0,5 m a 1,0 m.

Os arenitos abaixo da camada Capanezinho tem, quase sempre, espessura menor que a do pacote arenoso superior e maiores variações laterais de litologia. A granulometria varia de fina a grosseira; no último caso, os arenitos são, em geral, feldspáticos, imaturos, friáveis e porosos.

O contato entre a Formação Rio Bonito e a Formação Palermo sobreposta é do tipo gradacional.

2.4 - Unidades Superiores

A maioria das sondagens realizada numa faixa paralela ao Arroio Capanezinho, no flanco baixo da grande falha que atravessa o Bloco Taquara, encontrou a parte basal da Formação Palermo preservada por essa feição estrutural. O furo ST-22-RS chegou mesmo a encontrar essa Formação totalmente preservada, numa espessura de 109,70 m.

Em superfície, a Formação Palermo caracteriza-se por uma seqüência monótona de siltitos e arenitos muito finos com intercalações de material argilosos. Há uma coloração típica amarelada com tons claros acizentados, fortemente afetados pelo intemperismo. Originam um solo bastante argiloso, preservando suas estruturas mais características, como as laminações paralelas e lenticulares.

Nos furos as litologias inalteradas mostram predominantemente siltitos cinza, tornando-se cinza-esverdeados em direção á base. Nestes, há laminações lenticular, paralela, ondulada, convoluta e cruzada, além de estruturas bioturbadas (tubos de vermes) e de compactação (defluidização), que dão à rocha um aspecto "zebrado". Arenitos finos e médios, às vezes calcíferos, ocorrem intercalados nesta seqüência, principalmente próximo à base.

O contato da Formação Palermo com a Formação Irati sobrejacente é gradacional.

A Formação Irati não foi observada em superfície. Está presente apenas no furo ST-22-RS, localizado no flanco rebaixado de

uma grande falha. Sob recobrimento de sedimentos quaternários, foram atravessados 43,50 m de uma seção pelítica, composta de siltitos cinza escuro a preto, contendo vênulas de material carbonático e localmente mostrando laminações paralelas e subparalelas, e por folhelhos escuros caracterizados pela sua marcante fissilidade.

Os depósitos quaternários são constituídos por aluviões e terraços aluvionares, ao longo do Arroio Capanezinho e de seus principais afluentes.

Nos aluviões predominam as areias de granulometria média a grosseira, com cascalhos inconsolidados subordinados. A presença de argila é relativamente pequena.

Há pequenas ocorrências isoladas de terraços aluvionares junto ao Arroio Capanezinho. Têm espessuras variáveis entre 1m e 3 m, sendo compostos preferencialmente por areias, siltes e argilas.

2.5 - Aspectos Estruturais

A feição estrutural mais notável de toda a região da Jazida Capané é um sistema de falhamentos com movimento predominante vertical (tipo gravidade, conforme BAGDLEY, 1965, p.167) e com direção variável de N30°E a N45°E. A esse sistema pertence a falha, com extensão mínima de 15 km, que controla parte do curso do Arroio Capanezinho; seu flanco SE foi rebaixado e o rejeito, comprovado por sondagens, é de aproximadamente 140 m.

Um segundo sistema de falhas, também de considerável importância, é constituído por falhas tensionais, com movimentos relativos verticais e direção variando de N30°W e N60°W.

Em virtude desses dois sistemas, os sedimentos gonduânicos em geral, e as camadas de carvão em particular, apresentam-se levemente inclinadas, com mergulhos de até 5° para NW, sendo localmente compartimentadas por fossas e muralhas.

A Seção Geológica mostrada no Anexo I auxilia a compreensão da estrutura dos sedimentos em geral e das camadas de carvão.

Até o presente não foram constatadas, nas formações gonduânicas da área, quaisquer evidências de derrames de natureza básica, associadas aos falhamentos. Entretanto, não é impossível a presença de raras intrusões de pequeno porte, semelhantes à já encontrada na mina da CRM, cerca de 10 km a nordeste do Bloco em estudo.

3. CAMADAS DE CARVÃO

3.1 - Características das Camadas de Carvão

Os testemunhos de sondagem foram descritos mesoscopicamente, com especial detalhamento das camadas de carvão e das encaixantes próximas às mesmas. A correlação das camadas, furo a furo, foi executada segundo um conjunto de critérios, sendo os principais: litologias encaixantes, comparação de perfis geofísicos (gama, resistência e resistividade), distribuição espacial de todos os conjuntos de camadas e leitos de carvão e associações litoestratigráficas.

Os primeiros projetos da Jazida de Capané, em malha ampla, comprovaram a correlação de três camadas, que receberam os seguintes nomes em ordem descendente: Capanezinho, Triângulo e Jeribá.

O fechamento da malha de pesquisa, executado no Projeto Carvão na Área do Arroio Capané e no Relatório de Pesquisa do Bloco Taquara, permitiu identificar outros quatro níveis estratigráficos com apreciável continuidade lateral e onde o carvão frequentemente apresenta espessuras de CC (carvão na camada) acima de 0,40 m. As novas denominações foram associadas às anteriores devido à proximidade física na direção vertical. Chegou-se assim, às sete camadas de carvão da Jazida Capané, indicadas na Figura 4, e que são, em ordem descendente: Capanezinho, Triângulo Superior, Triângulo, Triângulo Inferior, Jeribá Superior, Jeribá e Jeribá Inferior.

Verificou-se também, comparando os estudos da Jazida de Capané com os realizados mais a oeste, na Jazida de Iruí, que há correlação litoestratigráfica entre as camadas Triângulo Superior e Triângulo da primeira jazida citada, respectivamente, com a Iruí Superior I e a Iruí Superior da segunda.

Julgou-se desnecessário apresentar neste Estudo uma repetição de tabela completa dos dados de sondagem de cada furo, anexa ao último dos relatórios acima citados.

3.2 - Camada Capanezinho

É a camada de carvão economicamente mais importante no Bloco Taquara pela continuidade, pelas boas espessuras e qualidade e pelo fato de ser, em grandes trechos, facilmente lavrável a céu aberto.

Mesoscopicamente, a camada Capanezinho apresenta uma predominância de carvão detrítico fosco, com lâminas finas e médias, esparsas a moderadas, de vitrênio, contém leitos de carvão detrí-

tico fosco com muita cinza. Apresenta entre 2 e 5 intercalações,de 5 cm até 15 cm de espessura cada uma, de siltitos cinza-escuros e mais raramente pretos carbonosos; é comum o aparecimento de pirita em finas lentes e principalmente sob a forma de nódulos, em especial na metade inferior da camada. Em alguns locais, a camada Capanezinho está separada em dois ou três bancos, separados entre si por intervalos de 0,60 m a mais de 1,00 m de siltito cinza claro, siltito cinza ou, mais raramente, arenito fino.

A espessura de carvão na camada e, em média, de 1,55m;o valor máximo encontrado foi de 2,13 m.

A camada está presente em dez trechos descontínuos, em sua maior parte limitados pela erosão; em alguns trechos os limites são marcados pelo afinamento da camada. O Anexo 3 (Mapa de Isópacas do Carvão na Camada Capanezinho) mostra a área de ocorrência e as variações de espessura. Esse mapa foi desenhado a partir do equivalente no Relatório Final de Pesquisa do Projeto Taquara por ampliação da escala, redução do espaçamento de isópacas para 0,20 m,adição de informações de algumas sondagens novas e reinterpretação do furo ST-62-RS (a comparação dos perfis geofísicos e litológicos com os dos furos mais próximos, todos com mais de 1 m de carvão na camada, mostra que a Camada Capanezinho tem, no ST-62-RS, muito mais que os 0,18 m de testemunho fragmentado recuperado).

Acompanhando a estrutura dos sedimentos gonduânicos, a Camada Capanezinho mergulha para noroeste e é cortada por uma grande falha SW-NE, como mostra o Anexo II(Mapa Estrutural da Lapa da Camada Capanezinho).

No bloco Taquara há um total de 1347,7 hectares (contendo 19,948 milhões de toneladas de carvão na camada) em que a cobertura é

inferior a 40 m. Superpondo o critério de razão de descobertura ("stripping ratio") máxima de 16 m^3/t CC, o trecho lavrável a céu aberto se estende por 705,4 hectares, contendo 12,536 milhões de toneladas de carvão, como será visto mais adiante.

3.3 - Camadas Triângulo, Triângulo Superior e Triângulo Inferior.

A camada Triângulo está situada próximo ao topo da facies intermediária da Formação Rio Bonito, cerca de 10 m abaixo da Camada Capanezinho.

A descrição mesoscópica revelou que o número de intercalações de siltitos cinza e de siltitos pretos, carbonosos, na camada Triângulo é superior ao da camada Capanezinho; as quantidades variam normalmente em torno de 7 a 9, com espessuras entre 5 e 10 cm, sendo mais freqüentes nas porçoes basal e mediana.

O carvão dominante é o detrítico fosco, com lâminas finas e médias esparsas de vitrênio, havendo subordinamente carvão detrítico fosco com muita cinza; é de se destacar a ocorrência de nódulos de pirita, principalmente na base.

A camada Triângulo apresenta oito trechos descontínuos com espessura superior a 0,40 m de carvão na camada. O valor máximo encontrado foi 1,27 m,no furo ST-58-RS. As linhas limites são definidas, em geral, pelo afinamento da camada; menos frequentemente,os limites são definidos por linhas de afloramento.

A camada Triângulo mostra grande variabilidade lateral, que só poderá ser adequadamente analisada com maior adensamento de sondagens. Pode-se citar, por exemplo, que os três valores de espessura de CC superior a 1,00m são pontos isolados na jazida, separados por tre

chos de carvão mais fino. Além disso, em todos esses três casos, ocorrem sondagens negativas para a camada Triângulo a distâncias entre 0,4 km e 0,7 km.

A lavra dessa camada deverá estar limitada a alguns trechos de carvão mais espesso, cuja delimitação depende, como visto acima, de pesquisas mais densas.

A estrutura da camada Triângulo acompanha, com diferença vertical de aproximadamente 10 m, a da Capanezinho.

Triângulo Superior foi a denominação atribuída a um conjunto de leitos carbonosos e de carvão fosco, que localmente se espessam até 0,55 m de CC (furo ST-57-RS), situado em geral de 2 m a 4 m acima da Camada Triângulo, e separado desta por síltitos cinza. Apenas 10 sondagens esparsas da série "ST" encontraram mais de 0,20 m de CC, motivo pelo qual a Camada Triângulo Superior é destituída de interêsse econômico.

Outro estrato carbonoso, situado em geral de 2 m a 5 m abaixo da Camada Triângulo, separado da mesma por siltitos acizentados, foi donominado Camada Triângulo Inferior. Em seis das sondagens da série "ST" a espessura de CC encontrada foi superior a 0,40 m, com um máximo de 0,59 m no furo ST-59-RS. Esses fatos mostram que também a Camada Triângulo Inferior não tem valor econômico.

3.4 - Camadas Jeribá, Jeribá Superior e Jeribá Inferior

A camada de carvão Jeribá está situada próximo à base da facies intermediária da Formação Rio Bonito, em média cerca de 15 m abaixo da Camada Triângulo.

A Camada Jeribá apresenta-se bastante espessa ao norte do Bloco Taquara, nas cercanias da BR-290. No Bloco em estudo essa camada tem mais de 0,40 m de CC em um trecho extenso, situado no canto NE e em outros oito pequenos setores, em geral de dimensão inferior a 50 hectares e onde a maior espessura foi evidenciada por sondagens isoladas. O maior valor encontrado dentro do Bloco Taquara foi de 0,90 m de CC, no furo ST-35-RS.

O carvão é geralmente detrítico fosco com muita cinza a detrítico fosco, com raras lâminas finas de vitrênio. Há muitos nódulos de pirita ao longo do perfil vertical. Ocorrem até sete intercalações de leitos de siltitos carbonosos. Ocasionalmente há leitos de arenito grosseiro dentro da Camada Jeribá; outras vezes leitos semelhantes ocorrem próximos à capa ou à lapa, mostrando grande variabilidade de ambientes deposicionais.

O comportamento estrutural da Camada Jeribá é semelhante ao das camadas Capanezinho e Triângulo.

As camadas Jeribá Superior e Jeribá Inferior, ambas sem importância econômica, localizam-se pouco acima e pouco abaixo, respectivamente, da Jeribá. Em ambos os casos os intervalos, com espessuras usuais de 3 m a 4 m, compõem-se, predominantemente, de siltitos cinza, cinza escuros e pretos carbonosos; mais raramente aparecem arenitos de granulometria fina a média.

Apenas um furo encontrou mais de 0,40 m de CC na Camada Jeribá Superior: foi o ST-47-RS, que testemunhou 0,46 m. Oito sondagens esparsas encontraram mais de 0,40 m de CC na Camada Jeribá Inferior; o maior valor foi de 0,60 m, no furo ST-58-RS.

CPRM

4. AVALIAÇÃO DE RESERVAS

4.1 - Avaliação de Camada Total e de Carvão na Camada

Desde o início das pesquisas de carvão pela CPRM, houve necessidade de optar pela definição da grandeza a avaliar: camada total (CT) ou carvão na camada (CC). Essa opção é muito importante, devido à diferença entre os carvões sul-brasileiros e os do Hemisfério Norte.

A avaliação de CT faz com que as reservas correspondam, aproximadamente, ao carvão ROM jacente; estimando-se a percentagem de recuperação da lavra, calcula-se a quantidade de carvão bruto que pode ser lavrado. Essa opção facilita a estimativa da qualidade média do carvão bruto de um bloco ou de uma jazida inteira, pois as análises são usualmente feitas a partir de testemunhos que incluem os intervalos estéreis intercalados entre os leitos de carvão. Entretanto, é difícil mapear a grande variabilidade lateral de qualidade do carvão bruto, de furo a furo. Nas bordas das jazidas, o afinamento dos leitos de carvão é muito mais acentuado que o das intercalações estéreis; ocorrem com freqüência trechos em que a redução das espessuras de carvão correspondem ao aumento das espessuras de estéreis, tornando enganosas as informações dos mapas de isoespessuras de CT. A quantidade de reservas totais sofre grande influência de decisões eventuais de incluir ou não pequenos leitos marginais que às vezes estão a pequenas distâncias abaixo ou acima da parte principal de uma camada.

Na descrição das camadas, a separação entre os leitos de carvão e de estéril é feita de modo a considerar como carvão toda a matéria com valor industrial potencial. Devido a isso, a avaliação de CC faz com que as reservas correspondam aproximadamente ao con-

teúdo útil, ou seja, ao carvão de carcterísticas comercializáveis existente na jazida. Nessa opção, é mais fácil selecionar os trechos mais favoráveis, com maiores espessuras de carvão contido. Entretanto, a estimativa de peso específico a utilizar nos cálculos é menos precisa.

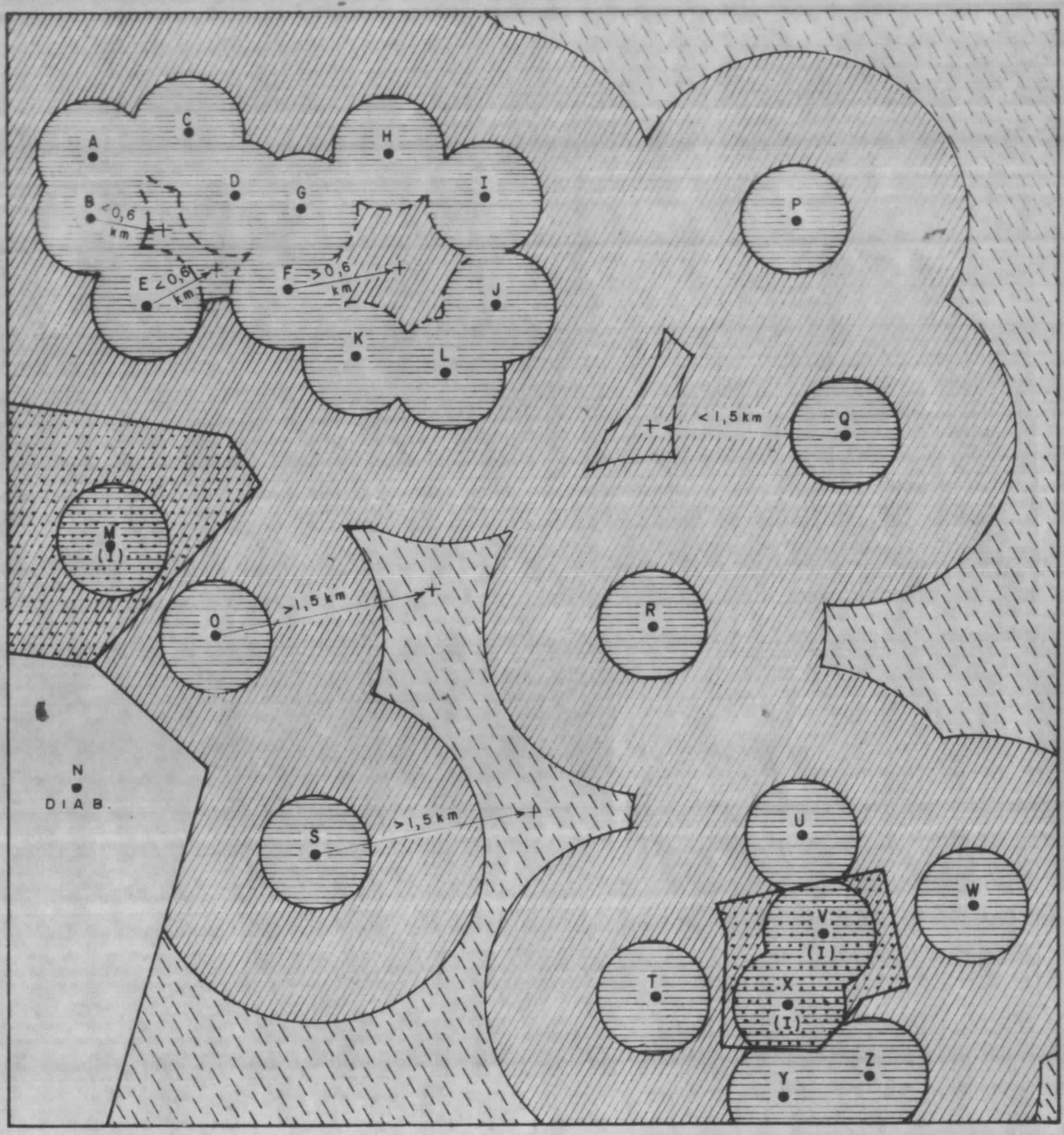
Como quase todos os trabalhos da CPRM visam avaliar jazidas inteiras ou grandes trechos de jazidas e selecionar parcelas economicamente mais promissoras, optou-se sempre por avaliar carvão na camada. Naturalmente, no cálculo de reservas, dentro de área lavrável por uma única mina, de pequenos trechos com proporção uniforme de $\frac{CC}{CT}$, é importante também o cálculo de reservas de CT.

4.2 - Classificação de Reservas

O método de cálculo de reservas adotado nas pesquisas de carvão da CPRM, desde 1978, baseou-se no sistema adotado pelo USGS, discutido detalhadamente no "Coal Resource Classification System of the U.S.Geological Service (Geological Survey Circular 891, 1983).

Com base nas interpretações das sondagens e trincheiras, são traçados mapas de isópacas de carvão na camada (CC), limitando-se as áreas positivas por linhas de afloramento, isópacas mínimas (no caso, 0,40 m), áreas mineradas, etc. Dentro das áreas positivas, as reservas são divididas nas categorias Medida, Indicada e Inferida segundo os seguintes critérios, graficamente sumarizados na Figura 5 (Método de Cálculo de Reservas):

São consideradas reservas medidas aquelas existentes em áreas de 0,50 km^2 contidas num raio de 400 m a partir de um furo de sonda ou trincheira, incluindo também estreitas faixas entre pontos de controle positivos, desde que a distância do ponto de controle mais



CONVENÇÕES

H — FURO DE SONDA

N DIAB. — FURO COM CAMADA DESTRUÍDA POR INTRUSÃO

V (I) — FURO COM CAMADA AFETADA POR INTRUSÃO

ÁREA DE CARVÃO AFETADA POR INTRUSÃO

ÁREA DE RESERVA MEDIDA

ÁREA DE RESERVA INDICADA

ÁREA DE RESERVA INFERIDA

FONTE: RELATÓRIO FINAL DO PROJETO CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL

FIGURA - 5

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

MÉTODO DE CÁLCULO DE RESERVAS

1 : 50.000

próximo não ultrapasse 600 m.

As reservas indicadas correspondem às áreas em torno daquelas de reservas medidas, com um raio máximo de 1.200 m do ponto de controle, resultando em coroas circulares de 4,02 km^2.

As reservas inferidas foram definidas como aquelas situadas em áreas em torno daquelas de reservas indicadas, até uma distância máxima de 4.800 m dos pontos de controle. No Bloco Taquara, essas reservas se reduzem pequenos segmentos da borda oeste do Alvará RS-151/79, totalizando 0,4% da reserva total.

4.3 - Método de Cálculo

Sendo o objetivo deste trabalho avaliar a viabilidade de lavra a céu aberto, teve-se necessidade de traçar linhas de isocobertura com o menor espaçamento possível, embora apenas se dispusesse de cartas em 1:50.000 com curvas de nível espaçadas de 20 m.

Esses mapas foram ampliados para a escala 1:25.000. Verificando-se as naturais discrepâncias entre as cotas das sondagens (medidas por nivelamento topográfico) e as cotas interpoladas visualmente do mapa, essas diferenças foram compensadas furo a furo, colocando-se no mapa de trabalho cotas de capa da Camada Capanezinho compensadas em relação às curvas de nível. Traçaram-se, então, linhas de curvas de nível da capa da Camada Capanezinho com intervalos de 10 m. Superpondo o mapa topográfico ao da capa do carvão, foram traçadas além da linha de afloramento, linhas de isocobertura de 10 m, 20 m, 30 m e 40 m.

Foram então individualizadas cerca de 600 áreas, classificadas pela superposição dos seguintes critérios:

- 5 Alvarás de pesquisa:
- 12 setores principais (vários deles subdivididos).
- 3 categorias de reservas (medida, indicada e inferida).
- 53 áreas de influência de sondagem e trincheiras.
- 9 faixas de isópacas de carvão na camada, desde 0,40 m - 0,60 m até 2,00 m - 2,20 m.
- 5 faixas de cobertura de estéril (0 m - 10 m, 10 m - 20m, 20 m - 30 m, 30 m - 40 m e mais de 40 m).
- Numa etapa posterior, diversas relações-limite entre cobertura de estéril e tonelagem de carvão na camada.

4.4 - Dados de Reservas

Cada uma das áreas individualizadas foi medida, usando planímetro Numonics modelo 1210. Conjuntos de 5 a 20 áreas eram conferidos, comprovando-se a precisão da planimetria com nível de erro em geral da ordem de ± 0,5% e nunca superior a ± 2%.

Em cada área foram calculadas a reserva de carvão e o volume da cobertura. O 1º valor foi obtido multiplicando cada área das espessuras das duas isópacas limitantes e pelo peso específico de 1,65 t/m^3; o 2º valor foi obtido multiplicando cada área pela média das espessuras das duas linhas de isocobertura limitantes.

No Quadro II (Camada Capanezinho - Reservas Totais de Carvão na Camada) tem-se a totalização dos resultados para todo o bloco; foram incluídos os totais comparativos do Relatório Final de Pesquisa de 1984. Vê-se uma diferença mínima de 1,22%, em parte atribuível a reavaliação da sondagem ST-62-RS (como citado em 3.2) e uma pequena transferência de reservas da categoria indicada para a medida, atribuível à inclusão de quatro novas sondagens.

CPRM

QUADRO II

CAMADA CAPANEZINHO

RESERVAS TOTAIS DE CARVÃO NA CAMADA

Isópaca mínima 0,40m

Peso específico 1,65 t/m^3

ÁREA	ÁREA TOTAL (km^2)	RESERVAS (10^6 t)			
		MEDIDA	INDICADA	INFERIDA	TOTAL
RS-145/79	3,826	3,480	1,731	-	5,211
RS-146/79	1,176	1,004	0,283	-	1,287
RS-151/79	10,027	14,285	5,805	0,133	20,223
RS-152/79	3,055	3,024	0,680	-	3,704
RS-153/79 RS- 44/84	1,449	1,313	0,085	-	1,398
TOTAL	19,533	23,106 (72,6%)	8,584 (27,0%)	0,133 (0,4%)	31,823 (100,0%)
REL.PESQ. (1984)	20,64	21,872	9,447	0,118	31,437

4.5 - Reservas Lavráveis a Céu Aberto

Na seleção do trecho para lavra a céu aberto partiu-se das seguintes premissas:

- Necessidade de quantificar reservas mínimas suficientes para uma lavra mecanizada de médio porte, da ordem de 1.000.000 t/ano de CT ou 600.000 t/ano de CC durante 15 anos.
- Necessidade de estabelecer limites de cobertura máxima , "stripping ratio" máximo e evitar a lavra de alguns trechos junto ao Arroio Capanezinho, onde cotas do carvão muito abaixo do nível do arroio levariam a elevados riscos de inundação.

O valor limite de relação de descobertura foi estimado em 16 m^3/t CC com base, principalmente, em comparações com informações obtidas de minas próximas em fase de lavra. Em uma delas, a lavra a céu aberto foi projetada para relações médias de até 8,3 m^3/t ROM e relações máximas de 10:1 a 12:1. Em outra, foram também obtidas informações que as relações máximas de m^3/t ROM foram previstas para valores entre 10:1 e 12:1, procurando-se sempre reduzir as sinuosidades da linha limite da lavra a céu aberto.

Nos estudos iniciais do Bloco Taquara foram testadas várias relações limite, calculando-se as quantidades de carvão e cobertura resultantes; Verificou-se, como está mostrado em quadros mais adiante, que a relação 16 m^3/t CC resulta em reservas de 12,536 milhões de toneladas de carvão na camada, 20,208 milhões de toneladas de ROM (camada jacente total) e 129,075 milhões de m^3 de cobertura. Dada a relação entre reservas $\frac{CT}{CC} = \frac{1,61}{1,00}$, a relação limite de 16 m^3/t CC equivale a aproximadamente 10 m^3/t CT; a relação média será de

$\frac{129,075}{20,208}$ = 6,4 m^3/t CT; esse valor médio relativamente baixo permite que, no final do prazo de 15 anos previsto, com o investimento amortizado, talvez seja viável lavrar alguns trechos de relação de descobertura entre 16 m^3/t CC e 20 m^3/t CC a um custo marginal favorável.

Selecionou-se,assim, um conjunto de áreas indicadas no Anexo V - Mapa de Setores Lavráveis a Céu Aberto, com as seguintes características limitantes:

- Cobertura máxima de 40 m.
- Relação máxima estéril/carvão de 16 m/t CC.
- Altitude mínima de 60 m no setor C e de 50 m nos setores D, E e F.

O traçado da linha de iso-"relação de descobertura" 16:1 , baseado nas informações disponíveis, mostrou-se bastante sinuosa,incluindo pequenas "ilhas" de alta cobertura; as necessidades de prever cortes longos e uniformes torna conveniente diminuir as sinuosidades mais acentuadas e considerar lavráveis 4 "ilhas", nenhuma com mais de 12 ha, em meio a trechos de baixa cobertura.

Foram refeitos os cálculos de reservas de CC nos dez setores lavráveis a céu aberto mostrados no Anexo V. Chegou-se a um total de 12,536 milhões de toneladas de carvão na camada, dos quais 11,888 milhões medidos e 0,648 milhões (5,2%) indicados. Por essa proporção, conclui-se que, no atual estágio de estudos, os cálculos não perdem validade se o total das reservas lavráveis a céu aberto for considerado como tendo grau suficiente de segurança para ser atribuído à categoria medida.

Para cálculo das reservas de CT (ROM jacente) considerou-se desnecessário novo trabalho completo, com mapa de isópacas, planimetria e totalizações, pois já estavam tabulados superfícies, volumes e massas de CC na área de influência de cada sondagem mostrada no Anexo IV (Mapa de Reservas).

Para cada área de influência usou-se a fórmula:

$$\text{Reserva } CT_{(peso)} = \text{Reserva } CC_{(volume)} \times \frac{CT}{CC_{(vol.)}} \times PE_{CT}$$

Nessa fórmula, as relações $\frac{CC}{CT}$ foram obtidas dos perfis de sondagem. Para os 33 furos correspondentes a testemunhos analisados, os pesos específicos de camada total (PE_{CT}) foram obtidos dos boletins de análises; para os 20 furos restantes, os valores PE_{CT} foram calculados, furo a furo, atribuindo o valor de 1,65 g/cm^3 ao carvão descrito e 2,30 g/cm^3 ao estéril intercalado descrito, ou seja:

$$PE_{CT} = \frac{1,65 \times CC + 2,30 \times (CT - CC)}{CT}$$

Os resultados, discriminados por área de influência de cada furo, estão na Tabela I (Reservas Lavráveis a Céu Aberto na Camada Capanezinho).

Os totais de 12,536 milhões de toneladas de CC e 20,208 milhões de toneladas de ROM jacente são exatos dentro da faixa de precisão usual da pesquisa geológica; o erro de avaliação provavelmente é inferior a ± 5% (pode-se estimar a precisão pelos cálculos vistos no item 4.4), margem muito mais estreita que o limite legal de ± 20 % da categoria medida. Os valores individuais, furo a furo, entretanto, são sujeitos a variações locais percentualmente grandes.

Os valores de áreas, reservas, volumes de estéril e relação de descobertura foram resumidos no Quadro III (Camada Capanezinho - Avaliação por Setor).

Para facilitar estudos de lavra também foram totalizados, nos Quadros IV, V e VI, setor a setor, os valores de área, reserva de CC e volume de estéril, todos discriminados por faixa de cobertura. Os valores acumulados de área e volume de estéril estão representados na Figura 6. Nessa figura vê-se que apenas 15% da área e 28% do volume estão na faixa (30 m - 40 m). Assim, o equipamento de decapagem deve ser calculado para trabalhar com máxima eficiência e economia para coberturas de até 30 m; eventual dimensionamento baseado em coberturas de 35 m a 40 m conduziria a equipamentos de porte incompatível economicamente com a quantidade modesta das reservas.

4.6 - Outros Recursos

Os 20,208 milhões de toneladas de camada total(12,536 milhões de toneladas de carvão na camada) passíveis de lavra a céu aberto podem ser consideravelmente ampliados se forem explotadas duas parcelas marginais da jazida, que serão descritas a seguir.Na lavra de ambos, o custo operacional por tonelada de carvão beneficiado será superior aos valores médios calculados neste Relatório; entretanto, a explotação dessas parcelas pode prolongar a vida da jazida, diluindo os custos de investimento.

A Noroeste do Setor F há um trecho de 123,6 ha, mostrado no Anexo V, que atende as condições de cobertura inferior a 40 m , isópaca mínima de 0,40 m e altitude mínima de 50 m,contendo 2,238milhões de toneladas de carvão na camada. Cerca de 70% dessas reservas jazem sob relações de descobertura entre 16 m^3/t CC e 18 m^3/t CC.

QUADRO III

CAMADA CAPANEZINHO - AVALIAÇÃO POR SETOR

SETOR	ÁREA (ha)	RESERVA (10^6 t)		RELAÇÃO CC/CT (% Peso)	ESTÉRIL ($10^6 m^3$)	RELAÇÃO DE DESCOBERTURA (m^3/t)	
		CC	CT			CC	CT
A	21,7	0,295	0,423	69,7	2,969	10,1	7,0
B	52,2	0,430	0,652	66,0	3,956	9,2	6,1
C	145,2	3,371	4,562	73,9	37,413	11,1	8,2
D	95,8	1,537	2,195	70,0	16,406	10,7	7,5
E	146,3	2,981	5,249	49,1	32,023	10,7	6,1
F	77,5	1,430	2,858	50,0	15,619	10,9	5,5
G	98,7	1,809	3,111	58,1	15,505	8,6	5,0
H	19,3	0,159	0,210	75,7	1,110	7,0	5,3
I	21,4	0,206	0,409	50,4	1,771	8,6	4,3
J	27,3	0,318	0,539	59,0	2,303	7,2	4,3
CÉU ABERTO	705,4	12,536	20,208	62,0	129,075	10,3	6,4
SUBSOLO	1.247,9	19,287	*				
TOTAL	1.953,3	31,823	*				

Obs.: * Não calculado

QUADRO IV

CAMADA CAPANEZINHO

ÁREAS POR FAIXA DE COBERTURA

SETOR	ÁREAS (ha)				
	FAIXA DE COBERTURA				
	0m - 10m	10m - 20m	20m - 30m	30m - 40m	TOTAL
A	4,5	14,3	2,9	-	21,7
B	31,8	20,4	-	-	52,2
C	8,6	22,8	55,2	58,6	145,2
D	28,8	22,8	30,3	13,9	95,8
E	-	53,7	76,1	16,5	146,3
F	13,2	17,2	35,1	12,0	77,5
G	31,0	32,2	29,2	6,3	98,7
H	17,1	2,2	-	-	19,3
I	13,5	7,0	0,9	-	21,4
J	18,7	7,0	1,6	-	27,3
TOTAL	167,2	199,6	231,3	107,3	705,4
(C.A.)	(23,7%)	(28,3%)	(32,8%)	(15,2%)	(100,0%)

QUADRO V

CAMADA CAPANEZINHO

RESERVAS DE CARVÃO POR FAIXA DE COBERTURA

SETOR	RESERVAS DE CARVÃO NA CAMADA (CC) (10^6 t)							
	PARCIAIS				ACUMULADAS			
	0m - 10m	10m - 20m	20m - 30m	30m - 40m	0m - 10m	0m - 20m	0m - 30m	0m - 40m (Total)
A	0,053	0,197	0,045	-	0,053	0,250	0,295	0,295
B	0,263	0,167	-	-	0,263	0,430	0,430	0,430
C	0,193	0,497	1,271	1,410	0,193	0,690	1,961	3,371
D	0,399	0,366	0,520	0,252	0,399	0,765	1,285	1,537
E	-	1,008	1,506	0,467	-	1,008	2,514	2,981
F	0,226	0,298	0,652	0,254	0,226	0,524	1,176	1,430
G	0,571	0,563	0,552	0,123	0,571	1,134	1,686	1,809
H	0,141	0,018	-	-	0,141	0,159	0,159	0,159
I	0,122	0,070	0,014	-	0,122	0,192	0,206	0,206
J	0,196	0,097	0,025	-	0,196	0,293	0,318	0,318
TOTAL (C.A.)	2,164 (17,3%)	3,281 (26,2%)	4,585 (36,5%)	2,506 (20,0%)	2,164 (17,3%)	5,445 (43,5%)	10,030 (80,0%)	12,536 (100,0%)

QUADRO VI

CAMADA CAPANEZINHO

VOLUMES DE ESTÉRIL POR FAIXA DE COBERTURA

SETOR	VOLUMES DE ESTÉRIL (10^6 m^3)							
	PARCIAIS				ACUMULADOS			
	0m - 10m	10m - 20m	20m - 30m	30m - 40m	0m - 10m	0m - 20m	0m - 30m	0m - 40m (Total)
A	0,225	2,109	0,635	-	0,225	2,334	2,969	2,969
B	1,590	2,366	-	-	1,590	3,956	3,956	3,956
C	0,430	3,420	13,597	19,966	0,430	3,850	17,447	37,413
D	1,440	3,334	7,115	4,517	1,440	4,774	11,889	16,406
E	-	8,055	18,230	5,738	-	8,055	26,285	32,023
F	0,660	2,578	8,519	3,862	0,660	3,238	11,757	15,619
G	1,550	4,790	7,126	2,039	1,550	6,340	13,466	15,505
H	0,855	0,255	-	-	0,855	1,110	1,110	1,110
I	0,675	0,900	0,196	-	0,675	1,575	1,771	1,771
J	0,935	0,995	0,373	-	0,935	1,930	2,303	2,303
TOTAL (C.A.)	8,360 (6,5%)	28,802 (22,3%)	55,791 (43,2%)	36,122 (28,0%)	8,360 (6,5%)	37,162 (28,8%)	92,953 (72,0%)	129,075 (100,0%)

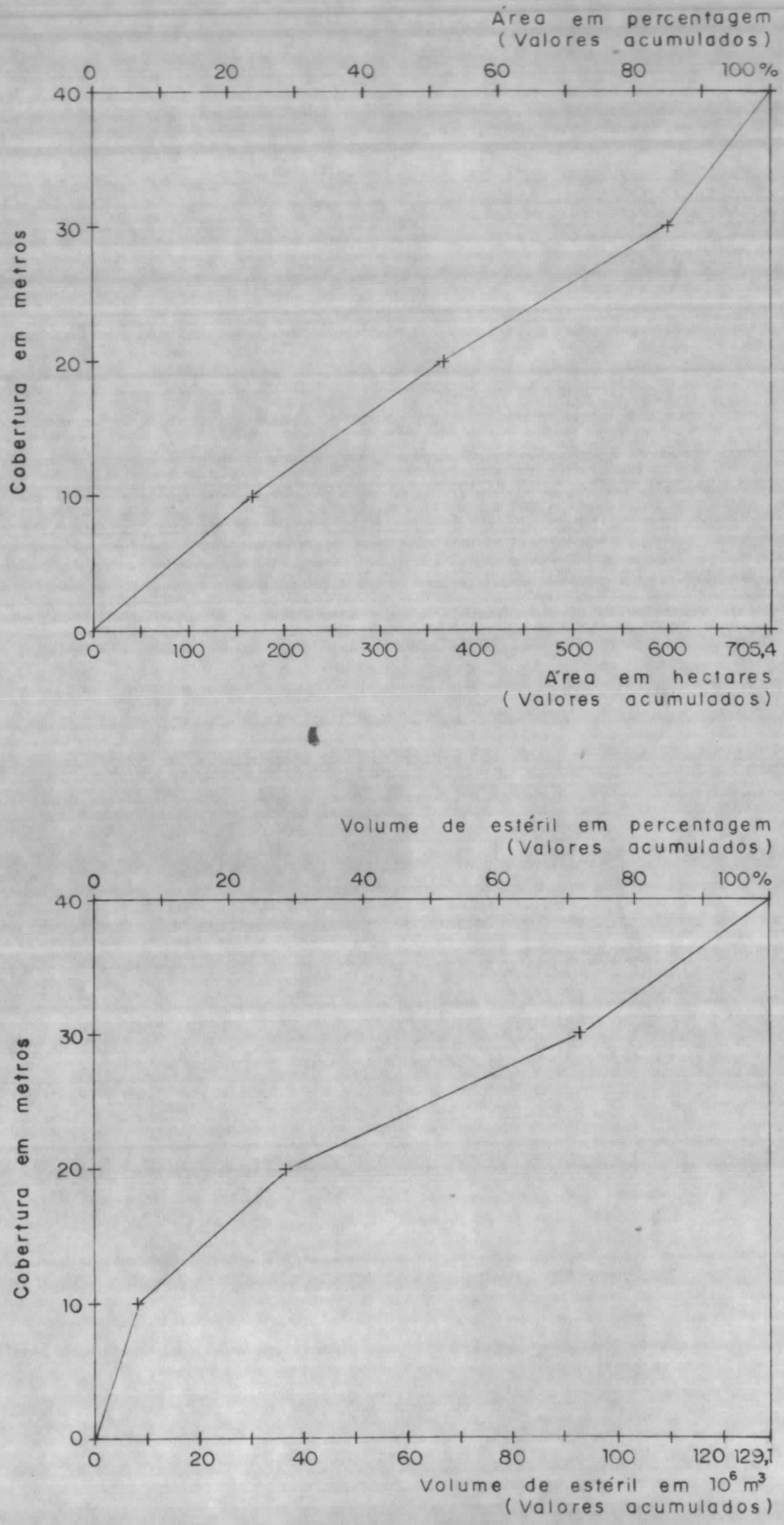


Figura 6

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE LAVRA
DA CAMADA CAPANEZINHO

ÁREAS E VOLUMES DE ESTÉRIL
POR FAIXA DE COBERTURA

Tem-se aí matéria prima para cerca de dois anos suplementares de lavra, com custos operacionais pouco superiores ao limite fixado pelo Projeto.

Cumpre assinalar que, estudando para o conjunto da jazida a hipótese de relação de descobertura máxima de 20 m^3/t CC foram obtidos os seguintes totais: Área lavrável de 951,9 ha; reservas a céu aberto de 16,130 milhões de t de CC (+ 28,7%); volume de cobertura de 196,385 milhões de m^3 (+ 52,1%) e relação média de 12,18 m^3/t CC (+ 18,3%).

Como mostrado no Relatório de Pesquisa do Bloco Taquara, a Camada de Carvão Triângulo, situada cerca de 10 m sob a lapa do Capanezinho, mostra trechos descontínuos e muito irregulares de carvão espesso. Na maioria desses trechos a Camada Capanezinho está a menos de 30 m de profundidade e, portanto, a Triângulo a menos de 40 m, o que viabiliza tecnicamente o desmonte pela escavadeira 1260W em duas etapas. A pesquisa na malha com espaçamento entre 0,5 km e 1,0 km raramente encontrou pares de furos contíguos com mais de 0,80m de carvão na camada; quase sempre há um ou dois furos com carvão fino ou ausente nas proximidades das sondagens que encontraram as maiores espessuras. Conclui-se pela grande variabilidade lateral dessa camada, fazendo com que mapas de isópacas de carvão na camada e mapas de relação de descobertura $\frac{\text{Carvão na Camada Triângulo}}{\text{Espessura de Estéril Intermediário}}$ tenham pouco significado. Além disso, o carvão ROM da Camada Triângulo tem menores proporções de produtos vendáveis que o de Capanezinho. Concluindo, é provável que o adensamento da sondagem para malha de 200 m permita localizar e quantificar, principalmente nos setores E, F e G, trechos em que a relação $\frac{\text{Esp. de Carvão na Camada Triângulo}}{\text{Espessura de Estéril Intermediário}}$ seja inferior a um limite de 12:1 a 14:1, em volume, correspondente a limites entre 7,3 m^3/t CC e 8,5 m^3/t CC. À vista das 12,741 milhões de toneladas de carvão na camada calculadas para a Camada Triângulo

no Relatório Final do Bloco Taquara, estima-se preliminarmente que entre 1.000.000 t e 4.000.000 t possam ser lavrados a céu aberto.

Não há trechos com espessuras razoáveis da Camada Jeribá sob baixa cobertura suficientes para recomendar uma lavra a céu aberto.

5. QUALIDADE

São descritos a seguir os métodos empregados para avaliação da qualidade, bem como os dois aspectos qualitativos mais importantes que condicionam os usos potenciais e o valor do carvão. Esses aspectos são caracterizados pelo "rank" e pelo "grade";ambos os termos sem equivalente adequado na língua portuguesa.

Os termos "rank" representa a posição do carvão na escala evolutiva geológica. O termo "grade" representa a pureza da matéria orgânica, ou sob o aspecto oposto, a proporção de componentes inertes e nocivos, geralmente medidos pelos teores de cinzas e de enxofre. O "grade" está ligado também à lavabilidade, que é a maior ou menor dificuldade em separar eficientemente as frações comercializáveis das que serão rejeitadas.

5.1 - Informações Disponíveis

Das sondagens cujas áreas de influência, parcial ou totalmente, situam-se nos setores lavráveis a céu aberto,31 tiveram seus testemunhos da camada Capanezinho sujeitos a ensaios de afunda-flutua e análises pelo LAMIN - Laboratório Central de Análises Minerais, da CPRM. Os testemunhos foram pesados, britados a 1/8" (3,175 mm), sendo peneirados em malha de 200 mesh (0,74 mm).As frações retidas na peneira foram submetidas a flutuação em líquidos de

densidades 1,65 , 1,85 e 2,10. Foram determinados pesos, teores de umidade, teores de cinzas e teores de enxofre das quatro frações densimétricas e dos finos, bem como teores de matérias voláteis das duas frações mais leves. Foram determinadas também pesos específicos e poderes caloríficos da camada total (amostra bruta) e do conjunto das duas frações mais leves.

Amostras de canal das trincheiras ST-T-02, ST-T-03 e ST-T-06, com massas mínimas de 150 kg, foram submetidas no CETEM - Centro de Tecnologia Mineral - a ensaios mais completos em bitolas próximas da granulometria usual na indústria. As amostras foram britadas a 1/2" (12,7 mm) e peneiradas em 28 mesh (0,59 mm) e 200 mesh (0,074 mm). As frações 1/2" x 28 mesh e 28 mesh x 200 mesh foram submetidas, separadamente, a flutuação em líquidos de densidades 1,50 , 1,65 , 1,75, 1,85 , 2,10 e 2,50. Foram determinados pesos, teores de cinzas e teores de enxofre (todos em base seca) das 14 parcelas resultantes e dos finos.

Os resultados individuais das análises de testemunhos e de amostras de canal estão em tabelas anexas ao Relatório Final de Pesquisa do Bloco Taquara.

5.2 - "Rank"

Os sistemas de classificação de "rank" e "grade" mais usados foram criados para os carvões do hemisfério norte. Por isso, os carvões gonduânicos de alta cinza, como os sul-brasileiros, se enquadram com dificuldade nas categorias tradicionais das classificações norte-americanas e européias.

Segundo estudos realizados com os carvões das jazidas de Charqueadas, Leão e Candiota, esses podem ser classificados na ca-

tegoria "Carvão Betuminoso de Alto Volátil C, não Coqueificável", da classificação ASTM, norte-americana. A continuidade geológica e a semelhança de características físico-químicas permitem estender provisoriamente a mesma classificação ao carvão da área do Bloco Taquara, até que sejam feitos estudos específicos.

Em conseqüência, o principal campo de uso para o carvão em estudo é o energético, pela queima em fornalhas de termoelétricas, fornos de cimento e geradores industriais de gases quentes ou vapor d'água. A proporção relativamente elevada de matéiras voláteis em relação ao carbono fixo dessa categoria de carvão faz com que as frações beneficiadas com baixos teores de cinzas sejam também apropriadas para uso em gaseificadores.

5.3 - "Grade"

A análise média aritmética das três amostras de canal acima citadas está no Quadro VII e na Figura 7. A análise média,ponderada segundo as reservas contidas na área de influência de cada sondagem, das 31 amostras de testemunhos de sondagem acima citados está no Quadro VIII e na Figura 8.

Foram calculadas, do mesmo modo, as análises médias ponderadas de cada setor. Devido à pequena quantidade de sondagens na maioria dos setores, essas médias não foram consideradas suficientemente precisas para justificar apresentação. É importante notar que a qualidade indicada por essas médias setoriais acompanha a relação $\frac{CC}{CT}$ mostrada no Quadro III. Dentre os setores mais importantes, os C e D, com relações $\frac{CC}{CT}$ de 70% e 74%, mostraram qualidade bastante superior à média, aproximando-se dos resultados das trincheiras; os setores E e F, com relações $\frac{CC}{CT}$ próximas de 50%,mostraram nas análises menores proporções das frações úteis, de baixa

CPRM

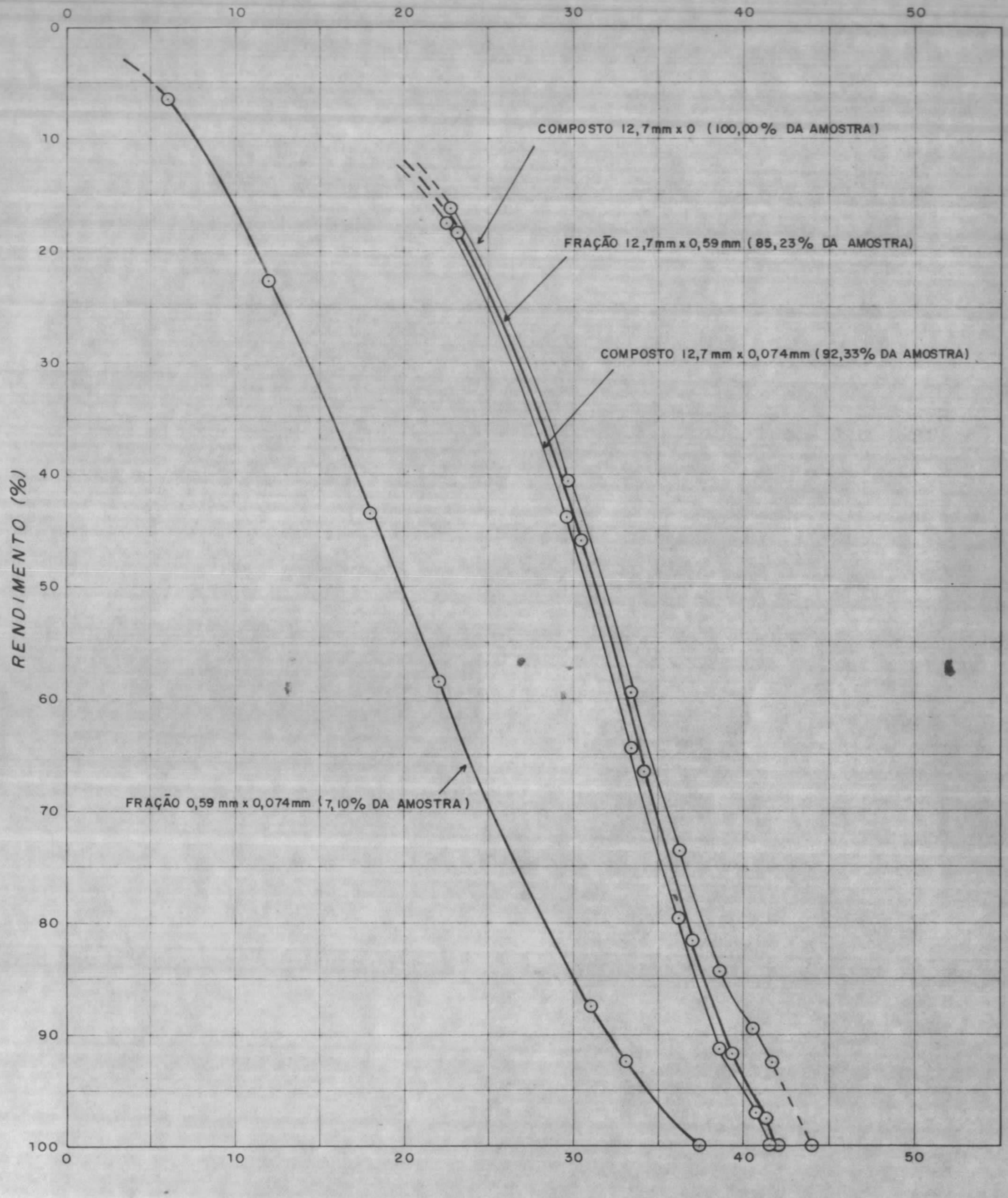
QUADRO VII

ANÁLISE MÉDIA - TRINCHEIRAS

TRINCHEIRAS ST-T-02, ST-T-05 e ST-T-06

BRITAGEM A 12,7 mm

	DENSIDADE	FRAÇÃO			ACUMULADO		
		Peso (%)	Cinzas (%)	Enxofre (%)	Peso (%)	Cinzas (%)	Enxofre (%)
FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA 12,7 mm x 0,59 mm (85,23% de Peso)	- 1,50	18,44	23,21	0,51	18,44	23,21	0,51
	1,50 x 1,65	27,17	35,31	0,32	45,61	30,42	0,40
	1,65 x 1,75	20,63	42,52	0,29	66,24	34,19	0,36
	1,75 x 1,85	15,06	49,70	0,27	81,30	37,06	0,35
	1,85 x 2,10	10,10	56,62	0,45	91,40	39,22	0,36
	2,10 x 2,50	5,81	73,17	0,36	97,21	41,25	0,36
	+ 2,50	2,79	65,76	36,79	100,00	41,93	1,37
FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA 0,59 mm x 0,074 mm (7,10% de Peso)	- 1,50	6,63	6,13	0,65	6,63	6,13	0,65
	1,50 x 1,65	16,13	14,53	0,67	22,76	12,08	0,66
	1,65 x 1,75	20,65	24,79	0,65	43,41	18,13	0,66
	1,75 x 1,85	15,01	33,75	0,61	58,42	22,14	0,65
	1,85 x 2,10	28,93	48,64	0,64	87,35	30,92	0,64
	2,10 x 2,50	4,93	70,31	0,66	92,28	33,02	0,64
	+ 2,50	7,72	89,73	9,56	100,00	37,40	1,33
FRAÇÃO < 0,074 mm (7,67% do Peso)		100,00	58,28	0,69	100,00	58,28	0,69
AMOSTRA TOTAL 12,7 mm x 0	- 1,50	16,19	22,71	0,55	16,19	22,71	0,55
	1,50 x 1,65	24,30	34,33	0,34	40,49	29,68	0,42
	1,65 x 1,75	19,05	41,16	0,32	59,54	33,36	0,39
	1,75 x 1,85	13,90	48,48	0,30	73,44	36,22	0,37
	1,85 x 2,10	10,66	55,08	0,49	84,10	38,61	0,39
	2,10 x 2,50	5,30	72,98	0,38	89,40	40,65	0,39
	+ 2,50	2,93	70,25	31,69	92,33	41,59	1,38
	< 0,074 mm	7,67	58,28	0,69	100,00	42,87	1,33



Obs.: As curvas representam os valores médios das tres amostras de canal, nas frações granulométricas 12,7mm x 0,59mm e 0,59mm x 0,074mm, bem como cálculos das composições 12,7mm x 0,074 e 12,7mm x 0.

Figura 7

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

GRÁFICOS DE LAVABILIDADE - TRINCHEIRAS

CPRM

QUADRO VIII

ANÁLISE MÉDIA - SONDAGENS

31 ANÁLISES DE TESTEMUNHO *

BRITAGEM A 3,175 mm

DENSIDADE	FRAÇÃO			ACUMULADO		
	Peso (%)	Cinzas (%)	Enxofre (%)	Peso (%)	Cinzas (%)	Enxofre (%)
- 1.65	20.64	24.53	0.46	20.64	24.53	0.46
1.65 x 1.85	21.78	42.66	0.40	42.41	33.84	0.43
1.85 x 2.10	14.22	55.24	0.34	56.63	39.21	0.41
+ 2.10	36.43	79.07	9.15	93.07	54.81	3.83
200 mesh x 0	6.93	62.68	1.83	100.00	55.36	3.69

* Obs.: Ponderação efetuada proporcionalmente à reserva de ROM jacente, totalizando 20.208.000 t.

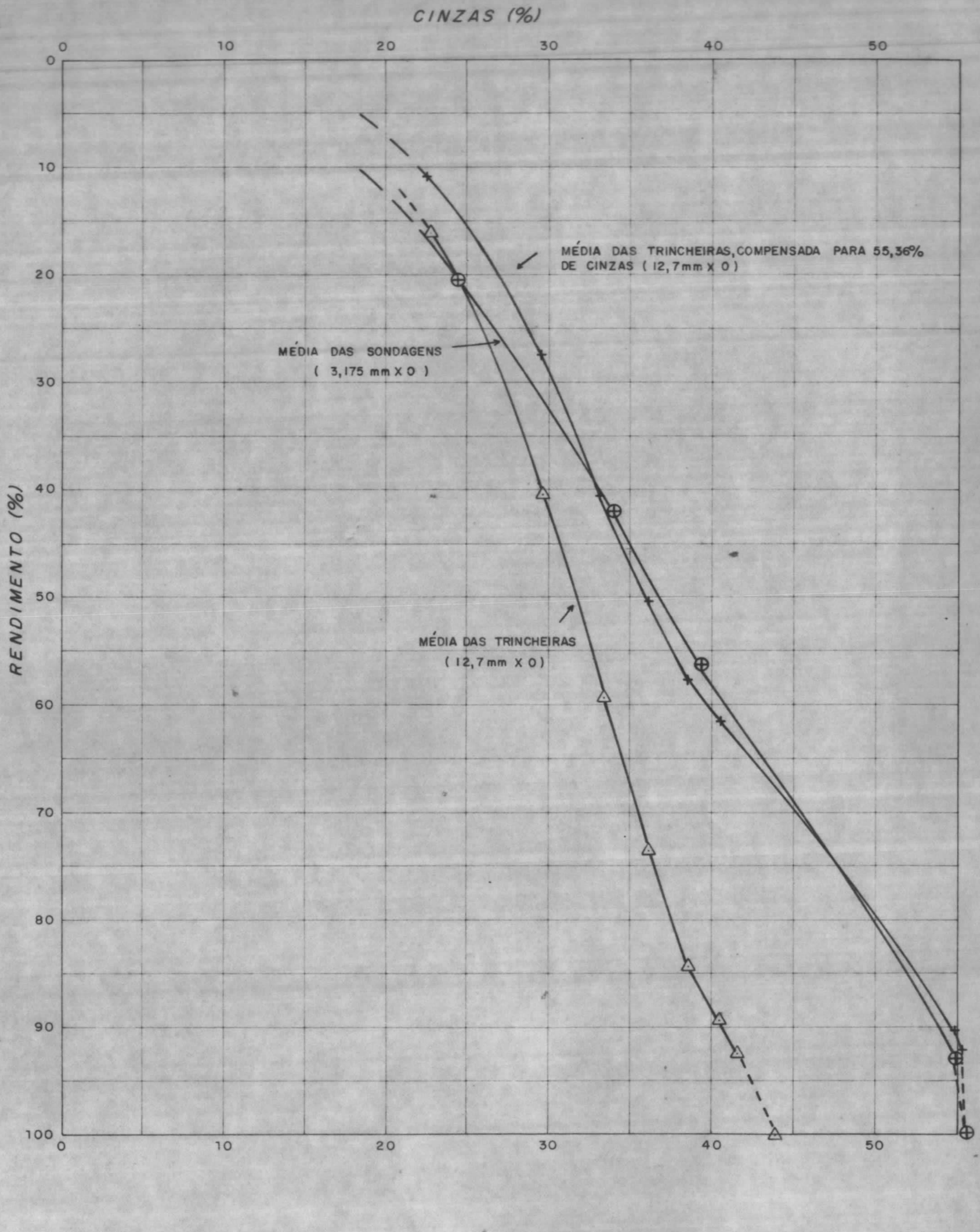


Figura 8

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

GRÁFICO DE LAVABILIDADE

COMPARATIVO DE TRINCHEIRAS E SONDAGENS

densidade e menor teor de cinzas.

Nas três trincheiras a proporção de carvão descrito em relação à camada total é, em média, 92% em volume, o que corresponde a aproximadamente 89% em peso. Na jazida lavrável a céu aberto, a relação média $\frac{CC}{CT}$ calculada (Quadro III) foi de 62% em peso. A análise média das três trincheiras mostra 8,91% de afundado em densidade 2,10, enquanto na média das 31 sondagens a mesma fração pesa 36,43% do total. Esses fatos explicam a diferença entre as duas curvas de lavabilidade médias mostradas nas figuras 7 e 8: as amostras de canal foram colhidas em locais escolhidos, com pequena proporção de leitos estéreis intercalados no carvão, enquanto em vários trechos da jazida os testemunhos interpretados e analisados contém proporção muito maior de siltitos e siltitos carbonosos.

É possível um estudo da influência da bitola de britagem na liberação das partículas de carvão, desde que seja feito um ajuste das duas curvas. Para isso, adicionou-se, por cálculo, aos resultados de análise média das trincheiras, uma quantidade de estéril (suposto na faixa densimétrica 2,10 - 2,50 e com 85% de cinzas) suficiente para que o teor de cinzas da CT se igualasse aos 55,36% médios das sondagens.

As duas curvas resultantes podem ser comparadas na Figura 8. Vê-se que, para flutuados com teor de cinzas inferior a 30% a maior liberação causada pela britagem a 1/8" aumenta o rendimento de flutuado; para produtos com teores de cinzas entre 32% e 47%, que correspondem aos carvões energéticos usualmente comercializados no Brasil, as duas curvas estão praticamente superpostas, mostrando diferenças não superiores à margem de erro experimental. Isso mostra que, para essa faixa de teores de cinzas, pode-se obter, com segurança, informações sobre os rendimentos industriais a partir dos ensaios de tes-

temunhos.

Na Figura 9 foram comparados teores de cinzas e poderes calorí́ficos superiores em base seca (PCSBS) de 59 determinações. O coeficiente de correlação calculado, 0,975, está na mesma faixa dos valores obtidos em outras pesquisas, mostrando a interdependência entre as duas grandezas e a boa confiabilidade das análises. Foram calculados os parâmetros da reta de regresssão, sendo os resultados incluídos na mesma figura.

Calculando, a partir da reta de regressão, os teores de cinzas correspondentes aos produtos vendáveis mais usuais, cujas características e preços são fixados pelo Conselho Nacional do Petróleo - CNP, foram obtidos os seguintes valores:

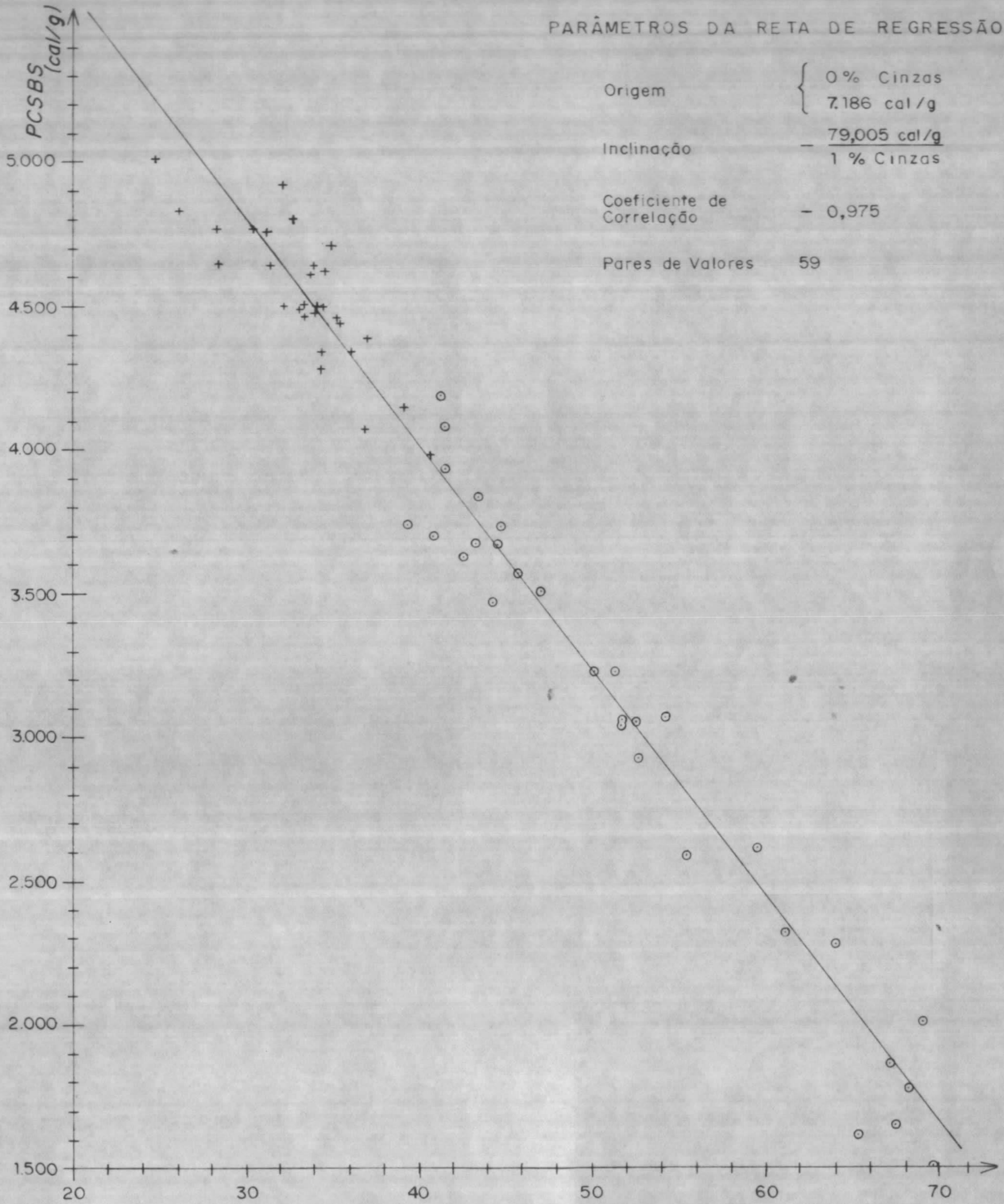
QUADRO IX

PRODUTOS VENDÁVEIS

DENOMINAÇÃO DO PRODUTO	PCSBS (cal/g)	TEOR DE CINZAS EM BASE SECA (%)	PREÇO FOB MINA (*) (Cz$/t)
CE 3100	3100	51,7	408,80
CE 3300	3300	49,2	217,59
CE 3700	3700	44,1	493,19
CE 4200	4200	37,8	576,60
CE 4700	4700	31,5	615,91

* Tabela anexa a Portaria CNP-DIPRE-PC Nº 102 de 14/04/87, publicada em 22/04/87.

Comparando-se carvões de jazida do Capané com os das minas em operação do baixo vale do Jacuí, vê-se que as frações com mesmo poder calorífico necessitam, no Capané, ser beneficiadas a um menor teor de cinzas. Esse fato é devido à posição menos evoluída no



PARÂMETROS DA RETA DE REGRESSÃO

Origem	{ 0 % Cinzas 7.186 cal/g
Inclinação	− 79,005 cal/g / 1 % Cinzas
Coeficiente de Correlação	− 0,975
Pares de Valores	59

CONVENÇÕES

\+ Determinações na fração −1,85

⊙ Determinações na camada total

Figura 9

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

CORRELAÇÃO ENTRE TEORES
EM CINZAS E PODERES CALORÍFICOS

"rank". Esse fenômeno é comprovado na vizinha mina da Carbonífera Palermo, onde, segundo o Informativo Anual da Indústria Carbonífera , os produtos CE 4200 e CE 3700 são obtidos com teores de cinzas de, respectivamente, 38,0% e 43,0%, em lugar dos valores de 40% e 47% estabelecidos pelo CNP com base nas características de Leão, Butiá e Charqueadas.

5.4 - Previsão de Rendimento Industrial.

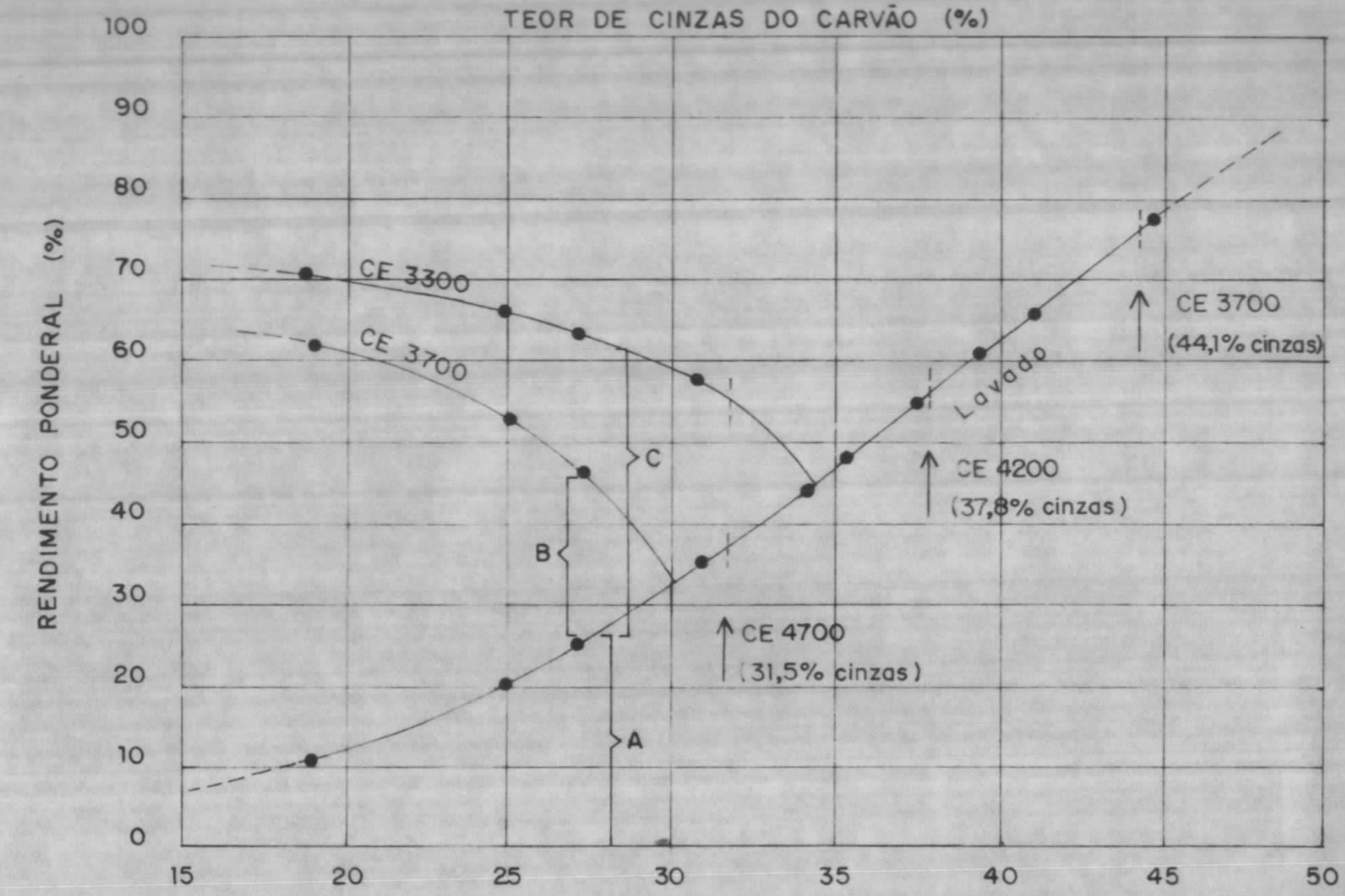
São amplamente conhecidos os processos de cálculo para estimar os rendimentos que resultam do beneficiamento industrial, uma vez conhecida a curva de lavabilidade do carvão. Algumas referências estão na bibliografia anexa. Naturalmente, são necessárias revisões críticas antes de transpor resultados obtidos com carvões do Hemisfério Norte (com densidades de corte inferiores a 1,5 e proporções de refugo inferiores a 20%) às jazidas brasileiras (com densidades de corte entre 1,7 e 2,0 e proporções de refugo entre 35% e 75%).Mas já existem numerosos trabalhos importantes sobre nossos carvões,dos quais o mais recente (Brasil Mineral) avalia o desempenho real de dois jigs em nosso Estado e dois em Santa Catarina; para os primeiros, os coeficientes de imperfeição encontrados foram 0,13 e 0,15. Algumas referências, que devem ser recebidas com cautela, por terem origem em fontes ligadas a fabricantes de equipamentos, indicam imperfeições bastante menores para jigs automatizados tipo Batac associados a eficiente sistema de ciclonagem de finos.

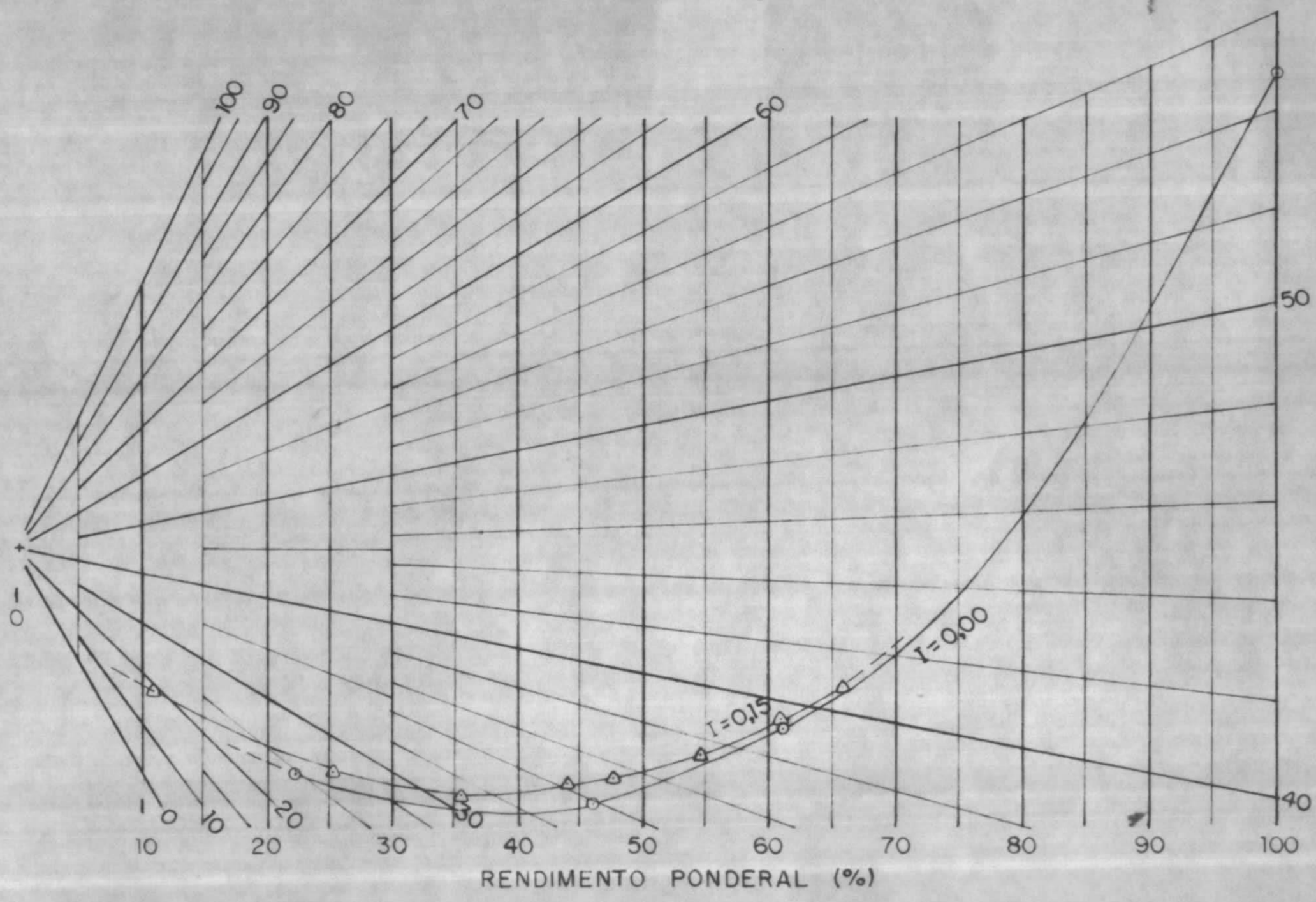
À vista da parte final do item 5.3,foram calculadas a Curva de Lavabilidade Industriale a respectiva Curva do Gráfico de Mayer para a amostra média das sondagens, estimando um valor $I = 0,15$. Crê-se que esse coeficiente,em instalações eficientes, pode ser melhorado (reduzido) de um a três pontos percentuais.

Na parte inferior da Figura 10 estão as Curvas do Gráfico de Mayer correspondentes às camadas teóricas (I = 0,00) e prática (I = 0,15). Na parte superior da mesma figura está a Curva de Lavabilidade, mostrando os rendimentos práticos para os vários teores de cinzas do beneficiado. Foram acrescentadas curvas de rendimento de produtos mistos, com 3300 cal/g e 49,2% de cinzas e com 3700 cal/g e 44,1% de cinzas, que podem ser obtidos juntamente com a fração beneficiada de melhor qualidade.

Na leitura desse gráfico, o segmento "A", desde a horizontal inferior até a curva "lavado", representa o rendimento de lavado com o teor desejado de cinzas, desde 17% até 46%. Assim, por exemplo, com imperfeição 0,15 pode-se obter 26% de beneficiado com 27,5% de cinzas. O segmento "B", desde a curva "lavado" até a curva "CE 3700" representa o rendimento da fração mista com 44,1% de cinzas que pode ser obtida adicionalmente, no beneficiamento com três produtos ($CE_{27,5}$, $CE_{44,1}$ e refugo). No mesmo exemplo, B = 45,5% - 26% = 19,5%. Do mesmo modo, o segmento "C", desde a curva "lavado" até a curva "CE 3300" representa o rendimento da fração mista com 49,2% de cinzas que pode ser obtida adicionalmente no beneficiamento com três produtos ($CE_{27,5}$, $CE_{49,2}$ e refugo). No mesmo exemplo, C = 61,5% - 26% = 35,5%. Portanto, no exemplo da figura 10, se o beneficiado principal tiver 27,5% de cinzas, tanto podem ser obtidos 26% $CE_{27,5}$ + 19,5% $CE_{44,1}$, como 26% $CE_{27,5}$ + 35,5% $CE_{49,2}$.

Interpretando as informações da Figura 10, vê-se que os rendimentos calculados para as parcelas de melhor qualidade são muito pequenos, fato ainda agravado se for levado em conta a menor liberação das partículas leves nas bitolas industriais, como citado no final do item 5.3. Assim, a natureza do carvão da Camada Capanezinho no Bloco Taquara é adequada à produção de beneficiados





Camada Capanezinho

CURVAS DE RENDIMENTO INDUSTRIAL

Figura 10

com teor, se possível, de cinzas superiores a 30%.

5.5 - Teor de Enxofre

A análise média dos testemunhos de sondagem vista no Quadro VIII mostra teores de 0,46% a 0,34% nas três frações densimétricas mais leves, correspondentes ao carvão comercializável; a média da fração afundada na última densidade de corte eleva-se a 9,15%, devido à concentração da pirita. A média global da camada total foi calculada em 3,69%.

Os resultados individuais das sondagens foram bastante dispersos, em virtude da natural irregularidade de distribuição dos nódulos piritosos; a fração flutuada em densidade 1,65 em geral apresenta valores próximos a 0,5%, decrescendo um pouco nas frações 1,65 x 1,85 e 1,85 x 2,10; os valores da fração afundada em densidade 2,10 são muito variáveis furo a furo e quase sempre elevados. O maior teor de enxofre na camada total encontrado ocorreu no furo ST-72-RS, com 8,68%.

A análise média das trincheiras, pela maior quantidade de cortes densimétricos, mostrou melhor a variação de teores nas várias frações, com 0,55% na fração mais rica (22,71% de cinzas), decrescendo gradualmente nas frações com menor proporção de matéria orgânica e elevando-se no final, no refugo piritoso de densidade superior a 2,50.

Conclui-se que, de modo semelhante ao da grande maioria das camadas e jazidas sul-rio-grandenses, no carvão estudado predomina o enxofre pirítico, facilmente separável por beneficiamento gravimétrico. As frações densimétricas úteis têm proporções baixas, não causando problemas ambientais sérios nem obrigando a vultosos

investimentos para minorar corrosão nas instalações consumidoras. As proporções correspondem a valores entre 0,9 e 1,0 gramas por milhão de calorias, inferiores ao valor limite proposto por MILLER, R. D. e TURLEY, R.E. (1977) como conteúdo máximo dos carvões classificados como "de baixo teor de enxofre". Esse valor limite é 0,6 libras por milhão de Btus, equivalente a 1,1 gramas por milhão de calorias.

As camadas totais têm teores de enxofre inferiores à média da Camada Barro Branco em Santa Catarina; entretanto, as quantidades de enxofre contido são suficientemente altas para que, quando estiver instalado um número suficiente de minas na região, seja viável a re-concentração dos refugos primários visando produção de pirita e ácido sulfúrico.

6. DECAPAGEM E LAVRA

6.1 - Método de Lavra

O ponto de partida natural para o planejamento é a quantificação e caracterização do minério e do estéril. Como já visto, a Camada Capanezinho contém, no trecho escolhido, reservas de 20,208milhões de toneladas de carvão ROM jacente (94,8% medidos), correspondendo a 129,208 milhões de m^3 de estéril a descobrir, numa profundidade média de 18,3 m e máxima de 40m. Alguns trechos da camada Capanezinho com relação de descobertura menos favorável e outros trechos da camada Triângulo em condições relativamente favoráveis poderão também ser lavradas a custo marginal aceitável se o investimento for amortizado no conjunto dos setores selecionados.

Outros fatores críticos são:

- Vida útil mínima de 15 anos.
- Em geral uma única camada; às vezes, camada Triângulo so

toposta à Capanezinho.

- Camada sub-horizontal, com declive médio de 6%.
- Cobertura onde predominam siltitos e siltitos arenosos , com bancos de arenitos. A proporção de cobertura que necessitará afrouxamento com explosivos está estimada em 87%.
- É conveniente que o equipamento tenha capacidade para lavrar localmente, com razoável eficiência, trechos mais profundos ou com maior relação de descobertura que o previsto aqui. Tais atividades permitem aumentar a vida útil da jazida, diluindo a amortização do equipamento à custa de um maior custo operacional.

Serão aqui considerados três possíveis processos de desmonte:

a) Desmonte em blocos com tratores e scrapers. É o método ideal para coberturas reduzidas e terrenos pouco consistentes.
b) Desmonte em blocos ou tiras com carregadeiras hidráulicas e remoção do estéril por caminhões tipo "fora de estrada".
c) Desmonte em tiras por escavadeiras do tipo draga de arrasto ("dragline").

O método a não é aplicável a rochas duras nem a rochas fragmentadas por explosivos, caso em que se enquadra considerável proporção do estéril que recobre a Camada Capanezinho.

O método c é o menos exigente quanto à dureza e ao grau de fragmentação da cobertura.

Os métodos a e b têm a vantagem de maior flexibilidade, pois

usam máquinas comuns em obras civis de grande porte; é relativamente fácil pela compra, aluguel ou venda de equipamento,ou ainda pela contratação de serviços empreitados, ajustar a intensidade dos trabalhos a crescimento ou redução de demanda.

O método c adapta-se a minas médias e grandes, onde é selecionada uma única máquina ou uma quantidade reduzida de equipamentos construídos sob medida para as condições específicas a enfrentar. Os custos por m^3 desmontado são, quase sempre bastante inferiores aos outros dois métodos, mas é indispensável considerar os riscos de que a duração da lavra não amortize totalmente o equipamento.

Ainda haveria um quarto método a estudar: o desmonte em tiras com escavadeira de rodas e remoção do estéril por correias transportadoras ou caminhões tipo "fora de estrada". Essa opção foi descartada liminarmente por três motivos: É típica para minas de grande porte; obriga a uma grande rigidez no planejamento da lavra e, finalmente, não se adapta a rochas consistentes ou fragmentadas por explosivos.

6.2 - Escavadeira

A remoção de 129,208 milhões de m^3 em 15 anos resulta na média de 8,614 milhões de m^3 anuais. Essa quantificação, bem como a natureza e espessura do capeamento são compatíveis com uma escavadeira "dragline" de porte semelhante à Bucyrus 1260-W recentemente instalada pela CRM em sua mina de Candiota. Será este, portanto, o equipamento básico a considerar neste projeto.

É necessário prever a disposição geral dos cortes e a ordem de lavra dos mesmos. A decisão é influenciada pela forma de ja

zimento apresentado pelo conjunto de blocos C, D, E e F: um homoclinal mergulhante cerca de 6% em direção ao limite NW do campo, limite esse coincidente com as condições de maior profundidade e de relativa proximidade do trecho mais caudaloso do Arroio Capanezinho; três ravinas, relativamente profundas, cortam o campo com direção SE-NW no mesmo sentido do mergulho. Há três possibilidades principais de planos de lavra:

1) Cortes iniciais acompanhando as linhas de afloramento. Tem vantagem de maior facilidade de abertura desses cortes iniciais; entretanto, esses cortes serão sinuosos e terão elevada declividade longitudinal. Outra desvantagem é que numerosos cortes terão coberturas uniformemente superiores a 30 m, causando diminuição periódica da produção de carvão pela redução da quantidade de m^2 descobertos mensalmente.

2) Cortes de direção predominante N30°E, iniciando na parte leste-sudeste dos setores C e D e junto ao limite de concessão da CBC nos setores E e F; os cortes avançariam de SE para NW. Esse método também aumenta a relação $\frac{\text{produção}}{\text{custo}}$ dos trabalhos iniciais, pela menor cobertura; entretanto, os cortes, numa seqüência descendente, facilitam o acúmulo de água nas frentes de trabalho. Esse problema pode ser reduzido pelo planejamento de cortes sinuosos para acompanhar as naturais ondulações da lapa, mas não seria eliminada a freqüente necessidade de bombeamento, com os naturais óbices de custo, de congestionamento dos espaços disponíveis e de eventuais interrupções na extração do carvão.

3) Cortes de direção predominante N30°E, iniciados no bordo NW por cortes em caixão de profundidade média 30 m e desenvolvidos de NW para SE. Seria conveniente aprofundar o leito do arroio Capanezinho num trecho de 1 a 1,5 km a jusante para facilitar ao máximo o escoamento hídrico. Tal método resulta em maior investimento pré-operacional, mas tem duas grandes vantagens: Após os primeiros poucos cortes, correspondentes ao carvão situado abaixo

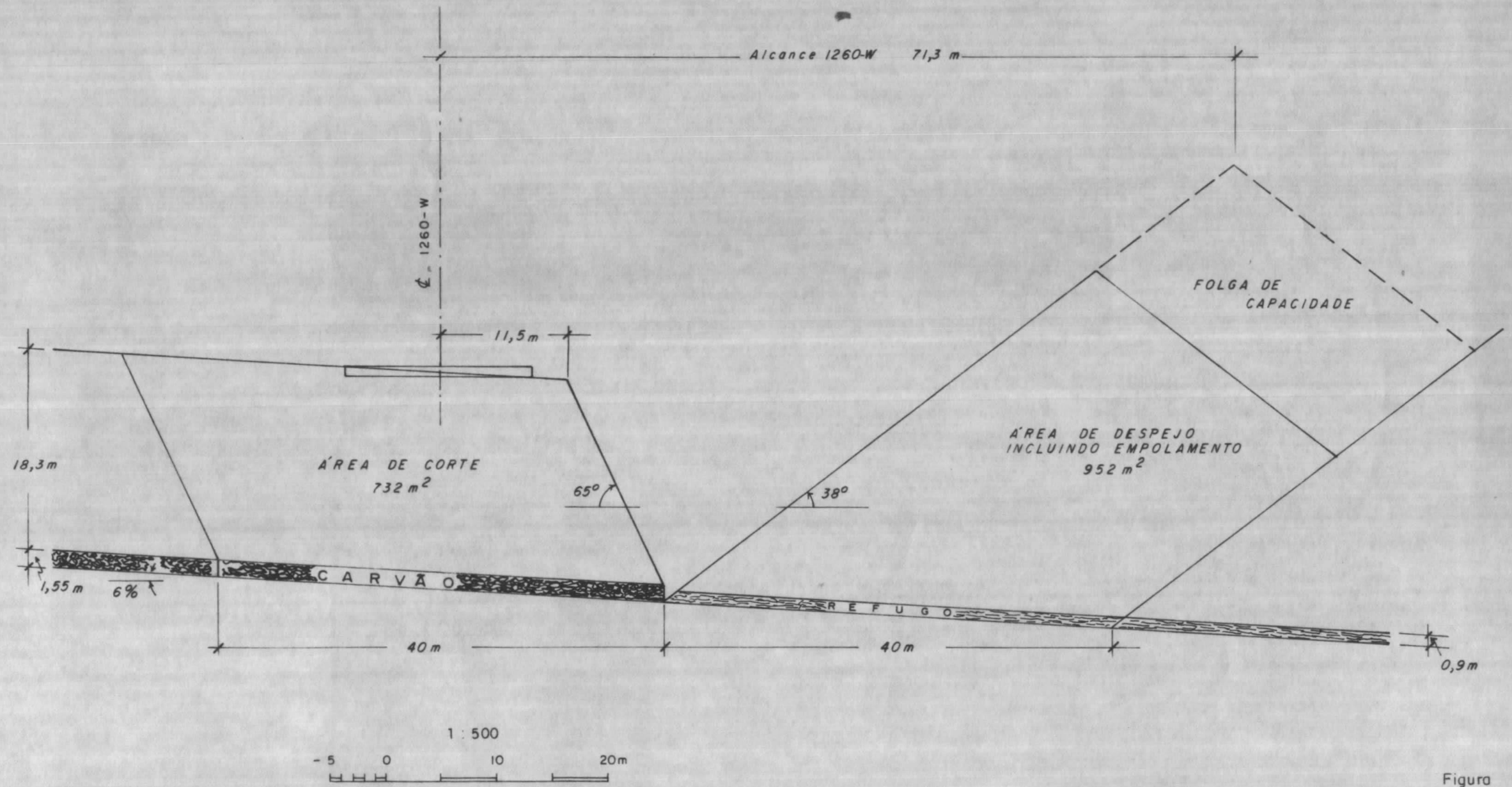
dos níveis de drenagem, os problemas hídricos são completamente eliminados. Além disso, os cortes em sentido ascendente aumentam tanto o rendimento da "dragline" pelo aumento da capacidade do aterro como a facilidade e rendimento do "blast casting", pois cada corte virgem deverá ser lançado num corte vazio de cota 1,5 m a 2,5 m inferior.

Nas figuras 11 até 14 estão mostradas quatro situações típicas de descobertura:

Na figura 11 esta o Diagrama de Lavra para 18,3m de cobertura, que corresponde às condições médias dos trechos lavráveis a céu aberto. Vê-se que a escavadeira trabalha em condições favoráveis, podendo usar ângulo de giro inferior a 90° e alargar o corte para 40 m ou mais, acelerando os ciclos e aumentando a produtividade.

Na figura 12 está o Diagrama de Lavra para 26 m de profundidade, que corresponde às condições limites para trabalho a partir do topo do corte, sem "rehandle" ou segunda movimentação do estéril. Pela Figura 6 vê-se que esse limite corresponde a 72% da área ou 55% do volume a desmontar.

Na figura 13 está o Diagrama de Lavra para 40 m de profundidade, que corresponde à profundidade máxima dos trechos lavráveis a céu aberto. Será necessário desdobrar as operações em duas etapas: na primeira, a escavadeira será colocada no alto do corte e retirará a metade superior da cobertura; na segunda etapa, a escavadeira será movimentada para a área de despejo (após regularização por trator), removendo a parte inferior da cobertura e retomando um máximo de 21,4% do estéril. Assim, na lavra de 45% do volume será necessário fazer "rehandle" de, em média, $\frac{21,4\%}{2} = 10,7\%$ da cobertura. Isso representará 10,7% x 45% = 4,82% dos 8,614 milhões de m^3 anuais, aumentando o volume a movimentar para 9,029 milhões de m^3 anuais. Na prática, o "rehandle" poderá ser diminuido pois os



OBS: A cobertura média dos trechos lavráveis a céu aberto é 18,3m.

Figura 11

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

DIAGRAMA DE LAVRA — COBERTURA 18,3 m

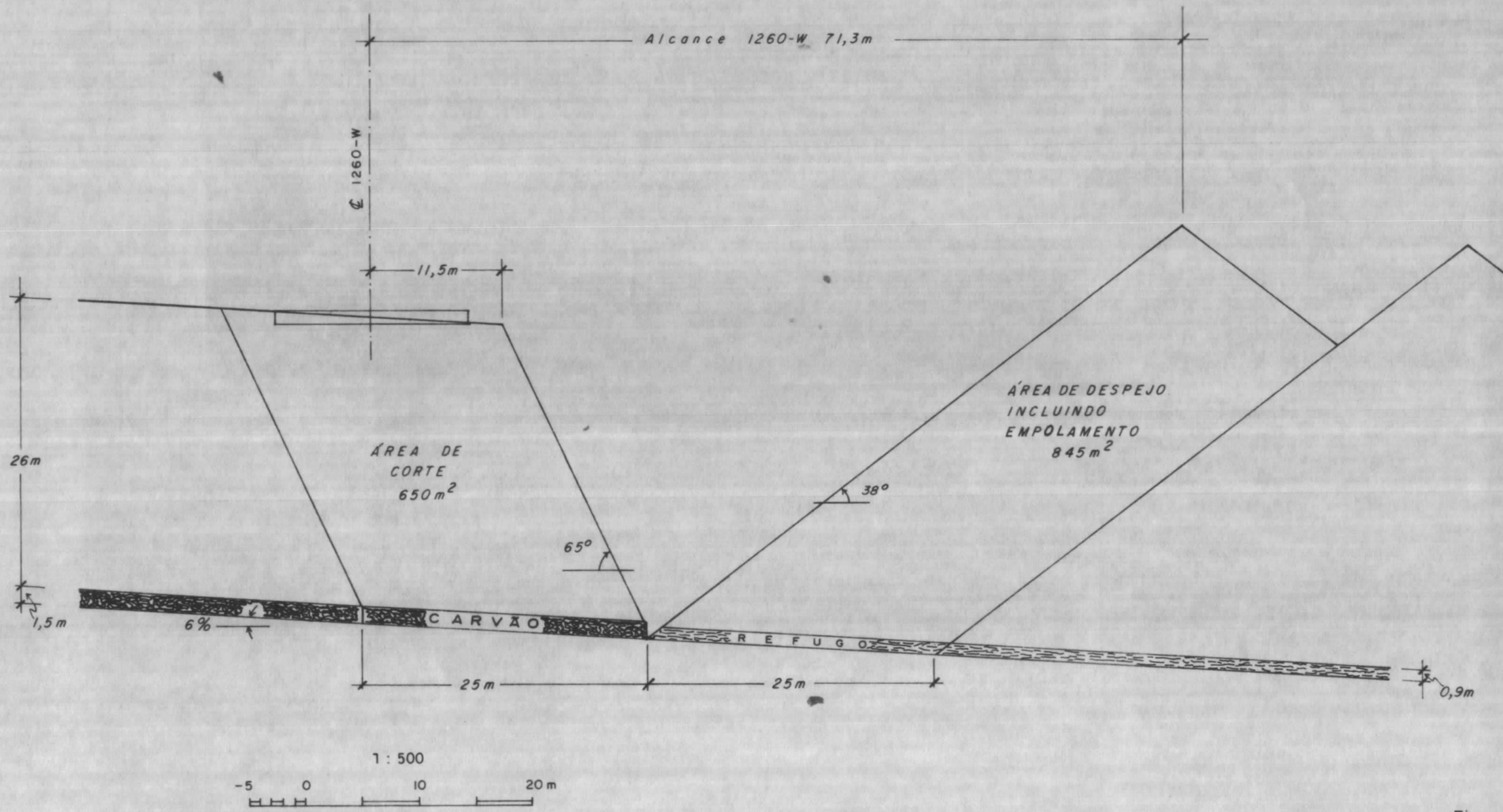
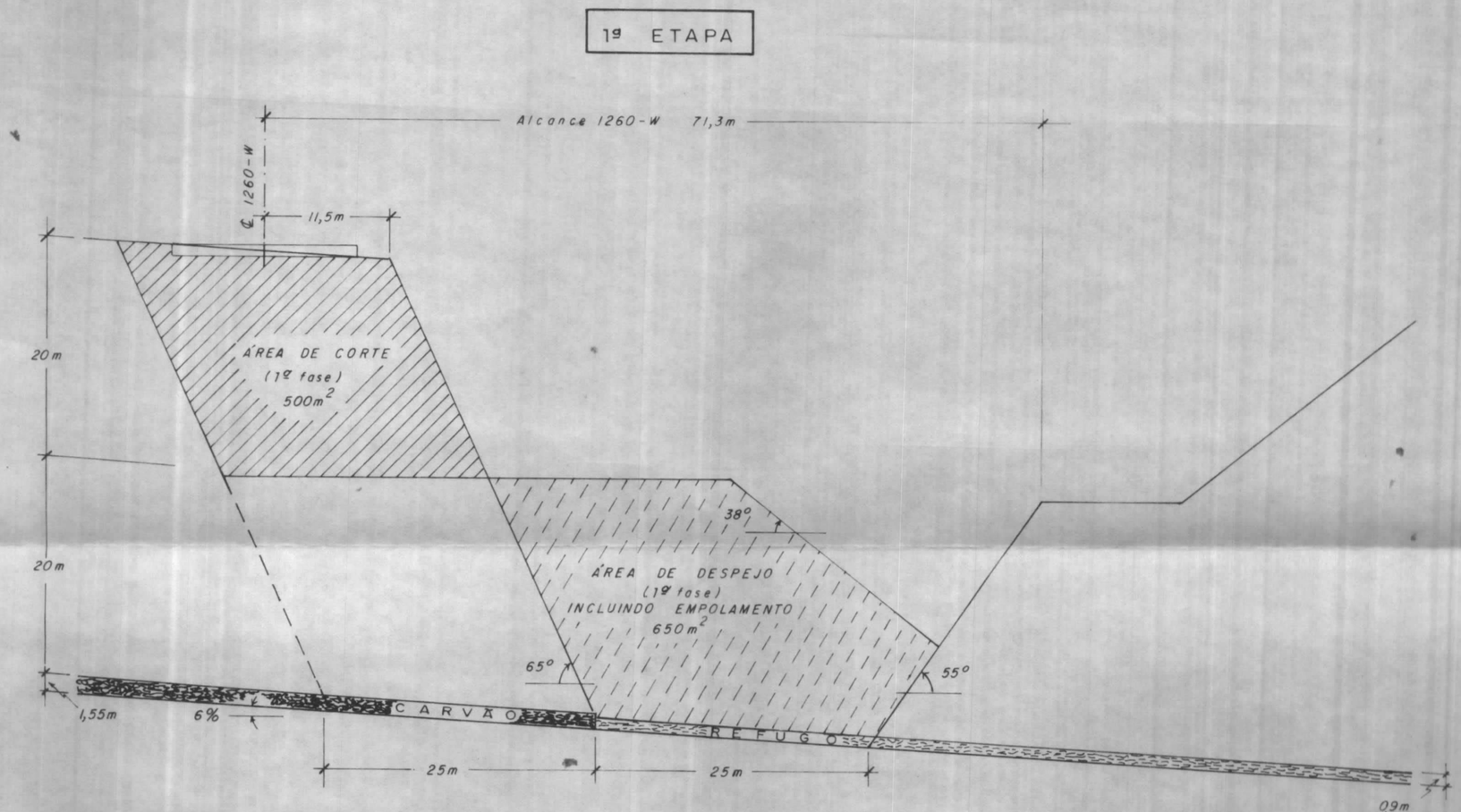
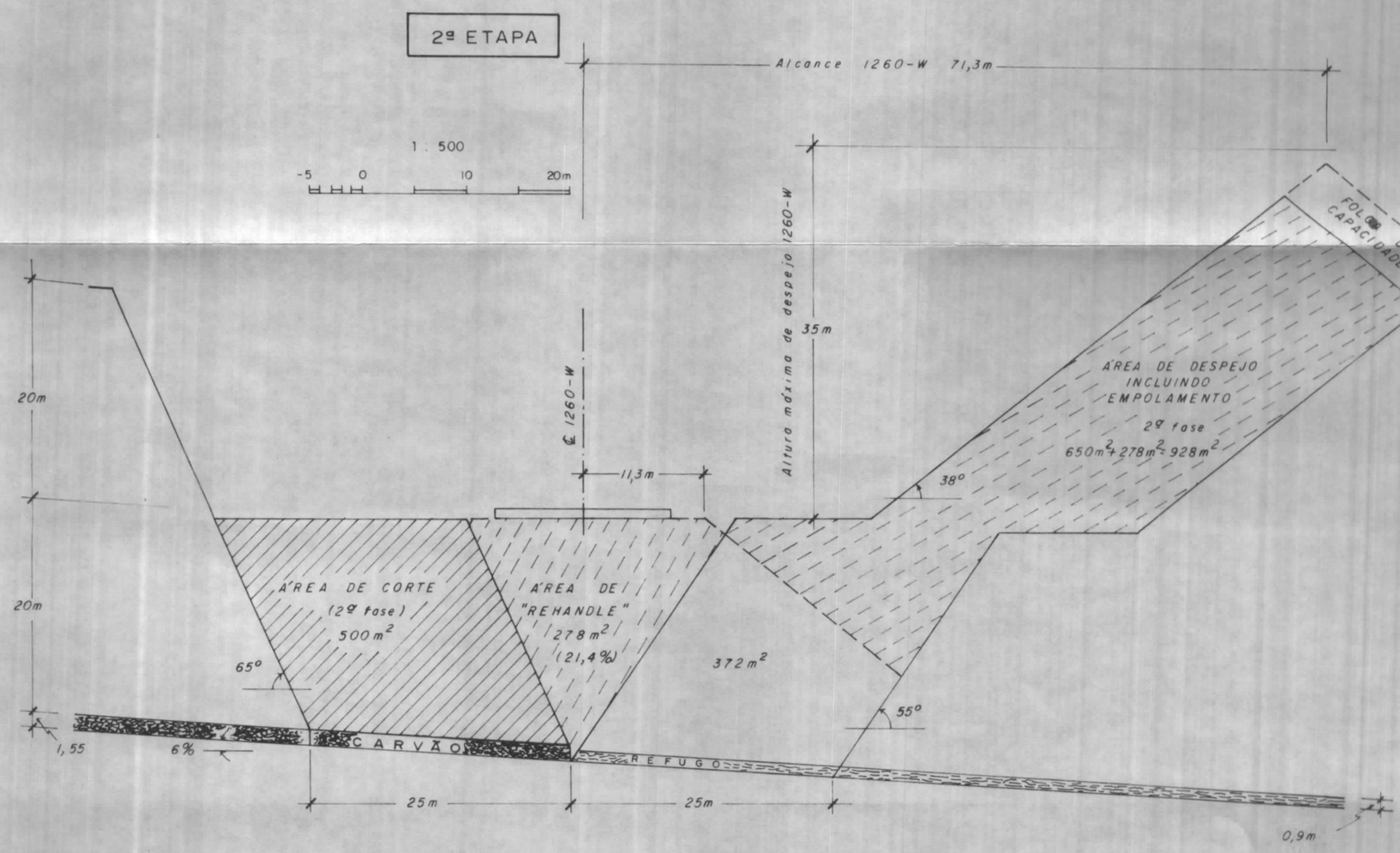


Figura 12

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
DIAGRAMA DE LAVRA – COBERTURA 26 m

OBS: A figura mostra as condições limites para lavra sem "rehandle".





OBS: A profundidade máxima prevista para lavra a céu aberto é 40m.

Figura 13

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

DIAGRAMA DE LAVRA – COBERTURA 40 m

trechos de alta cobertura têm, em geral, extensões curtas, e muitos cortes atravessarão trechos sucessivos de profundidades altas e baixas.

Na Figura 14 está o Diagrama de Lavra correspondente ao corte em caixão à profundidade máxima de 40 m. Vê-se que essa tarefa está dentro dos limites de capacidade do equipamento.

Os cortes deverão ter largura mínima de 25 m, suficiente para movimentação de carregadeiras, caminhões e demais equipamentos de lavra; nos trechos de média e baixa profundidade a largura poderá ser aumentada para 40 m (Figura 11).

Prevê-se que os trechos de baixa profundidade possam ser descobertos sem uso de explosivos; nos trechos com cobertura superior a 15 m em geral ocorrem estratos duros, que necessitam ser quebrados por dinamitação, intercalados por estratos argilosos menos resistentes, que podem ser removidos diretamente pela "dragline". Entretanto, a operação mecanizada dificulta a perfuração e dinamitação seletiva de parte da altura da cobertura. Portanto, será considerado que o total da cobertura acima de 15 m necessitará ser dinamitada. Conforme a Figura 6, isso corresponde a 129,1 - 17,1 = 112 milhões de m^3.

Pode-se optar por uma dinamitação "leve", que apenas quebre as rochas para facilitar o desmonte, ou um "blast casting" que lance de 25% a 70% da cobertura diretamente no corte já lavrado.

Nos trechos a dinamitar, com cobertura entre 15 m e 40 m , podem ser estimados valores médios de aproximadamente 25 m para a altura e 30 m para a largura dos cortes, numa relação $\frac{\text{altura}}{\text{largura}}$ próxima de 80%. Conforme GRIPPO, A.P.(1984) para essa relação de 80% o "blast casting" joga de 60% a 65% da cobertura no corte vazio.

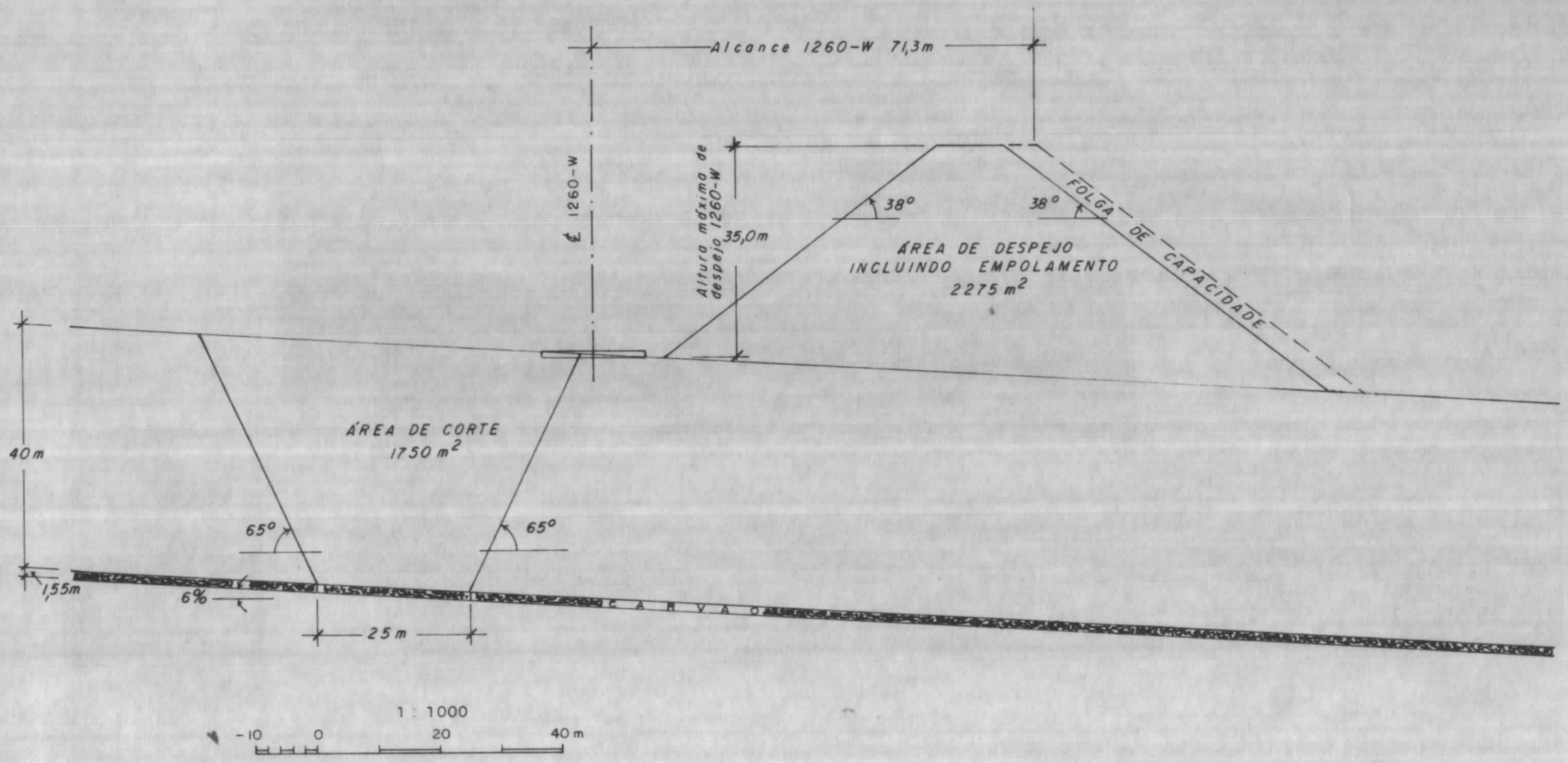


Figura 14

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

DIAGRAMA DE LAVRA — CORTE EM CAIXÃO

Assim, se for aplicado "blast casting" a 40% da cobertura (8,614 milhões de m^3/ano), reduzindo, nesses trechos, o trabalho da escavadeira de 55%, o volume anual a ser movimentado será:

$$8,614 \times 10^6 \times (0,60 + 0,40 \times 0,45) = 6,719 \times 10^6 \ m^3/ano$$

Esse valor está dentro da capacidade da escavadeira, cujas características e produtividade estão listadas abaixo:

Marca e Modelo	Bucyrus 1260-W
Lança	260 pés = 79,2 m a 35°
Caçamba	35 j^3 = 26,8 m^3
Raio operacional	234 pés = 71,3 m
Altura máxima de despejo	116 pés = 35,4 m
Profundidade máx.de corte	135 pés = 41,1 m
Carga suspensa máxima	180.000 libras = 81.647 kg
Fator de enchimento	90%
Fator de empolamento	130%
Fator de disponibilidade e eficiência	70%
Ciclo médio	57 segundos
Tempo previsto anual	60 x 60 x 24 x 345 = 29.808.000 s/ano
Produtividade anual	$\frac{26,8 \times 0,90 \times 0,70 \times 29.808.000}{1,30 \times 57} =$ = 6.792.000 m^3/ano

A máquina acima citada já é fabricada no Brasil, com índice de nacionalização pouco superior a 50%. O custo total estimado, segundo informações do fabricante, é:

Máquina Básica	US$ 9.000.000
Opcionais	US$ 500.000
Frete e Montagem	US$ 2.500.000
Investimento Total	US$ 12.000.000

Foi também informado que o custo operacional pode ser estimado em US$ 0,34 por m^3 no banco.

CPRM

6.2.1 - Programação da Lavra

A Figura 15 - Seqüência dos Cortes de Lavra mostra um esboço da posição sucessiva dos cortes da escavadeira. O levantamento topográfico detalhado em escala 1:2.000 e o adensamento das sondagens a ser realizado no período de implantação da mina permitirão que esse planejamento seja detalhado nos setores G e F. Sucessivamente, com antecedência média de dois anos em relação à lavra, será necessário fazer o mesmo com os demais setores.

A lavra será iniciada no Setor G. Será preparada com trator uma plataforma com 1,8 km de comprimento e 22m a 25m de largura, acompanhando a linha de afloramento e atravessando duas pequenas ravinas. A escavadeira executará os cortes sucessivamente,de oeste para leste. Como a parte central desse setor é mais larga que os extremos Norte e Sul, serão necessários cerca de uma dezena de cortes curtos (0,8 km a 1,0 km) para que a lavra possa alcançar o limite Leste previsto. Toda a lavra desse setor estará acima do nível de escoamento da água.

A seguir, será feito um corte em caixão de 2,0 km no flanco Oeste do Setor F. Nesse corte a Camada Capanezinho está abaixo do nível da drenagem, motivo pelo qual será necessário executar valas de desvio para a água superficial e bombeamento para a água infiltrada ou precipitada no corte. O bombeamento será eliminado antes da lavra da metade das reservas desse setor, pois os cortes sucessivos de Oeste para Leste e para Sudeste são em sentido ascendente da camada. No final da lavra deste setor serão necessários alguns cortes curtos, junto ao limite do Alvarás.

A seguir, serão lavrados em conjunto os setores D e E.Será feito um corte em caixão no bordo NW, com 1,3km de comprimento,

53° 01' 30"

306 km E

308

310

52° 57' 30"

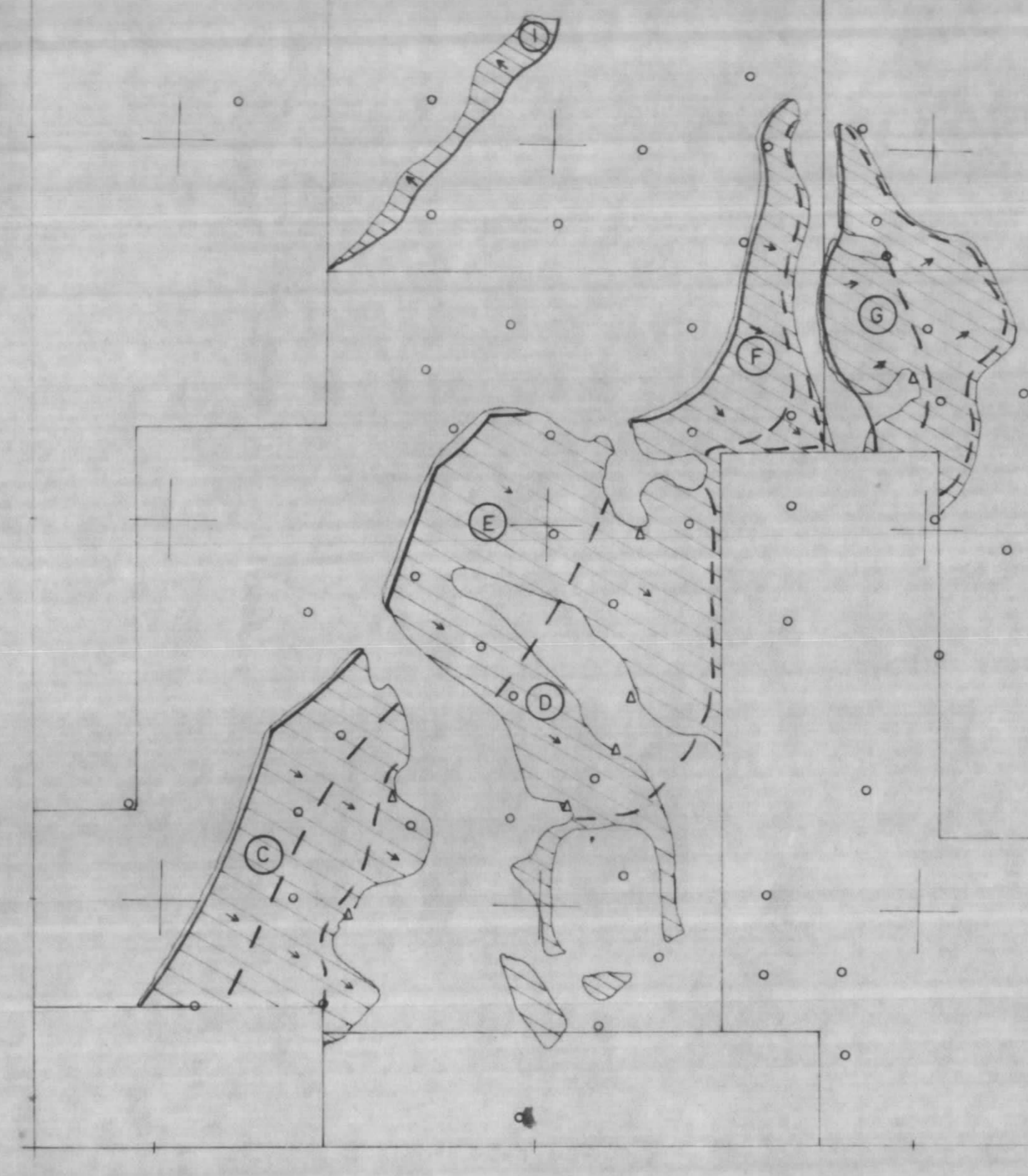
30°18'30"

6644

6642

6640 km N

30° 22'00"



CONVENÇÕES

SONDAGEM E TRINCHEIRA

SETOR LAVRÁVEL A CÉU ABERTO

CORTE INICIAL DE UM SETOR

SENTIDO DE PROGRESSÃO DA LAVRA

CORTES POSTERIORES AO INICIAL

Figura - 15

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
SEQÜÊNCIA DOS CORTES DE LAVRA

ESCALA 1:40.000

em cota abaixo da drenagem natural, de modo que, também nesses setores, será necessário valetamento de proteção e bombeamento nos cortes iniciais. O pequeno córrego entre os setores D e E será desviado por valão. Os cortes sucessivos atravessarão a grota formada por esse arroio. A lavra ao redor do furo ST-53-RS deverá ser programada após a execução da topografia e da sondagem de detalhamento. Se for confirmado que a quantidade de carvão encontrada nesse furo não compensa os custos de remoção da cobertura, o trecho SE do Setor D será lavrado por cortes que acompanhem a extensa linha de afloramento, até o limite de "stripping ratio" econômico.

O Setor C será lavrado a seguir, iniciando-se também por um corte em caixão de 2,3km no bordo NW. De modo semelhante aos setores F, E e D, apenas nos primeiros 3 a 5 cortes serão necessários cuidados com a água superficial; assim que a lavra se elevar acima do nível natural da drenagem, a água escoará com facilidade através dos estéreis depositados. Devido à irregularidade da linha de afloramento, no final da lavra deste setor serão necessários alguns cortes curtos, nas proximidades das sondagens IR-24-RS e ST-25-RS.

Os setores H,I,J,A e B caracterizam-se todos por pequenas reservas e acidentes topográficos, fazendo com que a precisão da base topográfica e geológica disponível não seja suficiente para um planejamento da sucessão de cortes. Em todos esses cinco setores a lavra será executada através de cortes de inícios paralelos às linhas de afloramento e após, gradativamente, adaptados às linhas limites de "stripping ratio" econômico. Na Figura 15 estão apenas esboçadas as linhas iniciais de corte nos setores H e J.

6.3 - Perfuração e Dinamitação

Como já visto, prevê-se a seguinte distribuição dos 8,614 mi

lhões de m^3 a serem desmontados anualmente:

3.446.000 m^3/ano dinamitados por "blast casting"

4.028.000 m^3/ano dinamitados apenas para fragmentação

1.140.000 m^3/ano sem dinamitação

O "blast casting" deverá predominar nos trechos de maior cobertura, para que a escavadeira mantenha uma produção de m^2/mês o mais uniforme possível. Estima-se profundidade média de 32 m nesse trecho, contra 21 m no trecho dinamitado apenas para fragmentar a cobertura.

Para dinamitação "leve", destinada apenas a fragmentar a cobertura, as fontes bibliográficas consultadas indicam razões de carregamento entre 150 g/m^3 e 300 g/m^3; informações verbais de fontes ligadas à lavra de minas sul-rio-grandenses indicam que foram obtidos bons resultados, em rochas equivalentes ao Bloco Taquara, para desmonte por escavadeiras de menor porte, com razões de carregamento entre 140 g/m^3 e 200 g/m^3. Assim, adotar-se-á nos cálculos estimativa de 180 g/m^3.

Igualmente, no "blast casting" os dados experimentais regionais indicam valores entre 400 g/m^3 e 450 g/m^3, comparativamente a razões entre 450 g/m^3 e 700 g/m^3 citados por CHIRONIS, N. P. (1980), GRIPPO, A. P. (1984) e outros autores para minas onde a altura é igual ou pouco inferior à largura do corte. Será estimado o valor de 450 g/m^3.

Para as duas razões de carregamento foram avaliadas várias possibilidades de diâmetros de perfuração, malhas e distribuição de cargas. Verificou-se que o equipamento ideal para os trechos de "blast casting" seria uma perfuratriz rotativa com diâmetro de perfuração entre 6 1/2" e 8". No caso dos trechos de dinamitação "leve", mesmo o diâmetro de 6 1/2" levaria à malha teórica de 74,5 m^2/furo,

ou, aproximadamente, 7,1 m x 10,5 m. Como essas dimensões são bastante grandes, levando ao risco de aumento do tamanho dos blocos fragmentados, torna-se necessário utilizar malha menor, intercalando espaçadores na carga.

Foi selecionada, assim, a perfuratriz Bucyrus modelo 35-R , cuja capacidade de projeto é para furos com diâmetro entre 6" e 9" , com um custo unitário estimado de US$ 330.000. Serão necessárias duas unidades. A capacidade teórica máxima em 2 turnos de trabalho para diâmetro de 6 1/2" é estimada em:

25 m/h x 16 h/dia x 300 dias/ano = 240.000 m/ano.

Estudando capacidades de sondas, malhas e distribuição de cargas, foram obtidas as seguintes estimativas:

Para os 3.446.000 m^3/ano dinamitados por "blast casting" os furos terão em média 32 m de profundidade (26 m de carga e 4 m de tampão), malha aproximada de 4,3 m x 6,5 m, ou seja, 27,95 m^2/furo, resultando na necessidade de 123.300 m de furos por ano.

Para os 4.028.000 m^3/ano dinamitados apenas para fragmentação, os furos terão em média 21 m de profundidade (17 m de carga e 4m de tampão, malha aproximada de 6 m x 9 m, ou seja, 54 m^2/furo, resultando na necessidade de 74.600 m de furos por ano.

Somando as parcelas componentes, a necessidade total será de 197.900 m de furos por ano, ou seja, 82,5% da capacidade teórica. Embora nas etapas de estudos de viabilidade seja mais comum utilizar fatores menores, por motivos de segurança, no caso específico do Bloco Taquara, o uso de 3 unidades levaria a 45% de tempo inativo. Preferiu-se, assim, manter a estimativa de duas unidades e prever que eventual deficiência de produção seja coberta por aumento do tempo de tra

balho. Lembre-se, aliás, que a operação da escavadeira foi prevista, como usual, em 24 h/dia e 345 dias/ano, contra 16 h/dia e 300dias/ano das perfuratrizes.

A adaptação dos planos de fogo às condições típicas de cada trecho de mina, com suas características geométricas e mecânicas específicas, otimizando a relação custo-benefício, exige meses de testes em condições reais de lavra, comparando inclusive produtos de vários fabricantes. Portanto, serão apenas estimados os consumos médios nas duas situações típicas de desmonte estudadas. Para essa avaliação, foram selecionados os seguintes materiais, produzidos pela Britanite:

- Carga de fundo: AL-40, brisante e à prova d'água, à base de nitroglicerina.
- Carga de coluna: Nitron 71, explosivo lento e com grande volume de gases, à base de nitrato de amônio, fornecido a granel, pelo que preenche totalmente furos verticais ou pouco inclinados.
- Cordel detonante NP-10.

Na dinamitação por "blast casting" cada furo de 32 m corresponde a 894,4 m^3 de cobertura; necessitará de 402,5 kg de explosivos, sendo 20% de carga de fundo (80,5 kg de AL-40) e 80% de carga de coluna (322,0 kg de Nitron 71), além de 40 m de cordel detonante.

Na dinamitação apenas para fragmentação, cada furo de 21 m corresponde a 1134 m^3 de cobertura; necessitará de 204 kg de explosivos. Estes ocuparão 12,3 m do furo, divididos 3 a 4 parcelas, divididos por tampões feitos com os próprios fragmentos da perfuração. Será preciso aumentar a proporção de carga de fundo para 30% (61,2kg de AL-40) e reduzir a de coluna para 70% (142,8 kg de Nitron 71), além de 31 m de cordel detonante.

O consumo anual de explosivos se elevará, portanto, a 530 t de AL-40, 1.750 t de Nitron 71 e 265.000 m de cordel detonante.

6.4 - Remoção da Terra Vegetal

A área de 705,4 hectares a ser lavrada em 15 anos correspon de à necessidade de remover e recompor a terra vegetal de 47,0 hectares/ano. Estimando a profundidade média dos horizontes orgânicos em 0,30 m, resulta um volume médio de 141.000 m^3/ano.

Um conjunto motoscraper Caterpillar 621R de 15,3 m^3 (coroado)trabalhando 2 turnos/dia e 22 dias/mês numa distância de transporte de 2 km (ida + volta de 4 km) tem capacidade de produção próxima de 500.000 m^3/ano. Além disso, essa tarefa será feita mais economicamente através de um conjunto de 2 a 4 motoscrapers apoiados por um trator "pusher" no carregamento e um trator espalhador no despejo.

Vê-se, assim, que o porte da tarefa não é adequado para frota própria, pois o volume de trabalho é de menos de um terço da capacidade de um único equipamento. Portanto, a remoção e recomposição da terra vegetal deverão ser feitos por empreitada, aproveitando,sempre que possível, os períodos de dezembro a abril, de menor precipitação pluviométrica.

6.5 - Desmonte e Carregamento de Carvão

A camada de carvão é demasiado resistente para ser desmontada sem fragmentação prévia. Podem ser selecionados dois métodos:

com trator escarificador ou com explosivos. Como já comprovado pelas minas próximas em lavra, o primeiro método produz ao mesmo tempo elevada proporção de finos (encarecendo e reduzindo a eficiência do beneficiamento) e numerosos blocos grandes, causando transtornos operacionais à britagem primária.

Isso leva à opção pela dinamitação da camada. O volume de trabalho é insuficiente para amortizar uma carreta de perfuração. A quantidade reduzida de nódulos de pirita e a espessura média de 1,55m tornam suficiente o uso de duas perfuratrizes manuais elétricas rotativas, de brocas helicoidais de 1 1/2". Um turno diário basta para o trabalho normal de 47,0 ha/ano, correspondentes a 210 furos diários numa malha de 7,5 m^2/furo (aproximadamente 2,5 m x 3 m). Prevê-se carga média de 1,7 kg de Tovex de diâmetro 1 1/4" por furo. Testes práticos permitirão escolher entre dois métodos de inicialização de fogo: uma malha de cordel detonante NP-10 (média de 5 m de cordel por furo, incluindo-se as ligações da malha) ou, reduzindo a despesa de material à custa de maior rigor na operação de detonação,estopins hidráulicos escorvados com espoleta (média 1,80 m/furo).

O carregamento deve ser dimensionado para 1.415.000 t/ano , correspondente a 1/15 da reserva de ROM, adicionado de 5% pelos efeitos combinados de contaminação por encaixantes e pequenas perdas de ROM naturais da lavra a céu aberto.

Prevê-se equipamento do porte da escavadeira hidráulica Demag H 55. Segundo o fabricante, o porte desse equipamento é compatível com a faixa de caminhões fora de estrada com capacidades entre 25 e 35 toneladas curtas. As características da carregadeira e as capacidades calculadas são:

Acinamento elétrico	
Volume da caçamba	3,7 m^3
Ciclo médio	32 s
Ocupação	80%
Rendimento	80%
Empolamento	25%
Densidade	1,85 t/m^3 no banco

Em 4 passes, a capacidade teórica de carregamento é:

$$\frac{3,7\ m^3 \times 1,85\ t/m^3 \times 4}{1,25} = 21,9\ t$$

Esse valor é quase idêntico à capacidade nominal do caminhão de 25 t curtas.

A produção horária teórica é de:

$$\frac{3,7\ m^3 \times 0,80 \times 0,80 \times 1,85\ t/m^3}{1,25 \times \frac{32\ s}{3.600\ s/h}} = 394\ t/h$$

Esse valor é quase igual às 400 t/h indicadas pelo fabricante.

A produção anual, em 16 horas/dia, 25 dias/mês e 12 meses/ano será:

394 t/h x 4.800 h/ano = 1.891.000 t/ano

Como se vê, o equipamento tem capacidade com folga de 33% sobre a próducão média necessária. Além dessa margem de segurança, as descontinuidades de alimentação do beneficiamento devem ser minimizadas por pequeno estoque de ROM à boca do silo de entrada, movimentado pela carregadeira de rodas.

CPRM

6.6 - Transporte de ROM e de Refugo

A distância média de transporte de ROM é de aproximadamente 3 km. Na maior parte da jazida o carvão está em posição mais elevada que a usina de beneficiamento, com diferenças de até 80 m. Portanto, no transporte de ROM predominarão os percursos descendentes. Para distâncias de transporte superiores a 1,5 km, a duração útil das vias será suficientemente longa para justificar condições de traçado, construção e conservação que permitam velocidades médias elevadas.

Na escolha do tamanho de caminhão, evitou-se selecionar o porte de 50 t (Euclid 33-03 ou similar), que levaria a uma quantidade muito reduzida de unidades. Preferiu-se dimensionar o transporte para unidades menores, com o que o fluxo será mais contínuo, minimizando o tempo ocioso da carregadeira e uniformizando o fluxo de entrada do beneficiamento.

Assim, foram selecionados os caminhões Randon RK-425, com capacidade de 25 toneladas curtas (22,5 toneladas métricas) ou RK-435, com capacidade de 35 toneladas curtas (32 toneladas métricas).

No lavador, conforme será visto no capítulo próprio, o rendimento previsto de produtos beneficiados será de aproximadamente 72,2%. Considerando 4% de perdas, resta 24% de refugo sólido para ser devolvido ao corte. Assim, pode-se considerar que em 3/4 das viagens os caminhões retornarão do lavador à mina vazios e no 1/4 restante retornarão carregados em parte do percurso.

Com retorno vazio, o ciclo calculado é:

Carga (4 ciclos)	128 s
Mina-Lavador (30 km/h)	360 s
Descarga de ROM	10 s

Lavador-Mina (35 km/h)	309 s
Esperas + diversos	30 s
Total	837 s

Com retorno transportando refugo, o ciclo calculado será:

Carga (4 ciclos)	128 s
Mina-Lavador (30 km/h)	360 s
Descarga de ROM	10 s
Deslocamento e carga de rejeito	60 s
Lavador-Mina (30 km/h)	360 s
Descarga de rejeito	10 s
Esperas + diversos	30 s
Total	958 s

Tem-se, assim, um tempo médio de ciclo de 867 segundos.

Informações de fornecedores indicam índices de disponibilidade de 88% para equipamentos com pouco uso, decrescendo para 79% para caminhões no final da vida útil. Consideradas também interrupções motivadas por outras causas (escavadeira, estradas, falta de ROM disponível, etc.) será estimado um fator de eficiência global de 75%. A frota terá, por tonelada de capacidade, a produção horária de:

$$\frac{3.600 \text{ s/h}}{867 \text{ s}} \times 0,75 = 3,11 \text{ t/h}$$

Com 2 turnos/dia e 25 dias/mês, o caminhão RK- 425 terá a capacidade anual de:

3,11 t/h x 4.800 h/ano x 22,5 = 336.000 t/ano

Na mesma situação, o caminhão RK-435 terá a capacidade anual de:

3,11 t/h x 4.800 h/ano x 32 = 478.000 t/ano.

Assim, 5 unidades RK-425 terão capacidade de 1.680.000 t/ano, valor 18% acima da produção média necessária; no caso do modelo RK-435, com 3 unidades a produção seria de 1.434.000 t/ano, obtendo-se folga teórica de 1% em relação à necessidade média.

Na prática, a quantidade de unidades será pequena (minimizando o investimento inicial) nos primeiros quatro anos de lavra, pois esta será iniciada nos setores F e G, próximos ao lavador. Gradualmente serão necessárias mais unidades, à medida que a distância de transporte se alongar para os setores E, D e C (para este último, cerca de 5,2 km). Na lavra dos setores A e B o aumento de transporte motivado pela distância de 9 km a 10 km deverá ser absorvido por equipamento arrendado ou por serviços empreitados, pois as pequenas reservas não permitem amortizar aumento de frota própria.

O aumento de custo do caminhão RK-435 em relação ao RK-425 é proporcionalmente superior ao aumento de capacidade; além disso, a opção por unidades menores facilita a adequação da frota às variações graduais das distâncias de transporte. Selecionou-se, portanto, o modelo RK-425, com frota inicial de tres unidades, passando a cinco no quinto ano de lavra e aumentando posteriormente para sete no décimo ano.

6.7 - Equipamento de Apoio

Serão necessários equipamentos médios a pesados para uso no apoio à lavra, na abertura e manutenção de estradas de serviço e na movimentação de estoques de carvão bruto e beneficiado. As marcas e modelos abaixo citadas são referências, que podem ser substituídas por itens similares, de acordo com o aumento da diversidade dos itens fornecidos pela indústria nacional. Os equipamentos previstos são:

- Um trator de esteiras pesado, do porte aproximado de 300HP

(Caterpillar série D8 ou similar) e custo de US$ 430.000.

- Um trator de esteiras médio, do porte aproximado de 150HP (Fiat 14CS ou similar) e custo de US$ 97.000.

- Uma motoniveladora (Fiat FG85 ou similar) com custo de US$ 97.000.

- Duas carregadeiras de rodas com caçamba de 2,5 m^3 (Fiat FR12M ou similar) com custo unitário de US$ 59.000, para movimentação de estoques conforme o item 8.6.

Os caminhões médios para uso geral, serão citados no item 9.3.

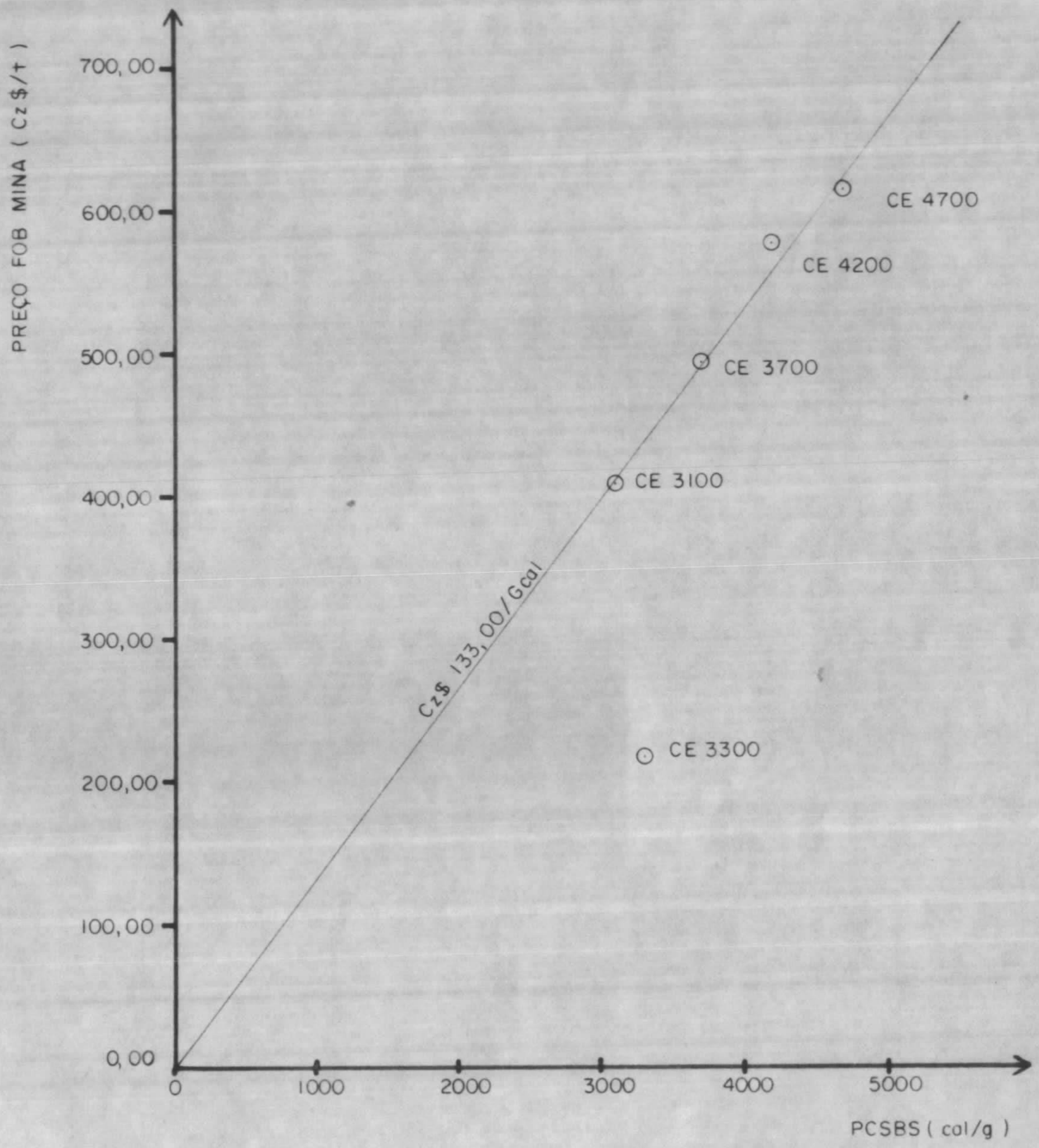
7. PRODUTOS DO BENEFICIAMENTO

7.1 - Considerações de Mercado

As características do lavador a construir dependem dos tipos de beneficiado a serem produzidos. Esse fato faz com que, antes de projetar o lavador, seja necessário estudar quais produtos o mercado necessitará a médio prazo e quais as faixas de preço FOB mais prováveis.

Os cinco produtos vendáveis comercializados na atualidade têm características tecnológicas fixadas pelo CNP. A última norma legal que revisou definições, especificações, amostragem e ensaios foi a Portaria CNP-DIPLAN nº 100, de 01/04/87, publicada no D.O.U. de 22/04/87. No Quadro IX tem-se os poderes caloríficos especificados e os teores de cinzas necessários (calculados conforme a fórmula da Figura 9) para que o carvão da jazida em estudo alcance esses poderes caloríficos.

A Figura 16 compara preços e qualidade dos produtos benefi



FONTE: TABELA ANEXA À PORTARIA CNP - DIPRE - PC Nº 102 DE 14/04/87

Figura 16

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

PREÇOS E QUALIDADE DOS CARVÕES

ciados. Vê-se que, fora o CE 3300, produto típico na jazida de Candiota, o preço por caloria contida é quase constante. Essa estrutura induz o produtor a tentar fornecer o pior tipo de carvão que o mercado possa aceitar, pois, além dos custos e perdas de beneficiamento, os refugos sempre contém alguns valores energéticos que deixam de ser faturados. Em oposição, os compradores têm vantagens em adquirir o produto de maior poder calorífico compatível com as instalações consumidoras, pois, em equivalência de preços por caloria contida, os melhores produtos trarão vantagens nos custos de transporte, armazenamento, manuseio, eficiência da caldeira e remoção de cinzas.

É fácil ilustrar essa situação com um exemplo numérico. Uma mina do Bloco Taquara que produzisse e vendesse, por exemplo, 100.000t/mês de CE 3700, faturaria mensalmente:

100.000 t x Cz$ 493,19/t = Cz$ 49.319.000,00

Se o produto do beneficiamento passasse de CE 3700 para CE 4700, pelos rendimentos industriais respectivos de 76% e 36,5% obtidos da Figura 10, vê-se que a produção de vendável seria reduzida a menos de metade e o preço unitário melhoraria de 25%:

$$\text{Produção: } 100.000 \times \frac{36,5}{76,0} = 48.000 \text{ t/mês}$$

$$\text{Preço unitário: } 100\% \times \frac{\text{Cz\$ } 615,91/t}{\text{Cz\$ } 493,19/t} = 125\%$$

A compensaçao parcial entre essas duas variaçoes conduziria a uma redução de faturamento de 40%:

48.000 t/mês x Cz$ 615,91/t = Cz$ 29.564.000,00/mês.

As perspectivas de mercado, como será visto mais adiante, estão condicionadas pela estrutura de preços exposta acima.

Numa análise sumária dos consumidores de cada tipo de carvão podem ser feitas as seguintes observações:

O CE 3100 é produzido apenas pelo grupo Copelmi/Santa Gertrudes e consumido na Usina Termoelétrica de Charqueadas. Como já demonstrado acima, o preço favorece teoricamente o produto de pior qualidade, de modo que, com a estrutura atual, não há perspectiva de interesse por parte de novos consumidores.

O CE 3300 é lavrado a céu aberto na jazida de Candiota pela CRM (consumo cativo pela Usina Presidente Médici) e pela Cia.Nacional de Mineração Candiota (consumo cativo pelas indústrias cimenteiras do centro do país, que compõem seu quadro acionário). Pequenos consumidores receberam, em 1985, cerca de 9.000 t oriundos de minas do Baixo Jacuí.

O CE 3700 é hoje consumido principalmente nas duas caldeiras da COPESUL (Cia. Petroquímica do Sul). Segundo sua revista interna PRIMEIRA GERAÇÃO, nos últimos 4,5 anos os 2 milhões de toneladas consumidas proporcionaram uma economia de US$ 59 milhões em relação ao óleo combustível; esse valor economizado é equivalente ao custo das duas caldeiras. Há mercado, ainda pequeno mas em expansão, para uso em secadores de grãos e usos diversos. A usina Jacuí I, em implantação nas proximidades de Charqueadas e cujo funcionamento está previsto para 1992/93, foi planejada para consumir cerca de 1.100.000 t/ano de CE 3700. O carvão deverá provir de uma ou várias das jazidas de Charqueadas-Guaíba, Faxinal, Leão-Butiá, Iruí e Capané. Dessas fontes, apenas três têm trechos viáveis para lavra a céu aberto em grande escala e a baixos custos: Guaíba (onde a espessa cobertura cenozóica pouco consolidada e permeável da planície do Jacuí pode causar dificuldades técnicas,ecológicas e altos custos), Iruí e Capané (em ambas, as condições geológicas permitem maior flexibilidade na abertura e expansão de várias minas médias e grandes).

O CE 4200 é consumido principalmente pela Termoelétrica de São Jeronimo. A usina de celulose da Riocell que, até 1984 consumia esse tipo de carvão, passou gradualmente a utilizar o CE 4700, 7 % mais caro mas com poder calorífico 12% superior.

O CE 4700 tem como principal consumidora a indústria cimenteira do centro do país; a seguir, em proporções quase equivalentes, destacam-se a indústria alimentícia e a de papel e celulose. Seu maior poder calorífico melhora a competitividade no triângulo SP-RJ-MG, reduzindo a dependência de subsídios ao transporte. A multiplicidade de consumidores em gradual crescimento faz com que esse mercado seja promissor a médio/longo prazos, dependendo de dois fatores: eficiência e redução de custo de transporte (minimizando risco, sempre presente, de supressão do subsídio) e concorrência em preço do petróleo importado e do gás de Campos.

Alguns aspectos econômicos relativos à posição competitiva do carvão gaúcho no centro do país podem ser vistos no Quadro X - Subsídios ao Transporte de Carvão. Foram executadas duas séries de cálculos, correspondendo às duas últimas portarias do CNP; na Nº 131 os preços CIF foram reajustados em virtude da atualização do preço do combustível alternativo, no caso, o óleo combustível de alto teor de enxofre. Pelo quadro vê-se que, para o CE 3100 o valor do subsídio chega a ultrapassar o próprio valor CIF do carvão. No caso do CE 3300, devido ao baixo valor FOB, o subsídio é desnecessário até o Paraná e relativamente baixo até São Paulo. Fato de proporções semelhantes ocorre com o CE 4700; o subsídio para o carvão posto em Sorocaba é de apenas 15% do preço CIF, valor que pode ser reduzido ou eliminado à medida que melhor eficiência do transporte e economia de escala reduzam o custo do frete. Apenas para o carvão posto no centro de Minas Gerais mostra-se bastante gravoso.

QUADRO X

SUBSÍDIOS AO TRANSPORTE DE CARVÃO

PORTARIA CNP/DIPRE-PC		102, de 14/04/87			131, de 11/05/87		
PRODUTO		CE 3100	CE 3300	CE 4700	CE 3100	CE 3300	CE 4700
Preço FOB Mina	(Cz$/t)	408,80	217,59	615,91	408,80	217,59	615,91
Preço CIF Entreposto	(Cz$/t)	535,83	572,15	853,69	701,35	748,90	1.117,40
Diferença	(Cz$/t)	127,03	354,56	237,78	292,55	531,31	501,49
ENTREPOSTO DE ARAUCÁRIA - PR							
Custo do Frete (*)	(Cz$/t)	482,79	482,79	482,79	482,79	482,79	482,79
Subsídio	(Cz$/t)	355,76	128,23	245,01	190,24	-48,52	-18,70
Subsídio/1.000.000.000 cal		114,76	38,86	52,13	61,37	-14,70	-3,98
ENTREPOSTO DE SOROCABA - SP							
Custo do Frete (*)	(Cz$/t)	669,18	669,18	669,18	669,18	669,18	669,18
Subsídio	(Cz$/t)	542,15	314,62	431,40	376,63	137,87	167,69
Subsídio/1.000.000.000 cal		174,89	95,34	91,79	121,49	41,78	35,68
ENTR. DE PRUD. DE MORAIS - MG							
Custo do Frete (*)	(Cz$/t)	1.023,04	1.023,04	1.023,04	1.023,04	1.023,04	1.023,04
Subsídio	(Cz$/t)	896,01	668,48	785,26	730,49	491,73	521,55
Subsídio/1.000.000.000 cal		289,04	202,57	167,08	235,64	149,01	110,97

Obs.: * Fonte: CAEEB, informações verbais.

A estrutura rígida de preços, fixados por decisões governamentais é difícil de ser totalmente eliminada,uma vez que as termoelétricas são estatais e, dos grandes consumidores, a maioria também sofre relativo controle governamental de preços. Como já citado, na escolha das especificações dos produtos também influem interesses opostos de produtores e consumidores, pois as proporções dos preços tabelados não guardam proporções razoáveis com as respectivas qualidades.

7.2 - Evolução Histórica dos Preços

Foram estudados, no período entre março de 1979 e abril de 1987, as seguintes séries históricas:

- Preços fixados pelo CNP para os carvões comercializados no Rio Grande do Sul.
- Preços fixados pelo CNP para o óleo combustível de alto teor de enxofre, com alto ou baixo ponto de fulgor (Óleo ATE-A/BPF)
- Preços médios anuais do petróleo bruto importado pela Petrobrás.
- Valores mensais da ORTN/OTN.
- Valores diários e médias mensais da taxa oficial de venda do dólar.

A Figura 17 mostra os dados históricos dos preços do óleo, dos carvões CE 4200 e CE 4700 e dos indicadores econômicos. Pode-se visualizar, com alguma dificuldade, um aumento relativo dos preços dos combustíveis em relação aos indicadores no período 1981/83.Maiores quantificações são difíceis devido aos elevados índices de inflação, motivo pelo qual é necessário deflacionar os preços em relação a um indicador adequado.

Na seleção do indicador, considerou-se que a ORTN/OTN so-

Cr$ 10.000.000 8.000.000 6.000.000 4.000.000 2.000.000 1.000.000 800.000 600.000 400.000 200.000 100.000 80.000 60.000 40.000 20000 10.000 8.000 6000 4.000 2.000 1.000 800 600 400 200

Cz$ 10.000 8.000 6.000 4.000 2.000 1.000 800 600 400 200 100 80 60 40 20 10 8 6 4 2 1 0,8 0,6 0,4 0,2

Óleo A/BPF - Preços/t do óleo combustível de alto teor de enxofre (ATF) com alto ou baixo ponto de fulgor.

CE 4700 - Preços/t FOB mina do carvão tipo CE 4700 (a partir de 14/04/80).

CE 4200 - Preços/t FOB mina do carvão tipo CE 4200.

US$ - Preços médios oficiais de venda, conforme boletins do Banco Central (valores multiplicados por 10 para facilitar comparação).
- Até 31/12/83, ponderados pelos dias-calendário do mês.
- Após 01/01/84, ponderados pelos dias úteis do mês.

ORTN/OTN - Valores mensais.

Óleo Comb. A/BPF

CE 4700

CE 4200

ORTN/OTN

US$ x 10

ORTN/OTN

US$ x 10

1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987

Figura 17

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

VARIAÇÕES DE PREÇOS E DE
INDICADORES ECONÔMICOS 1979/87

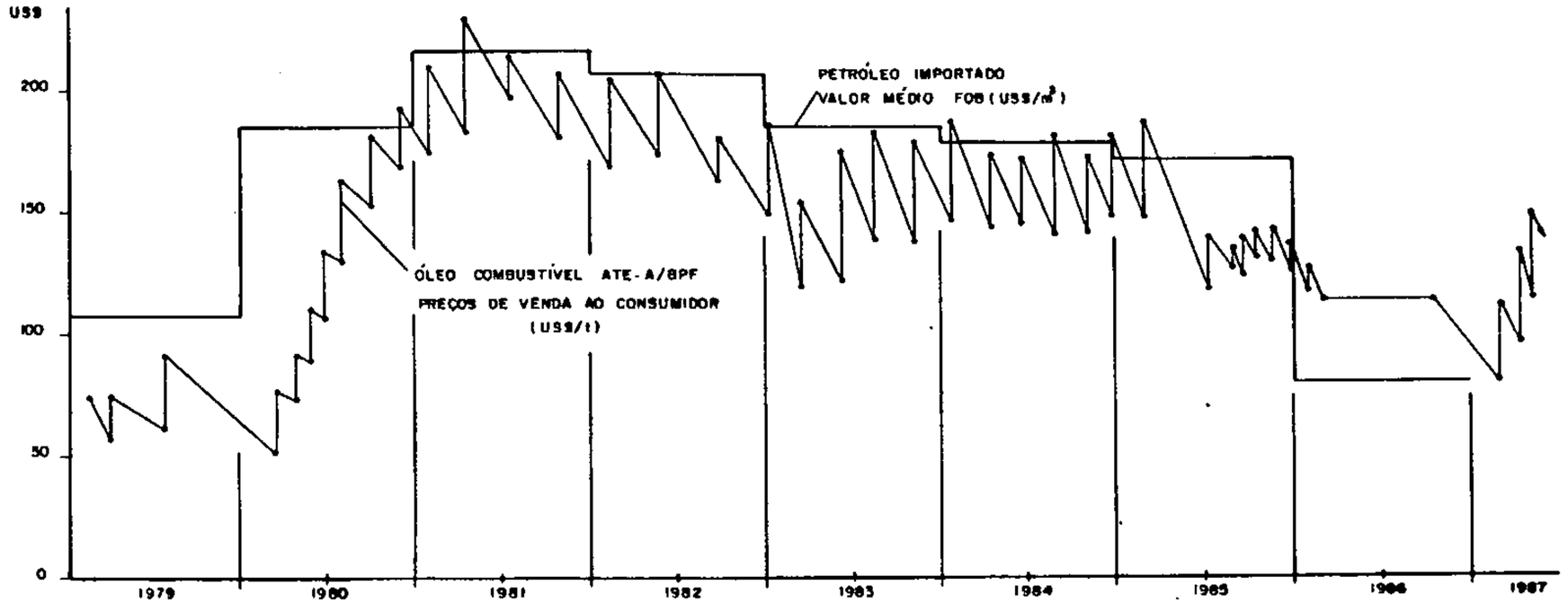
freu notórias distorções em 1979/80, foi congelada por 12 meses em 1986/87 e mostra, ao longo de todo o período, tendência de elevação inferior à real evolução dos preços devido ao constante controle e às frequentes mudanças casuísticas de seus fatores componentes. Preferiu-se, assim, utilizar o valor oficial de venda do dólar, embora esse também não esteja isento de distorções: sofreu duas alterações bruscas em dez/80 e fev/83 (ambas corrigindo distorções gradativas ocorridas anteriormente) e sofreu uma perda de valor de 11% entre 1980 e 1986, medida pelo índice de preços por atacado nos USA.

A Figura 18 mostra os preços do óleo combustível, do petróleo importado FOB e dos carvões CE 4200 e CE 4700 FOB mina, deflacionados em relação ao dólar. Notam-se os seguintes fatos:

- O preço do óleo combustível em US$/t manteve-se, em geral, na faixa entre 80% e 90% do preço do petróleo importado FOB em US$/$m^3$, com exceção de dois períodos: em 1980, quando subiu com algum atraso, após o segundo choque do petróleo, e em 1986 quando (talvez influenciado pelo alto custo do petróleo de Campos) não acompanhou em sua totalidade o colapso de preços da OPEP.

- O carvão CE 4200, partindo de uma média inferior a US$25/t, em julho de 1981, com um ano de atraso em relação aos produtos petrolíferos, foi reajustado significativamente para a faixa de US$35/t de US$40/t, com picos superiores a US$45/t. Já no início de 1983, com os primeiros indícios de arrefecimento da crise petrolífera, o preço do carvão foi comprimido para valores inferiores a US$30/t. Finalmente, a partir de meados de 1985, o preço do CE 4200 estabilizou-se ao redor de US$20/t.

O carvão CE 4700, especificado e cotado a partir de 14/04/80, inicialmente tinha considerável diferencial em relação ao CE 4200, justificando custo e perdas de beneficiamento. A partir de 31/07/81, o diferencial de preços foi rebaixado para valor inferior ao diferen-



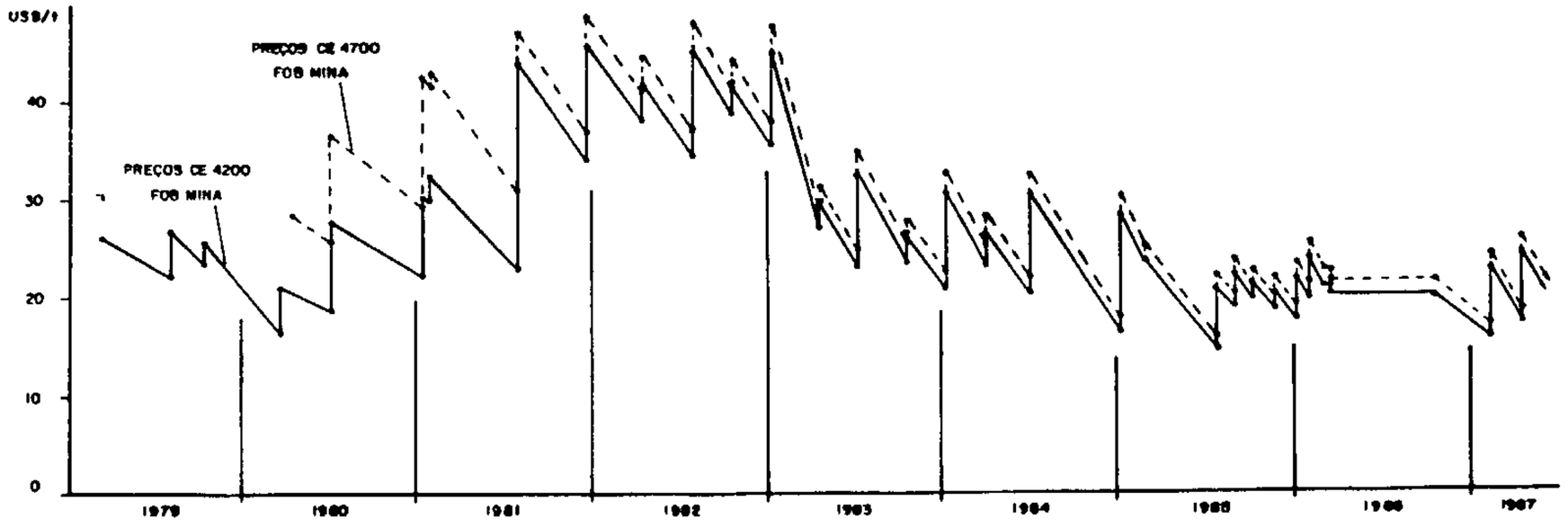


FIG. 18

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA.

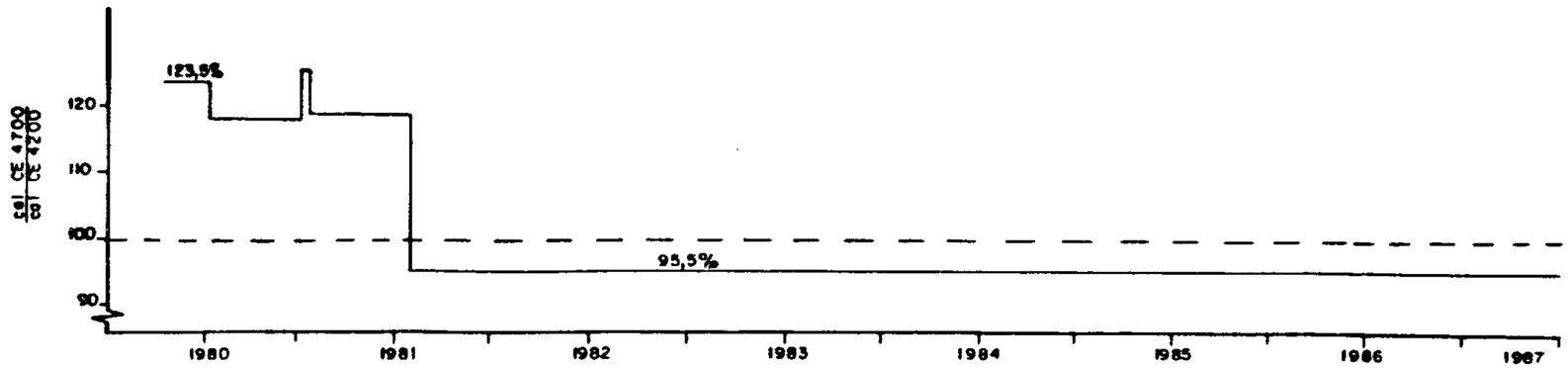
PREÇOS DE CARVÃO E DE COMBUSTÍVEIS LÍQUIDOS, DEFLACIONADOS EM RELAÇÃO AO DÓLAR (1979/87.)

cial de poder calorífico, fato economicamente aberrante que perdura até o presente. Isso é ilustrado na parte superior da figura 19, onde tem-se a evolução de preços relativos por caloria contida desses dois carvões estudados. A pressão dos compradores fez com que a proporção relativa de produção $\frac{\text{CE 4200}}{\text{CE 4700}}$ passasse de $\frac{57\%}{43\%}$ em 1981 para $\frac{22\%}{78\%}$ em 1985.

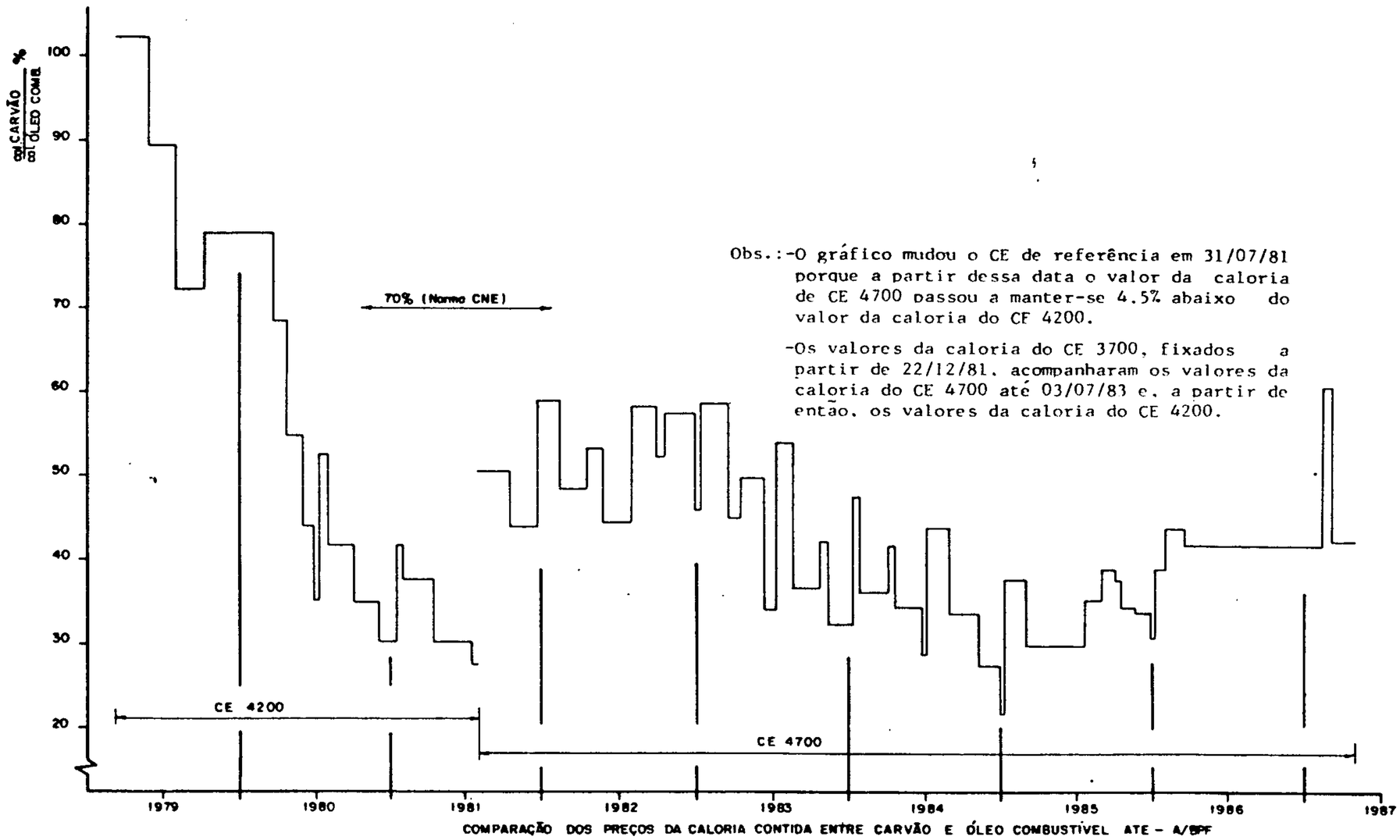
Na parte inferior da Figura 19 está ilustrada a evolução dos preços comparativos da caloria contida no carvão e no óleo ATE-A/BPF. Foi utilizado o produto de menor preço relativo: CE 4200 até 30/07/81 e CE 4700 a partir de 31/07/81. A evolução dos preços mostra quatro fases:

- De mar/79 a jul/81 houve contínua erosão de preços relativos $\frac{\text{cal CE 4200}}{\text{cal O. Comb.}}$ de 102,2% para 27,6%.
- De jul/81 até meados de 1983 houve uma relativa recuperação, mantendo-se os preços da caloria de carvao entre 44% e 59% dos valores correspondentes no óleo.
- De meados de 1983 até 1985 houve nova perda relativa do carvão para níveis médios entre 30% e 35% e valor mínimo de 21,9%.
- A partir de 1986 os preços da caloria equivalente de carvão manteve-se relativamente estável, ao redor de 42% dos valores correspondentes no óleo.

Segundo norma estabelecida pelo CNE - Conselho Nacional de Energia , no início da presente década, os grandes consumidores (principalmente a indústria cimenteira do centro do país) deveriam ser incentivados a substitituir o óleo combustível pelo carvão através de um incentivo financeiro: a caloria contida no carvão CIF contido não deve ultrapassar a proporção equivalente a 70% do preço da caloria contida no óleo combustível ATE-A/BPF. Convém aqui abrir um parênteses para ressaltar que o óleo ATE, com 6% a 10% de enxofre é livre-



COMPARAÇÃO DOS PREÇOS DA CALORIA CONTIDA ENTRE CE 4700 E CE 4200.



Obs.:-O gráfico mudou o CE de referência em 31/07/81 porque a partir dessa data o valor da caloria de CE 4700 passou a manter-se 4.5% abaixo do valor da caloria do CE 4200.

-Os valores da caloria do CE 3700, fixados a partir de 22/12/81, acompanharam os valores da caloria do CE 4700 até 03/07/83 e, a partir de então, os valores da caloria do CE 4200.

COMPARAÇÃO DOS PREÇOS DA CALORIA CONTIDA ENTRE CARVÃO E ÓLEO COMBUSTÍVEL ATE - A/BPF

FIG. 19

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ.
-AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA.

PREÇOS COMPARATIVOS DA CALORIA CONTIDA NO CARVÃO E NO ÓLEO COMBUSTÍVEL - 1979/87.

mente queimado no Brasil junto a grandes centros populacionais; seu uso é ecologicamente nocivo e deveria ser adequadamente restringido e controlado; o correto seria comparar os carvões beneficiados gaúchos (com 0,4% a 1,2% de enxofre) com o óleo combustível de baixo teor de enxofre.

Pela Figura 19 vê-se que desde 1980 há considerável margem entre os preços FOB de carvão e esse limite. Infelizmente, os excessivos custos de transporte, com notórios pontos de estrangulamento devido a deficiências portuárias (principalmente em Rio Grande) e altos custos de transporte ferroviário tornam necessário subsídio governamental para os consumidores mais distantes, em especial os de Minas Gerais.

7.3 - Previsões de Preços

Nos últimos meses, os preços FOB de petróleo bruto têm se mantido em valores próximos a US$18 por barril. A quase totalidade das projeções conhecidas indicam que esse preço deve sofrer, a médio prazo, aumentos expressivos, sendo possível, inclusive, nova crise de escassez no início da próxima década. Para o horizonte de 1992/95 as previsões variam entre a faixa mínima de US$25 a US$28 e a faixa máxima de US$45 a US$50 por barril.

Assim, o valor de US$30 por barril, ou US$188,70 por m^3 de petróleo bruto FOB pode ser considerado uma projeção relativamente baixa para a primeira metade da década de 1990. Como visto na interpretação da Figura 18, o preço do óleo combustível ATE-A/BPF em média é de 85% do preço do petróleo, resultando em US$160,40/t. Não será considerada a possibilidade (favorável para o carvão) de que a crise da dívida externa force restrições ao uso do óleo, seja via preço, seja via cotas. Considerando a proporção de poder calorífico,

resulta para o CE 4700 um preço de US$57,99/t ou Cz$1.375,00/t CIF entreposto, à taxa de conversão média de abril/87 (antes da maxidesvalorização ocorrida no início de maio). Esses valores são 23,05% superiores aos Cz$1.117,40/t estabelecidos pela portaria do CNP. Pode-se, portanto, usar como parâmetros a médio prazo, valores FOB mina também 23,05% superiores aos atuais, ou seja, Cz$267,74 para CE 3300, Cz$ 606,87/t para CE 3700 e Cz$ 757,88/t FOB para o CE 4700.

Não será considerada a hipótese de que as dificuldades financeiras governamentais e a política de redução de subsídios leve à elevação da proporção de preços da caloria contida carvão/óleo, fixada pelo CNE em 70% numa época de descrença pelo carvão, quando este forte subsídio tornou-se imperioso devido ao 2º choque do petróleo.

7.4 - Seleção de Produtos

A seleção dos carvões comercializáveis a produzir pelo beneficiamento deve ser baseada nos seguintes fatores:

- Preferência pelos tipos com maior potencial de expansão de mercado consumidor a médio prazo. Nesse caso estão dois produtos: o CE 3700 e o CE 4700. O primeiro já foi selecionado para a usina Jacuí I em construção e, provavelmente, será especificado para as futuras unidades de 350 MW a serem implantadas no centro do Estado. O segundo tem o ônus de transporte reduzido pelo seu maior poder calorífico por unidade de peso.
- Preferência pelos tipos mais rentáveis. Como visto no item 7.1 e na Figura 11, o CE 3100 dá ao produtor maiores retornos econômicos, seguido do CE 3700.
- Proporção dos vários produtos na saída do lavador. Da Figura 10 podem ser obtidas as seguintes proporções de be-

neficiado em relação ao ROM:

A) ~95% de CE 3100

B) ~90% de CE 3300

C) 76,0% de CE 3700

D) 56,0% de CE 4200

E) 36,5% de CE 4700 + 18,5% de CE 3300

As hipóteses A e D são inviáveis porque, com as relações de preços atuais, não há perpectivas de aumento sensível de mercado.

A hipótese B é inviável porque os dois únicos clientes em grande escala desse carvão (UTE Presidente Médici e indústria cimenteira) têm fornecedores cativos. Existe, entretanto, um mercado pulverizado de pequenos e médios consumidores atraídos pelo baixo preço para esse produto.

As hipóteses restantes, C e E, levariam aos seguintes valores da produção oriunda de 1 t de ROM entrado no lavador:

C: 76,0% x 606,87 = Cz$ 461,22/t ROM

E: 36,5% x 757,88 + 18,5% x 267,04 = Cz$ 326,03/t de ROM

Assim, mantida a atual relação de preços entre os produtos beneficiados, é muito grande a vantagem da produção de apenas um produto: o CE 3700.

8. BENEFICIAMENTO

8.1 - Parâmetros

As 20,208 milhões de toneladas de ROM jacentes deverão ser lavradas em 15 anos. A lavra deverá, portanto, ser de .....

$$\frac{20.208.000\ t}{15\ anos} = 1.347.200\ t\ anuais\ ou\ 112.267\ t\ mensais.$$

Não será considerada a previsão de que, como usual nos detalhamentos de pesquisa de carvão efetuadas pela CPRM, os trabalhos de fechamento da malha de sondagens revelam pequenos aumentos de volume. É provável que esses acréscimos compensem, com sobras, as perdas de lavra, sempre baixas na mineração a céu aberto em grande escala. Serão consideradas, entretanto, perdas de 5% do componente útil, substituído por estéril contaminante. A recuperação calculada de CE 3700 baixará, portanto, de 76% para 95% x 76 = 72,2%. A quantidade de beneficiado obtido será, portanto:

0,722 x 1.347.200 = 972.678 t/ano, ou 81.056 t/mês.

Prevendo uma operação de 16h/dia e 25 dias/mês, com coeficiente de 85% resulta:

16 h/dia x 25 dias/mês x 0,85 = 340 h de operação/mês.

$$\frac{112.267\ t\ ROM/mês}{340\ h/mês} = 330\ t\ ROM/h$$

A parte principal do circuito será, portanto, dimensionada para 330 toneladas de ROM por hora.

Outros aspectos importantes a definir, em parte interligados são: capacidade de britagem primária, silo de regularização e flexibilidade de alterações de produtos.

É conveniente superdimensionar a capacidade da etapa inicial de recebimento e britagem primária. Esse é um setor sujeito a paralizações devido a irregularidades no fluxo de entrada, onde os equipamentos, por mais robustos que sejam, estão muito expostos a desgaste e a acidentes devido às árduas condições de trabalho (blocos de grandes dimensões, blocos de arenito, peças metálicas, material argiloso empastado, etc.). Portanto, a parte inicial do circuito deve ser dimensionada para 420 t/h, com folga de 27%, que servirá tanto para mi

nimizar flutuações de alimentação como para permitir, em caso de necessidade de períodos de maior produção, mais 4 horas diárias de funcionamento da parte principal do circuito.

É conveniente instalar um silo de regularização antes da etapa principal de beneficiamento, com capacidade mínima para um turno (8 horas) de operação. Em numerosas minas tem sido constatada a inconveniência de que tal função seja desempenhada pelo silo de entrada, pois nesse caso as pressões desenvolvidas na boca do mesmo e no respectivo alimentador facilitam o "engaiolamento" de grandes blocos, obrigando a superdimensionar os mecanismos e respectivos motores. Deve ser, assim, previsto um depósito de no mínimo 2.600 t entre o britador secundário e o terciário.

A estrutura de preços vista no capítulo anterior, interligada com a estrutura do mercado consumidor está sujeita a consideráveis alterações a médio/longo prazo por três fatores: preço e disponibilidade de petróleo e gás natural; desenvolvimento do sistema de transporte e do parque industrial brasileiro e, finalmente, ações governamentais. Portanto, embora seja previsto apenas um produto beneficiado, as instalações devem ser construídas de modo a poderem fornecer, com a maior flexibilidade possível e o mínimo de investimentos adicionais, qualquer gama de produtos viáveis a partir do ROM existente.

Será selecionado um beneficiamento à base de um jig tipo Batac de 5 células, com 2 elevadores. Tal equipamento, já plenamente testado e utilizado no Brasil, com eficiência adequada a nossos carvões, permite tanto um como dois produtos diferentes comercializáveis. Esses podem, caso necessário, serem desdobrados ou terem suas especificações melhoradas por conjuntos suplementares de meio denso, a serem instalados conforme mudarem as exigências do mercado.

8.2 - Localização

As instalações deverão ser localizadas à margem direita do Arroio Capanezinho, no Alvará RS 145, ao norte da sondagem ST-42-RS. Desse modo, os caminhões com ROM terão, quase sempre, trajetos a favor da gravidade e no mesmo sentido do escoamento do beneficiado. O terreno é suficientemente inclinado para que a construção acompanhe em parte a declividade, e, em várias etapas, o carvão passe de um equipamento ao seguinte por gravidade, reduzindo a quantidade de correias elevadoras. O Arroio Capanezinho, a oeste, será a fonte de água industrial. A bacia de decantação de rejeitos será construída em uma das ravinas a leste.

8,3 - Recebimento e Britagem

A Figura 20 mostra o fluxograma simplificado do beneficiamento.

O silo de ROM será dimensionado para 100 t, ou seja, 4 viagens de carvão, a fim de minimizar pressões sobre sua boca. Será coberto por uma grelha fixa para retenção dos blocos demasiado grandes, que serão quebrados manualmente.

A boca do silo será provida de um alimentador com grelha oscilante. Sendo os matacões, em geral, alongados e achatados, o espaçamento de 150 mm entre as barras fará com que o britador primário, de rolo simples, receba 100 t/h de material com bitola mínima próxima de 300 mm.

O passante da grelha e o produto do britador primário cairão numa peneira vibratória com uma tela de 80 mm. O material reti-

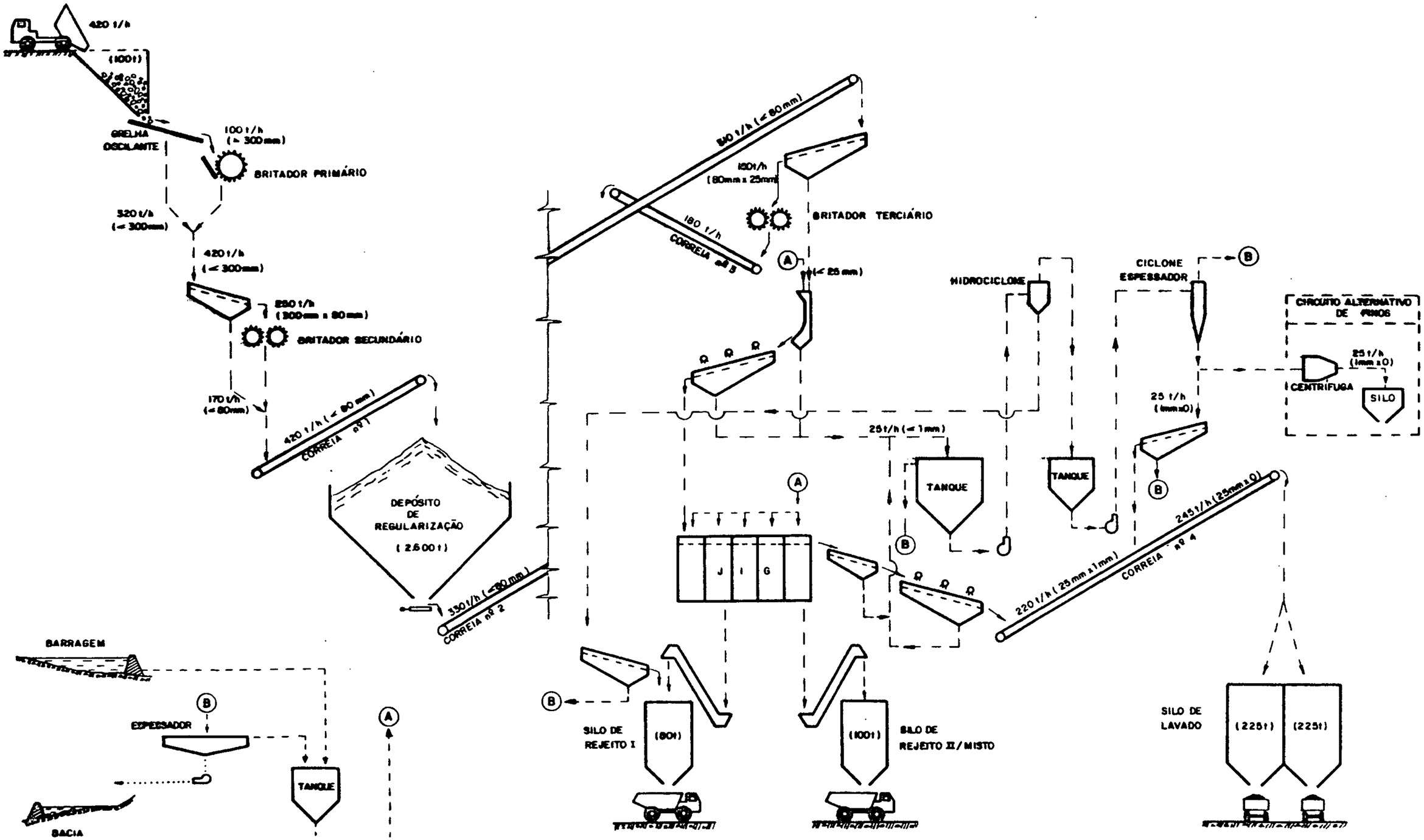


FIG. 20

FLUXOGRAMA DO BENEFICIAMENTO

do cairá no britador secundário, de duplos rolos. O passante, junto com o produto desse britador secundário será elevado, pela correia transportadora Nº 1, a um depósito de regularização coberto com capacidade de 2600 t.

8.4 - Rebritagem e Jigagem

330 t/h de carvão na bitola de 80 mm x 0 serão escoadas do depósito de regularização através de uma comporta com alimentador de gaveta, passando à correia elevatória Nº 2 e caindo numa peneira vibratória. Prevê-se que esta corte o produto na bitola máxima de 25mm, dirigindo as 180 t/h retidas para um britador de martelos, de onde, por meio da correia Nº 3 o britado voltará, em circuito fechado, à correia Nº 2. A bitola de 25 mm foi selecionada de acordo com as especificações atuais do CNPM, em que o CE 3700 deve ter granulometria de 25 mm x 0. Durante a operação industrial, essa bitola poderá ser aumentada conforme a influência de dois fatores: solicitações do mercado consumidor e eventual pequena melhora do rendimento industrial (esse, sujeito aos efeitos opostos de menor liberação e de menores perdas de ultrafinos com o aumento do tamanho médio dos fragmentos).

O carvão, na bitola de 25 mm x 0, será deslamado em dois estágios. Passará por uma peneira deslamadora curva e depois por uma peneira vibratória dotada de esguichos, ambas com abertura de 1 mm. A seguir, o carvão cairá por calha na 1ª célula do jig.

O jig, do tipo Batac, com cinco células e dois elevadores, deverá, em sua composição básica, produzir 72,2% de CE 3700, como já visto na hipótese C do item 7.4 e no item 8.1. Nesse caso, os circuitos de refugo trabalharão com baixas cargas, separando um refugo primário "piritoso" no 1º elevador e um refugo secundário "xistoso" no 2º elevador. Entretanto, o conjunto será dimensionado para aten-

der alternativamente as capacidades correspondentes à hipótese E do item 7.4, ou seja, considerando 5% de contaminação: 47,7% de refugo no 1º elevador, 17,6% de CE 3300 no 2º elevador e 34,7% de CE 4700 como produto nobre. Para isso, será previsto local e estrutura de apoio para uma peneira desaguadora sobre o silo de rejeito II/misto.

O produto do jig será desaguado em uma peneira fixa e uma vibratória, sendo levado ao silo de beneficiado pela correia Nº 4. Esse silo deverá ser duplo, com capacidade mínima de 450 t, correspondendo a aproximadamente duas horas de produção de CE 3700. Essa capacidade é compatível com razoável flutuação no fluxo de caminhões de transporte, sendo necessário recorrer ao pátio de estocagem apenas no caso de consideráveis diferenças entre a produção do turno e o escoamento rodoviário. No caso de produção de CE 4700, a capacidade de estocagem corresponde a quatro horas de trabalho.

O escoamento ferroviário do beneficiado é uma alternativa possível a longo prazo, quando a produção das várias minas da região de Iruí-Capané se desenvolver. Nesse caso, a ferrovia levará o carvão para nordeste, em direção a Cachoeira do Sul, de onde o transporte prosseguirá por via ferroviária ou hidroviária. Assim, desde o início, será previsto espaço à frente da correia Nº 4 para seu prolongamento até um possível novo silo com porte mínimo de 2.500t, destinado à carga de trens-unidade.

O silo de refugo II/misto será dimensionado para 100 t, correspondendo a duas horas de produção na hipótese E do item 7.4.0 primeiro silo de refugo não precisa ter capacidade superior a 80 t porque haverá constante disponibilidade de caminhões da mina.

8.5 - Circuito de Finos e Recirculação da Água

Os finos oriundos das águas de deslamagem e das peneiras de desaguamento serão reunidos em um tanque semi-enterrado com capacidade de 100 m^3. A sedimentação natural fará com que esse tanque opere como um pré-espessador. O líquido do escoador superior não conterá partículas acima de 150 mesh e será levado por gravidade ao espessador. Uma bomba levará o material do fundo, contendo argila e finos de carvão, a um par de hidrociclones.

A fração pesada destes hidrociclones será conduzida por tubulação até uma peneira desaguadora de 60 mesh, situada sobre o silo de refugo primário, onde cairá o material retido.

A fração leve, com teor de cinzas próximo ao do CE 4200(devido à maior proporção de vitrênio finamente fragmentado) cairá num segundo tanque, de onde será bombeada para um ciclone espessador situado sobre a correia Nº 4. O material ciclonado, após ser desaguado por uma peneira vibratória de 60 mesh, cairá na correia para ser misturado ao CE 3700. Alternativamente, havendo mercado consumidor economicamente interessante para os finos ciclonados, esses podem ser colocados num pequeno silo à parte. Nesse caso, a umidade precisaria ser reduzida para valor máximo de 20% mediante a substituição da peneira por centrífuga.

A água processada, estimada em 600 m^3/h, será levada a um espessador, onde argila decantará para ser depois bombeada e levada à bacia de rejeitos. A água recuperada retornará ao circuito.

A água nova, em volume da ordem de 10% das necessidades totais, será obtida por bombeamento a partir de uma pequena barragem a construir no Arroio Capanezinho.

8.6 - Estocagem

Como já visto anteriormente, há necessidade de homogeneizar flutuações quantitativas, tanto entre mina e beneficiamento como entre beneficiamento e expedição. Para isso são previstos dois pátios de estocagem.

Junto ao silo de carvão bruto haverá um pátio com área de aproximadamente 2 ha, destinado à estocagem de ROM. Esse pátio será dividido em dois setores: um de 0,5 ha, mais próximo do silo de entrada, será capaz de atender as flutuações de rotina, correspondentes a até três dias de produção. Terá capacidade para 15.000t de ROM em pilhas de 2 m de altura. O restante do pátio será utilizado com pouca feqüência, em casos de longas paralizações do beneficiamento ou do escoamento; sua capacidade deve ser suficiente para dez dias de lavra.

Próximo aos silos de lavado haverá outra área de estocagem, que também pode ser descontínua. A parte mais próxima, com 1 ha, correponde ao estoque normal e poderá conter 10.000 t de lavado em pilhas de 1m de altura. O restante, com 2 ha, será preparado para estoque em emergências mais prolongadas.

Todos os pátios serão revestidos por uma camada de refugo compactado para minimizar a contaminação dos produtos. Para operá-los haverá duas carregadeiras de rodas Fiat FR12M ou similares, de produção nacional, com as seguintes capacidades unitárias:

Caçamba: 2,5 m^3

Ciclo: 30 segundos

Fator de rendimento: 95%

Fator de enchimento: 95%

Empolamento: 25%

Densidade média: 1,85

O fator de rendimento de 95% foi selecionado por ser o trabalho de natureza intermitente, apenas acionado durante paralizações da mina ou lavador. Quando for movimentado o estoque, a produção horária unitária será:

$$\frac{2,5 \times 0,95 \times 0,95 \times 1,85}{1,25 \times \frac{30}{3600}} = 240 \text{ t/h}$$

9. CONTROLE AMBIENTAL, INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTOS DIVERSOS

9.1 - A maioria dos carvões atualmente lavrados no Rio Grande do Sul diferenciam-se dos de Santa Catarina e do Paraná pela menor proporção de enxofre. Em Charqueadas, por exemplo, os carbonatos contidos no próprio carvão são suficientes para neutralizar o ácido sulfúrico formado pela decomposição das piritas, fazendo com que os efluentes do lavador da Aços Finos Piratini tenham apresentado valores de pH superiores a 7. O carvão do Bloco Taquara também possui teores moderados de enxofre (0,4% nas frações úteis e 3,7% na camada total), como já visto no item 6.5. Assim, restam apenas duas importantes fontes poluidoras potenciais: a pirita concentrada no refugo primário e os sólidos em suspensão nos efluentes do beneficiamento.

. 9.1.1 - Rejeitos Sólidos

Alguns trechos dos cortes abertos pela lavra serão selecionados para deposição do refugo do lavador. Após compactação de uma camada de argila, os caminhões de retorno depositarão o refugo em camadas, compactadas pelo próprio tráfego. Completada a deposição, esses cortes serão recobertos por nova camada de argila compactada, eliminando as possibilidades de combustão espontânea e de per-

colação de efluentes líquidos.

Serão construídas no mínimo duas bacias de decantação para que, quando uma estiver assoreada, seja possível a drenagem da água e a limpeza, sendo os rejeitos também transportados para os cortes da lavra.

9.1.2 - Efluentes Líquidos

A água de lavagem será clarificada no espessador e recirculada. Para evitar contaminações rio abaixo, será construida uma vala de proteção a montante do lavador e um dique de contenção a jusante, para reter com segurança os efluentes oriundos de chuvas com intensidade de até 100 mm. Em caso de precipitações excepcionais, o grande volume dos rios fará com que os contaminantes liberados estejam de tal forma diluidos que não provoquem danos no arroio Capanezinho ou no rio Jacuí.

Na área de lavra serão construídos valas de proteção para reduzir a entrada de águas no corte, A monitoração dos efluentes será iniciada antes do início da fase de pré-operação. Caso se verifique alteração importante de pH ou elevada turbidez, serão construídas no Arroio Capanezinho barragens de contenção com leitos de calcário.

9.2 - Instalações Industriais

Na fase atual dos estudos o importante é a quantificação global dos investimentos, não sendo necessário detalhar o projeto de cada prédio. Assim, por comparação com lavras de porte semelhante, estimou-se a necessidade de um total de 800 m^2 de construções, ao custo unitário de US$ 300/m^2, compreendendo os seguintes itens princi-

pais:

- Oficina mecânica e elétrica
- Oficina de veículos pesados
- Almoxarifado
- Laboratório
- Portaria e Balança de veículos
- Administração
- Refeitório
- Ambulatório Médico
- Depósitos de Explosivos

9.3 - Veículos Diversos

Serão necessários veículos médios e leves para trabalhos de apoio à mina. Foram previstos:

- 2 caminhões Mercedes L-1514 com caçamba para transporte de terra e materiais.
- 2 camionetes A-10 e 1 camionete VW Kombi para transporte externo de pessoal.
- 1 ambulância VW Kombi para uso do ambulatório.
- 2 automóveis VW Gol para capatazes e administradores.

O custo total dos veículos foi estimado em US$200.000.

9.4 - Água Potável e Energia Elétrica

A posição da área industrial, próxima de diversas ravinas em cotas elevadas, facilitará o abastecimento de água potável por gravidade, a partir de pequena represa colocada em cota conveniente. A única precaução será a restrição do uso agropastoril da bacia de coleta, a fim de assegurar a sanidade da água.

A rede elétrica existente, na tensão de 13,2 kV, abastece duas minas de carvão (com produção total de 370.000t de ROM em 1985), além de alguns moinhos de calcário e fazendas próximas. O porte da lavra estudada, para 1.347.000 t/ano de ROM, baseado em uma escavadeira com demanda média de 1820 kW e carga de pico instantânea de 4056kW necessita de uma nova linha elétrica, em tensão de 69 kV, construída a partir de Cachoeira do Sul (30 km).

É usual no Brasil que poderes públicos federal, estaduais e municipais apoiem novos empreendimentos, executando ou subsidiando obras de infraestrutura, tais como rodovias, abastecimento de água e energia elétrica, conjuntos habitacionais, etc. Entretanto, as condições financeiras atuais do governo estadual e, em especial, da CEEE, tornam incerto tal apoio.

Assim, foi previsto o seguinte esquema: A rede elétrica de alta tensão Cachoeira-Taquara será executada pela CEEE ou, alternativamente, pelo minerador, com ressarcimento mediante desconto na energia consumida, constituindo, assim, ônus econômico reduzido. A subestação principal de 7 MVA, a rede elétrica interna e os transformadores secundários serão obras do minerador, correspondendo a um investimento previsto de US$300.000.

10. ANÁLISE ECONÔMICA

A análise baseou-se em valores de abril/87, transformados em dólares à taxa de US$1,00 = Cz$23,707. Não foi considerada inflação, pois seus efeitos na receita e na despesa se compensam mutuamente.

10.1 - Investimentos

Os principais equipamentos e instalações foram descritos

nos capítulos anteriores. Os valores a investir serão resumidos no presente item e agrupados no Quadro XI, com indicação da vida útil ou prazo de depreciação.

A) Uma escavadeira Bucyrus 1260W, no valor de US$12.000.000. A vida útil foi estimada em 20 anos e o valor residual, portanto, em $\frac{5}{20}$ do investimento.

B) Duas perfuratrizes Bucyrus 35R com valor unitário de US$330.000, uma carregadeira shovel elétrica Demag H55 com valor de US$878.000 e uma motoniveladora Fiat F85 com valor de US$97.000. Esses valores somam US$1.635.000 e a vida útil foi estimada em 10 anos; findo esse prazo, será necessária uma frota de substituição, com valor residual de $\frac{5}{10}$ no final dos 15 anos da mina.

C) Caminhões Randon RK-425, no valor unitário de US$163.000 e vida útil estimada de 10 anos. A frota inicial será de três unidades, acrescida de mais duas no 6º ano. No 11º ano será necessária aquisição de mais cinco unidades, das quais três para reposição da frota inicial. Esses cinco últimos caminhões terão $\frac{5}{10}$ de valor residual no 16º ano.

D) Um trator de esteiras pesado (faixa de 300 HP) no valor de US$ 430.000 e um trator de esteiras médio (faixa de 150 HP), somando US$527.000. Esses equipamentos necessitarão de substituição total no 6º e no 11º anos, sem valor residual no final da lavra.

E) Equipamentos auxiliares, no valor de US$295.000, ou seja, 10% da soma dos itens B, C e D e veículos médios e leves diversos no valor de US$200.000, sujeitos ao mesmo sistema de substituição do item D.

F) Prédios e equipamentos de beneficiamento, no valor total estimado de US$6.000.000. Prevê-se que 70% desse valor tenha a mesma vida útil da jazida; os 30% restantes, constituídos de máquinas de menor duração ou menor prazo de obsolescência, deverá ser substituído no 9º ano de lavra. Não será considerado valor residual

QUADRO XI
INVESTIMENTOS

Valores em Us$1.000

ITEM	VIDA ÚTIL (anos)	IMPLANTAÇÃO						OPERAÇÃO																TOTAL GERAL	CAPITAL DE GIRO E VALOR RESIDUAL
		ANO -4	ANO -3	ANO -2	ANO -1	ANO 0	SOMA (A)	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	SOMA (B)	(A+B)	
A) Escavadeira	20	-	-	1.200	4.800	6.000	12.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.000	3.000
B) Perfuratrizes, Carregadeira Hidráulica e Motoniveladora	10	-	-	163	654	818	1.635	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.635	-	-	-	-	1.635	3.270	817
C) Caminhões	10	-	-	49	196	244	489	-	-	-	-	-	326	-	-	-	-	815	-	-	-	-	1.141	1.630	407
D+E) Tratores de Esteira, Equipamentos Auxiliares de Lavra e Veículos Diversos	5	-	-	-	307	715	1.022	-	-	-	-	-	1.022	-	-	-	-	1.022	-	-	-	-	2.044	3.066	-
F) Beneficiamento 30%	8	-	-	-	-	1.800	1.800	-	-	-	-	-	-	-	1.800	-	-	-	-	-	-	-	1.800	3.600	-
F) Beneficiamento 70%	15	-	-	-	2.940	1.260	4.200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.200	-
G) Aquisição de Terras	-	-	50	50	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
H) Prédios	15	-	-	120	120	-	240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	-
I) Equipamento de Oficinas, Laboratório, etc. 50%	5	-	-	-	-	50	50	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	50	-	-	-	-	100	150	-
I) Equipamento de Oficinas, Laboratório, etc. 50%	15	-	-	-	50	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-
J) Subestação, Rede Elétrica e Transformadores Secundários	15	-	-	30	135	135	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-
K) Despesas Pré-operacionais	5	-	109	219	328	438	1.094	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.094	-
L) Estudos, Projeto e Gerenciamento	15	230	345	230	172	172	1.149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.149	-
M) Capital de Giro	-	-	-	-	-	1.586	1.586	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.586	1.586
SUBTOTAL		230	504	2.061	9.702	13.218	25.715	-	-	-	-	-	1.398	-	1.800	-	3.522	-	-	-	-	6.720	32.435	5.910
N) Eventuais e Diversos		23	50	206	970	1.322	2.571	-	-	-	-	-	140	-	180	-	352	-	-	-	-	672	3.243	591
TOTAL		253	554	2.267	10.672	14.540	28.286	-	-	-	-	-	1.538	-	1.980	-	3.874	-	-	-	-	7.392	35.678	6.501

para ambas as parcelas, pelo reduzido preço de revenda usual para tais equipamentos.

G) Aquisição de terras. É usual a aquisição parcelada, de um a três anos antes da lavra de cada trecho da jazida. Nesse caso, a necessidade seria da ordem de US$200.000 para o total do item. Como isso representa menos de 1% do investimento total, preferiu-se simplificar, alocando US$100.000 para aquisição total antecipada,no período de implantação. Esse valor será recuperado no final da lavra.

H) Prédios (oficinas, administração, etc.). Foi estimado o total de US$240.000, sem resíduo final.

I) Equipamentos de oficinas, laboratório, etc. Foi estimado o total de US$100.000, dos quais metade terá a mesma vida útil da mina; a outra metade, com vida útil de 5 anos, terá substituição total no 6º e no 11º anos.

J) Subestação, rede elétrica e transformadores secundários. Foi estimado um investimento de US$300.000. Não foi considerado o valor residual dos transformadores.

K) Despesas pré-operacionais. Foi estimado um valor de US$ 1.094.000, ou seja, 5% da soma de todos os itens precedentes. Inclui estradas, aberturas de corte inicial, período de testes de equipamentos, etc. Embora seja admissível depreciá-los ao longo da vida do projeto, será adotada uma hipótese mais desfavorável, com depreciação total nos primeiros cinco anos de operação.

L) Estudos, Projeto e Gerenciamento. Foi estimado um valor de US$1.149.000, ou seja, 5% da soma de todos os itens precedentes.

M) Capital de Giro. Será considerado o valor de 1,5 meses de produção, correspondente a um prazo médio de faturamento de 30 dias após o mes de venda, acrescido de 0,5 meses de produção para estoque de ROM e beneficiado. Resulta, assim, um total de 162.112 t de CE 3700 ao valor médio de US$8,55/t (custo direto mais depreciação), somando US$1.386.000. Serão alocados mais US$200.000 para estoques

de materiais de reposição e consumo. O capital de giro será recuperado no final da lavra ao preço normal de venda.

N) Eventuais e diversos. Foram estimados em 10% da soma dos itens precedentes, ou seja, US$2.571.000 no período de implantação, mais US$672.000 no de operação.

10.2 - Depreciação e Custo Direto

No Quadro XII estão discriminados os valores alocados à depreciação, ano a ano, de todos os investimentos listados no item 11.1, com exceção da aquisição de terras e do capital de giro.

Os custos anuais de operação nos primeiros cinco anos (3 caminhões para transporte de ROM) estão discriminados abaixo. Do 6º ao 10º e do 11º ao 15º anos esses custos serão alterados devido à ampliação da frota. Os valores foram obtidos de informações, às vezes reservadas, de minas e projetos de lavra do Rio Grande do Sul, bem como de fabricantes.

	US$1.000
1 escavadeira Bucyrus 1260W (inclui e. elétrica)	2.284
2 perfuratrizes Bucyrus 35R (inclui e. elétrica)	140
Explosivos para cobertura (item 7.3)	1.641
Remoção de terra vegetal	141
Explosivos para carvão (item 7.5)	174
1 escavadeira Demag H55 (inclui e. elétrica)	76
3 caminhões Randon RK-425	312
1 trator pesado 300 HP	160
1 trator médio 150 HP	80
1 motoniveladora	40
Equipamento auxiliar e de apoio	50
Materiais Diversos (lavra, beneficiamento, oficinas e administração)	160

QUADRO XII
DEPRECIAÇÕES

Valores em US$1.000

ITEM	VIDA ÚTIL (anos)	IMPLANTAÇÃO						OPERAÇÃO															TOTAL GERAL (A+B)
		ANO -4	ANO -3	ANO -2	ANO -1	ANO 0	SOMA (A)	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	SOMA (B)	
A) Escavadeira	20	-	-	-	-	-	0	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	9.000	9.000
B) Perfuratrizes, Carregadeira Hidráulica e Motoniveladora	10	-	-	-	-	-	0	163	164	163	164	163	164	163	164	163	164	163	164	163	164	164	2.453	2.453
C) Caminhões	10	-	-	-	-	-	0	49	49	49	49	49	81	82	82	81	81	114	114	115	114	114	1.223	1.223
D+E) Tratores de Esteira, Equipamentos Auxiliares de Lavra e Veículos Diversos	5	-	-	-	-	-	0	204	205	204	205	204	204	205	204	205	204	204	205	204	205	204	3.066	3.066
F) Beneficiamento 30%	8	-	-	-	-	-	0	225	225	225	225	225	225	225	225	257	257	257	258	257	257	257	3.600	3.600
F) Beneficiamento 70%	15	-	-	-	-	-	0	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	4.200	4.200
G) Aquisição de Terras	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
H) Prédios	15	-	-	-	-	-	0	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	240	240
I) Equipamento de Oficinas, Laboratórios, etc. 50%	5	-	-	-	-	-	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	150	150
I) Equipamento de Oficinas, Laboratórios, etc. 50%	15	-	-	-	-	-	0	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	50	50
J) Subestação, Rede Elétrica e Transformadores Secundários	15	-	-	-	-	-	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	300	300
K) Despesas Pré-operacionais	5	-	-	-	-	-	0	219	219	218	219	219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.094	1.094
L) Estudos, Projeto e Gerenciamento	15	-	-	-	-	-	0	77	76	77	76	77	77	76	77	76	77	77	76	77	76	77	1.149	1.149
M) Capital de Giro	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
S U B T O T A L	-	-	-	-	-	-	0	1.866	1.868	1.865	1.867	1.867	1.680	1.680	1.682	1.711	1.712	1.745	1.746	1.745	1.746	1.745	26.545	26.545
N) Eventuais e Diversos	-	-	-	-	-	-	0	187	187	186	187	187	168	168	168	171	171	174	175	174	175	174	2.652	2.652
T O T A L	-	-	-	-	-	-	0	2.053	2.055	2.051	2.054	2.054	1.848	1.848	1.850	1.882	1.883	1.919	1.921	1.919	1.921	1.919	29.177	29.177

Pessoal, inclusive leis sociais	840
T O T A L	6.098

10.3 - Fluxo de Caixa

Nos Quadros XIII e XIV tem-se os fluxos de caixa para as duas hipóteses de preço do CE 3700: o valor de US$25,60/t, previsto a médio prazo conforme o item 8,3 e o valor de US$20,80/t, fixado pelo CNP em 15/04/87. Os valores foram discriminados em três períodos: Implantação (anos -4 até 0), Operação (anos +1 até +15) e Recuperação de Capital de Giro e Valor Residual (ano +16).

Os investimentos representam os totais calculados pelo Quadro XI, tanto no período de implantação, como na reposição de unidades com vida inferior à da jazida.

A receita bruta corresponde a 0,5 meses de produção no ano 0, 10 meses no ano +1 e 1,5 meses no ano +16, nesse último representando a recuperação do capital de giro.

O imposto único sobre minerais (IUM) está fixado em 3% da receita para o carvão destinado à termoeletricidade e 15% para o produto destinado a outros usos. Considerando que 80% da produção se destine às termoelétricas em construção (Jacuí I) e projetadas para a região entre Cachoeira do Sul e Porto Alegre, a proporção entre o IUM e a receita será:

$$\frac{80}{100} \times 3\% + \frac{20}{100} \times 15\% = 5,4\%$$

A receita após IUM foi calculada pela diferença entre os dois itens precedentes.

QUADRO XIII

FLUXO DE CAIXA - CE 3700 a US$25,60/t

Valores em US$1.000

ITEM	VALOR DA JAZIDA	IMPLANTAÇÃO						OPERAÇÃO														TOTAL	C. GIRO E VALOR RESIDUAL	TOTAL GERAL
		ANO -4	ANO -3	ANO -2	ANO -1	ANO 0	SOMA (A)	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	SOMA (B)	(A+B)	(C)	(A+B+C)
1) INVESTIMENTOS		253	554	2.267	10.672	14.540	28.286	0	0	0	0	0	1.538	0	0	1.980	0	3.874	0	0	0	0	7.392	35.678	- 6.501	29.177
2) RECEITA BRUTA						1.038	1.038	20.750	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	24.900	369.350	370.388	3.112	373.500
3) IUM (5,4% x 2)						56	56	1.121	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	1.345	19.951	20.007	168	20.175
4) RECEITA APÓS IUM (2-3)						982	982	19.629	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	23.555	349.399	350.381	2.944	353.325
5) CUSTO DIRETO						1.016	1.016	6.098	6.098	6.098	6.098	6.098	6.306	6.306	6.306	6.306	6.306	6.514	6.514	6.514	6.514	6.514	94.590	95.606	0	95.606
6) LUCRO BRUTO (4-5)						- 34	- 34	13.531	17.457	17.457	17.457	17.457	17.249	17.249	17.249	17.249	17.249	17.041	17.041	17.041	17.041	17.041	254.809	254.775	2.944	257.719
7) DEPRECIAÇÃO						0	0	2.053	2.055	2.051	2.054	2.054	1.848	1.848	1.850	1.882	1.883	1.919	1.921	1.919	1.921	1.919	29.177	29.177	0	29.177
8) LUCRO TRIBUTÁVEL (6-7 , se positivo)						0	0	11.478	15.402	15.406	15.403	15.403	15.401	15.401	15.399	15.367	15.366	15.122	15.120	15.122	15.120	15.122	225.632	225.632	2.944	228.576
9) IMPOSTO DE RENDA						0	0	5.130	6.896	6.898	6.896	6.896	6.895	6.895	6.894	6.880	6.880	6.770	6.769	6.770	6.769	6.770	101.008	101.008	1.290	102.298
10) LUCRO APÓS I. R. (6-9)						- 34	- 34	8.401	10.561	10.559	10.561	10.561	10.354	10.354	10.355	10.369	10.369	10.271	10.272	10.271	10.272	10.271	153.801	153.767	1.654	155.421
11) FLUXO DE CAIXA (10-1)		- 253	- 554	- 2.267	-10.672	-14.574	-28.320	+ 8.401	+10.561	+10.559	+10.561	+10.561	+ 8.816	+10.354	+10.355	+ 8.389	+10.369	+ 6.397	+10.272	+10.271	+10.272	+10.271	+146.409	+118.089	+8.155	+126.244
FLUXOS DE CAIXA DESCONTADOS (no início de cada ano) 15,0% AO ANO	Anual	+ 236	+ 449	+ 1.598	+ 6.543	+ 7.700		- 3.895	- 4.258	- 3.702	- 3.219	- 2.799	- 2.032	- 2.075	- 1.805	- 1.271	- 1.367	- 733	- 1.024	- 890	- 774	- 673			- 465	
	Acumulado	14.386	-14.386	-14.622	-15.071	-16.669	-23.212		-30.982	-27.087	-22.829	-19.127	-15.908	-13.109	-11.077	- 9.002	- 7.197	- 5.926	- 4.559	- 3.826	- 2.802	- 1.912	- 1.138			- 465	
17,5% AO ANO	Anual	+ 233	+ 435	+ 1.515	+ 6.069	+ 7.054		- 3.460	- 3.702	- 3.150	- 2.682	- 2.282	- 1.621	- 1.621	- 1.379	- 951	- 1.000	- 525	- 718	- 611	- 520	- 442			- 299	
	Abumulado	9.657	- 9.657	- 9.890	-10.325	-11.840	-17.909		-24.963	-21.503	-17.801	-14.651	-11.969	- 9.687	- 8.066	- 6.445	- 5.066	- 4.115	- 3.115	- 2.590	- 1.872	- 1.261	- 741			- 299	
20,0% AO ANO	Anual	+ 231	+ 421	+ 1.437	+ 5.638	+ 6.416		- 3.082	- 3.229	- 2.690	- 2.242	- 1.868	- 1.300	- 1.272	- 1.060	- 716	- 737	- 379	- 507	- 423	- 352	- 293			- 194	
	Acumulado	6.201	- 6.201	- 6.432	- 6.853	- 8.290	-13.928		-20.344	-17.262	-14.033	-11.343	- 9.101	- 7.233	- 5.933	- 4.661	- 3.601	- 2.885	- 2.148	- 1.769	- 1.262	- 839	- 487			- 194	
22,5% AO ANO	Anual	+ 229	+ 409	+ 1.365	+ 5.245	+ 5.847		- 2.752	- 2.824	- 2.305	- 1.882	- 1.536	- 1.047	- 1.004	- 819	- 542	- 547	- 275	- 361	- 295	- 241	- 196			- 127	
	Acumulado	3.658	- 3.658	- 3.887	- 4.296	- 5.661	-10.906		-16.753	-14.001	-11.177	- 8.872	- 6.990	- 5.454	- 4.407	- 3.403	- 2.584	- 2.042	- 1.495	- 1.220	- 859	- 564	- 323			- 127	
25,0% AO ANO	Anual	+ 226	+ 396	+ 1.298	+ 4.887	+ 5.339		- 2.462	- 2.476	- 1.981	- 1.585	- 1.268	- 847	- 796	- 636	- 413	- 408	- 201	- 259	- 207	- 166	- 132			- 94	
	Acumulado	1.775	- 1.775	- 2.001	- 2.397	- 3.695	- 8.582		-13.921	-11.459	- 8.983	- 7.002	- 5.417	- 4.149	- 3.302	- 2.506	- 1.870	- 1.457	- 1.049	- 848	- 589	- 382	- 216			- 84	
27,5% AO ANO	Anual	+ 224	+ 385	+ 1.235	+ 4.560	+ 4.884		- 2.208	- 2.177	- 1.707	- 1.339	- 1.050	- 688	- 633	- 497	- 316	- 306	- 148	- 187	- 146	- 115	- 90			- 56	
	Acumulado	375	- 375	- 599	- 984	- 2.219	- 6.779		-11.663	- 9.455	- 7.278	- 5.571	- 4.232	- 3.182	- 2.494	- 1.861	- 1.364	- 1.048	- 742	- 594	- 407	- 261	- 146			- 56	
30,0% AO ANO	Anual	+ 222	+ 374	+ 1.177	+ 4.260	+ 4.475		- 1.984	- 1.919	- 1.476	- 1.135	- 873	- 561	- 507	- 390	- 243	- 231	- 110	- 135	- 104	- 80	- 62			- 38	
	Acumulado	- 660	+ 660	+ 438	+ 64	- 1.113	- 5.373		- 9.848	- 7.864	- 5.945	- 4.469	- 3.334	- 2.461	- 1.900	- 1.393	- 1.003	- 760	- 529	- 419	- 284	- 180	- 100			- 38	

QUADRO XIV

FLUXO DE CAIXA - CE 3700 a US$20,80/t

Valores em US$1.000

ITEM	VALOR DA JAZIDA	IMPLANTAÇÃO						OPERAÇÃO															TOTAL	C. GIRO E VALOR RESIDUAL	TOTAL GERAL
		ANO -4	ANO -3	ANO -2	ANO -1	ANO 0	SOMA (A)	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10	ANO 11	ANO 12	ANO 13	ANO 14	ANO 15	SOMA (B)	(A+B)	(C)	(A+B+C)
1) INVESTIMENTOS		253	554	2.267	10.672	14.540	28.286	0	0	0	0	0	1.538	0	0	1.980	0	3.874	0	0	0	0	7.392	35.678	- 6.501	29.177
2) RECEITA BRUTA						843	843	16.863	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	20.235	300.153	300.996	2.529	303.525
3) IUM (5,4% x 2)						46	46	911	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	1.093	16.213	16.259	137	16.396
4) RECEITA APÓS IUM (2-3)						797	797	15.952	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	19.142	283.940	284.737	2.392	287.129
5) CUSTO DIRETO						1.016	1.016	6.098	6.098	6.098	6.098	6.098	6.306	6.306	6.306	6.306	6.306	6.514	6.514	6.514	6.514	6.514	94.590	95.606	0	95.606
6) LUCRO BRUTO (4-5)						- 219	- 219	9.854	13.044	13.044	13.044	13.044	12.836	12.836	12.836	12.836	12.836	12.628	12.628	12.628	12.628	12.628	189.350	189.131	2.392	191.523
7) DEPRECIAÇÃO						0	0	2.053	2.055	2.051	2.054	2.054	1.848	1.848	1.850	1.882	1.883	1.919	1.921	1.919	1.921	1.919	29.177	29.177	0	29.177
8) LUCRO TRIBUTÁVEL (6-7, se positivo)						0	0	7.801	10.989	10.993	10.990	10.990	10.988	10.988	10.986	10.954	10.953	10.709	10.707	10.709	10.707	10.709	160.173	160.173	2.392	162.565
9) IMPOSTO DE RENDA						0	0	3.475	4.910	4.912	4.910	4.910	4.910	4.910	4.909	4.894	4.894	4.784	4.783	4.784	4.783	4.784	71.552	71.552	1.041	72.593
10) LUCRO APÓS I. R. (6-9)						- 219	- 219	6.379	8.134	8.132	8.134	8.134	7.926	7.926	7.927	7.942	7.942	7.844	7.845	7.844	7.845	7.844	117.798	117.579	1.351	118.930
11) FLUXO DE CAIXA (10-1)		- 253	- 554	- 2.267	-10.672	-14.759	-29.601	+ 6.379	+ 8.134	+ 8.132	+ 8.134	+ 8.134	+ 6.388	+ 7.926	+ 7.927	+ 5.962	+ 7.942	+ 3.970	+ 7.845	+ 7.844	+ 7.845	+ 7.844	+110.406	+ 80.805	+ 7.852	+ 88.657
FLUXOS DE CAIXA DESCONTADOS (no início de cada ano) 15,0% AO ANO	Anual	+ 236	+ 449	+ 1.598	+ 6.543	+ 7.869		- 2.957	- 3.279	- 2.851	- 2.480	- 2.156	- 1.472	- 1.589	- 1.382	- 904	- 1.047	- 455	- 782	- 680	- 591	- 514			- 447	
	Acumulado	6.891	- 6.891	- 7.127	- 7.576	- 9.174	-15.717		-23.586	-20.629	-17.350	-14.499	-12.019	- 9.863	- 8.391	- 6.802	- 5.420	- 4.516	- 3.469	- 3.014	- 2.232	- 1.552	- 961			- 447	
17,5% AO ANO	Anual	+ 233	+ 435	+ 1.515	+ 6.069	+ 7.143		- 2.628	- 2.851	- 2.426	- 2.065	- 1.758	- 1.175	- 1.241	- 1.056	- 676	- 766	- 326	- 548	- 467	- 397	- 338			- 298	
	Acumulado	3.611	- 3.611	- 3.844	- 4.279	- 5.794	-11.863		-19.006	-16.378	-13.527	-11.101	- 9.036	- 7.278	- 6.103	- 4.862	- 3.806	- 3.130	- 2.364	- 2.038	- 1.490	- 1.023	- 626			- 298	
20,0% AO ANO	Anual	+ 231	+ 421	+ 1.437	+ 5.638	+ 6.497		- 2.340	- 2.487	- 2.072	- 1.727	- 1.439	- 942	- 974	- 812	- 509	- 565	- 235	- 387	- 323	- 269	- 224			- 187	
	Acumulado	1.268	- 1.268	- 1.499	- 1.920	- 3.357	- 8.995		-15.492	-13.152	-10.665	- 8.593	- 6.866	- 5.427	- 4.485	- 3.511	- 2.699	- 2.190	- 1.625	- 1.390	- 1.003	- 680	- 411			- 187	
22,5% AO ANO	Anual	+ 229	+ 409	+ 1.365	+ 5.245	+ 5.922		- 2.089	- 2.175	- 1.775	- 1.449	- 1.183	- 758	- 768	- 627	- 385	- 419	- 171	- 276	- 225	- 184	- 150			- 123	
	Acumulado	413	+ 413	+ 184	- 225	- 1.590	- 6.835		-12.757	-10.668	- 8.493	- 6.718	- 5.269	- 4.086	- 3.328	- 2.560	- 1.933	- 1.548	- 1.129	- 958	- 682	- 457	- 273			- 123	

O custo direto foi calculado no item 10.2.

O lucro bruto foi calculado pela diferença entre os dois itens precedentes.

A depreciação está representada pelos totais, ano a ano, do Quadro XII. Como será visto no item 10.4, não será considerada nem a exaustão real, nem a exaustão incentivada.

O lucro tributável foi calculado pela diferença entre os dois itens precedentes. No ano 0 esse valor é negativo; não foi considerada, para fins de imposto de renda, sua compensação com lucros posteriores.

O imposto de renda foi calculado à alíquota de 35% até 40.000 OTNs e 45% sobre o excedente. Não foi considerada a vantagem de seu pagamento diferido no semestre ou no ano seguinte ao fato gerador. Igualmente, não foram consideradas quaisquer deduções da base tributável (incentivos a benefícios sociais como transporte, alimentação, etc.; incentivos culturais, etc.) com exceção da depreciação dos investimentos.

O lucro após o IR é a diferença entre o lucro bruto e o imposto de renda.

O fluxo de caixa é a diferença entre o lucro após o IR e os investimentos. No ano +16 leva em conta a recuperação do capital de giro e do valor residual dos equipamentos, bem como da venda da terra.

O fluxo de caixa descontado é o fluxo de caixa, descontado para o início do ano -4 a taxas variáveis entre 15% e 30% anuais.

Os valores, calculados ano a ano, foram acumulados retroativamente, a partir de um valor zero do empreendimento no fim do ano +16. Resultam, no início do ano -4, os valores da jazida para cada uma das hipóteses consideradas de preço do carvão e de taxa interna de retorno. (TIR)

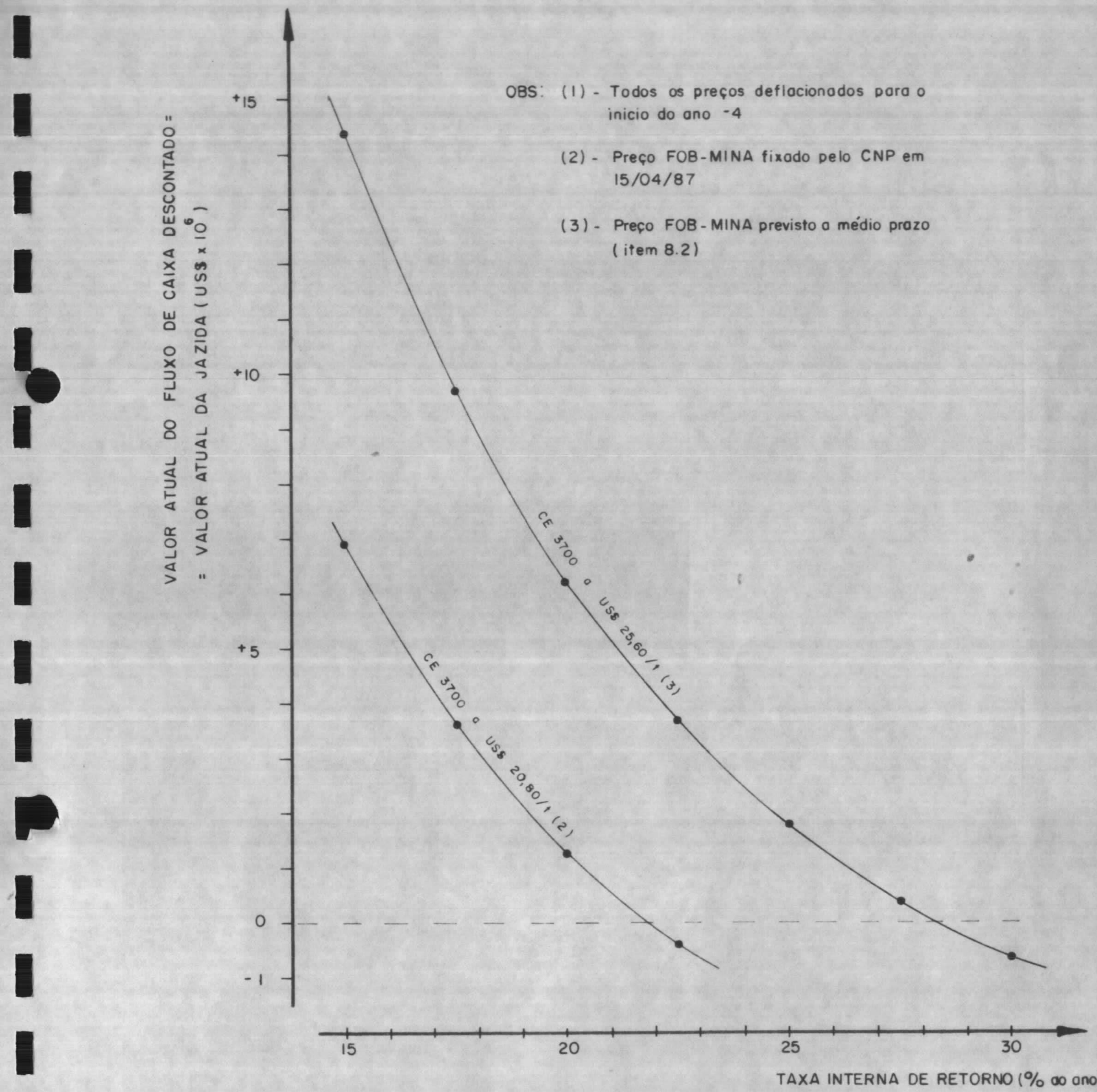
Na Figura 21 tem-se um gráfico correlacionando o valor atual da jazida no início do ano -4 às diversas TIRs a partir de 15% anuais, para os dois preços de beneficiado. É importante observar que vários anteprojetos de lavra recentes executados no Rio Grande do Sul basearam os estudos econômicos em TIRs entre 10% e 15% anuais. Conclui-se, assim, que a CPRM não deve aceitar, na privatização dos direitos minerários do Bloco Taquara, avaliação baseada em valores de TIR substancialmente superiores a 15% anuais.

A Figura 21 mostra que, mesmo com os baixos preços atuais de carvão, a jazida pode operar com lucro até custos de capital de 21,8% ao ano. Naturalmente, o valor dos direitos aumenta muito para a hipótese do preço do CE 3700 a US$25,60/t, de ocorrência muito viável assim que terminar a atual guerra de preços entre produtores de petróleo.

A Figura 22 mostra a evolução do fluxo de caixa descontado para cinco valores selecionados de preços e TIRs. As ordenadas iniciais de cada poligonal representam os valores da jazida, na data de início do empreendimento e para a hipótese considerada.

10.4 - Exaustão Real, Exaustão Incentivada e Capital de Terceiros

O titular do empreendimento mineiro poderá deduzir do lucro tributável uma alíquota referente à exaustão dos direitos minerários que pagar à CPRM. Essa operação contábil aumentará o lucro a-



OBS: (1) - Todos os preços deflacionados para o inicio do ano -4

(2) - Preço FOB-MINA fixado pelo CNP em 15/04/87

(3) - Preço FOB-MINA previsto a médio prazo (item 8.2)

FIG 21

RELAÇÃO ENTRE O VALOR ATUAL DA JAZIDA E A TAXA INTERNA DE RETORNO

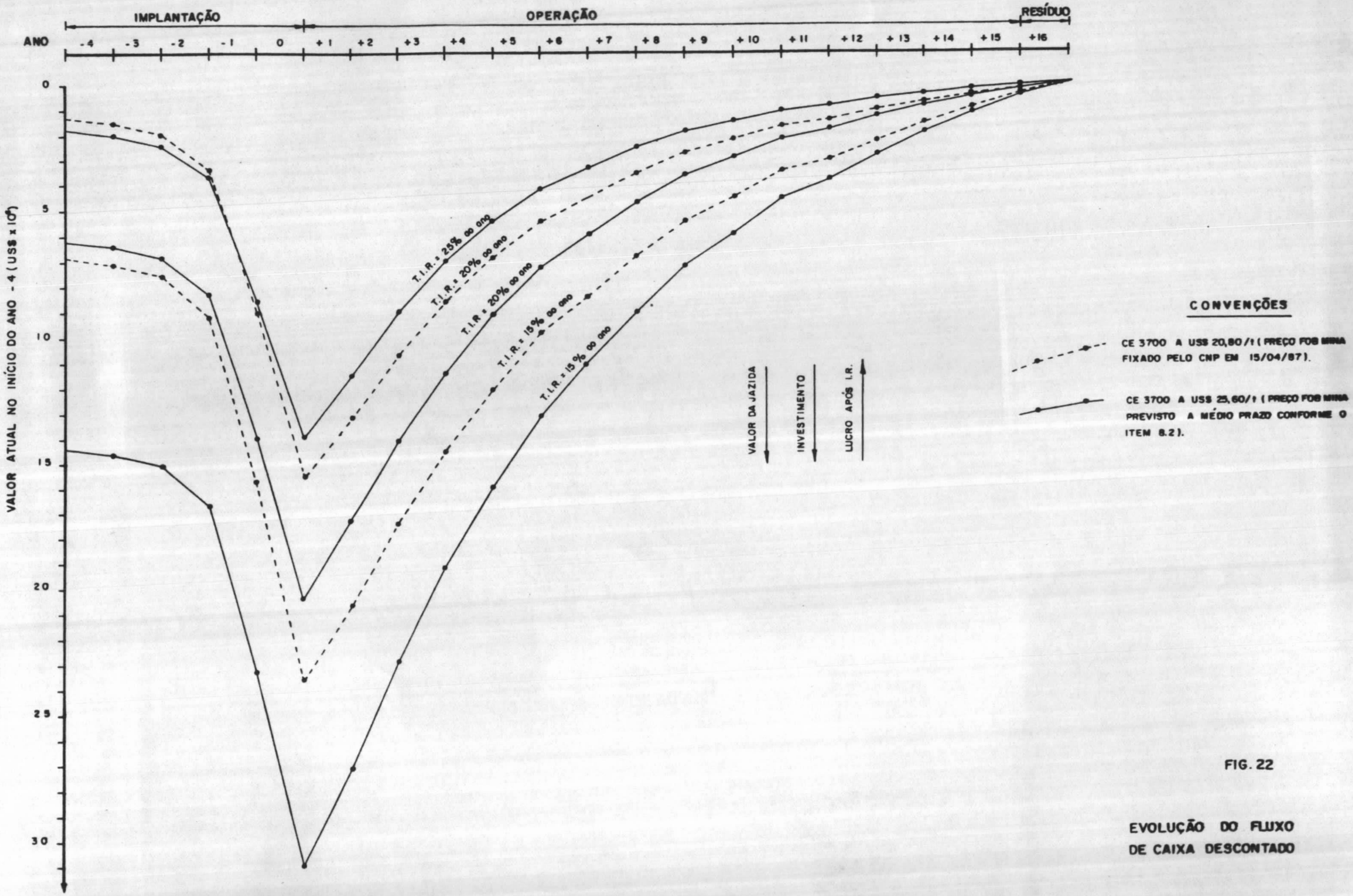


FIG. 22

EVOLUÇÃO DO FLUXO
DE CAIXA DESCONTADO

pós o IR, e, em conseqüência, também aumentará o fluxo de caixa e o fluxo de caixa descontado. Como esse valor de transferência não é conhecido, a exaustão real não pode ser fixada.

Admitindo, por hipótese, um valor redondo de US$10.000.000, ter-se-iam as seguintes conseqüências, considerando simplificadamente a exaustão linear entre os anos +1 e +15:

- O lucro tributável é reduzido de US$667.000 anuais.
- O imposto de renda é reduzido de US$300.000 anuais; o lucro após o IR e o fluxo de caixa são aumentados do mesmo valor.
- Há aumento no fluxo de caixa descontado para o início do ano -4 de US$935.000 (TIR de 15% ao ano), US$617.000 (20%) ou US$424.000 (25%).

A partir do DL Nº 1096/70 foi instituída a exaustão incentivada, que permite ao minerador complementar a cota de exaustão até 20% da receita bruta (sujeita ao IUM) nos primeiros 10 anos de exploração. Alterações posteriores, consolidadas nos artigos 216 e seguintes do RIR/80, limitaram o benefício até o final do período-base de 1988.

Assim, não é possivel incluir nesse estudo as vantagens da exaustão incentivada, pois o início da lavra se dará após o prazo limite vigente. Como é bastante freqüente na legislação brasileira, esse benefício talvez venha a ser prorrogado às vésperas do prazo final. Nessa hipótese, o lucro tributável poderá ser reduzido de US$4.407.000 nos primeiros 10 anos de operação. O valor de IR será então reduzido de US$1.821.000 anuais nesses 10 anos; o fluxo de caixa descontado será, por conseqüência, aumentado de US$4.873.000, US$3.360.000 ou US$2.382.000 para as três hipóteses de TIRs (15%, 20% ou 25% anuais).

Na etapa atual do empreendimento, julgou-se prematuro es-

pecular com proporções variável de capital de empréstimo e com suas respectivas taxas de juro. Mesmo na quantificação do investimento , preferiu-se alocar os valores nos anos de implantação, sem diferi-los parcialmente por meio de empréstimos, como é normal em minas de grande porte. Pelo mesmo motivo, o capital de giro próprio (estoque de carvão), imobilizado durante os 15 anos, substitui a necessidade de despesas financeiras. A participação de empréstimos em condições subsidiadas, através do BNDES, do BRDE ou de outras instituições,pode aumentar a rentabilidade do investimento, mas é de difícil quantificação prévia, pelas constantes mudanças operacionais e pela irregularidade de sua disponibilidade.

11. CONCLUSÕES

Nos 5 Alvarás de Pesquisa estudados há 7 camadas de carvão. Na camada principal, denominada Capanezinho, as reservas de carvão na camada somam $31,8 \times 10^6$ t. Os trechos lavráveis a céu aberto,sob cobertura inferior a 40 m e relação de descobertura máxima de 16 m^3/t CC somam $12,536 \times 10^6$ t de carvão na camada (94,8% na categoria de Reserva Medida), que correspondem a $20,208 \times 10^6$ t de camada total jacente. O erro de avaliação estimado é inferior a $\pm$ 5%. A cobertura estéril soma $129,075 \times 10^6$ m^3, resultando em relações de descobertura médias de 6,39 m^3/t CT ou 10,30 m^3/t CC. A estrutura é suavemente inclinada, com uma falha de grande porte.

A lavra será feita por desmonte em tiras através de escavadeira tipo draga de arrasto ("dragline") de porte semelhante ao da Bucyrus 1260W recentemente montada em Candiota. O carvão será extraído por escavadeira e transportado por caminhões do tipo fora de estrada de 22,5 t.

A caracterização qualitativa das sondagens foi executada na bi

tola de 1/8" e das trincheiras em 1/2", o que permite estimar os rendimentos industriais. Do carvão jacente (desconsiderando a contaminação de lavra) podem ser obtidos por beneficiamento ou 76,0% de CE 3700 ou, alternativamente, 36,5% de CE 4700 + 18,5% CE 3300. Aos preços atuais, a 1ª opção resulta em maior retorno; nesse caso, a lavra deve ser estabelecida em coordenação com as usinas termoelétricas em implantação no baixo vale do Jacuí.

O beneficiamento será baseado em um jig tipo Batac com capacidade de 330 t/h de alimentação, que produzirá 81.056 t/mês de CE 3700, com 3700 cal/g, 44,1% de cinzas e 0,4% de enxofre.

A vida útil da jazida foi estimada em 15 anos. A análise econômica estudou duas hipóteses de preço para o CE 3700 comercializado: US$20,80/t, correspondendo ao fixado pelo CNP em 15/04/87 e US$ ... 25,60/t, valor compatível com moderada elevação de preços do petróleo da OPEP, previsto pela quase totalidade dos observadores para o início da próxima década. Mesmo na 1ª hipótese, o empreendimento é econômico até a taxa interna de retorno de 21,8% ao ano.

Um fato desfavorável e que pode prejudicar o empreendimento seria o fechamento do mercado de CE 3700, seja com a paralização das novas usinas termoelétricas, seja com eventual monopólio de fornecimento por decisão governamental. Nesse caso, mantida a estrutura atual de preços, é relativamente desvantajoso para o minerador deslocar a produção de beneficiados para produtos mais nobres, como o CE 4200 ou o CE 4700. Portanto, nas condições brasileiras de dependência mútua entre grandes produtores e grandes consumidores, a decisão de lavra está condicionada à segurança de mercado.

Foram estudadas várias hipóteses passíveis de aumentar a rentabilidade do investimento mas que, por não estarem asseguradas ou por

serem de difícil quantificação, não foram incluídas nos cálculos finais. As principais foram:

- Renovação do benefício fiscal da exaustão incentivada, a vencer em breve.

- Incentivos governamentais indiretos (via créditos de custos abaixo da remuneração do capital) ou diretos.

- Redução do diferencial de preços entre a caloria do carvão CIF entrepostos da CAEEB e a do óleo combustível, que atualmente é de 30%.

- Prolongamento da vida da mina pela lavra de setores marginais da camada Capanezinho (com relação de descobertura pouco superior a 16 m^3/t CC) ou de alguns trechos da camada Triângulo.

CPRM

12. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE Fº, E. L. e SUFFERT, T. - 1984 - Projeto Carvão na Área do Arroio Capané; relatório final. Porto Alegre. CPRM. 8 v.

ARIOLI, E. E. - 1986 - A Estratégia da Exploração Mineral. Curitiba. 101 f. (Monografia apresentada ao Departamento de Geologia da U. F. do Paraná).

BLACKMORE, G. - 1981 - Coal Preparation Improves Utility Efficiency. Coal Age, jan. : 70-7.

CASTING Overburden; an Explosive Idea. - 1982 - Coal Age, jul.:72-4.

CHIRONIS, N. P. - 1980 - Casting Overburden by Blasting. Coal Age, may.: 172-80.

_____. - 1982 - Blast Casting Pays off at Avery. Coal Age, nov.: 40-3.

_____. - 1983 - Spoil-side Stripping Succeeds. Coal Age, apr. : 48-53.

_____. - 1984 - Improved Mining Methods and Larger Equipment Reach Deeper Seams. Coal Age, jul.: 50-4.

_____. - 1985 - Blast Casting Succeeds at Multi-seam Western Mine. Coal Age, nov.: 55-8.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - 1984 - Projeto São Sepé; Bloco Taquara, relatório final. Porto Alegre. 4 v.

EXAUSTÃO de Recursos Minerais - 1986 - In: IMPOSTO DE RENDA E LEGISLAÇÃO SOCIETÁRIA, 1986; índice anual. São Paulo, IOB. p.332-6.

FERREIRA, J. A. F. - 1986 - Estudo do Grau de Evolução dos Carvões do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto. Anais ... Ouro Preto, SBG. v. 2 p. 273-82.

FERREIRA, J. A. F. et alii - 1978 - Projeto Carvão no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, CPRM. 16 v.

FIGUEROA, I. & DIAS, A. A. - 1983 - Projeto Carvão na Área do Iruí. Porto Alegre, CPRM. 5 v.

GRIPPO, A. P. - 1984 - How to Get More Cast per Blast. Coal Age, dec.: 63-9.

INFORMATIVO ANUAL DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA. Brasília, DNPM. jul. 1986. p. 148-9.

MACHADO, E. R. & CASTANHO, O. S. - 1957 - Pesquisa de Carvão Mineral na Faixa Sedimentar do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, DACM. 1 v.

MACHADO, E. R.; DEQUECH, V.; CASTANHO, O. S. - 1962 - Condicionamento Geológico das Jazidas de Carvão do Brasil Meridional - RS e SC. Porto Alegre, UFRGS, Escola de Geologia, 1 v. (Avulso Nº 4).

MACHADO, J. L. F.; FEBOLI, W. L.; LEITES, S. R. - 1982 - Projeto Carvão Energético na Área do Iruí; relatório final. Porto Alegre, DNPM/CPRM. 1 v.

MILLER, R. D. & TURLEY, R. E. - 1977 - Nomograph Defines High and Low Sulfur. Coal Age, aug.

PRIMEIRA GERAÇÃO. Triunfo, COPESUL. v. 2, nº 18. 1987.

SCHNEIDER, C. L. & RUBIO, J. - 1987 - Beneficiamento Gravimétrico de Carvões por Jigagem no Brasil. Brasil Mineral, 5(Edição Especial): 5-34.

SOUZA, P. A. de & HERRMANN, H. - 1980 - Avaliação Econômica dos Direitos Minerários; documento preliminar. Brasília, DNPM. 61 f.(Avulso nº 4).

UNISINOS - 1977 - Geologia das Cabeceiras do Arroio Capané. São Leopoldo. 7 v. (Trabalho de conclusão do curso de Geologia da UNISINOS - Inédito).

CPRM

WALKING Draglines; Teminology, Application, Selection. s. l., Bucyrus-Erie, s. d. 24 p.

CPRM

TABELA 1

RESERVAS LAVRÁVEIS A CÉU ABERTO NA CAMADA CAPANEZINHO

SETOR	FURO OU TRINCHEIRA	RESERVA CC (10^3 t)	CRITÉRIO (*)	RESERVA CT (10^3 t)
A	ST-36-RS	230	1	343
A	ST-49-RS	65	2	80
A	Soma	295		423
B	ST-33-RS	187	2	353
B	ST-44-RS	193	1	231
B	ST-48-RS	21	2	29
B	ST-51-RS	29	2	39
	Soma	430		652
C	IR-T-03	257	2	279
C	ST-T-01	238	2	541
C	IR-24-RS	433	1	603
C	AC-50-RS	450	1	652
C	ST-20-RS	623	1	756
C	ST-23-RS	7	1	10
C	ST-25-RS	175	1	245
C	ST-26-RS	425	1	653
C	ST-72-RS	763	1	823
	Soma	3.371		4.562
D	ST-T-02	209	2	248
D	ST-28-RS	306	1	461
D	ST-29-RS	309	1	467
D	ST-30-RS	88	2	96
D	ST-53-RS	58	1	95
D	ST-54-RS	279	1	485
D	ST-57-RS	288	1	343
	Soma	1.537		2.195

SETOR	FURO OU TRINCHEIRA	RESERVA CC (10^3 t)	CRITÉRIO (*)	RESERVA CT (10^3 t)
E	ST-T-04	346	2	362
E	ST-T-05	224	2	233
E	AC-05-RS	33	1	114
E	ST-37-RS	367	1	496
E	ST-38-RS	348	1	804
E	ST-57-RS	232	1	276
E	ST-58-RS	406	1	730
E	ST-59-RS	696	1	1.596
E	ST-60-RS	329	1	638
	Soma	2.981		5.249
F	AC-09-RS	401	1	678
F	ST-61-RS	440	1	1.199
F	ST-62-RS	271	2	271
F	ST-63-RS	161	1	339
F	ST-66-RS	157	1	371
	Soma	1.430		2.858
G	ST-T-06	300	2	346
G	AC-04-RS	43	1	82
G	AC-09-RS	58	1	98
G	AC-10-RS	298	1	468
G	ST-03-RS	4	1	10
G	ST-40-RS	64	2	85
G	ST-62-RS	13	2	13
G	ST-68-RS	467	1	949
G	ST-70-RS	19	2	28
G	ST-71-RS	543	2	1.032
	Soma	1.809		3.111

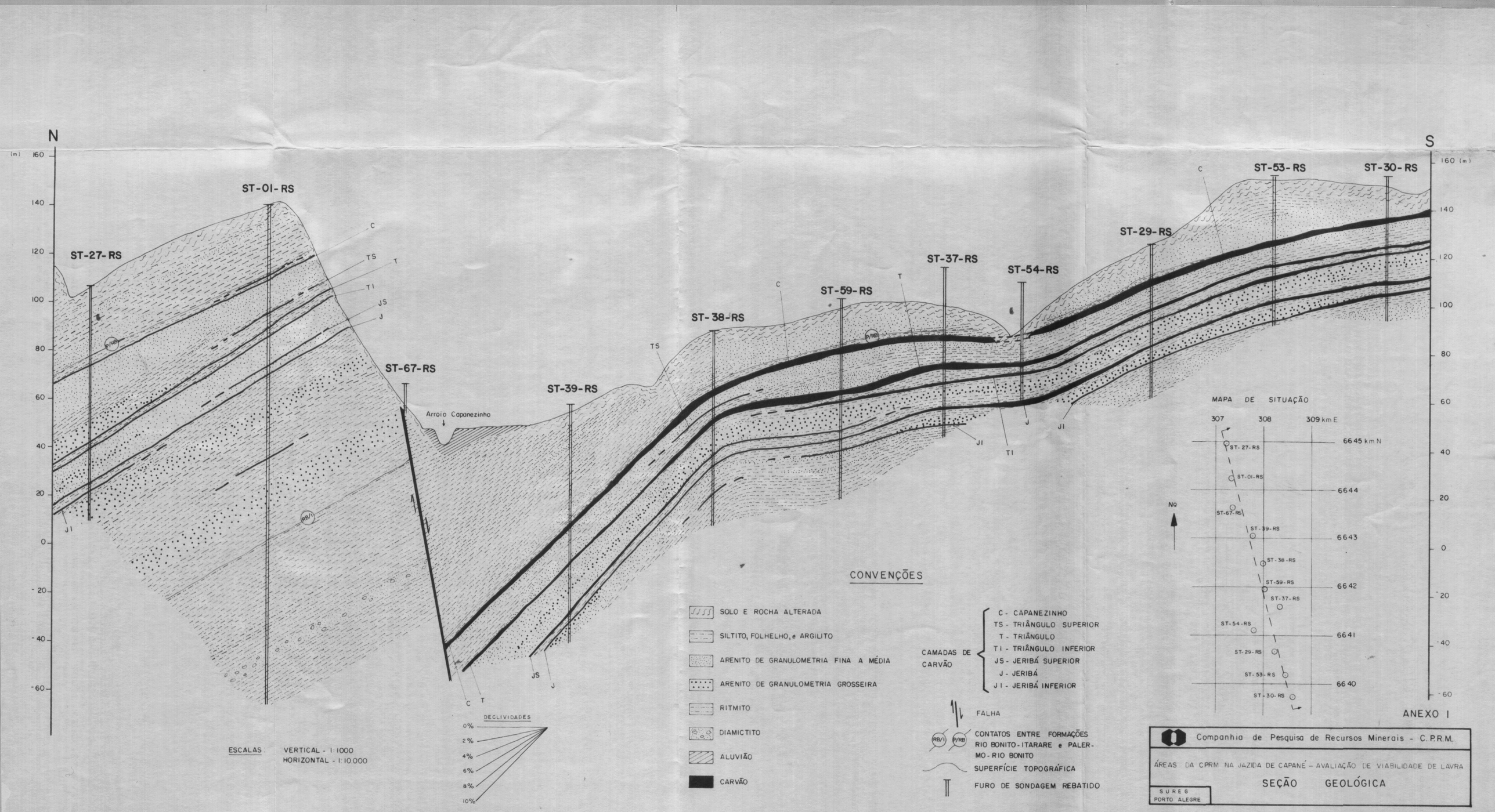
SETOR	FURO OU TRINCHEIRA	RESERVA CC (10^3 t)	CRITÉRIO (*)	RESERVA CT (10^3 t)
H	ST-69-RS	145	2	189
H	ST-70-RS	14	2	21
	Soma	159		210
I	ST-34-RS	55	2	135
I	ST-35-RS	144	1	266
I	ST-50-RS	7	2	8
	Soma	206		409
J	AC-82-RS	22	1	26
J	ST-01-RS	296	1	513
	Soma	318		539

R E S U M O

SETOR	RESERVA CC (10^3 t)	RESERVA CT (10^3 t)
A	295	423
B	430	652
C	3.371	4.562
D	1.537	2.195
E	2.981	5.249
F	1.430	2.858
G	1.809	3.111
H	159	210
I	206	409
J	318	539
TOTAL	12.536	20.208

(*) Critérios: 1 ⟶ PE_{CT} obtido de análise

2 ⟶ $PE_{CT} = \frac{1,65 \times CC + 2,30 \times (CT - CC)}{CT}$


N
S
(m)
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
ST-01-RS
ST-27-RS
ST-67-RS
ST-39-RS
ST-38-RS
ST-59-RS
ST-37-RS
ST-54-RS
ST-29-RS
ST-53-RS
ST-30-RS
C
TS
T
TI
JS
J
JI
P/RB
RB/I
Arroio Capanezinho
DECLIVIDADES
0%
2%
4%
6%
8%
10%
ESCALAS: VERTICAL - 1:1000
HORIZONTAL - 1:10.000
CONVENÇÕES
SOLO E ROCHA ALTERADA
SILTITO, FOLHELHO, e ARGILITO
ARENITO DE GRANULOMETRIA FINA A MÉDIA
ARENITO DE GRANULOMETRIA GROSSEIRA
RITMITO
DIAMICTITO
ALUVIÃO
CARVÃO
CAMADAS DE CARVÃO
C - CAPANEZINHO
TS - TRIÂNGULO SUPERIOR
T - TRIÂNGULO
TI - TRIÂNGULO INFERIOR
JS - JERIBÁ SUPERIOR
J - JERIBÁ
JI - JERIBÁ INFERIOR
FALHA
CONTATOS ENTRE FORMAÇÕES RIO BONITO-ITARARE e PALERMO-RIO BONITO
SUPERFÍCIE TOPOGRÁFICA
FURO DE SONDAGEM REBATIDO
MAPA DE SITUAÇÃO
307
308
309 km E
6645 km N
6644
6643
6642
6641
6640
NO
ANEXO I
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - C.P.R.M.
ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ - AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
SEÇÃO GEOLÓGICA
SUREG PORTO ALEGRE

Base planimétrica extraída das folhas de Cerro Manuel Prates SH.22-Y-A-II-4 e Capané SH.22-Y-A-III-3 DSG escala 1:50.000
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum horizontal Córrego Alegre - Minas Gerais. Origem da quilometragem UTM Equador e Meridiano 51° W. Gr. acrescidas as constantes 10.000km e 500 km respectivamente.

ESCALA 1:25.000

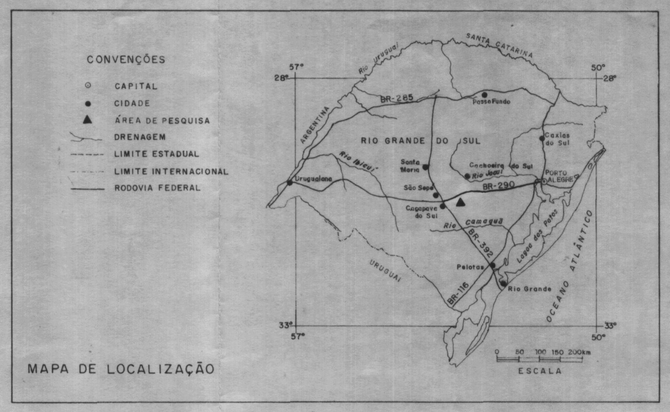
0,5 km 0 0,5 1 1,5 2km

1987

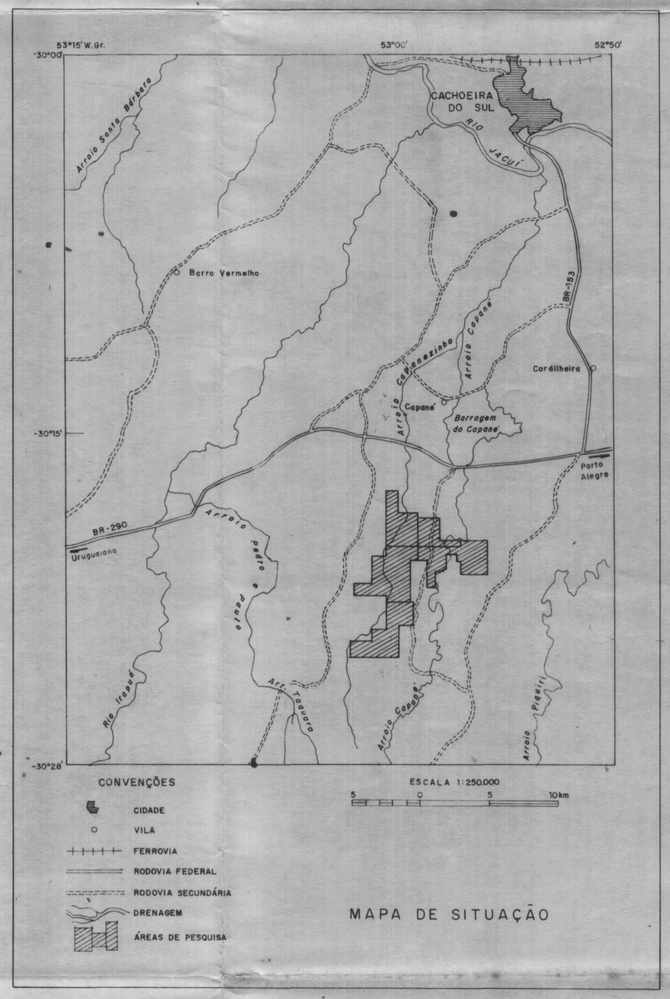
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Formigueiro	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	Pedernerias
Durasnal	Cerro Manuel Prates	Capané	Passo dos Canos
Caçapava do Sul	Rodeio	Cerro do Arvore	Encruzilhada do Sul

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1987
CRESCE 9,5' ANUALMENTE



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



MAPA DE SITUAÇÃO

CONVENÇÕES

- Rodovia Federal
- Estrada Secunddria
- Drenagem
- RS-149/83 — Alvará de Pesquisa
- Embasamento
- Falha Comprovada (Tracejada = Provável)
- Linha de Afloramento
- A — Afloramento de Carvão
- ST-T02 △ / ST-24 ○ — Trincheira e Sondagem deste Projeto
- IR-T03 ▲ / AC-02 ● — Trincheira e Sondagem de Outros Projetos
- Limites dos Setores Lavráveis a Céu Aberto
- △ 72 / ○ 116 — Cota da Lapa da Camada Capanezinho (NEG = furo negativo para a camada) (— = camada ausente por erosão)
- 100 — Curva de Contorno Estrutural da Lapa da Camada (Tracejada = Provável)

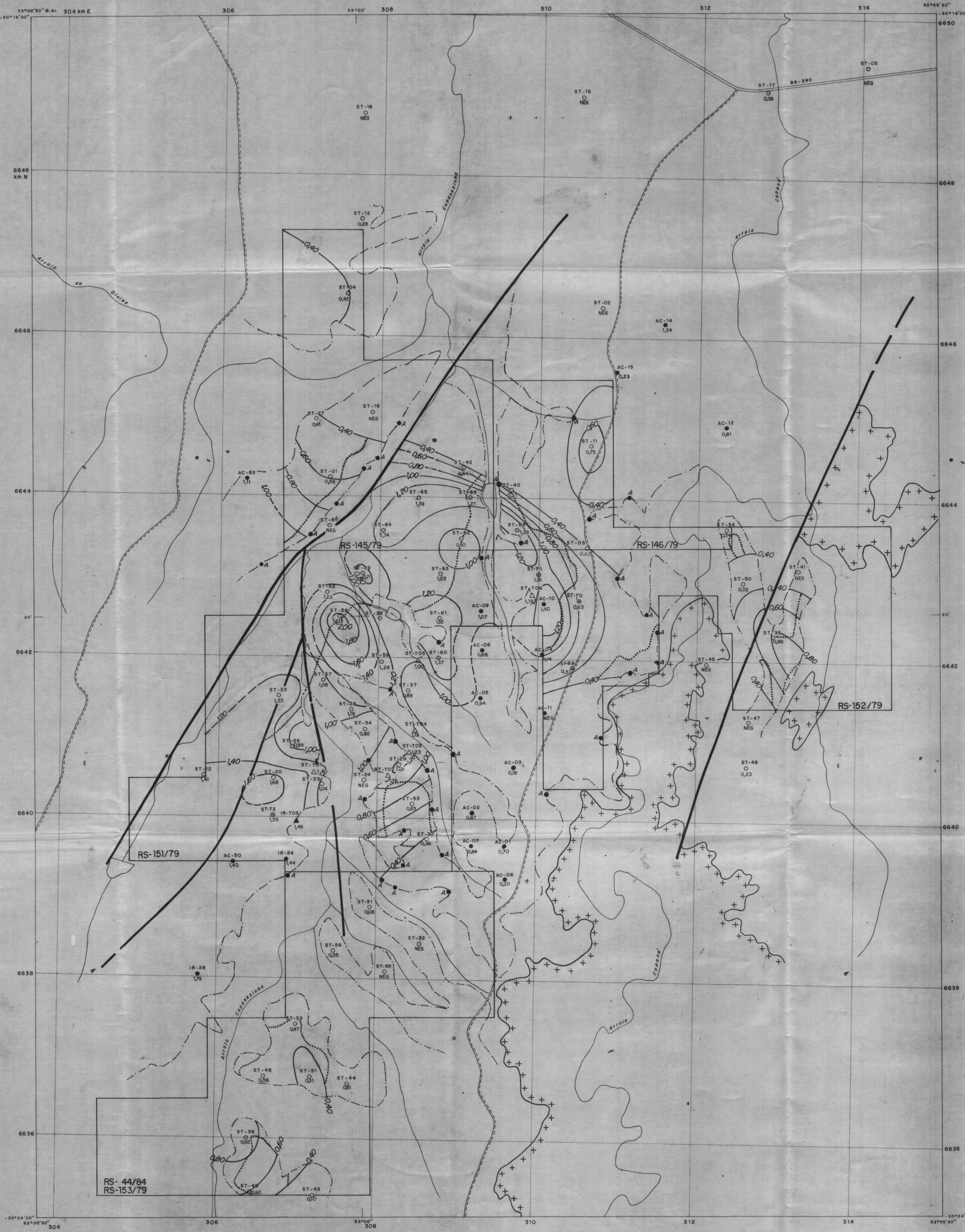
ANEXO II

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

CAMADA CAPANEZINHO
MAPA DE CONTORNO ESTRUTURAL DA LAPA

SUREG PORTO ALEGRE	TELMO SÜFFERT Engº Civil e de Minas CREA 2446 D/RS



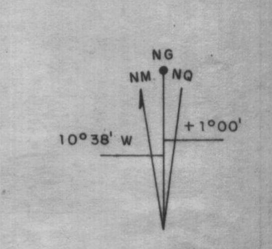
ESCALA 1:25.000

0,5 km 0 0,5 1 1,5 2 km

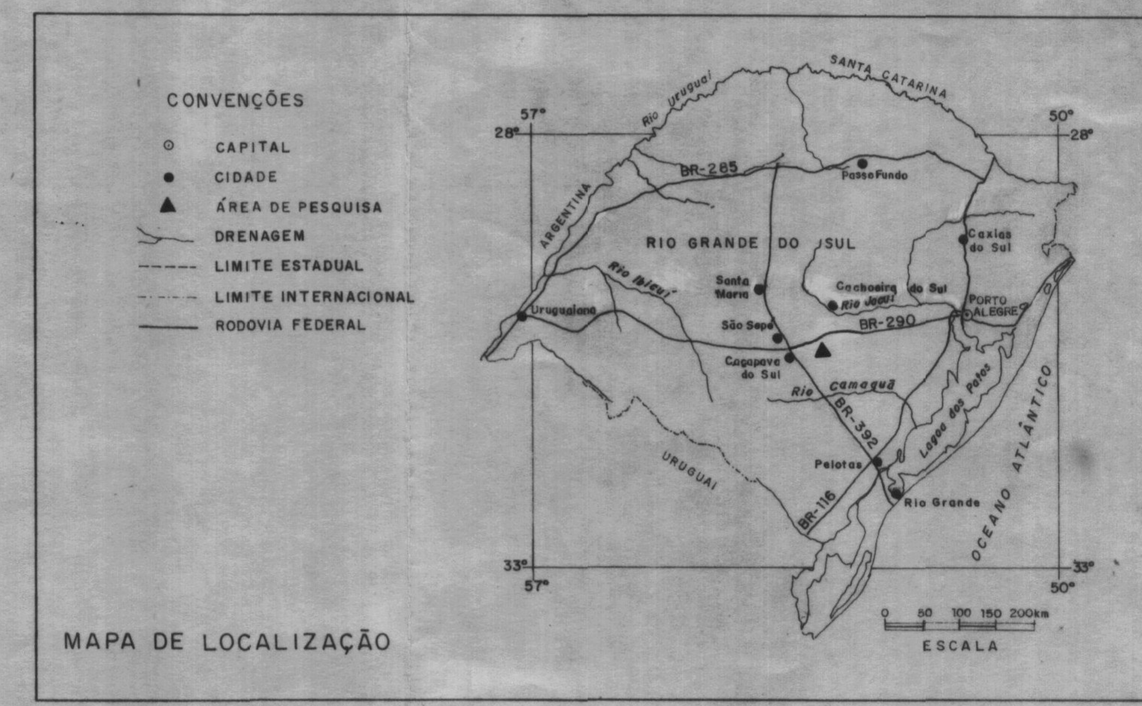
1987

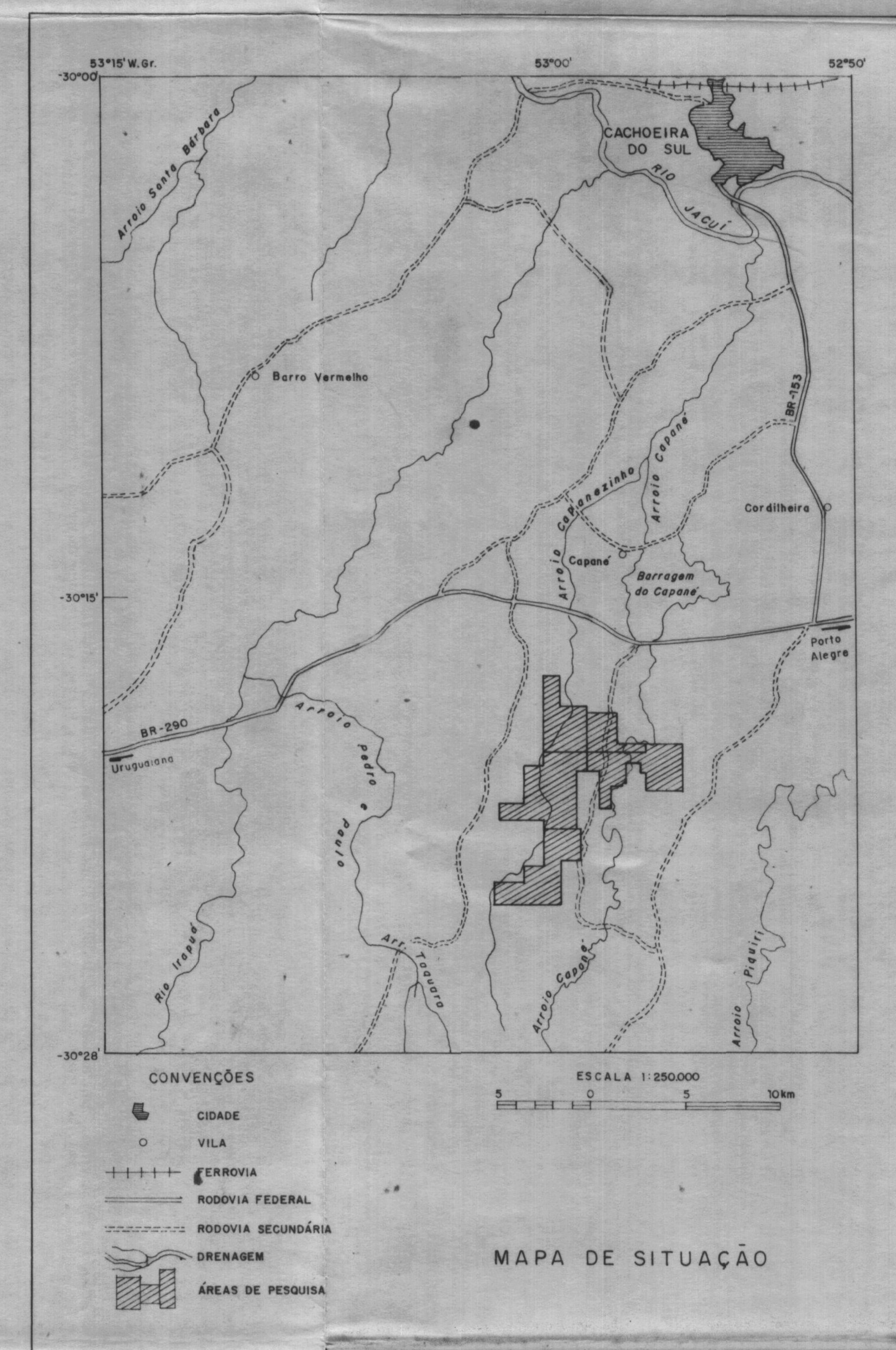
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Formigueiro	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	Pederneiras
Durasnal	Cerro Manuel Prates	Capané	Passo das Canas
Caçapava do Sul	Rodeio	Cerro da Árvore	Encruzilhada do Sul



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1987
CRESCE 9,5' ANUALMENTE





CONVENÇÕES

- Rodovia Federal
- Estrada Secundária
- Drenagem
- RS-149/83 — Alvará de Pesquisa
- Embasamento
- Falha Comprovada (Tracejada = Provável)
- Linha de Afloramento
- A — Afloramento de Carvão
- ST-T02, ST-24 — Trincheira e Sondagem deste Projeto
- IR-T03, AC-02 — Trincheira e Sondagem de Outros Projetos
- Limites dos Setores Lavráveis a Céu Aberto
- 1,25, 0,75 — Espessura de Carvão na Camada (NEG = negativo para a camada)
- 0,80 — Curva de Isópaca de Carvão na Camada (Tracejada = Inferida)

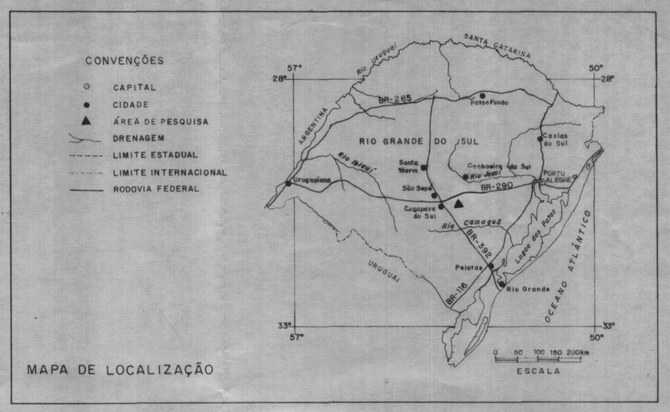
ANEXO III

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM

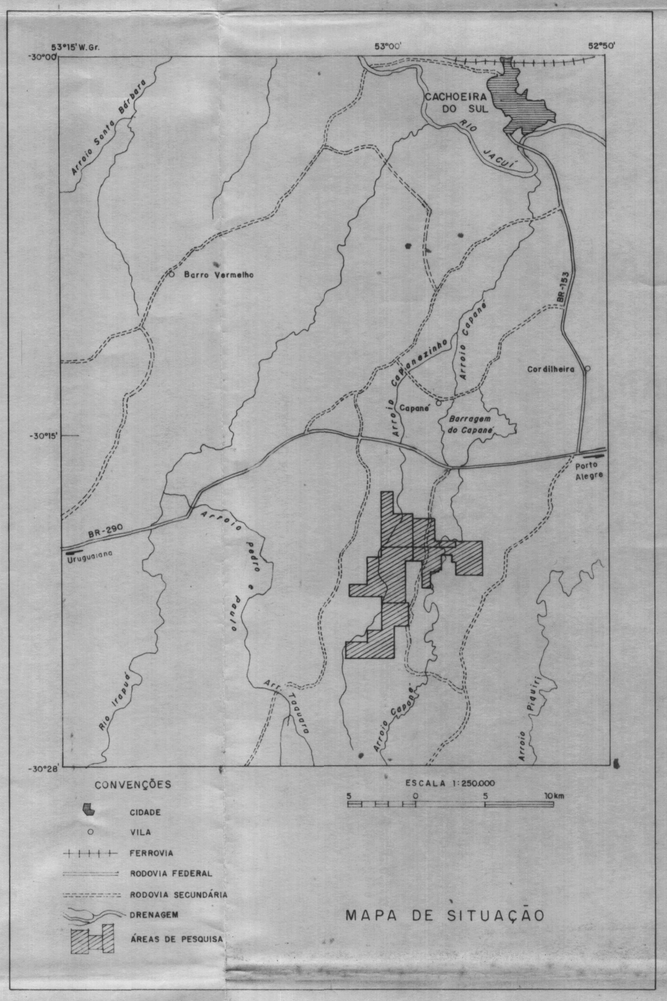
ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

MAPA DE ISÓPACAS DE CARVÃO NA CAMADA CAPANEZINHO

SUREG PORTO ALEGRE	TELMO SÜFFERT Engº Civil e de Minas CREA 2446 D/RS



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



MAPA DE SITUAÇÃO

CONVENÇÕES

- Rodovia Federal
- Estrada Secundária
- Drenagem
- RS-145/79 — Alvará de Pesquisa
- Embasamento
- Falha Comprovada (Tracejada = Provável)
- Linha de Afloramento
- Afloramento de Carvão
- ST-T02 ST-24 — Trincheira e Sondagem deste Projeto
- IR-T03 AC-02 — Trincheira e Sondagem de Outros Projetos
- Limites dos Setores Lavráveis a Céu Aberto
- Limites de Áreas de Influência
- 0,40 — Curva de Isópaca Limite para Cálculo de Reservas
- Área de Reserva Medida
- Área de Reserva Indicada
- Área de Reserva Inferida

ANEXO IV

Base planimétrica extraída das folhas de Cerro Manuel Prates SH.22-Y-A-II-4 e Capané SH.22-Y-A-III-3 DSG escala 1:50.000
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum horizontal Córrego Alegre - Minas Gerais. Origem da quilometragem UTM Equador e Meridiano 51° W. Gr. acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente.

ESCALA 1:25.000

0,5 km 0 0,5 1 1,5 2 km

1987

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Formigueiro	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	Pederneiras
Duraznal	Cerro Manuel Prates	Capané	Passo das Canas
Caçapava do Sul	Rodeio	Cerro da Árvore	Encruzilhada do Sul

NG NM NQ 10°38' W +1°00'

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1987
CRESCE 9,5' ANUALMENTE

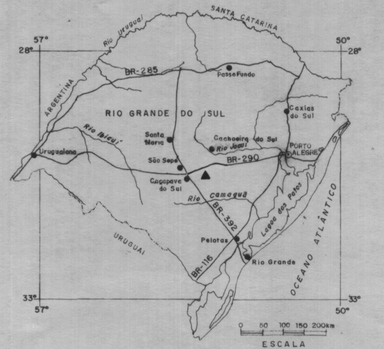
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
CAMADA CAPANEZINHO
MAPA DE RESERVAS

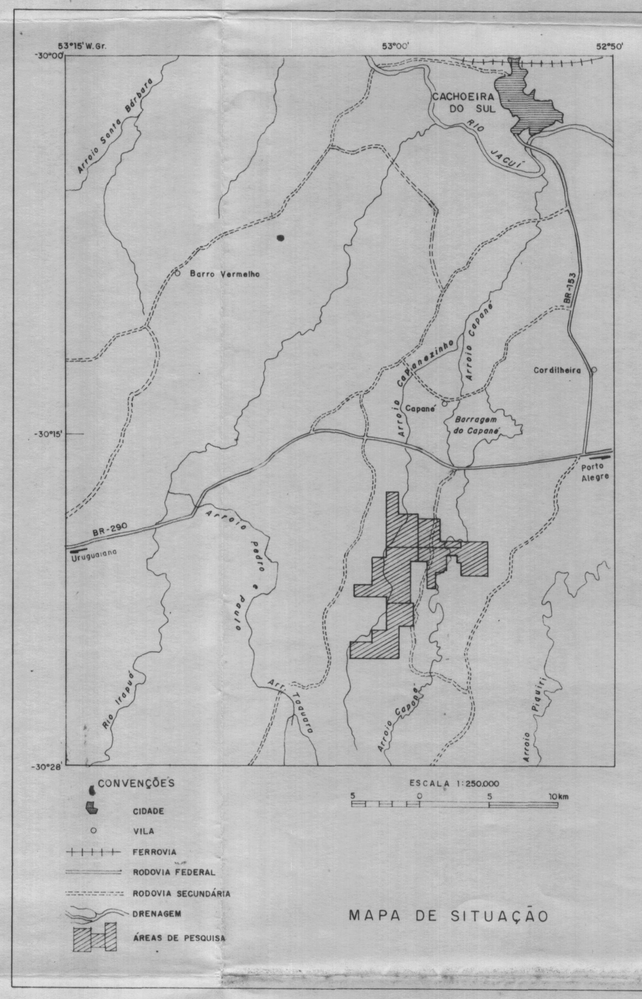
SUREG PORTO ALEGRE	TELMO SÜFFERT Engº Civil e de Minas CREA 2446 D/RS

CONVENÇÕES

- CAPITAL
- CIDADE
- ÁREA DE PESQUISA
- DRENAGEM
- LIMITE ESTADUAL
- LIMITE INTERNACIONAL
- RODOVIA FEDERAL



MAPA DE LOCALIZAÇÃO



MAPA DE SITUAÇÃO

CONVENÇÕES

- Rodovia Federal
- Estrada Secundária
- Drenagem
- RS-149/79 — Alvará de Pesquisa
- ST-24 ST-T02 — Sondagem e Trincheira deste Projeto
- AC-02 IR-T03 — Sondagem e Trincheira de Projetos Anteriores
- Linha de Afloramento da Camada Capanezinho
- Embasamento

Critérios de Delimitação:

- Linha de Cobertura 40m
- +++++ Isópaca Mínima 0,40m de CC
- — — — Altitude Mínima da Lapa da Camada
- ····· Relação de Descobertura 16m³/t CC

Área de Reserva Medida / Área de Reserva Indicada

- Lavrável a Céu Aberto (relação de descobertura ≤ 16m³/t CC).
- Relação de descobertura acima de 16 m³/t CC, mas dentro das condições de cobertura máxima, isopaca mínima e altitude mínima.

- A● — Afloramento de Carvão
- B — Denominação de Setor
- Limite entre Setores

ANEXO V

Base planimétrica extraída das folhas de Cerro Manuel Prates SH.22-Y-A-II-4 e Capané SH.22-Y-A-III-3 DSG escala 1:50.000
Projeção Universal Transverso de Mercator
Datum horizontal Córrego Alegre - Minas Gerais. Origem da quilometragem UTM Equador e Meridiano 51º W. Gr. acrescidas as constantes 10.000km e 500km respectivamente.

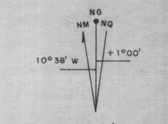
ESCALA 1:25.000

0,5km 0 0,5 1 1,5 2km

1987

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

Formigueiro	Barro Vermelho	Cachoeira do Sul	Pederneiras
Durasnal	Cerro Manuel Prates / Capané		Passo das Canas
Cacapava do Sul	Rodeio	Cerro do Arvore	Encruzilhada do Sul

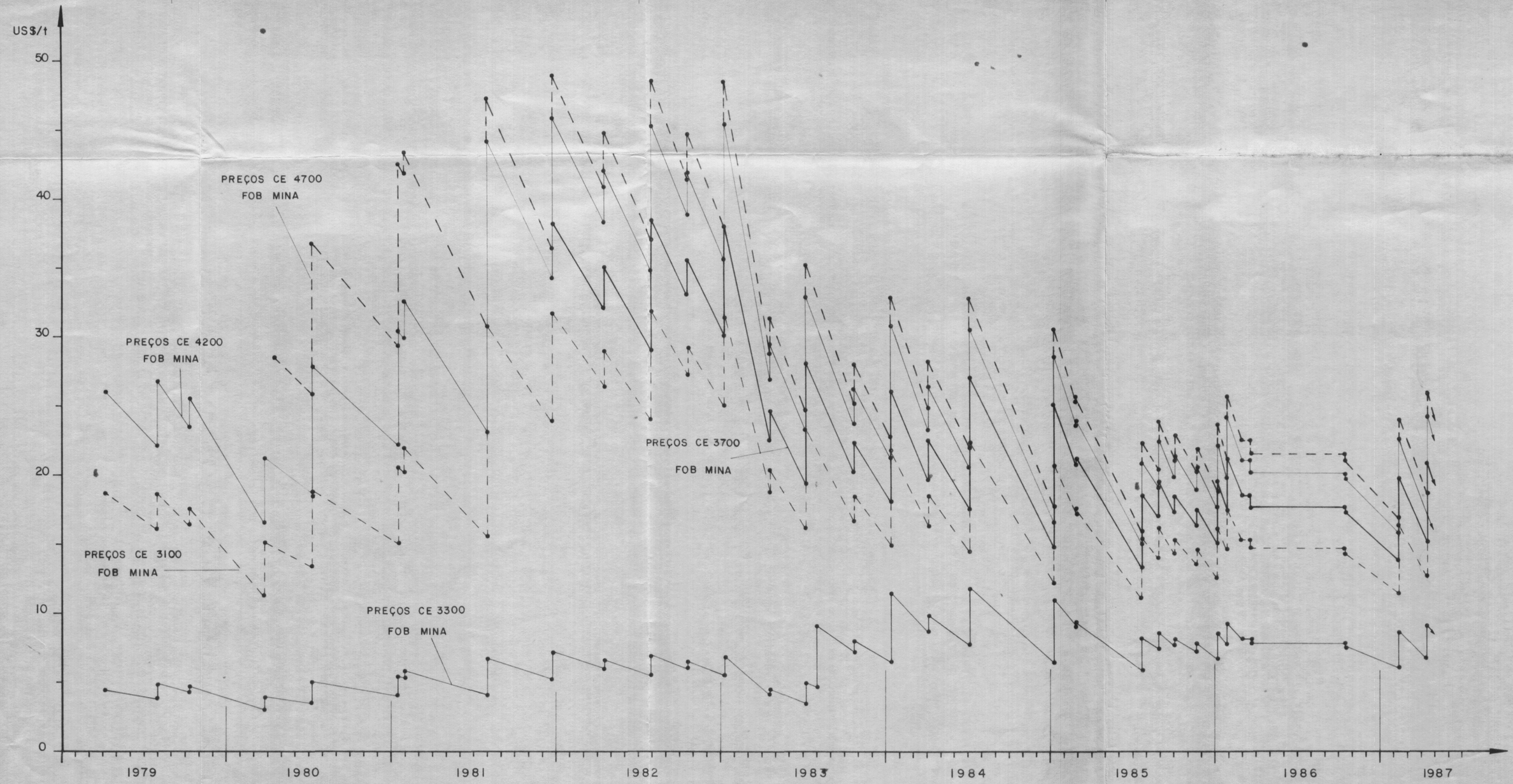


DECLINAÇÃO MAGNÉTICA 1987
CRESCE 9,5' ANUALMENTE

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ
AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA
CAMADA CAPANEZINHO
MAPA DE SETORES LAVRÁVEIS A CÉU ABERTO

SUREG PORTO ALEGRE	TELMO SÜFFERT Engº Civil e de Minas CREA 2446 D/RS



ANEXO VI

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - C.P.R.M.

ÁREAS DA CPRM NA JAZIDA DE CAPANÉ - AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DE LAVRA

PREÇOS DE CARVÃO FOB MINA DEFLACIONADOS EM RELAÇÃO AO DÓLAR (1979/87).

SUREG PORTO ALEGRE