

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA POLITÉCNICA

Departamento de Engenharia de Minas

PMI 500 - Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas

PANORAMA DO CARVÃO MINERAL NACIONAL.

EDSON FERNANDES

DEZ/92

TF-1992
F391p
Sipno 1463539

M 1992 C

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005435

Í N D I C E

I - INTRODUÇÃO	2
II - GEOLOGIA	
1. Gênese	2
2. Reservas	4
III- OBTENÇÃO	
1. Descrição dos Métodos de Lavra	
a. Desmonte a céu aberto	9
b. Lavra subterrânea	
i. Camaras e pilares	10
ii. "Long-wall"	10
2. BENEFICIAMENTO	
i. Situação atual	11
ii. Conveniência do beneficiamento	13
iii. Como beneficiar	14
iv. Redução do teor de enxofre	14
v. Custos associados	14
3. Transportes	14
4. Economia mineral do carvão	16
IV - EXEMPLOS	
1. Companhia Carbonífera do Cambuí	18
2. Companhia Riograndense de Mineração	19
a. Leão I	20
b. Leão II	21
c. Candiota	22
d. Outros	23
V - PREÇOS	24
VI - CONCLUSÕES	25
VII - BIBLIOGRAFIA	26

I - INTRODUÇÃO

A partir do meado do século XVIII a exploração do carvão começou a ter grande destaque dentre as atividades do Homem, porque passou-se a reconhecer nele a fonte abundante de energia, indispensável para a movimentação das máquinas.

O carvão mineral permitiu a industrialização em grande escala, o que não seria possível com o esforço muscular dos animais domésticos e dos homens escravos. Além disso, o carvão facultou a obtenção do redutor para os minérios, permitindo uma grande expansão da siderurgia e da metalurgia dos não-ferrosos. Os subprodutos da destilação do carvão deram origem a variados compostos químicos, fazendo dele também matéria-prima de mais alta importância.

Tudo isso concorreu para torná-lo um dos sustentáculos da civilização moderna.

Esses fatos explicam por que os grandes produtores e consumidores de carvão são os países de civilização material mais avançada. Seu uso generalizado permitiu a expansão das indústrias e a circulação das riquezas e dos homens em terra e no mar. A circulação no ar, mais moderna, deve-se ao petróleo. Ahulha, fornecendo o coque, permitiu que a siderurgia tomasse um vulto que não seria possível somente com o uso do carvão vegetal. O emprego do carvão mineral como fonte de energia térmica, elétrica e química coloca-o assim como fator dos mais relevantes no desenvolvimento material da Humanidade e continua sendo o fator fundamental da geografia da energia, por sua função histórica e suas incidências sobre a economia atual.

Neste trabalho será analisado o panorama do carvão nacional na década de 80, com o estudo de sua geologia, indicações de reservas e disponibilidade, sua extração e seu beneficiamento, e problemas relacionados com a infra-estrutura de distribuição desse carvão.

I I - GEOLOGIA

1. Gênese: O carvão mineral é um produto resultante da transformação de uma vegetação primitiva composta principalmente de pteridófitas que foi sepultada nas camadas da Terra, em períodos geológicos antigos.

O que se considera genericamente carvão encontra-se principalmente nos períodos Carbonífero e Permiano da Era Paleozóica e também em terrenos de idade mesozóica e terciária.

Resulta da alteração, ao abrigo do ar e em ambiente pantanoso lagunar ou deltáico, de troncos, caules, raízes, folhas, esporos, resinas e outros componentes dos vegetais que cresciam "in loco" ou foram transportados e acumulados nas depressões dos terrenos.

O processo de diagênese do carvão é denominado INCARBONIZAÇÃO. A incarbonização processou-se num local sujeito à subsidência, tendo a matéria vegetal sido posteriormente coberta por água e recebido sedimentos que formaram as camadas de folhelhos e calcários interestratificados com o carvão na bacia carbonífera.

Na incarbonização, dão-se alterações da matéria vegetal provocadas por desidratação, pressão, calor, e ação microbiana que fazem com que o oxigênio e o hidrogênio das fibras vegetais tendem a ser expelidos, enquanto que o carbono aumenta proporcionalmente, na medida que o processo progride. Assim é que no carvão antracítico, o carbono constitui o total da massa resultante deste processo. Durante o mesmo, a cor da matéria em transformação varia desde o marrom até o preto, bem como a densidade aumenta. A estrutura vegetal original é gradualmente alterada variando para os carvões de diferentes "ranks". (cfe. Tabela I).

Os carvões de pedra apresentam características um tanto diferentes e constituem os termos mais evoluídos da conhecida série de combustíveis fósseis: turfa, linhito, carvão betuminoso e antracito.

Não é uma substância definida, mas um material formado por componentes diversos resultantes das transformações de vários tipos de matéria vegetal. Os quatro componentes principais são: vitrita, clarita, durita e fusita. Avitrita tem um brilho vítreo, a clarita tem superfície lisa e fratura em planos ortogonais, a durita é dura, fosca, com textura granular e a fusita tem estrutura semelhante à do carvão vegetal.

O carvão contém a parte orgânica formada de macromoléculas contendo C e H, com menores incidências de O, N, S e uma parte de silicatos incorporados na fase de deposição da matéria vegetal. A parte orgânica é a parte útil e combustível enquanto que a inorgânica constitui a cinza.

A composição química do carvão mineral é variável de acordo com o seu grau de evolução; quanto mais avançado, mais alto teor de C na parte orgânica e menor o teor de oxigênio. Aquecidos fora do contato do ar, a partir de cerca de 250° a 300°C, os carvões se decompõem produzindo gases (matéria volátil) e deixando um resíduo aglomerado ou não; no primeiro caso, obtém-se o COQUE, tão importante por seu emprego em metalurgia.

As principais jazidas de carvão no mundo encontram-se mais comumente nas camadas do Período Carbonífero e se acham na maior parte do hemisfério norte. São conhecidos também depósitos de carvões mais modernos, de idade mesozóica, nas camadas triássicas, jurássicas e cretáceas e também no Terciário.

Os carvões mais modernos (sub-betuminosos e linhíticos) têm poder calorífico mais baixo, possuem mais alto teor de água e de oxigênio, e frequentemente tem cor acastanhada.

T A B E L A I

RANKS DE CARVÃO(1)						
Composição (% em peso)	Turfa	Lignito	Sub-Betumi noso	Betumi noso	Semi-Be tuminoso	Antrací tico
. Matéria Volátil	70,1	52,9	40,5	34,3	16,8	6,2
. Carbono Fixo	29,9	47,4	59,5	66,0	83,2	93,8
. Umidade Natural	180/90	30/40	10/25	7/15	3/6	2/4

OBS: (1) Carvões puros, não incluídos outros minerais ou conteúdo em cinzas.

2. Reservas: A figura 1 mostra os ambientes favoráveis para a formação do carvão segundo levantamento da CPRM e assinala algumas jazidas em exploração. Grosseiramente podemos assinalar a bacia sedimentar do Paraná, percorrendo os três estados sulinos, prolongando-se por São Paulo e Vale do Paraíba do Sul e reaparecendo em Mato-Grosso do Sul ; a Bacia do Paranaíba, no Nordeste e diversas zonas na Bacia Amazônica.

A figura 2 mostra com maior detalhe a bacia do Paraná. Os carvões desta bacia estão atualmente em exploração e são responsáveis praticamente por todo o nosso suprimento de carvão nacional. Além desse aspecto, são áreas que se situam próximo aos polos de grande consumo. Assim, mesmo que as outras reservas venham a ser viabilizadas, dificilmente virão adquirir a mesma importância que as reservas do sul, a menos que esteja perto de um outro polo consumidor.

A Tabela II resume o conhecimento das reservas brasileiras de carvão.

Do exame desta tabela notam-se, imediatamente, vários pontos:

- a. As reservas totais do Brasil são relativamente pequenas quando comparadas com as reservas mundiais . Por exemplo as reservas de grandes países produtores de carvão, tais como os Estados Unidos, Inglaterra, Alemanha Ocidental e muitos outros países, se situam na ordem de centenas de bilhões ou até trilhões de toneladas.

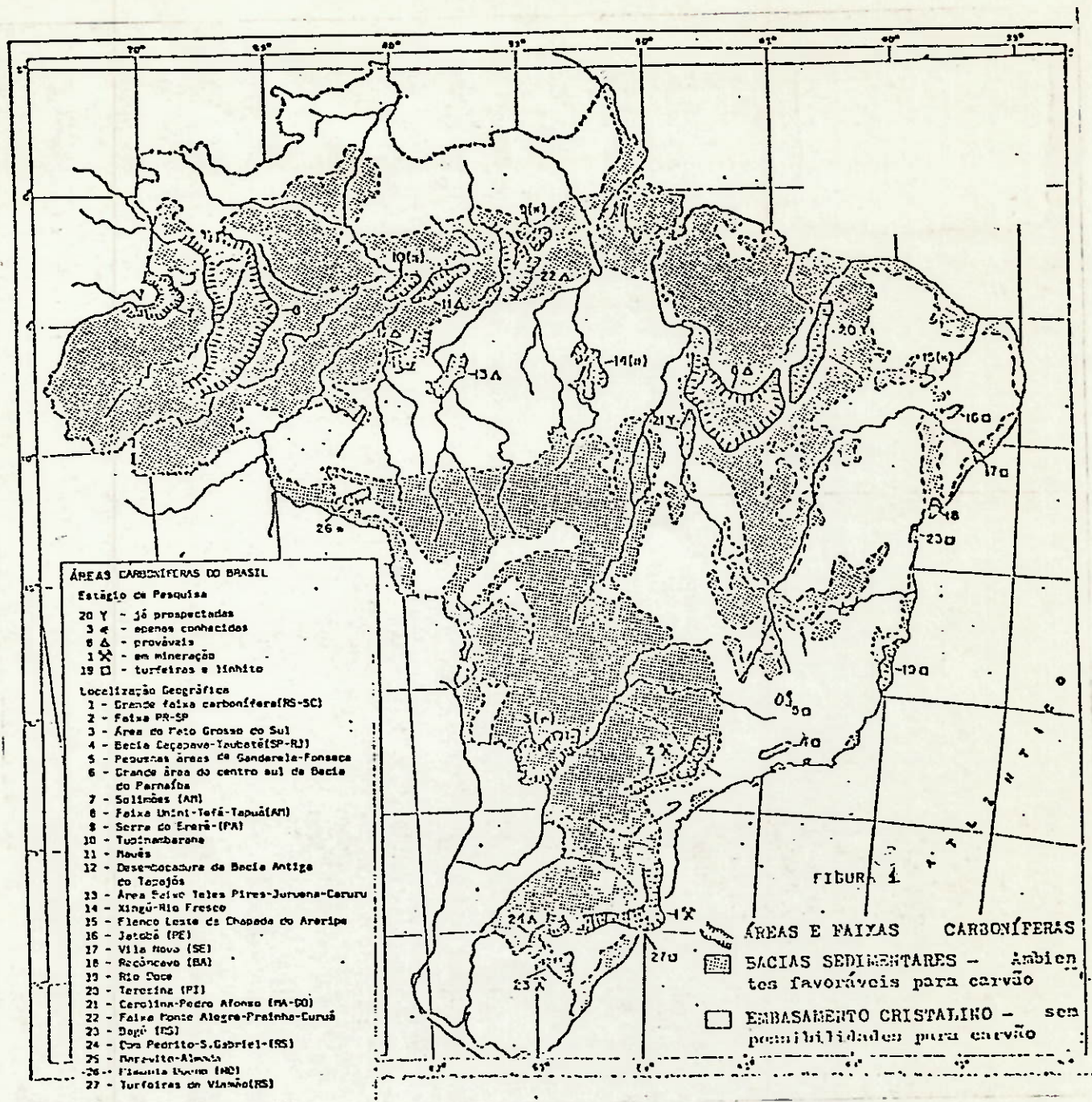
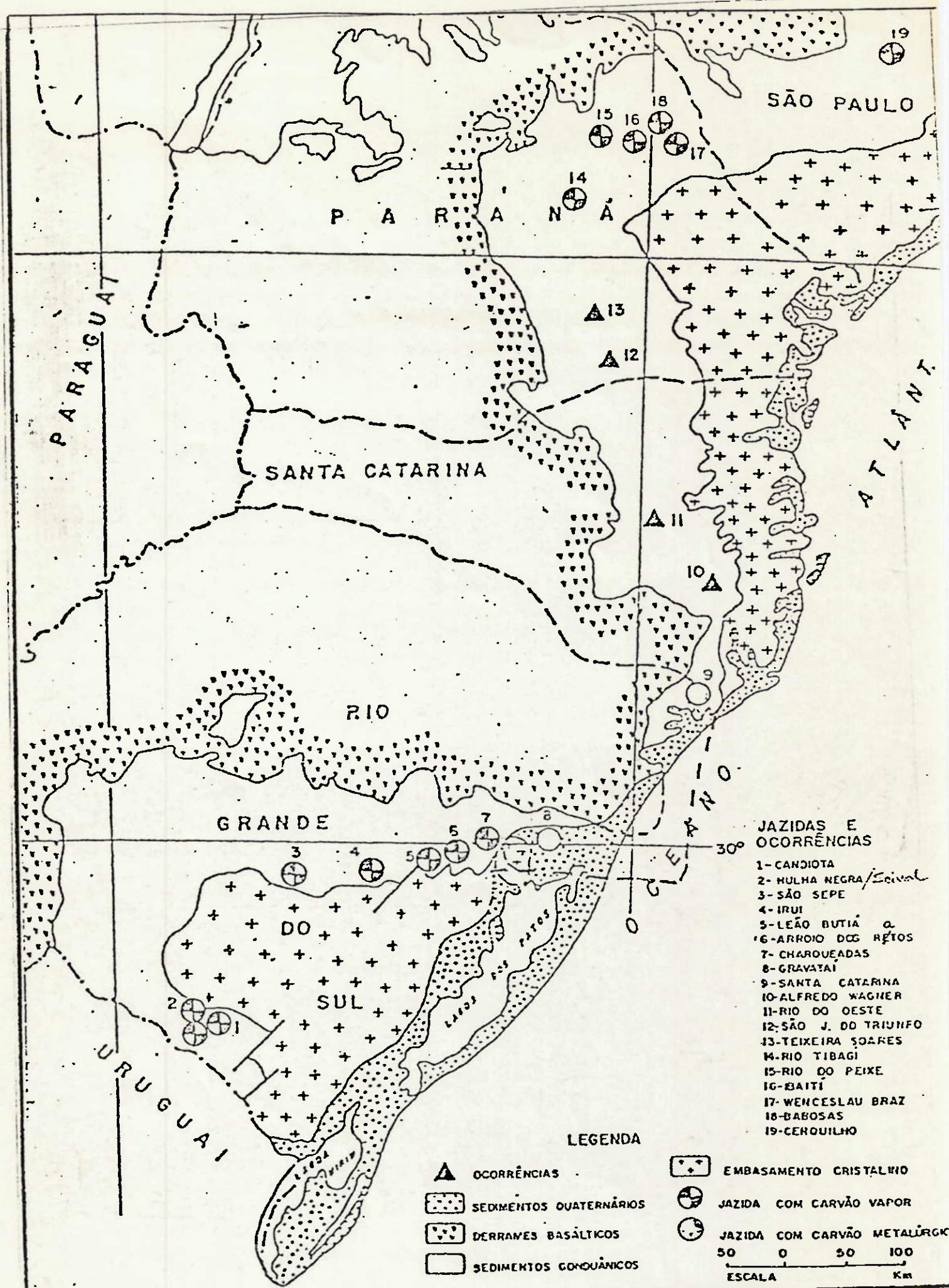


FIGURA 1



CARVÃO NA BACIA DO PARANÁ

FIG. 2

TABELA II

RESERVAS DE CARVÃO DO BRASIL (10⁶ t)

UNIDADES DA FEDERAÇÃO / MUNICÍPIOS	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
MINAS GERAIS			
Santa Barbara	1,99	-----	5,00
SUB - TOTAL	1,99	-----	5,00
PARANÁ			
Congonhinhas	26,68	7,14	-----
Figueira	21,23	-----	-----
Imbituva	0,54	-----	-----
Ortigueira	1,68	-----	-----
Sapopema	17,08	10,00	-----
Teixeira Soares	4,88	13,72	-----
Telemaco Borba	1,46	0,21	-----
SUB - TOTAL	73,56	31,07	-----
SANTA CATARINA			
Alfredo Wagner	3,98	1,06	-----
Ararangua	37,47	139,89	55,52
Criciúma	332,08	149,49	30,50
Grão Para	4,27	-----	-----
Icara	114,84	55,19	2,44
Lauro Muller	356,86	65,03	11,59
Morro da Fumaça	0,01	-----	-----
Nova Veneza	2,27	-----	-----
Orleans	152,15	23,72	15,23
Siderópolis	200,29	252,27	78,01
Urussanga	196,45	0,57	1,00
SUB - TOTAL	1.401,34	687,81	194,30

SEGUE

CONTINUAÇÃO DA TABELA II

UNIDADES DA FEDERAÇÃO / MUNICÍPIOS	MEDIDA	INDICADA	INFERIDA
RIO GRANDE DO SUL			
Arroio dos Ratos	13,41	-----	-----
Bage	886,01	1.652,28	669,35
Butia	314,39	120,56	21,71
Cachoeira do Sul	269,20	420,90	50,93
Erval	51,68	311,62	145,40
Gravataí	486,83	-----	-----
Guaíba	117,73	330,02	21,31
Osorio	26,68	140,91	454,69
Pinheiro Machado	99,04	449,88	109,03
Rio Pardo	263,99	349,49	119,06
São Jeronimo	170,98	166,58	10,10
Triunfo	993,77	270,65	190,00
Viamão	19,64	3,02	0,58
SUB - TOTAL	3.713,37	4.215,90	1.792,25
TOTAL GERAL	5.190,27	4.934,79	1.991,55

FONTE: Anuário Mineral Brasileiro - 1989

7

b. A grande incidência das reservas do Rio Grande do Sul em comparação com as reservas de Santa Catarina e Paraná, indicativo, possivelmente, da menor intensidade de pesquisa geológica nestes dois estados.

As reservas apresentadas neste quadro são mais conservativas que muitas estimativas circulando na literatura.

Tais apresentações de reservas podem levar a uma falsa sensação de segurança, pois o aproveitamento econômico de uma jazida depende de inúmeros fatores físicos que incluem a espessura dos mantos de carvão, sua profundidade, sua continuidade lateral, sua inclinação e as características das rochas encaixantes, as estruturas geológicas e outras.

Mesmo chegando-se à exploração econômica de uma jazida, as reservas aproveitáveis serão substancialmente inferiores às reservas geológicas devido às perdas, função da geometria da mina, da recuperação na lavra e, após a extração do carvão do sub-solo, das perdas na lavagem.

Ainda com referência a reservas, um dos pontos mais importantes que merece ser ressaltado se refere à conceituação do termo "reserva medida". A classificação empregada no Brasil é um tanto subjetiva e deixa de levar em conta características próprias do depósito ou do espaçamento da malha de sondagem. Isto pode permitir simplificações inaceitáveis para a cubagem de reservas quando se considera a variabilidade de ambientes geológicos e a existência de descontinuidade na área de uma jazida.

É necessário, portanto, a adoção de uma terminologia para classificação de reservas, tal como a dos Estados Unidos e Inglaterra, por exemplo.

I I I - OBTENÇÃO

1. Descrição dos Métodos de Lavra aplicados no Brasil

a. Desmonte a céu aberto

Este tipo de lavra utiliza escavadeira de arrasto (drag-line) ou pá mecânica (shovel) na remoção do capeamento.

De início é feito um corte seguindo mais ou menos a linha de afloramento da camada. Quando se utiliza escavadeira de arrasto, esta trabalha sobre o capeamento removendo-o para áreas fora do afloramento ou em uma área cuja camada tenha sido removida (Stripping-mining).

Nocaso de pás mecânicas estas trabalham em cima da camada de carvão ou retirando-o, ou removendo o estéril.

O trabalho de desmonte pode ser facilitado por explosivos tratores escarificadores e pás carregadeiras no carregamento de caminhões.

b. Lavra Subterrânea

i) Câmaras e pilares

É o método mais comum empregado na lavra do carvão.

Da galeria principal (mestra real) partem galerias transversais (cruzeiros) que encontram galerias paralelas à mestra real (mestras formando quadros de cerca de 50 m de lado.

O desmonte é então realizado por uma ou duas entradas segundo se faça a partir de uma ou duas entradas mestras.

A partir de uma mestra pode haver um ou dois avanços, no primeiro caso bissectando parcialmente o quadro e no segundo caso trissectando-o parcialmente ou simplesmente contornando-o pelos bordos dos pilares de segurança correspondentes aos cruzeiros,

No caso de uma só entrada, a frente avança até o pilar de segurança da outra mestra, daí prosseguindo para os lados, para o centro ou para ambos, retornando com o desmonte até o pilar de segurança da mestra da qual partiu o avanço.

O desmonte é realizado a fogo no duro - quando se processa com explosivos numa frente em que só uma face é livre - ou em rafa quando há mais de uma face livre. Para a abertura da rafa utilizam-se cortadeiras pneumáticas Radialaxe e cortadeiras "Shortwall". Os furos para o carregamento de explosivos são executados por martelos pneumáticos ou picadores, menos robustos do que os primeiros, que podem ser elétricos ou pneumáticos.

O carregamento é feito por carregadores mecânicos (loader) e carros transportadores (Shuttle-car). o aparafusamento do teto é feito por conjunto mecânico.

ii) "Long-wall"

Usualmente são traçadas galerias mestras distando 200 m e transversais distando cerca de 450 m ou mais.

No desmonte por retração, a frente larga (paralela às galerias transversais) caminha no sentido contrário ao avanço das mestras.

A frente é cortada por cortadeiras "long-wall" que produzem uma rafa de cerca de 1,5 de profundidade.

11

A camada é desmontada por explosivos e o material desagregado cai sobre um "Panzer". O estéril é posto na parte anterior à frente e vai constituir o material do entaipamento. O teto é suportado por macacos metálicos.

O ciclo de operação numa frente larga pode ser assim resumido:

- abertura de rafa;
- desmonte por explosivos;
- limpeza da frente com separação do estéril;
- avançamento dos macacos de sustentação.

Então, temos descrito o método de "long-wall" cíclico. Atualmente, temos o método contínuo, que ao invés de fazer o desmonte por explosivos, executa-o por escavação com um, ou dois, tambores e joga o material no transportador até a galeria de recolhimento. Os macacos de sustentação são hidráulicos e fazem o avanço alternadamente, pares e ímpares.

2. Beneficiamento:

i) Situação Atual

O estado do beneficiamento do carvão no Brasil é deplorável face ao número irrisório de lavadores instalados e principalmente face à baixa recuperação de carvão de boa qualidade nestes lavadores. Se nos lembrarmos de que no Brasil existe uma tecnologia de beneficiamento muito forte e reconhecida internacionalmente, o quadro fica ainda mais deprimente.

Os equipamentos envolvidos nas plantas de preparação de carvão, mostrados na tabela III, são baseados no princípio de separação gravimétrica, com exceção das máquinas de flotação. Os demais equipamentos são usados para classificação por tamanhos, desaguamento ou recuperação dos finos ou ainda recuperação do meio no caso das plantas de meio-denso.

T A B E L A — III

Processo de Limpeza	Tamanho	Faixa de Peso Específico
. Jigues de Carvão	Grossos	1,50 - 2,00
	Finos	1,60 - 2,00
. Banho de Meio-denso	Grossos	1,30 - 2,00
. Ciclone de Meio-denso	Grossos	1,30 - 2,00
	Finos	1,30 - 2,00
. Mesas de Concentração	Finos	1,50 - 2,00
	Muito Finos	1,60 - 2,00
. Hidrociclones	Grossos	1,40 - 2,00
	Finos	1,60 - 2,00
	Muito Finos	1,80 - 2,00
. Flotação Espumante	Muito Finos	Não é uma separa-
	Ultra Finos	ção por gravidade

O uso do processo de jigagem é generalizado e indiscriminado. Isto tem a desvantagem da limitação inerente a este processo, capaz apenas de processar partículas grosseiras, e eficiente em termos de recuperação e enriquecimento em condições muito bem definidas e restritas, nem sempre atingida pelos carvões que se está jigando. Em consequência, todos os finos são perdidos, bem como o rendimento em carvão recuperado é inferior ao que seria obtido pela escolha de um método mais conveniente.

O processo de flotação é muito pouco empregado e onde o é não se tira todo o proveito dele.

No que se refere ao beneficiamento do carvão de Santa Catarina é forçoso tecer algumas considerações: na boca-da-mina é feita uma pré-lavagem para separar o xisto lavrado junto com o carvão e diminuir a quantidade de carvão a ser transportado. Este carvão pré-lavado é transportado por ferrovia até o Lavador de Capivari, que recebe carvões de toda a bacia de Santa Catarina e os processa em conjunto, produzindo carvão metalúrgico para utilização siderúrgica e carvão varor como sub-produto.

Está perfeitamente demonstrado que na bacia de Santa Catarina existe mais de um tipo de carvão em termos de comportamento ao beneficiamento. Estes tipos diferentes exigem a adequação das instalações para o seu melhor aproveitamento, de modo que se fossem processados em circuito conveniente, ao contrário do que é feito atualmente, o seu aproveitamento seria muito melhor.

Outrossim, acreditamos que o potencial deste carvão não se esgota no subproduto gerado, o carvão vapor, e que se este fosse rebritado e beneficiado, frações mais nobres poderiam ser recuperadas.

ii) Conveniência do Beneficiamento

A necessidade e a conveniência do beneficiamento de nossos carvões é evidente desde que se considere a sua baixa qualidade em termos de teor de cinzas e de enxofre em certos casos. Os processos tecnológicos em que eles serão empregados podem vir a impor desde logo uma séria limitação.

Seja, por exemplo, a queima direta de carvão pulverizado em fornos de azulejos. As cinzas desprendidas virão a se depositar sobre o azulejo acabado, prejudicando-o.

Na própria indústria cimenteira, que tem sido apresentada como o consumidor natural do carvão brasileiro sob o argumento de que a cinza seria incorporada ao cimento, notam-se restrições. Estas, devidas à qualidade do calcário empregado: se ele contiver impurezas ou for silicoso, o teor de cinzas que pode ser incorporado fica imediatamente limitado, sob pena de se alterar a composição do cimento.

Outra razão para se beneficiar o carvão é a economia no transporte. O custo de transporte de uma região mineira até um centro consumidor custa 15,00 US\$/t, o custo de matéria carbonosa transportada variará de 23,00 US\$/t, para 35% de cinzas até 18,75 US\$/t para 20% de cinzas.

O mesmo raciocínio pode ser feito em termos de calorías contidas e mostra uma redução sensível, de cerca de 20% do custo do transporte. Em outras palavras, se não beneficiarmos o carvão a transportar, em vez de transportar carvão estaremos transportando cinzas, estaremos gastando óleo diesel para transportar cinzas.

Finalmente, há que considerar a economia da operação integrada. Muitas operações exigem moagem fina do carvão. Porque então não intercalar etapas de beneficiamento, tirando partido da libe-

ração decorrente dessa cominuição? Porque gastar energia para moer cinzas?

iii) Como Beneficiar

Os métodos gravimétricos são a prática natural e aconselhada sempre função de seus baixos custos e de sua capacidade de manusear grandes toneladas. Os processos de beneficiamento só se concebem como operações auxiliares, manuseando frações para as quais existem limitações dos processos gravimétricos.

Em termos gerais, acreditamos que um modelo que se aplique a todos os carvões brasileiros seja o seguinte:

- a. Pré-lavagem para eliminação do estéril;
- b. Beneficiamento para a separação das frações nobres e do rejeito;
- c. Remoagem dos "middlings" para maior liberação e concentração por flotação ou outros métodos.

iv) Redução do teor de enxofre

Este problema afeta os carvões paranaense e de Santa Catarina, abastecendo. Os processos de beneficiamento são capazes apenas de reduzir o enxofre pirítico. O enxofre orgânico não é possível de redução por estes processos.

A pirita, grosseira e liberada, separa com muita facilidade através dos processos gravimétricos correntes. O problema parece principalmente na flotação, em que a pirita ultra fina tem que ser manuseada.

Outros caminhos a estudar são a separação gravimétrica da pirita antes da flotação (por mesa vibratória ou ciclone autógeno), a flotação reversa da pirita (processo USBM) e a separação magnética de alta intensidade. Esta técnica em especial apresenta resultados muito interessantes.

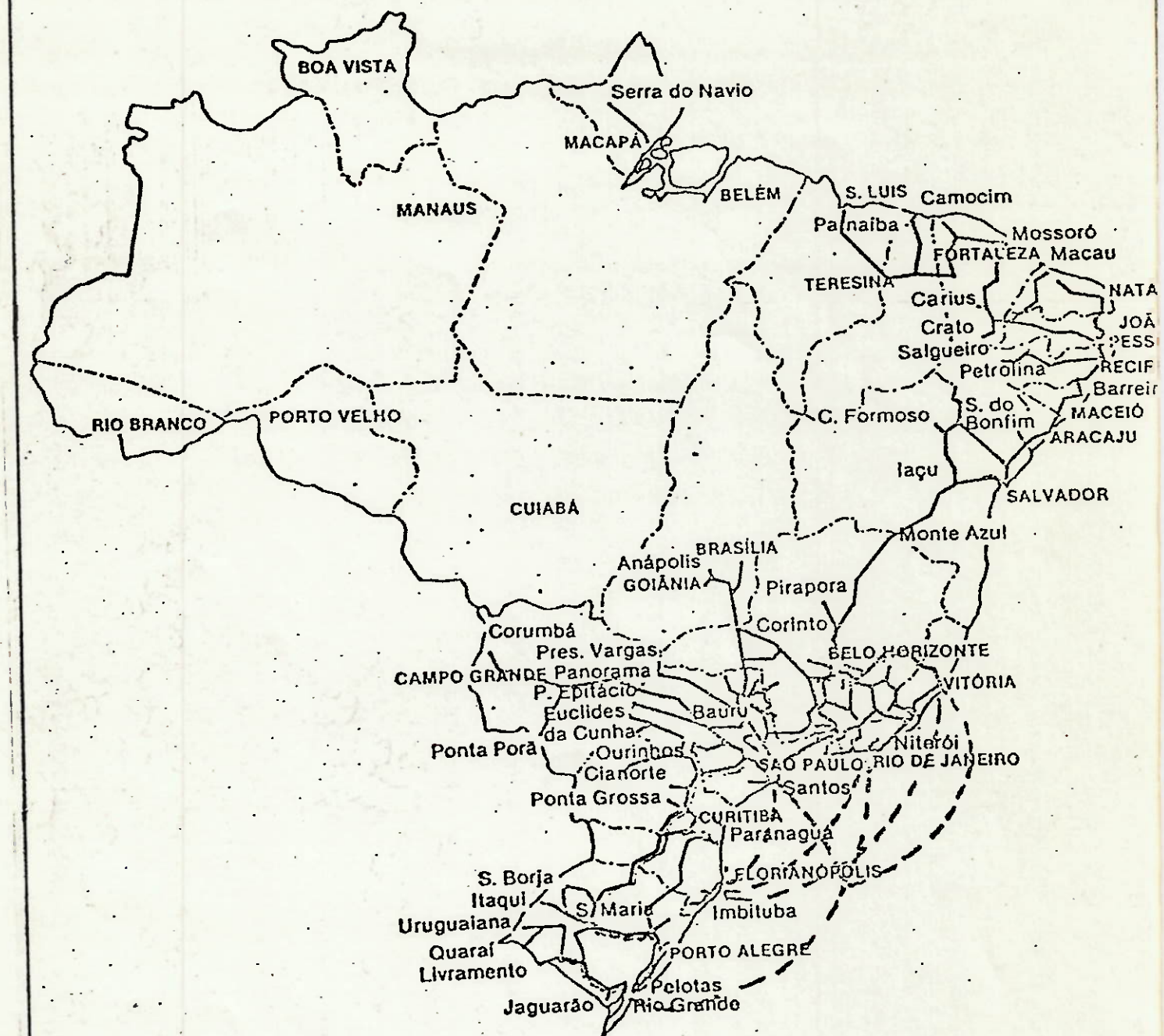
v) Custos Associados

Os custos apresentados pelo Lavador de Capivari indicavam a quantia de 1,36 a 1,10 US\$/t alimentada. O investimento em unidades típicas de beneficiamento por meio denso varia entre 1500 e 2000,00 US\$/t para capacidade de alimentação de 100 a 150 t/h. O investimento em unidade de flotação varia de 5000 a 7000,00 US\$/t alimentada.

7. Transportes

A figura 3 mostra a malha ferroviária brasileira e as rotas de cabotagem para o suprimento dos centros consumidores.

FIGURA 3
REDE FERROVIÁRIA BRASILEIRA
E FLUXOS DO CARVÃO



O carvão catarinense é transportado pela Estrada de Ferro D. Tereza Cristina, pertencente a RFFSA, de bitola métrica. Ela liga as regiões mineradoras ao Lavador de Capivari e este ao porto de Imbituba. De Imbituba o carvão é embarcado em pequenos navios e transportado para os centros consumidores - Santos, Rio de Janeiro e Vitória.

Este sistema constitui-se num ponto de estrangulamento do suprimento de carvão: a estrada de ferro tem inúmeras limitações de traçado e de utilização. Seu equipamento é bastante antigo e a sua capacidade de transporte é limitada. O porto só admite navios de pequeno calado, o que onera sobremaneira o custo da tonelada transportada. Sua capacidade de armazenagem de carvão é de 150.000 ton., o que parece ser insuficiente.

O carvão gaúcho é transportado até São Paulo por ferrovia. Utiliza-se do Tronco Principal Sul. A opção mais econômica parece ser o transporte em barcaças através da Lagoa dos Patos, até o porto de Rio Grande, onde o carvão seria transbordado para os navios graneleiros de grande capacidade de deslocamento.

De momento existem poucos vagões e a malha ferroviária está bastante congestionada. Acreditamos que a garantia da disponibilidade deste carvão posto consumidor é um dos elos fracos do programa do governo e um dos principais desestímulos ao uso de carvão nacional pela indústria em geral.

4. Economia Mineral do Carvão

O carvão mineral é responsável por 25% da energia consumida em todo o globo. No Brasil este mineral participa apenas com 4% no montante da energia primária consumida, embora suas reservas geológicas atinjam 12 bilhões de toneladas. Dentro do atual modelo energético brasileiro não foi dado ao carvão mineral um destaque especial.

No final da década de 70, em função da alta nos preços do petróleo, planejou-se o crescimento da indústria carbonífera nacional visando ampliar a participação do carvão nacional na matriz energética brasileira; porém os preços do petróleo não continuaram subindo como se previa, o que inviabilizou a maior parte dos projetos. Em 1990 o carvão nacional participava com 1,6% na matriz energética brasileira.

Destinação - Os grandes consumidores de carvão no Brasil são as Usinas Termelétricas, as Siderúrgicas e o coque quando verticalmente integradas desde a coqueria e a Indústria Cimenteira.

A Estrada de Ferro D. Tereza Cristina é a única a utilizar carvão mineral em suas locomotivas.

Em Santa Catarina surgiu outro tipo de consumidor que são as pequenas empresas que realizam concentração por flotação e/ou coqueificação.

Usinas Termelétricas - Em determinadas regiões a energia termelétrica compete vantajosamente com a energia hidrelétrica, principalmente em presença das seguintes condições:

- Insuficiência de potencial hídrico capaz de assegurar a demanda futura de energia, onerando o custo de transmissão de energia hidrelétrica de longa distância.

- Existência de um consumo mínimo de energia que permita a instalação de unidades geradoras termelétricas de potencial superior a 200 MW.

- Menor investimento.

Porém a conclusão que se chegou no Brasil após estudos, é que deve haver complementaridade, e não competitividade entre os tipos de usinas.

Assim, sendo possível, digo, impossível completa regularização dos rios a ponto de evitar oscilações sazonais dos níveis d'água, uma fonte complementar de energia permitiria a instalação de uma potência superior àquela que seria assegurada pela vazão do rio no período crítico de estiagem.

Neste regime, a termelétrica funcionaria como "usina de ponta", com baixo fator de carga, atendendo às variações diárias de demanda no período das cheias, e como "usina de base" com fornecimento contínuo durante as estiagens.

Siderurgia - Processo de Redução Direta: os preços mais baixos dos carvões não coqueificáveis em relação aos coqueificáveis, dentre outros fatores, estimulam a pesquisa visando o uso de carvões não coqueificáveis como combustíveis e redutores em processos siderúrgicos.

Gaseificação do Carvão - Um dos temas dominantes nos seminários técnicos e na Berghen 81 foi a obtenção de gás utilizando o carvão como matéria prima.

O sistema Krupp-Koppers escolhido pela Petrobrás em 1979 para a sua usina de 1,5 milhão m³ diários de gás bruto, emprega o processo Koppers-Motzek, cujo desenvolvimento foi iniciado em 1936 e tem várias plantas instaladas e em produção.

Essa usina de gaseificação de carvão consumiria parte significativa da produção nacional de carvão, porém em 1985 este projeto já tinha sido abandonado.

Indústria Cimenteira - visando ampliar o consumo do carvão nacional, a indústria do cimento firmou em 1979 um compromisso, com prazo determinado, com o governo e com os produtores de carvão para substituir em até 100% o óleo combustível pelo carvão mineral. Findo este prazo, por motivos inclusive econômicos, esse processo foi revertido voltando a indústria a usar o óleo combustível e até outros insumos energéticos não tradicionais.

I V - E X E M P L O S

1. Companhia Carbonífera Cambuí

Concomitante à descrição desse exemplo, teceremos algumas considerações nas variações no manuseio de carvão bruto e carvão limpo.

A Companhia Carbonífera do Cambuí, localizada na região de Figueira, município de Curiúva (PR), possui uma planta de pré-lavagem na mina brasileira, frente na qual há o escoamento da produção de carvão.

Fora da planta de lavagem, o projeto do arranjo do equipamento de manuseio de materiais é muito importante. Este equipamento exterior à planta constitui de: o silo de estocagem de carvão bruto, o silo de recebimento do carvão bruto, o britador de carvão bruto (britagem e rebritagem), o manuseio dos rejeitos da planta, o sistema de estocagem de carvão limpo e as facilidades de carregamento (silo de descarga em caminhões).

O carvão bruto é recebido através de uma moega por varonetas que vêm desde o túnel principal, podem ser utilizados também um transportador de correias ou caminhões, o material é descarregado por meio de um alimentador de correias no britador, onde o material alimentado é reduzido até o tamanho adequado a alimentação da planta de lavagem. Em alguns casos, que não este, o carvão britado ainda é depositado sobre uma correia que o envia para o sistema de estocagem de carvão bruto britado. Este sistema de estocagem deve ser dimensionado para a máxima capacidade de recebimento de carvão bruto. Se o sistema de estocagem de carvão bruto não tem a necessária capacidade, o excesso de carvão tem que ser retomado, das pilhas de estoque por carregadeiras ou outro método. Sob estas condições a moega de recebimento passa a ser o controle da alimentação da planta de lavagem.

Os métodos de estocagem de carvão limpo podem ser os mais variados, ditados pela localização da planta e método de descarregamento (por caminhões, barcaças ou trens unitários). A Cambuí utiliza o método de descarregamento direto do silo de carvão limpo sobre caminhões. Neste caso, quando a planta faz a expedição do carvão limpo por caminhões, um pequeno silo (hopper) com capacidade para alguns caminhões é suficiente. Quando apenas vagões ferroviários são carregados o método também é adequado. No caso de uma unidade de trem ou fila de barcaças, o carvão limpo deve ser acumulado para satisfazer suas capacidades. Neste caso, uma instalação similar àquela anteriormente descrita para a estocagem do carvão bruto pode ser empregada.

Toda planta de lavagem deve ter um suprimento de água limpa para repor a água perdida no carvão limpo, nos refugos, por evaporação ou bombeada para as lagoas de decantação. Mesmo nas plantas que dispõem de refinados circuitos fechados de água, uma certa quantidade de água fresca é necessária. A companhia utiliza em sua planta a água do próprio rio Cambuí.

Nas grandes plantas são usados clarificadores para limpeza de água. O "underflow" ou ultra-finos devem ser filtrados ou bombeados para as lagoas de decantação e pilhas de refugos.

A produção dessa Companhia é destinada basicamente às Indústrias Klabin, em Telemaco Borba (PR), e os finos para a Termelétrica de Figueira (CCPEL).

2. Companhia Riograndense de Mineração (CRM)

A origem da Companhia Riograndense de Mineração - empresa de capital misto onde o Governo do Estado do Rio Grande do Sul tem participação majoritária - está ligada à criação, em 1947, do Departamento Autônomo do Carvão Mineral.

Visando a participar da mineração e comercialização do carvão no Rio Grande do Sul, o governo daquele estado criou o DACM que, embora fosse autarquia, tinha um caráter industrial. O Departamento incorporou, logo em seguida, as minas de carvão de Hulha Negra, em Paré e Leão, no município de Butiá. Em 1961, iniciou as operações da mina de Candiota. Anteriormente, 1950, o DACM havia encerrado as atividades em Hulha Negra, porque havia se tornado anti-econômica.

No dia 20 de Setembro de 1960, o então governador Walter Parcellos assinou a lei que criava a CRM, a fim de permitir uma situação, ou melhor, uma atuação mais flexível e diversificada no campo mineral no âmbito do Estado. Mais tarde, em 1971, o governo Euclides Triches ampliou o raio de ação da empresa.

Em apenas 22 anos de atividades, a CRM transformou-se na principal empresa de mineração do Estado e uma das maiores do País. Em seguida citaremos algumas minas da CRM.

a. Leão I - É a mais antiga mina da CRM, foi a primeira a colocar em operação no Brasil um conjunto mecanizado de lavra pelo sistema Longwall.

Localizada no município de Butiá, a cerca de 90 km de Porto Alegre, a mina do Leão I era lavrada inicialmente pelo método manual, através do sistema tradicional de câmaras e pilares.

Para a ampliação da capacidade e introdução da lavra mecanizada foram necessárias profundas modificações na estrutura da mina - tanto no poço P.1 como no subsolo. Estas modificações incluíram: ampliação da capacidade de extração vertical, com a construção de uma torre de concreto com 36 m de altura; substituição das antigas gaiolas por "skips"; e alteração do método de lavra no subsolo.

A utilização do método de Longwall nesta mina, justifica-se pelo melhor aproveitamento da reserva, pela responsabilidade, ou seja, possibilidade de desmonte mecânico - sem uso de explosivos - e pela má sustentação do teto.

Método de Lavra - Afrente mecanizada adquirida da Dowty tem 70m de comprimento e o escoamento é feito através de macacos hidráulicos auto-marchantes tipo chock 6/240 t. Amplitude do suporte é de 1,20 m a 2,40, e sua capacidade de sustentação é de 105 t/m².

No subsolo, o carvão é escoado por correias transportadoras tipo rope-conveyor. No transporte secundário - galerias de com torno dos mainéis - SÃO utilizadas correias com 30" de largura e é 800 m de comprimento, com uma capacidade de transporte para 300 t/h. No transporte principal, as correias tem 42" de largura, 600m de comprimento e 600 t/h de capacidade.

Próximo ao poço P.1, no subsolo, a mina tem um silo com capacidade para armazenar 600 t BCM de carvão, que alimenta os Skips. Estes, com capacidade para 200 t/hora, são acionados por um guincho com polia Koepe fabricado pela GHM e levam o carvão até a superfície.

Para a abertura das galerias no subsolo FORAM utilizadas duas máquinas tipo road-header, parcialmente fabricadas no Brasil.

Semi-mecanizado:- Além do equipamento mecanizado, a mina do Leão I vai operar com uma frente de longwall semi-mecanizada, composta por uma cortadeira Fickoff, calhas de arraste para escoamento de carvão da frente e escoramento com macacos de fricção.

A extração manual pelo método de câmaras e pilares vai continuar, mas gradualmente substituída pela produção das lavras mecanizada e semi-mecanizada, passando a ter um peso bastante reduzido no total da produção.

Entre as modificações necessárias para o aumento da capacidade de produção da mina, as quais exigiram maiores esforços estiveram relacionadas com o sistema de extração vertical do poço P.1, que exigiu a construção de uma nova torre e casa do guincho, reforma dos quadros do poço, construção do silo e aprofundamento do poço.

Na parte de beneficiamento, o projeto original não previu novas modificações, porque as instalações existentes, projetadas e construídas pela CPM, operando desde 1977, já possuem uma capacidade nominal para 600 mil t/ano, produzindo 3 tipos de carvão: com 40% cbs utilizado em termoelétricas e caldeiras; com 20% c.b.s., destinado à fábrica de cimento da Matarazzo, localizada em Morretes; e com 35% cbs, para utilização na indústria cimenteira.

Em função da evolução do mercado, entretanto, a CPM decidiu realizar modificações na planta de beneficiamento, visando a aumentar sua capacidade e ao mesmo tempo obter um produto com granulometria menor do que aquele atualmente fornecido, com 2".

Basicamente, as modificações na planta de beneficiamento FORAM as seguintes: introdução de uma nova pilha de ROM; implantação de nova instalação de britagem; ampliação da instalação de britagem atual; introdução de ciclonação para tratamento em separado; e um espessador para recirculação e reaproveitamento da água utilizada no processo. Com este espessador, o consumo de água será reduzido em 90%, passando de 700 m³/h para 30 m³/h. Com estas modificações, a planta terá sua capacidade ampliada para 75 mil t/mes.

Ventilação - Para melhorar a ventilação na mina, os técnicos da empresa pretendem recuperar o poço Venceslau Brás, que foi minerado por volta de 1947 e que está há muitos anos desativado. Entretanto, ao realizarem um estudo técnico-econômico, chegaram à conclusão de que a abertura de um plano inclinado específico para a ventilação era mais viável do que a recuperação do poço e abertura de galerias numa área onde existem problemas de gases e caimento.

Produção - Todas as medidas citadas anteriormente visavam o aumento da produção previsto para a década de 80, porém isto não aconteceu tendo a mina do Leão I produzido apenas 150 mil toneladas em 1990.

b. Leão II - Localizada a cerca de seis km de Leão I, a mina do Leão II deveria ser a unidade subterrânea de maior capacidade já instalada no País.

Projetada pela Promon Engenharia e a firma inglesa especializada em carvão K. Wardell and Partners, Leão II teria também um dos mais modernos lay-out em termos de mina subterrânea. Seu sistema de ventilação, por exemplo, foi processado nos computadores das universidades de Berkeley (EUA) e Nottingham (Inglaterra) e considerado um dos mais bem projetados em todo o mundo.

Para sua implantação, a CPM TERIA DE INVESTIR cerca de US\$ 180 milhões, incluindo encargos financeiros. O acesso ao carvão - cujas reservas medidas atingem 30,5 milhões t RCM na camada inferior - seria feito por dois planos inclinados de aproximadamente 800m de comprimento, sendo um para transporte de pessoal e material. Ambos têm seção semi-circular de 6,20 x 4,0 m e inclinação de 1 : 4 e são revestidos com cambotas metálicas e placas de concreto pré-moldado.

Para acesso aos painéis de lavra, existiriam duas galerias principais e o sistema de ventilação composto por 4 poços verticais com 200 m de profundidade e 6 m de diâmetro.

A mina do Leão II também utilizaria o método de Longwall com painéis típicos de 145 m de largura x 800 m de comprimento. O escoamento do carvão seria feito por correias transportadoras, tanto das frentes de lavra até a superfície, quanto do lavador até o ramal ferroviário que seria implantado próximo à mina.

As instalações de superfície, compostas por uma usina de beneficiamento de carvão; o prédio da oficina de manutenção, almoxarifado e garagem, com cerca de 10 mil m², o prédio de serviços sociais, sub-estação principal de 69 mil V, casa de força, estação de tratamento de esgotos e estação de bombeamento e tratamento da água.

Estágio Atual - Após terem sido abertos oito quilômetros de galerias e investidos mais de US\$ 80 milhões a mina teve suas obras paralisadas em 1985.

Em 1989 foi realizado um trabalho de reavaliação técnica na Polônia que determinou uma previsão de investimentos da ordem de US\$ 66 milhões para a conclusão do projeto, porém as obras continuam paralisadas.

c. Candiota - É a mais importante área carbonífera da CRM e do próprio Brasil.

As pesquisas foram iniciadas em 1945 e a lavra em 1961.

De acordo com o projeto de ampliação da empresa, feito em 1980, a produção deveria atingir 3 milhões t/ano a partir de 1984, porém em 1990 a produção foi de 1,6 milhão de ton.

A camada Candiota é composta por um banco superior com 2,40 m de carvão, uma camada intermediária de argilito e o banco inferior de carvão, com 2,3 m.

O método de lavra é o de Cortes Envolventes ao Jazimento e consiste das seguintes etapas: detonação da cobertura com o uso de explosivos gelatinosos; em seguida esta camada de estéril é removida pela dragline Bucyrus 1260, a maior em operação no País, com 3 mil HP de potência e capacidade de 38 jardas cúbicas. Posteriormente, as duas camadas de minério são também detonadas, facilitando o trabalho das duas carregadeiras shovel P&H 1600. O transporte para a britagem é realizado por nove caminhões fora de estrada, tipo bottondump, com capacidade unitária de 65 t.

Deve-se assinalar o intenso trabalho de recuperação das áreas lavradas que vem sendo realizado nos últimos anos.

d. Outros - A Cia Riograndense de Mineração (CRM) possui ainda outras jazidas como as de Iruí, São Vicente Norte e Poacá que aguardam melhores condições de mercado para serem implantadas.

V. - P R E Ç O S

A tabela IV nos mostra o preço vigente do carvão nacional para a venda, segundo o boletim de preços do DNPM.

TABELA IV

ESPECIFICAÇÃO	USOS	LOCAL DA COTAÇÃO		PREÇOS			DATA DA COTAÇÃO
		PROCEDENCIA	DESTINO	UNIDADE	FOB	CIF	
Bituminoso, Tipo Condiff n.2, unid=1,5%, cinza=12, S=1,5%, voláteis=30%, sacos de 40 Kg.	Alto Forno	Rio Deane - SC	Durvinos	Cr\$/t	38.620,00	—	17.06.91
Antracito, fino, unid=1%, cinza=24%, C=63%, sacos 22,5 Kg	Elonite	Rio Deane - SC	Durvinos	Cr\$/t	39.853,00	—	17.06.91
Metalingico, cinza=18%, unid=8% voláteis=30%	Siderurgica	Graciosa Sideropolis - SC	Ipatinga - MG	Cr\$/t	ND	—	—
Metalingico, alto volátil	Siderurgica	Canada/USA	Ipatinga - MG	US\$/t	51,20	69,50	28.05.91
Metalingico, baixo volátil	Siderurgica	USA	Ipatinga - MG	US\$/t	50,00	67,00	28.05.91
Metalingico, medio volátil	Siderurgica	Polonia	Ipatinga - MG	US\$/t	48,40	66,50	28.05.91
Metalingico importado	Siderurgica	Australia, USA, Canada, Polonia	Volta Redonda - RJ	US\$/t	51,55	—	17.06.91
Antracitoso, unid=4%, S=1,4%, cinza=24%, voláteis=12-93%, C=64%, sacos de 25 Kg.	Tratamento de Agua	Rio Deane - SC	Durvinos	Cr\$/t	114.785,00	—	17.06.91

Preços - Abril / Maio / Junho - 1991

VI - Conclusões

A indústria carbonífera nacional talvez tenha sofrido o seu golpe mais forte, em 1990, com a liberação das importações, o que coloca o carvão nacional em franca desvantagem, em relação ao preço do produto importado.

Por tudo que foi visto podemos concluir que a situação da indústria carbonífera brasileira é precária; caso o governo decida-se a ajudar o setor a sair da crise em que se encontra deve:

— Estudar um meio de tornar competitivo o carvão nacional, seja subsidiando-o ou então taxando convenientemente as importações.

— Realizar obras de infra-estrutura para o escoamento da produção nacional.

— Intensificar as pesquisas geológicas para a ampliação das reservas.

— Pesquisar com maiores detalhes as características particulares do carvão nacional, para desenvolver tecnologias que permitam seu melhor aproveitamento.

— Incentivar as empresas de engenharia nacionais e os fabricantes de equipamentos, que estão capacitados e tem uma contribuição substancial a dar.

O carvão mineral nacional tem o seu lugar na matriz energética brasileira, só que esse lugar tem que ser bem planejado, através de uma política bem definida, que não mude no meio do caminho.

VII - BIBLIOGRAFIA

1. Recursos Minerais do Brasil - Sylvio Fróes de Abreu - vol. II
2. Perfil Analítico do Carvão - Boletim nº 6 DNPM
3. Revista Brasil Mineral - nº 22 - SET/85
4. Revista Brasil Mineral - nº 71 - OUT/89
5. Revista Brasil Mineral - nº 82 - OUT/90
6. Painel de Debates sobre o Carvão Mineral Brasileiro - Divisão de Alternativas Energéticas IE/Promon Engenharia S.A. - (separata da revista nº 430 - IE SP).
7. Boletim de Preços 77 - DNPM - ABR/MAI/JUN - 91
8. Anuário Mineral Brasileiro - 1989
9. Seminário sobre Equipamentos envolvidos no Beneficiamento de Carvões - Autor: Antonio Carlos Jambeiro de Oliveira
10. "Beneficiamento de Carvão no Brasil" - Painel sobre Petroquímica e Carboquímica - XXI Congresso de Engenharia Química - Arthur Pinto Chaves - Porto Alegre