

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas Metalúrgica e dos Materiais

PPGEM

MINA DE CANDIOTA
ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO

Jorge Dariano Gavronski

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre

1997

Defesa

04 de dezembro de 1997

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e dos
Materiais

PPGEM

Mina de Candiota
Alternativas de Produção

Jorge Dariano Gavronski

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais-PPGEMM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Metalurgia Extrativa

Porto Alegre

1997

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora do Curso de Pós-Graduação.

Orientador: Prof. Dr. André Jablonski

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Slawomir Dominik Piatnicki (Demin – UFRGS)

Prof. Dr. João Felipe Coimbra Leite Costa (DEMIN – UFRGS)

Dr. Luis Marcelo M. Tavares (CNPQ)

Dedico a todos os amigos que de uma maneira ou de outra contribuíram para esta dissertação, a minha família e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho, o meu reconhecimento.

Ao professor André Jablonski pelo estímulo, dedicação e esforço pessoal proporcionado.

Aos colegas da CRM pelas sugestões e observações valiosas.

Aos Professores desta Universidade pelas valiosas contribuições.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	VI
RESUMO	IX
ABSTRACT	X
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 SÚMULA HISTÓRICA DA MINERAÇÃO EM CANDIOTA	3
2.2 CONDICIONAMENTO GEOLÓGICO	4
2.3 RESERVAS	8
2.4 MÉTODO DE MINERAÇÃO UTILIZADO (SITUAÇÃO ATUAL).....	12
2.4.1 <i>Remoção da camada vegetal</i>	12
2.4.2 <i>Decapeamento</i>	12
2.4.3 <i>Lavra da camada de carvão</i>	13
2.4.4 <i>Peneiramento e Britagem</i>	13
2.4.5 <i>Cuidados ambientais</i>	14
2.5 CONCEITOS E RELAÇÕES MATEMÁTICAS BÁSICAS UTILIZADOS NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA FINANCEIRA DE EMPREENDIMENTOS	15
2.5.1 <i>Medidas de valor do investimento</i>	17
2.5.2 <i>Decisões conflitantes: VPL x TIR</i>	19
2.5.3 <i>Cálculo da taxa de desconto</i>	20
3 METODOLOGIA	23
4 APRESENTAÇÃO, DISCUSSÃO DO PROBLEMA E RESULTADOS	25
4.1 O MERCADO DE CARVÃO DE CANDIOTA E POTENCIAL DE CRESCIMENTO	25
4.2 QUALIDADE DOS CARVÕES EXIGIDA PELO MERCADO	29
4.3 DADOS QUALITATIVOS DAS CAMADAS DE CARVÃO SITUADAS ACIMA E ABAIXO DA CAMADA CANDIOTA	29
4.4 BLENDAGEM PARA ADEQUAÇÃO AO CARVÃO DE REFERÊNCIA DAS USINAS TERMELÉTRICAS	33
4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE LAVRA ATUALMENTE UTILIZADO E ALTERNATIVAS	38
4.6 ALTERNATIVA DE MINERAÇÃO CONJUNTA DAS CAMADAS DE CARVÃO SITUADAS ABAIXO DA CAMADA CANDIOTA	41
4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS OPERACIONAIS DAS ALTERNATIVAS DE MINERAÇÃO APRESENTADAS	51
4.8 ANÁLISE FINANCEIRA DO EMPREENDIMENTO	52

4.8.1 cálculo econômico financeiro do empreendimento	55
4.8.2 Análise dos fluxos de caixa simulados.....	64
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - BACIA DO PARANÁ E PRINCIPAIS JAZIDAS DE CARVÃO DO BRASIL (FONTE: DNPM/CPRM 1986).....	5
FIGURA 2.2 - MALHAS DE PESQUISA E LAVRA DA CRM	10
FIGURA 2.3 - PERFIL LITO-ESTRATIGRÁFICO DA REGIÃO DE CANDIOTA (FONTE: CRM, 1997)	11
FIGURA 4.1- FLUXOGRAMA DE PROCESSO DA MINA DE CANDIOTA.....	43
FIGURA 4.2 - SEQUÊNCIA OPERACIONAL DE LAVRA DA MINA DE CANDIOTA	43
FIGURA 4.3 – “STRIP MINING”, MINERAÇÃO ATÉ A CAMADA CANDIOTA	48
FIGURA 4.4 - “TRUCKSHOVEL”, MINERAÇÃO ATÉ A CAMADA CANDIOTA	49
FIGURA 4.5 “TRUCKSHOVEL” COMPLEMENTAR AO “STRIP MINING” PARA MINERAÇÃO DAS CAMADAS I ₁ , I ₂ , I ₃ , E I ₄ ...	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - RESERVAS DA CRM NA JAZIDA DE CANDIOTA (FONTE - CRM, 1996).....	9
TABELA 4.1: PREÇOS PRATICADOS NO CARVÃO TERMELÉTRICO (FONTE: MME/SNE, 1997)	27
TABELA 4.2: ANÁLISES DA CAMADA CANDIOTA (CC) - (CRM - 1996)	31
TABELA 4.3: COMPARATIVO ENTRE AS CAMADAS CANDIOTA (CC), CAMADAS INFERIORES (CI) E BANCO LOUCO (BL)	33
TABELA 4.4 - BLENDAGEM DAS CAMADAS DE CARVÃO NA PROPORÇÃO DE PRESENÇA NO JAZIMENTO.....	37
TABELA 4.5 - CAPACIDADE DE DESCOBERTURA DA DRAGLINE BUCYRUS 1260-W	39
TABELA 4.6 – PERFIL DAS MALHAS IV, V E VII	45
TABELA 4.7 – CUSTOS DESEMBOLSÁVEIS – MINERAÇÃO CANDIOTA	46
TABELA 4.8 – CUSTOS DESEMBOLSÁVEIS UNITÁRIOS DAS OPERAÇÕES MINEIRAS	47
TABELA 4.9 - INVESTIMENTOS COMPLEMENTARES - MINA DE CANDIOTA	54

TABELA 4.10 – DADOS DE ENTRADA E RESPOSTAS.....	56
TABELA 4.11 – AMORTIZAÇÃO DOS FINANCIAMENTOS.....	57
TABELA 4.12 – INVESTIMENTO/AMORTIZAÇÃO – SISTEMA “DRAGLINE”	58
TABELA 4.13 – MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROJETO -ALTERNATIVA “DRAGLINE”	59
TABELA 4.14 – INVESTIMENTO/AMORTIZAÇÃO – SISTEMA “TRUCKSHOVEL”	60
TABELA 4.15 – MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS – ALTERNATIVA “TRUCKSHOVEL”	61
TABELA 4.16 – INVESTIMENTO/AMORTIZAÇÃO – SISTEMA “DRAGLINE/TRUCKSHOVEL”	62
TABELA 4.17 – MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROJETO – ALTERNATIVA “DRAGLINE/TRUCKSHOVEL”	63
TABELA 4.18 - EXPECTATIVA DE TAXA INTERNA DE RETORNO DE PROJETO EM FUNÇÃO DO PREÇO.....	64

RESUMO

O trabalho cobre os seguintes aspectos da mina de carvão de Candiota: Histórico da mineração, compilação de dados sobre o condicionamento geológico da jazida, com indicação quantitativa e qualitativa das reservas e potencialidades de mercado futuro para o carvão. O trabalho apresenta, também, descrição do método de lavra utilizado e alternativas para a mineração de outras camadas, além da Camada Candiota. A comparação entre os métodos de mineração foi feita estabelecendo uma metodologia de simulação econômico-financeira capaz de identificar, dentre as alternativas estudadas, a mais atrativa. Dessa forma, a partir dos dados geológicas da jazida, são propostas três alternativas de mineração para a produção de 4 milhões de toneladas de carvão por ano, estimada neste trabalho, como demanda de mercado, no ano 2001. São avaliados os custos operacionais, os investimentos necessários e os preços possíveis de serem praticados. Esses parâmetros são analisados num “fluxo de caixa”, que simula a operação da mina num período de 25 anos. O “fluxo de caixa” identifica, para cada alternativa, o “valor presente líquido”, a “taxa interna de retorno” e o “período de retorno do capital”, que são os indicadores financeiros básicos de avaliação de um empreendimento.

O trabalho demonstra a viabilidade da mineração conjunta das demais camadas de carvão presentes na litologia local com a blendagem dos carvões na proporção de sua ocorrência. O processo de blendagem possibilitará a adequação do carvão produzido às especificações do dito “carvão de referência” das usinas termelétricas Candiota, fases A, B e C, com um incremento em torno de 40% no aproveitamento da jazida (t/m^2).

ABSTRACT

Candiota Coal Mine: Production Alternatives. This dissertation proposal is, initially, to offer a general view of the Candiota region, mostly the mining history, the data compilation about the geological conditioning of the Candiota Coal Basin, including the coal reserves, and the possibilities of future coal consumption increase; also, presents descriptions of the actual mining methods and alternatives to include other coal seams, in addition to Candiota one. The comparison between the mining methods was carried out with data tables specially developed to establish a economic-financial simulation methodology, able to identify the most attractive, among the alternatives studied. By this way, from the coal basin geologic data, are proposed three mining alternatives for a 4 million metric tons of coal, per year, made the operational costs evaluation, the investments required and the possible coal prices. These parameters are analysed on a “cashflow”simulating the mine operation through a 25 year period. The “cash flow”reveals, for each alternative, the “present value”, the “internal return rate” and the “pay back”, witch are basic financial indicators to evaluate an enterprise. This dissertation shows the possibility and advantage to mine others coals seams presents in local litology and the necessity, in this case, to use blending to adequate mining products to the coal specification of power plants Candiota A, B and C. In Candiota, this mining prossess, would be possible to increase about 40% the rate coal per square meter mined (t/m^2).

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da mineração na região de Candiota, a mais de 50 anos, é minerada apenas a denominada Camada Candiota. As demais camadas de carvão presentes no perfil estratigráfico não são aproveitadas. Este fato reduz o aproveitamento da jazida em cerca de 40%. Também, por falta de mercado, a produção de carvão é muito reduzida em relação ao potencial da jazida. Outras formas de produção de energia tem sido priorizadas, ao longo do tempo, em detrimento do aproveitamento do carvão.

O assunto é relevante porque Candiota, além de apresentar o menor custo de produção entre as jazidas de carvão brasileiras, é a maior jazida de carvão do Brasil com 12.3 bilhões de toneladas (DNPM-1995).

Preocupado com esse assunto, o trabalho objetiva mostrar o potencial existente em Candiota para uma mineração de carvão com menor impacto ambiental por tonelada produzida e melhor resultado econômico. O trabalho mostra que os custos de produção podem ser reduzidos com o aumento na escala de produção e com o emprego de um sistema de mineração que permita um melhor aproveitamento da jazida.

Dessa forma foram analisados sob os pontos de vista técnico-econômico da mineração e da qualidade do produto obtido, a viabilidade do aproveitamento conjunto de outras camadas de carvão situadas, estratigraficamente, acima e abaixo da Camada Candiota. Nesse contexto, foram examinadas, com os dados disponíveis, alternativas de blendagem para homogeneização e identificação da qualidade final do produto a ser obtido. Com o emprego de técnicas computacionais foram analisadas alternativas de mineração e comparados os resultados econômicos com o sistema de mineração atual, buscando a identificação de um sistema que propicie menor custo de produção.

A redução nos custos de mineração tornaria o carvão mais competitivo e poderia promover o desenvolvimento de um parque de geração Termelétrica em Candiota. A localização estratégica da jazida, centralizada em relação aos países do Mercosul e o planejamento da Eletrobrás (Plano 2015) são indicativos dessa possibilidade.

Os dados das malhas IV, V e VII, onde a mineração deverá se desenvolver nos próximos anos, em razão do condicionamento geológico favorável e proximidade das usinas

termelétricas serviram de parâmetros para a realização e conclusões deste trabalho. Nestas áreas foram feitas 327 sondagens; desse número, 46 ou seja apenas 14% investigaram o conjunto das camadas inferiores. Dessas sondagens, apenas duas foram analisados com respeito as características de análise elementar dos carvões e características das cinzas. Esses dados mostram a necessidade de pesquisa complementar nas demais camadas de carvão, tanto nos aspectos quantitativos como qualitativos, pois os trabalhos realizados, na sua maior parte, tiveram como alvo apenas a Camada Candiota.

Dessa forma, é importante salientar que as conclusões, principalmente aquelas decorrentes dos dados qualitativos das Camadas Inferiores, são indicativas e que poderão ser reavaliadas com a complementação da pesquisa.

Contribuir para viabilizar uma maior utilização do carvão em Candiota, o que certamente traria mais desenvolvimento para a região e ao Estado, é o objetivo principal desse trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SÚMULA HISTÓRICA DA MINERAÇÃO EM CANDIOTA

A Jazida de Candiota se localiza na parte sul do Estado do RS, distribuindo-se entre os municípios de Bagé, Hulha Negra, Candiota, Pinheiro Machado e Herval. A Mina de Candiota situa-se na localidade de Dario Lassance (antiga estação da Viação Férrea do Rio Grande do Sul, ramal extinto Hulha Negra - Pedras Altas), distando, via rodoviária, cerca de 400 km de Porto Alegre, 60 km de Bagé e 46 km de Pinheiro Machado.

Data de 1801 a primeira notícia da descoberta de carvão mineral nessa região, situando-se na última metade do século passado a sua exploração rudimentar, executada nos afloramentos a meia encosta dos vales. A mineração ocorria, sob a forma de “carvoeiras”, a céu aberto, e sob a forma de mineração subterrânea, objetivando o abastecimento às charqueadas da região (Bunse, 1984).

A Mina de Hulha Negra constitui-se em marco importante da indústria carbonífera gaúcha. A mina operava com lavra subterrânea, tecnicamente conduzida, sob a administração da Comissão Estadual de Mineração, nos anos de 1943 até 1947, quando foi incorporada ao então recém criado Departamento Autônomo de Carvão Mineral. Os trabalhos de lavra foram suspensos em junho de 1950. O carvão produzido era destinado à Viação Férrea e a pequena usina termelétrica própria (Castanho, 1989).

Os trabalhos sistemáticos de pesquisa iniciaram-se na década de 40, objetivando, em especial, bloquear uma reserva de carvão compatível com o abastecimento de uma usina termelétrica, “à boca da mina”, com uma potência inicial prevista de 20 MW. Com esse objetivo foram definidas, naquela oportunidade, as características fundamentais da jazida, que serviram de base para as pesquisas posteriores, ainda hoje em curso em diferentes áreas (concessões, para efeitos do Código de Mineração).

Em 1961, o Departamento Autônomo de Carvão Mineral (DACM), transformado, no ano de 1969, na Companhia Riograndense de Mineração (CRM), iniciou os trabalhos de lavra a céu aberto da denominada Malha I, iniciando, também, o abastecimento da Usina

Termelétrica Candiota I, da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), com potência de 20 MW. Na mesma década de 60 foi complementada a pesquisa da Malha II, com vistas à ampliação do Sistema Candiota, ou, em especial, à construção da Usina Termelétrica Candiota II. Na seqüência deste trabalho, foram caracterizadas duas novas áreas, Malhas III e IV, cada uma com reserva medida de carvão acima da demanda prevista ao longo da vida útil da usina projetada, especificada para consumir até 2.800.000 t/a de carvão.

No ano de 1974 entrou em operação a primeira etapa da usina, Fase A, com duas máquinas de 63 MW, cada, sendo desativada então a Usina Candiota I. Em 1986 entrou em operação a primeira máquina da segunda etapa, Fase B, com 160 MW e, finalmente, em 1989, entrou em operação comercial a última máquina, completando os 446 MW da capacidade nominal da Usina Candiota II, posteriormente denominada “Usina Termelétrica Presidente Médici”.

Paralelamente, desenvolveram-se providências governamentais objetivando o início das obras de implantação da Central Termelétrica Candiota III, cujo projeto original preconizava 6 máquinas de 350 MW, cada, estando a primeira já pronta, armazenada na França, aguardando providências para sua liberação e transporte ao sítio de montagem, em Candiota. Problemas econômicos da CEEE e a não concretização da demanda de energia projetada, em função da redução das taxas de crescimento do país nas décadas de 80 e início da década de 90 atrasaram a implantação do empreendimento. Também por razões de mercado, até o ano de 96 e problemas técnicos operacionais, a usina instalada, Fases A+B, tem operado com baixo fator de carga.

Esses fatos tem gerado sérios impactos negativos, de ordem econômica, na CRM, pois obriga seu projeto mineiro a operar com ociosidade. A Mina de Candiota foi dimensionada para uma produção anual de 2,8 milhões de t/ano e sua maior produção ocorreu no ano de 1995, com 1,762 milhões (relatórios internos CRM –1989 a 1996).

2.2 CONDICIONAMENTO GEOLÓGICO

No Brasil, as ocorrências de carvão distribuem-se nas seguintes regiões: - Bacia do Parnaíba, no Nordeste, e região meridional da Bacia do Paraná, das quais, apenas a última apresentou viabilidade econômica de aproveitamento desse minério, que ocorre descontinuamente desde o sul de São Paulo até o Rio Grande do Sul (fig. 2.1).

A Jazida de Candiota, como as demais jazidas carboníferas gaúchas, está inserida na porção inferior da seqüência de rochas que compõe a província geológica denominada Sedimentos Gonduânicos, balizando os limites sul da referida Bacia do Paraná.

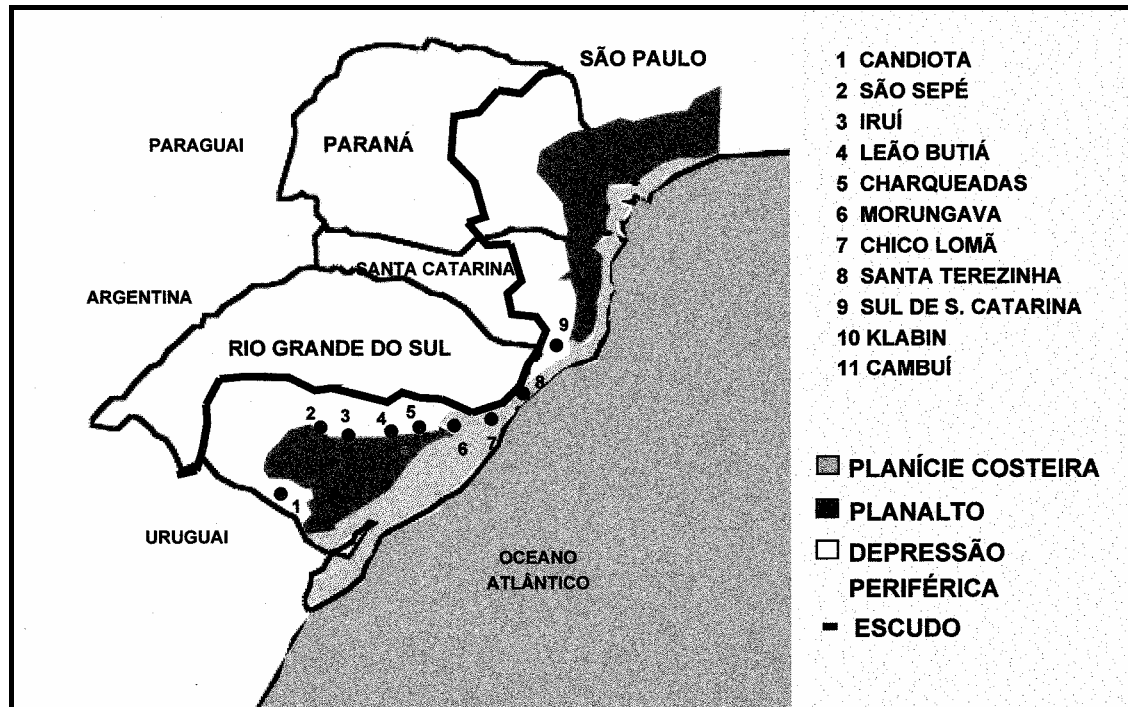


Figura 2.1 - Bacia do Paraná e principais jazidas de carvão do Brasil (Fonte: DNPM/CPRM 1986)

A região em que se localiza a Mina de Candiota, corresponde a borda Sul-Sudoeste da Depressão Periférica, junto as litologias do Escudo Sul Riograndense. (CRM-1982).

A geomorfologia é modelada em litologias sedimentares, correspondentes a Sequência Gondwânica, com idade desde o Permiano até o Jurássico. No seu terço basal estão intercaladas as camadas de carvão da área, especialmente, na região representante da Formação Rio Bonito, está condicionada a presença de pacotes de arenitos na coluna sedimentar, sobrejacentes às camadas de carvão, sendo que os processos de ferruginização funcionaram como mantenedores da topografia do terreno (DNPM/CPRM, 1986).

Conforme citação do Relatório Consolidado sobre a Mina de Candiota (Mello, 1996), estratigraficamente, as camadas de carvão, juntamente, em especial, com folhelhos carbonosos, folhelhos cinza-escuros, argilitos, siltitos e arenitos, eventualmente conglomeráticos, integram a denominada Formação Rio Bonito, sobreposta pela Formação

Palermo, ambas compondo o Subgrupo Guatá, do Grupo Tubarão, de idade Permiano Inferior, assentando, na região, em contato discordante, sobre rochas, principalmente quartzitos, da Formação Vacacaí, Grupo Porongos, de idade Pré-Cambriana.

A formação Rio Bonito é dividida em 3 intervalos faciológicos:

- Fácies Inferior, constituída em sua porção basal, e mais espessa, por arenitos quartzosos interestratificados com leitos e camadas de conglomerados, que podem alcançar espessuras consideráveis nos paleovales não preenchidos pelo Subgrupo Itararé e ocasionalmente por intercalações de siltitos, em parte carbonosos. Na porção superior, menos espessa, ocorrem lamitos e sedimentos paludiais. As camadas de carvão que ocorrem neste ambiente deposicional, formam o Conjunto Inferior de Camadas em relação a Camada Candiota. Estas litologias resultaram da evolução de um sistema fluvial, caracterizado pela associação de fácies representativas de leques de canais fluviais, barras de canal, diques marginais e depósitos originados por processos de atalho pertencentes a faixa de rios estabelecidos em planície fluvial ampla e bem definida.

- Fácies Intermediária: constituída em sua porção basal por sedimentos sílticos e paludiais que, em sua parte mais inferior, podem apresentar intercalação de arenito. Na porção superior ocorrem arenitos, com intercalação de siltitos e sedimentos paludiais. As camadas de carvão presentes neste sistema deposicional, são a Camada Candiota e o conjunto Superior de Camadas.

Estas litologias resultaram da constituição de sistemas deposicionais estabelecidos sobre uma baixa planície fluvial costeira construída a partir de restingas evoluídas de cordões litorâneos. Estes cordões, quando emersos teriam se constituído em verdadeiras cadeias costeiras, que balizaram e protegeram da ação do mar, em sua retaguarda, extensos lagos rasos e as grandes turfeiras a eles associados que vieram a constituir as mais extensas e espessas camadas de carvão conhecidas no Brasil (Camada Candiota). Em determinado estágio de evolução desta planície costeira, houve uma inversão da tendência. Em estágio evolutivo mais avançado, a linha de costa foi dominada por eventos diferentes, tendo sido lançados sobre a turfeira, uma grande quantidade de sedimentos arenosos, de grande extensão geográfica. Acima do banco superior, destes corpos de areia, provavelmente, devido a movimentos oscilatórios da linha de costa, determinados pelo balanço entre o suprimentos de sedimentos e de subsidência, restabeleceram-se, novamente condições

favoráveis à evolução de lagoas rasas, agora em pequena extensão geográfica, que permitiram o desenvolvimento de turfeiras que deram origem ao conjunto Superior das Camadas de Carvão. Finalmente a retomada do avanço do mar sobre o continente encerrou, o ciclo de geração na Bacia da Grande Candiota.

- Fácies superior: é totalmente estéril para carvão e caracteriza-se por um pacote litológico, de arenito fino a muito fino, contendo intercalações centimétricas de siltito. Estes sedimentos representam antiga e ampla planície costeira sujeita a ação de marés, representando fácies de praia.

A passagem para a Formação Palermo é transicional, existindo um intervalo denominado zona de transição, que apresenta características litológicas que permitem posicioná-la, seja na Formação Palermo, seja Formação Rio Bonito. Na região da Grande Candiota o topo da Formação Rio Bonito é colocado no topo da denominada zona de transição.

O contato inferior da Formação Rio Bonito é transicional com o Subgrupo Itararé, ou através de discordâncias erosionais com rochas pré-gondwânicas.

A jazida de Candiota, no que se refere ao aspecto de estruturação regional, se comporta como uma grande homoclinal, suavemente, mergulhando para W-SW. Falhas isoladas ocorrem com muita frequência e caracterizam-se por terem pequeno rejeito e pequena extensão regional.

Os sistemas lineares de falhas são as extensas linhas de ruptura, que apresentam direções paralelas, constituindo-se nos elementos de destaque da tectônica regional. As principais direções de falhas segundo os trabalhos de geologia desenvolvidos na área (DNPM/CPRM, 1986) são: - N50° -60°E, N65° -75°W e N5°E a N10° W.

O sistema de falhas nordeste é o mais importante. A ele pertence a falha da Açotéia que se prolonga desde o Uruguai, e tem continuidade com a falha do Piquiri. Na região da Grande Candiota, a falha da Açotéia é a feição estrutural mais importante e aparentemente mais antiga. Ela demarca o bordo erosional da bacia carbonífera permiana, delimitando a área prospectável de carvão para o oeste do seu plano de falha. A pequena jazida de Jaguarão Chico, situada a leste da falha da Açotéia, é uma exceção. Nesta região, ocorrem diversos outros lineamentos tectônicos paralelos à falha da Açotéia, que foram, igualmente,

importantes na estruturação da bacia carbonífera de Candiota. O rejeito das falhas varia de 1 a 40 m, nas regiões de Dario Lassance, Seival e Hulha Negra, crescendo consideravelmente em direção sudoeste, chegando a alcançar 350 m na região de Herval. O bloco em que se situa a Mina de Candiota foi soerguido pela falha do Espinilho e Geosutura de Torquato Severo- Pedras Altas.

Na área do jazimento, ocorrem cerca de uma dezena de diferentes camadas de carvão, porém a Camada Candiota, é a única atualmente minerada. A Camada Candiota é constituída por dois leitos de carvão, denominados Camada Superior (CS) e Camada Inferior (CI), que totalizam uma espessura média de cerca de 5 m, separados por uma camada de argilito com aproximadamente 0,70 m (Castanho, 1989).

Ao exame detalhado, a Camada Candiota exhibe intercalações de material estéril, em ambas as Camadas, sob a forma de níveis claros, geralmente esbranquiçados, muito coesos, classificados genericamente como “tonstein” (argilito a base de caulinita), em número de dois, na Camada Superior, totalizando uma espessura média em torno de 0,10 m, e um nível de cerca de 0,04m, na Camada Inferior, onde normalmente ocorre, em sua porção basal, cerca de 0,20m de folhelho, geralmente carbonoso e 0,20 m de carvão abaixo deste.

O Conjunto Inferior de camadas, em relação à Camada Candiota, é constituído por quatro camadas de carvão, designadas informalmente, de cima para baixo, de I₁, I₂, I₃ e I₄, as quais, possuem características físicas e químicas distintas, possuindo como litologias intercalantes, arenito fino, siltito e folhelhos.

2.3 RESERVAS

Conforme o DNPM, é a seguinte a definição para as reservas de carvão:

- **Reserva Medida.** É a reserva contígua aos furos de sondagem num raio de 400 m, cuja área influenciável é de 0,50 km².
- **Reserva Indicada.** É a reserva externa à reserva Medida, num raio de 1.200 metros, cuja área de influência corresponde a uma coroa circular de área de 4,02 km², excluindo a reserva medida.

-Reserva Inferida. É a reserva situada além da reserva Indicada até uma distância máxima de 4.800 m dos furos.

RESERVAS (10 ³ t)	Medida	Indicada	Inferida	Total
Céu aberto	771.667	235.819	54.819	1.062.305
Subsolo	77.988	178.731	81.220	337.939
Total	849.655	414.550	136.039	1.400.244

Tabela 2.1 - Reservas da CRM na jazida de Candiota (Fonte - CRM, 1996)

Os números acima destacam o fato de que as reservas de maior confiabilidade, “medidas”, correspondentes à lavra a céu aberto, atingindo mais de 70% do total.

Conforme o Relatório Consolidado Sobre a Mina de Candiota - (Mello, 1996), os dados das camadas inferiores e superiores nas malhas IV, V e VII, onde os trabalhos de pesquisa em Candiota estão priorizados, indicam os seguintes parâmetros em termos de reserva e condicionamento geológico:

- Relação Estéril/Minério < 2,5 m³/t
- Reserva Medida + 106.388.000 t
- Área + 1.288 ha

Os dados geológicos utilizados estão fundamentados em extenso trabalho de levantamento topográfico, abrangendo os 189 km² das concessões de pesquisa e lavra da CRM (fig. 2.1), e de pesquisa geológica de superfície, apoiada em mapeamento regional abrangendo 3.900 km². Durante os trabalhos de avaliação da jazida de Candiota, foram executadas 836 sondagens, correspondendo a 25.381 metros perfurados.

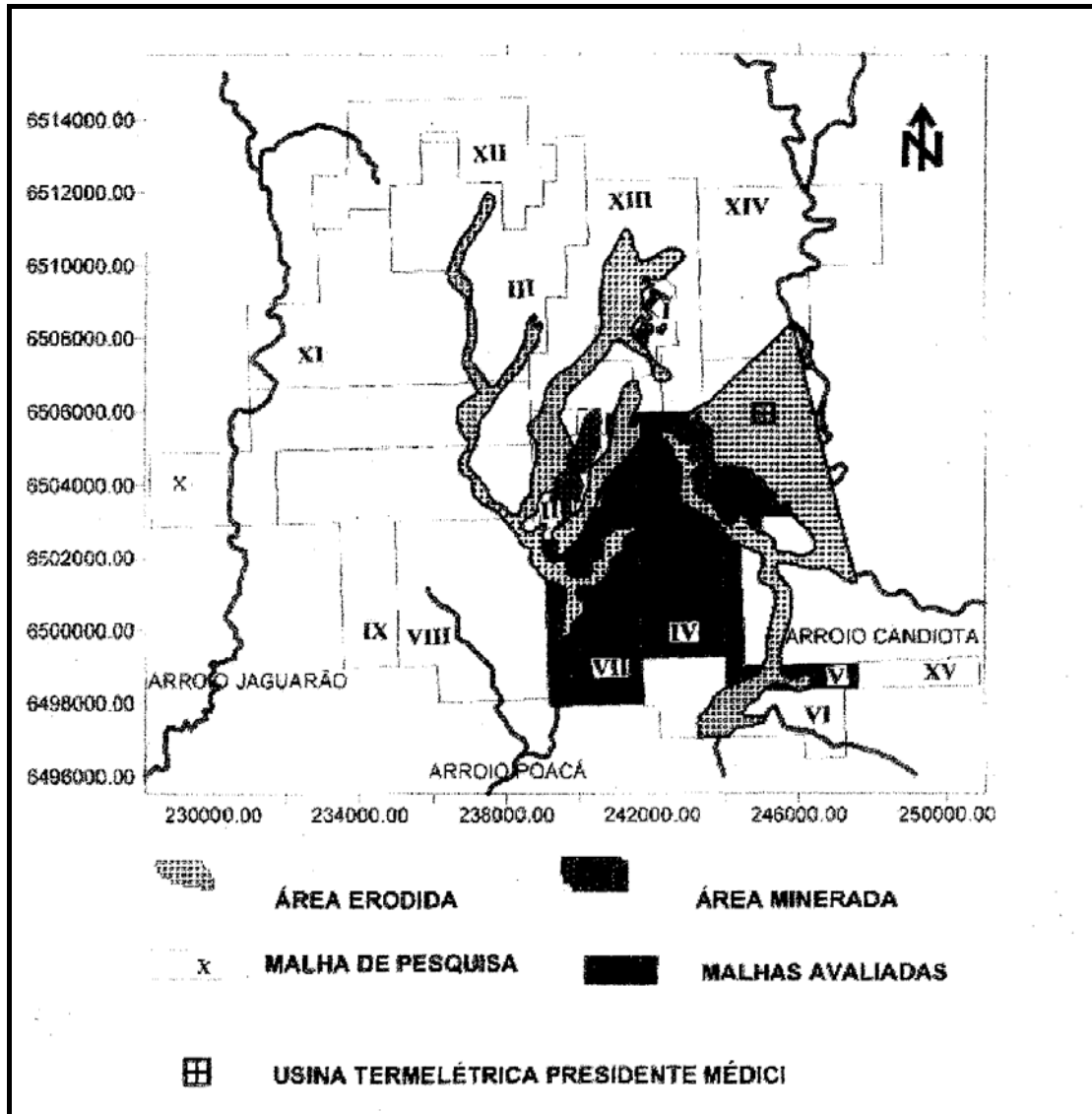


Figura 2.2 - Malhas de pesquisa e lavra da CRM

A Fig. 2.2, mostra o perfil geológico com a estratigrafia e as litologias da região de Candiotá .

IDADE	ESTRATIGRAFIA		PERFIL	ESP. (m)	LITOLOGIA
	GRUPO/SUB.	FORMAÇÃO			
P E R M I A R T N Ã Á O	PASSA DOIS	ESTRADA NOVA			
		IRATI			
			PALERMO		
	T U G B U A A R T N Ã Á O		R		1,40 FOLHELHO 0,80 CARVÃO (CAMADA S-5) 0,60 FOLHELHO
			I		0,50 CARVAO (CAMADA S-4) 0,60 FOLHELHO
			O		1,00 CARVÃO (CAMADA S-3) 2,60 ARGILITO
					3,00 ARENITO
					0,40 CARVÃO (CAMADA S-2) 4,00 ARENITO
			B		6,00 FOLHELHO
			O		0,51 CARVAO (CAMADA BL) 1,89 ARGILITO SUPERIOR
N				2,58 CARVÃO (BANCO SUPERIOR) 0,61 ARGILITO INTERMEDIARIO	
				2,36 CARVÃO BANCO INFERIOR)	
I				2,00 ARENITO	
		3,12 SILTITO			
		T		1,23 CARVÃO (CAMADA I-1) 1,97 FOLHELHO 0,56 CARVAO (CAMADA I-2) 0,88 FOLHELHO	
		O		1,04 CARVÃO (CAMADA I-3) 1,19 FOLHELHO 0,47 CARVAO (CAMADA I-4)	

Figura 2.3 - Perfil lito-estratigráfico da região de Candiota
(fonte: CRM, 1997)

2.4 MÉTODO DE MINERAÇÃO UTILIZADO (SITUAÇÃO ATUAL)

A Jazida de Candiota apresenta condições geológicas excepcionais, seja pelas reservas já confirmadas pelos trabalhos de pesquisa realizados, seja pelo potencial que possui para futuras investigações. É um jazimento estruturalmente estável, com baixa cobertura que permite uma lavra a céu aberto de alto rendimento operacional em grande parte de sua área. O sistema atual de mineração foi concebido para lavrar apenas a Camada Candiota.

A seqüência das operações de lavra atualmente usada para a mineração dos dois leitos de carvão formadores da Camada Candiota é descrita a seguir.

2.4.1 REMOÇÃO DA CAMADA VEGETAL

Antes do início das operações de decapeamento é feita a remoção de uma camada de solo orgânico com cerca de 40 centímetros. O material retirado é usado como base orgânica para desenvolvimento de cobertura vegetal nas áreas mineradas, após terem sua topografia reconstituída. A operação é realizada com o emprego de retro-escavadeira e caminhões basculantes, ou "moto-scrapers".

2.4.2 DECAPEAMENTO

O intervalo de cobertura do carvão, com cerca de 10 metros, é constituído de níveis intercalados de argilitos, folhelhos e arenitos, sendo que estes últimos, dada suas características de resistência e coesão, necessitam o uso de explosivo para desmonte. São executadas malhas de 2m x 7m de furação de 4,5" de diâmetro, feitas por uma perfuratriz rotativa, e utilizados explosivos. Nas áreas mineradas até hoje a relação estéril/minério foi inferior a 2 m³/t de ROM.

A remoção do material fragmentado é feita por uma draga de arraste, elétrica, tipo "dragline". O material removido pela draga é colocado sobre a área adjacente, de onde a camada de carvão já foi lavrada, preenchendo, assim, a cavidade deixada por operação

anterior. Como equipamento auxiliar na operação da draga é utilizado um trator de esteira tipo D-8.

A decapagem antecede à lavra, em cerca de um a dois meses, por razões de segurança operacional.

2.4.3 LAVRA DA CAMADA DE CARVÃO

Após a descobertura, os dois leitos de carvão que constituem a Camada Candiota são removidos em operações separadas. Inicialmente, é feito o desmonte da Camada Superior, com o auxílio de explosivos, seguido do carregamento, por escavadeira elétrica, a cabo, com caçamba de 10 m³, em caminhões fora-de-estrada de 65 t. Na perfuração do carvão são utilizadas carretas roto-percussivas. O argilito intermediário é escarificado por trator de esteira tipo D-8 e carregado em caminhões fora-de-estrada basculantes. Na Camada Inferior é usada o mesmo procedimento de fragmentação e carregamento da Camada Superior. A capacidade de carregamento, considerando a existência de duas escavadeiras tipo Shovel, é de 6 milhões de t/ano (CRM-1992).

Após o desmonte, o carvão é transportado até a britagem e o argilito vai para a regeneração de solo, ou seja para a impermeabilização dos locais onde serão depositadas as cinzas da usina. A distância de transporte do carvão varia de 1 a 10 km dependendo da posição da lavra.

A frota de caminhões fora-de-estrada é composta por 7 unidades tipo “bottom dump” de 65 t (Random 745) e 6 unidades tipo “rear dump” de 45 t (Terex 33-09). Considerando que, além do transporte do carvão, a frota dos caminhões Terex transporta as cinzas da usina até as cavas de mineração, haverá necessidade de incremento na capacidade de transporte para produções superiores a 3,3 milhões de t/ano (CRM, 1996).

A drenagem é feita por gravidade mas, na ocorrência de chuvas, são utilizadas, em locais especiais, bombas para esgotar a água acumulada nas frentes de lavra.

2.4.4 PENEIRAMENTO E BRITAGEM

O carvão proveniente da mina (ROM) é descarregado numa moega de alimentação do britador primário de mandíbulas, cujo produto é processado num circuito composto pela

seqüência: peneira primária; britador secundário, de duplo rolo dentado; peneira secundária; britador terciário, de duplo rolo dentado; todos os equipamentos estão em série e em circuito aberto.

No transportador de correia, que precede a britagem secundária, estão colocados um extrator e um detetor de metais para a proteção dos equipamentos de britagem. O produto da britagem, carvão com granulometria menor que 50mm, é conduzido por um transportador de correia, com 2.350 m de comprimento, até o pátio de estocagem da usina termelétrica, ou diretamente para os silos de alimentação dos moinhos da usina. A capacidade nominal instalada de britagem é de 400 t/hora (Projeto Básico de Candiota, 1980).

Quando o teor de umidade do material argiloso associado ao carvão ultrapassa os 18% , as operações de manuseio e queima, nas caldeiras da usina, apresentam dificuldades. Em razão dessa limitação, condicionada pelas características do carvão não é possível fazer detonações de grandes volumes nas frentes de lavra e manter quantidades de estoque para vários dias de produção, como ocorre normalmente em outras minerações. Neste caso, ocorrendo chuvas, a umidade chega a ultrapassar 20%. Essa situação obriga a interrupções diárias na frente de lavra, para a detonação com conseqüente redução no fator de utilização da unidade de britagem. Mesmo com cuidados administrativos especiais na lavra e sistema de transporte, considerando o fator climático, não é seguro atingir um fator de utilização acima de 65% na unidade de britagem. A disponibilidade física alcançada em Candiota na britagem é de 90% (Relatórios mensais da Superintendência de Candiota,1996). Considerando esses rendimentos e que a capacidade nominal instalada da britagem é de 400 t/hora , verifica-se que a capacidade anual da instalação é superior a 2 milhões de t/ano.

A CRM já dispõe de um projeto e de parte do equipamento para a construção de uma segunda linha de britagem com as mesmas características da primeira que será implementado quando houver demanda de carvão superior à capacidade instalada da britagem atual. Este projeto prevê um investimento de US\$ 1,2 milhões (Müller, 1990).

2.4.5 CUIDADOS AMBIENTAIS

Conforme o Plano de Controle Ambiental, apresentado a FEPAM, para a mineração da Malha IV (Rigotti, 1991), concomitante ao desenvolvimento da lavra se processam os trabalhos de regeneração topográfica no corte anterior onde já foi extraído o carvão. A

cava, após impermeabilização com material argiloso, é preenchida por cinza proveniente da queima do carvão na usina e recoberta com o material da parte mais elevada do chamado cone deixado pela “dragline”. A parte superior é coberta com terra vegetal, mantendo uma espessura mínima em torno de 0,4 m, com cuidados paisagísticos e proteção contra a erosão nos locais com inclinação. Após esses procedimentos são plantadas gramíneas e ou árvores, com as técnicas agrícolas adequadas.

Nos serviços de remoção, transporte e espalhamento da terra vegetal são utilizados trator, retro-escavadeira e caminhões.

O controle da poluição hídrica, além dos procedimentos relativos à impermeabilização, é executado com construção de barragens de sedimentação nas linhas de drenagem imediata da mina e pelo monitoramento dos efluentes líquidos. Quando necessário, o “PH” é corrigido com leitos de calcáreo ou mesmos com a adição de cal.

2.5 CONCEITOS E RELAÇÕES MATEMÁTICAS BÁSICAS UTILIZADOS NO PROCESSO DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA FINANCEIRA DE EMPREENDIMENTOS

Os projetos de mineração, devido as características de longo tempo de maturação, com elevadas somas de capital envolvido, tornam complexa as questões de como verificar a rentabilidade ao longo do tempo e reduzir os riscos do investidor para torná-lo atrativo ao aporte de capitais. Essas questões levam a necessidade do emprego de metodologias de planejamento financeiro comuns, também a outros setores da economia.

O orçamento de capital é o processo de seleção entre propostas alternativas de investimento (ou não investimento) com a finalidade de maximizar os lucros a longo prazo dos acionistas da empresa. No processo de decisão deve ser levado em conta o valor do dinheiro no tempo e as quantias de capital disponíveis. De nada adianta um negócio com previsão de excelente rentabilidade se não houver recursos disponíveis por parte do empreendedor para a sua maturação. A verificação dessas questões levam a necessidade de utilização de métodos de análise de viabilidade de projetos nos processos de decisão empresarial.

As análises quantitativas referentes à decisão de investir são feitas a partir das projeções do projeto. Simplificadamente, os critérios de análise condensam todas as informações quantitativas disponíveis em um número que, comparado com um padrão pré estabelecido, permitirá aceitar ou rejeitar o investimento em análise.

Basicamente, os métodos quantitativos de análise econômica de investimentos podem ser classificados em dois grupos: aqueles que não levam em conta o valor do dinheiro no tempo, e os que consideram essa variação através do critério do fluxo de caixa descontado. Em função do maior rigor conceitual e da importância para as decisões de longo prazo, dá-se atenção preferencial para os métodos que compõe o segundo grupo. Exceção deve ser feita, no entanto, ao método do tempo de retorno do investimento ou “Payback”, formalmente enquadrado no primeiro grupo, que tem grande importância decisória e é muito utilizado.

Das análises que consideram o valor do dinheiro no tempo, na medição do valor do projeto, as técnicas mais utilizadas são o valor presente líquido e a taxa de retorno.

O valor presente líquido, a taxa de retorno e o “Payback” serão melhor definidos no tópico 2.5.1 – Medidas de valor do Investimento.

Para a aplicação dessas técnicas, é necessária a montagem de um fluxo de caixa do projeto em avaliação, onde são plotados ou simulados todo o movimento de capital que ocorre durante a vida útil do empreendimento, bem como o período de tempo que isso ocorre. Na construção de um fluxo de caixa, por convenção, os elementos que representam saídas de caixa são negativos; e os que são entradas de caixa, são positivos. Na montagem do fluxo de caixa, os encargos de capital não estão incluídos nos custos operacionais diferentemente do que ocorre com a contabilidade convencional, cuja ótica é a utilização dessas rubricas para recuperar os investimentos em ativos físicos, direitos amortizáveis e direitos minerários. Os encargos de capital são os listados a seguir:

- **Depreciação.** Do ponto de vista econômico, a depreciação é a redução de valor do bem a medida que ele é utilizado ou em função do tempo. Aparece no fluxo de caixa sob as formas de depreciação física e fiscal. A depreciação física é calculada em função da vida útil (tempo em que o ativo pode ser mantido em condições operacionais). A depreciação fiscal é calculada pelo método linear com base em percentuais anuais aceitos pelos órgãos da Receita Federal, sem considerar valor residual.

- **Amortização.** Do ponto de vista econômico, é a redução de valor do direito em função da

extinção gradativa do mesmo com o decurso do tempo. A quota anual de amortização é calculada em função do custo de aquisição e do número de anos de existência ou uso do direito. A concessão de lavra não faz parte dos direitos sujeitos a amortização.

- **Exaustão.** O sentido econômico da exaustão é o de recuperar o valor de obtenção do direito minerário em virtude da diminuição das reservas em função da lavra. A lei n: 4506/64 - art. 59 instituiu a exaustão mineral, de modo que a empresa pudesse computar como custo, em cada exercício, a importância correspondente à diminuição do valor da jazida devido ao seu aproveitamento. Nesse ítem, no trabalho, são alocados os valores dispendidos pela empresa na prospecção da jazida.

Na elaboração de um fluxo de caixa por convenção, os valores monetários que ocorrem durante o ano, independente da data, dia ou mês são alocados ao final do ano.

2.5.1 MEDIDAS DE VALOR DO INVESTIMENTO

O valor da moeda no tempo é determinada através do conceito de valor presente que leva em conta a taxa de desconto ou juros associados ao período de tempo que o capital esteve bloqueado ou investido num determinado empreendimento.

O valor presente é definido através da seguinte expressão matemática:

$$PV = FV / (1+i)^n$$

onde

PV = Valor Presente

i = Taxa de juros por período (ano, mês)

n = Número de períodos

FV = Valor futuro de um montante a ser recebido no período n.

O valor presente líquido que é uma aplicação direta de valor presente pode ser calculada a partir do fluxo de caixa do empreendimento.

Conforme a publicação “As Decisões de Orçamento de Capital” (Bierman Smidt, 1975), o cálculo do valor presente líquido requer os seguintes passos:

- Escolha de uma taxa de juros apropriada.

- Cálculo do valor presente dos recebimentos de caixa esperados.
- Cálculo do valor presente dos desembolsos de caixa esperados.
- O valor presente dos recebimentos menos o valor presente dos desembolsos, é o valor presente líquido do empreendimento.

O critério de aceitação ou rejeição recomendado, é aceitar todos os investimentos independentes, cujo valor presente líquido é maior ou igual a zero. A regra é que um investimento só deve ser aceito, se a soma dos valores presentes dos saldos apurados por períodos for maior que zero. Se mais de uma alternativa apresentar número positivo, a escolhida deve ser aquela que apresentar o maior valor.

Outro instrumento matemático utilizado no processo de decisão, é o método da Taxa Interna de Retorno que utiliza o conceito de valor presente, mas procura evitar a escolha arbitrária da taxa de juros na avaliação de uma proposta de investimento.

O procedimento é encontrar a taxa de juros que faz com que o valor presente dos recebimentos de caixa se iguale ao valor presente dos desembolsos de caixa. A taxa pode ser encontrada por tentativa e erro.

As relações matemáticas básicas para o valor presente líquido e da taxa de retorno são apresentadas a seguir:

$$\boxed{X}$$

$$VPL = \sum_{t=1}^n X_t(1+i)^{-t}$$

A taxa de retorno é determinada, resolvendo-se a equação seguinte para r:

$$\sum_{t=1}^n X_t(1+r)^{-t} = 0$$

onde:

X_t = saldo do fluxo de caixa no período t

i = taxa de juros no tempo

r = Taxa Interna de Retorno (TIR)

VPL= Valor Presente Líquido

$n =$ vida do investimento

Outro medidor utilizado na avaliação é o “Payback”, que é definido como sendo o período de tempo necessário para para cobrir o investimento inicial, ou o custo do empreendimento dividido pelos recebimentos por períodos. O Payback é definido pela expressão:

- Payback = Custo do empreendimento ÷ Recebimento por período

2.5.2 DECISÕES CONFLITANTES: VPL X TIR

Normalmente, os métodos do VPL e da TIR levam à mesma decisão de aceitar ou rejeitar um investimento. Entretanto, quando a análise for de dois investimento mutuamente excludentes, dos quais somente um poderá ser aceito, em alguns casos, a aplicação dos métodos poderá levar a resultados conflitantes para o processo de decisão. Resultados conflitantes, podem ocorrer, quando o montante dos investimentos exigidos para cada alternativa, mutuamente excludente, forem diferentes. As razões dessas diferenças, podem ser explicadas também pelas diferentes taxas de reinvestimentos, adotados nos fluxos intermediários de caixa. Explicando melhor, pode ocorrer que dependendo do período analisado, o projeto apresenta diferentes taxas de retorno e a taxa calculada pode não refletir o projeto por inteiro. Na verdade, dificilmente a TIR de uma alternativa de investimento representa com maior rigor, as oportunidades de reaplicação dos fluxos intermediários de caixa. Dessa forma, quando a TIR for utilizada é importante levar em conta as limitações do método, principalmente quando se tratar de análise de projetos mutuamente excludentes. (Martins,1990).

Entretanto, apesar dos argumentos em defesa da superioridade do VPL, não se pode deixar de levar em conta a importância da TIR, principalmente por se constituir geralmente num indicador de compreensão mais evidente e lógica das potencialidades econômicas do projeto. Considerando as facilidades computacionais de obtenção dos valores tanto do VPL , TIR e Payback, depois de estabelecido um fluxo de caixa, é recomendado o cálculo dos três indicadores. A tomada de decisão deve ocorrer após acurada análise dos indicadores levando em conta as características e estratégias de cada investidor ou situação.

2.5.3 CÁLCULO DA TAXA DE DESCONTO

No processo de decisão, a taxa de desconto ou a taxa média do custo de capital, é utilizada para determinar o valor atual do fluxo de caixa projetado do empreendimento ou investimento em análise. Há muitas escolhas de taxa de desconto, que podem ser sugeridas para uso em decisões de investimento. Quando os fluxos de caixa são descontados a uma taxa de juros livre de risco (ex. papéis garantidos pelo governo), o valor presente líquido resultante ajusta os fluxos de caixa para a diferença no tempo, mas não ajusta para o risco. Se alguma taxa de desconto maior é usada, há uma provisão para o risco implícita e aquele que toma a decisão deve verificar se tal taxa é adequada ao risco aceito. Algumas organizações preferem usar a taxa de empréstimo de longo prazo como taxa de desconto, outras preferem usar uma taxa de juros livre de risco e fazer o ajustamento para o risco separadamente. Outro critério comumente usado nas decisões de aceitação ou rejeição é a comparação da taxa de retorno esperada sobre o custo do investimento com o custo ponderado de capital da organização. Neste caso, o valor utilizado para desconto do fluxo de caixa deve ser igual ao custo de oportunidade do capital. Quando o resultado do fluxo de caixa descontado usando a mesma taxa do custo de oportunidade da empresa for positivo o investimento pode ser aceito, se negativo não (Bierman, 1975).

O custo de capital da empresa é calculado através da relação custo de oportunidade do capital próprio e do custo de capital de terceiros ou da dívida.

A Taxa de Desconto (TD) para o cálculo do valor presente líquido pode ser estimada através da seguinte fórmula (Copeland, 1994):

$$TD = \frac{(1 - T_x \cdot I \cdot Renda) \times K_d \times \text{Financiamentos}}{(\text{Financiamentos} + \text{Capital próprio})} + \frac{K_e \times \text{Capital próprio}}{(\text{Financiamentos} + \text{Capital próprio})}$$

Onde:

Kd: Custo médio dos financiamentos

Ke: Custo do Capital próprio

Observação: - A fórmula acima pressupõe que a estrutura de capital da empresa (proporção entre capital próprio e financiamentos) mantém-se constante no futuro.

O cálculo seguinte foi apresentado pelo Deutsch Morgan Grenfell no relatório preliminar avaliação econômico- financeira da CRM, 1996. A metodologia baseou-se na publicação “Valuation Measuring and Managing the Value of Companies”, de Copeland, T.; Koller, T.; e Murrin, J. – 1994.

Custo médio dos financiamentos (Kd) - Para determinar o custo médio dos financiamentos, pode ser feita uma composição dos diversos contratos em aberto da empresa, tanto os de curto quanto os de longo prazos. No caso da CRM, as médias de seus custos ponderada pelo saldo devedor definiu a taxa em 9,20 % ao ano.

O custo do capital próprio (Ke) - Ele tem de refletir o risco específico da área de atividade. Pode ser estimado conforme a metodologia do CAPM - (Capital Asset Pricing Model) descrito e consagrado nos modernos textos de finanças.

O CAPM postula que o Custo do Capital Próprio equivale ao retorno de um instrumento financeiro livre de risco, somado ao risco sistemático (não diversificável) da empresa (Beta) multiplicado pelo prêmio de mercado (Sharpe, 1990).

Dessa forma:

$$K_e = (RFIR + \beta \times (\text{Média do retorno do mercado} - RFIR))$$

Onde:

RFIR = “Risk Free Interest Rate”, ou Taxa de juros livre de risco.

(Média de retorno do mercado - RFIR) = Prêmio do mercado.

β = Beta é o risco sistemático de uma empresa.

A determinação do custo do capital próprio de uma empresa como a CRM apresenta uma complicação pois suas ações não são negociadas em Bolsa de Valores, dificultando a determinação de seu risco sistemático. A adoção do risco das empresas do setor elétrico brasileiro poderia apresentar distorção pois o mercado nacional é concentrado em poucos títulos. Dessa forma, (β) foi estimado com base de risco sistemático, médio, obtido a partir de uma amostra de 28 empresas de mineração dos Estados Unidos. O valor obtido foi $\beta = 0,55$.

O prêmio de mercado (Retorno médio de mercado - RFIR) foi estimado a partir do prêmio médio apresentado pelas ações que compõe o índice “Standard & Poors”, entre 1925 e 1995. Este prêmio foi estabelecido em 5,5 % .

A taxa de juros Livre de Risco foi determinada a partir de uma Taxa de Juros Livre de Risco para o mercado Americano (“Treasury Bond” de 10 anos), acrescida de um “risco Brasil”. Esta taxa foi estimada em RFIR =14,2 %.

Dessa forma:

$$K_e = 14,2 + (5,5) \times 0,55 = 17,2 \% \text{ a o ano}$$

e

$$TD = \frac{(1-0,31) \times 9,20 \% \times (77305)}{(77305 + 205123)} + \frac{17,2 \times (205123)}{(77305 + 205123)} = 14,2 \% \text{ ao ano}$$

Observação:

- *Financiamentos CRM = US\$ 77 305 000;*

- *Patrimônio Líquido CRM = US\$ 205 123 000*

Conforme o Relatório de Avaliação Econômico- Financeira da CRM (Consórcio: JPE, Fator, Morgan Grenfell, Sodré, Directa, 1996).

3 METODOLOGIA

O trabalho, a partir dos dados da pesquisa geológica acumulados ao longo dos anos pelos trabalhos de campo na Jazida de Candiota, levando em conta os dados operacionais da mineração e potencialidades de mercado, estabelece uma discussão visando o desenvolvimento futuro da mineração de carvão.

Considerando as reservas provadas nas malhas IV, V e VII de Candiota, onde os trabalhos de mineração deverão se desenvolver nos próximos anos e a partir do perfil litológico médio, foi verificada a situação das camadas de carvão presentes, nos aspectos quantitativos e qualitativos. O perfil litológico médio (Figura 2.2), foi estabelecido por Mello, 1996. Os dados qualitativos das camadas de carvão foram obtidos de análises realizadas pela CIENTEC (1996 e 1997) em testemunhos de furos de sondagem realizados pela CRM.

As características do carvão para a ampliação do parque térmico em Candiota está baseada na especificação dos carvões produzidos pela CRM nos últimos 10 anos, minerando a Camada Candiota. No trabalho denominaremos este carvão como carvão de referência (CC).

Foi estabelecido, neste trabalho, um comparativo das especificações dos carvões de referência (CC) com as análises das demais camadas de carvão presentes na litologia. Dessa comparação verificou-se o não atendimento das especificações por parte das Camadas Inferiores, tomadas cada uma individualmente.

O trabalho procura demonstrar então a viabilidade de adequação das especificações do carvão de referência através do processo de blendagem das camadas na proporção de suas quantidades existentes no jazimento. Dessa forma, através de média ponderada, em função dos rendimentos das camadas (t/m^2), foi possível calcular a especificação final do produto a ser obtido da mistura.

Demonstrada a exequibilidade, em termos qualitativos de utilização de outras camadas de carvão, procuramos verificar também a viabilidade operacional da utilização,

levando em conta e discutindo os impactos no processo de lavra. Dessa forma, com a utilização do “software” EXCEL da Microsoft, foram construídas planilhas de dados, integradas de forma a permitir a simulação das variáveis geológicas com as operações de lavra e respectivo custo. Com essa sistemática, verificamos o resultado operacional de manter a mineração com o sistema atual que vem sendo praticado em Candiota com outras alternativas que permitam a mineração simultânea de outras camadas de carvão.

A partir do resultados operacionais obtidos, o trabalho estabelece uma comparação entre as alternativas simuladas, verificando-se vantagens e desvantagens operacionais de cada uma.

Como a necessidade de investimentos é diferenciado em cada alternativa, o trabalho procura identificar e quantificar o montante dos desembolsos. Esses dados são plotados em planilhas de forma a possibilitar uma análise econômico-financeira do empreendimento como um todo.

A sistemática básica, empregada no processo de decisão, conforme a extensa bibliografia existente sobre avaliação financeira, parte de um fluxo de caixa onde são plotados ou simulados todo o movimento de capital durante a vida útil do empreendimento.

No trabalho, utilizando esses conceito de avaliação financeira e com o emprego do “software” Excel, são simulados fluxos de caixa do empreendimento mineiro para um período de 25 anos (vida útil de uma usina termelétrica) de operação de três alternativas de mineração propostas.

Dessa simulação são verificado o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Retorno do Capital (Pay Back) de cada alternativa . Simulando valores é possível identificar, também o preço mínimo necessário para tornar o projeto atrativo. Com esses dados é possível identificar a melhor alternativa de forma a subsidiar objetivamente o processo de decisão do que deve ser feito em Candiota.

Observação: - Para comparativo dos valores de custo foi usado a moeda Norte Americana Dólar e definida a paridade com o Real como critério deste trabalho (1R\$ = 1US\$).

4 APRESENTAÇÃO, DISCUSSÃO DO PROBLEMA E RESULTADOS

4.1 O MERCADO DE CARVÃO DE CANDIOTA E POTENCIAL DE CRESCIMENTO

As características de elevado teor em cinzas do carvão bruto ROM ("run of mine"), somado à composição argilosa, que dificulta o manuseio em condições de umidade, tem restringido a comercialização do produto para utilização fora da região. Dessa forma, quase que a integralidade do carvão CE-3300 (Carvão energético com poder calorífico superior de 3.300 cal/g) é absorvido pela usina Termelétrica Candiota - fases A e B, com 446 megawatts de capacidade instalada. O restante, corresponde a vendas eventuais a outras indústrias.

O mercado atual da mina de Candiota é representado por um contrato de longo prazo, de no mínimo 1.600.000 t/ano de carvão CE-3300 (Contrato CRM/CEEE/Eletronbras - 1989). Fora do mercado citado, a CRM vende carvão em menores quantidades, no mercado "Spot", para cimenteiras da região e fabricantes de adubo na região de Pelotas.

Com respeito a carvão beneficiado, com maior poder calorífico, a CRM buscou esse mercado com a montagem de um pequeno lavador a jig (transferido da Mina do Iruí - paralisada). Com o lavador a jig a CRM não foi bem sucedida. As baixas recuperações obtidas para o carvão CE-4700 não viabilizaram a operação. Buscando uma solução para o problema, a CRM, em 1991 adquiriu os equipamentos para a construção de um lavador de meio denso.

A curva de lavabilidade do carvão apresenta potencialidade de recuperação de cerca de 30% de carvão CE 4700 e obtenção de 30% de carvões com 52% de cinzas obtido na mesma operação do lavador, com a vantagem adicional de obter um produto com um máximo de 1% de enxofre (Leusin -1992).

A comercialização conjunta deste produtos, pelos estudos realizados, daria viabilidade econômica ao processo.

A concretização do empreendimento, entretanto, está paralisada devido a dificuldades de mercado. A usina termelétrica em operação, a carvão pulverizado, tem oferecido

resistência à utilização de carvão com maior teor de umidade decorrente do processo de beneficiamento. Existem alternativas técnicas para o excesso de umidade tais como centrifugação, instalação de secadores ou até mesmo blendagem com carvão ROM britado.

O maior problema entretanto, diz respeito a falta de um mercado firme para o carvão CE 4700. O mercado tem se apresentado instável com preços reduzidos em função de outras alternativas energéticas, tais como casca de arroz, carvão importado, óleo combustível, lenha, etc. O cenário futuro para queima de carvão em caldeiras industriais também é incerto devido à possibilidade de suprimento das indústrias com gás natural canalizado, vindo da Argentina, ou da Bolívia. Também as empresas localizadas em Candiota, potenciais compradoras do carvão, tais como as cimenteiras, não se mostram interessadas numa contratação firme de longo prazo que daria segurança de mercado ao investimento do lavador.

Como mercado futuro, diante desse contexto, deve ser considerado como mais atrativo e viável o incremento da geração elétrica junto à mina e a venda de energia através dos sistemas de transmissão e distribuição do sistema elétrico estadual e nacional.

Conforme se depreende do relatório interno da CRM, Malhas de Mineração - Elementos de Análise sobre a Qualidade do Carvão (Leusin, 1996), o teor de enxofre contido na Camada Candiota aumenta nas áreas mais distantes e a norte do sítio da usina UTPM. Esse fato poderá implicar em aumento de custos de geração das novas usinas para operar dentro dos padrões ambientais permitidos pela legislação, quando as reservas das malhas IV, V e VII, que tem baixa relação estéril/minério e estão situadas mais próximas das usinas termelétricas (Figura 1.1) tiverem sido esgotadas

É preciso lembrar que, conforme a legislação, nos próximos aproveitamentos termelétricos, depois de Candiota III, deverá ser seguida a legislação ambiental Conama 08, mais restritiva, no que se refere aos padrões de emissões aéreas. Também, pelo acordo firmado entre as empresas do setor elétrico e a Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), as usinas que entraram em operação ou que tiveram a construção iniciada em data anterior da aprovação do CONAMA 08 tem um padrão de restrição menor, mas deverão, ao longo do tempo, irem reduzindo gradativamente o nível de emissões. Pelo acordo firmado, o nível de emissões admitidos pelo conjunto de usinas quando operar a Fase C, não poderá ser maior que o atual das Fases A e B. As usinas futuras, depois da Fase C,

deverão ser construídas com tecnologias limpas, as denominadas “Clean Coal Technology”, cujo custo de geração ainda são superiores aos das usinas de queima de carvão pulverizado (MME/SNE-1997).

Neste contexto, o incremento da geração, num primeiro momento, estará ligado à solução dos problemas técnicos operacionais da Usina Termelétrica Fases A e B, cujos recursos orçamentários de execução já estão disponibilizados e com a implantação da unidade de 350 MW (Candiota III, ou Fase C). Com respeito a essa unidade, no ano de 1995, dentro de um acordo mais amplo de negociação de dívidas da CEEE, a concessão de sua implantação passou para o governo da União que pretende finalizar e operar o empreendimento com a participação de capitais privados. A entrada em operação deverá ocorrer em torno do ano 2001.

De outro lado, estudos determinaram como perfeitamente viável, dentro do quadro técnico de geração elétrica, a instalação de uma potência final de cerca de 16.000 MW em Candiota, considerando apenas a porção da jazida minerável a céu aberto (Eletrobrás-1994).

Esses fatos são estimulantes em termos de oportunidade no médio prazo, uma vez que se trata do carvão brasileiro de mais baixo custo (Tab. 4.1), fazendo de Candiota o melhor potencial de expansão de termelétricidade a carvão, com a vantagem competitiva de situar-se próximo a fronteira com o Uruguai e Argentina, prováveis futuros mercados de energia elétrica numa ótica de integração energética do Mercosul.

Usinas	Estado	Carvão Poder Calorífico kcal/kg	Preço R\$/t	Preço US\$/Gcal
Candiota	RS	3.300	12,04	3,65
Charqueadas	RS	3.100	32,58	10,51
São Jerônimo	RS	4.200	42,10	10,02
Jorge Lacerda	SC	4.500	45,37	10,08
Figueira	PR	6.000	54,30	9,05

Tabela 4.1 Preços praticados no carvão Termelétrico (Fonte: MME/SNE, 1997)

A região dispõe de infra-estrutura habitacional e aero-rodo-ferroviária capaz de suportar o crescimento da atividade mineira e do parque termelétrico.

Apenas considerando a entrada em operação da Fase C e a solução dos problemas técnicos nas unidades já instaladas, pode-se antever, através do seguinte cálculo, a demanda de carvão em Candiota na virada do século:

- Capacidade Fases A+B (Já instalada)	446 MW
- Capacidade Fase C (Operação ano 2001)	350 MW
- Capacidade total Fases A+B+C	796 MW
- Fator de capacidade média, previsto das usinas	60 %
- Capacidade média (796x0,6)	477 MW
- Consumo específico do carvão CE-3300	0,95 t/MWh
- Consumo de carvão por hora (477x0,95)	453 t/h
- Consumo de carvão por ano (8760 horas/ano)	4,0 milhões t/ano

Considerando, ainda, o consumo de carvão atual das fábricas de cimento instaladas na região, pode-se, de forma conservadora, estimar uma demanda em torno de 4,1 milhões de toneladas/ ano.

É possível, diante de maior necessidade de energia do sistema interligado nacional e internalização de tecnologias mais efetivas de operação com parcerias privadas, que as usinas operem com fatores de carga superior a 60%. É possível, também, o surgimento de outras unidades na região, a curto prazo.

Outro potencial importante, que inclusive foi objeto de avaliação técnico-econômico-financeira por parte de uma consultoria é a utilização do carvão para fins de gaseificação. O estudo realizado em 1997, concluiu que o custo de geração em plantas IGCC (Gaseificação de Carvão Integrada a Ciclo Combinado) com a utilização do carvão CE 3.300 produzido em Candiota ficará entre 60 e 70 US\$/MWh, porém com tendência a diminuir para cerca de 45 a 50 nos próximos anos (Burr, 1997). Estes valores quando comparados aos custos marginais de expansão projetados pela ELETROBRAS para o horizonte decenal 1996-2005 (45 US\$/MW) e para longo prazo 2005-2010 (50 US\$/MW) indicam que esta alternativa poderá ser competitiva a médio prazo. O gás de carvão poderia ser utilizado como matéria prima numa unidade produtora de metanol ou para fins de termelétricidade.

A disponibilidade de gás natural, nos países limítrofes, é outra variável do assunto, ainda não completamente dimensionada. O gás importado, dependendo dos volumes disponíveis e preços desse energético, colocado no mercado brasileiro, deverá impactar em maior ou menor escala a utilização do carvão. Seguindo a tendência internacional, é provável, que ocorra daqui para a frente, uma intensa disputa de mercado entre esses dois energéticos e que cada um ocupe o nicho de mercado onde é mais competitivo.

Dessa forma, diante das incertezas dos cenários futuros citados, nos parece mais realista usar o número de 4 milhões de t/ano como parâmetro de planejamento de produção de carvão em Candiota para o ano 2001 (Entrada em operação UTPM-Fase C).

4.2 QUALIDADE DOS CARVÕES EXIGIDA PELO MERCADO

A Mina de Candiota tem extraído, desde sua implantação, a denominada Camada Candiota (CC) que, por simples processo de britagem e peneiramento, caracteriza o carvão tipo CE-3300 (Carvão Energético-3300 kcal/kg), destinado ao abastecimento termelétrico da CEEE na região; por subsequente jigagem são também produzidos, em pequena escala e em caráter eventual, os tipos CE-4200 e, mais raramente, CE-4700.

Com a compilação dos dados do carvão fornecido para as fases A e B da usina de Candiota nos últimos dez anos, foram estabelecidas as características do correspondente “carvão de referência” (CC) e da respectiva cinza, cujos valores médios e banda de variação admitida estão apresentados na tabela 4.2.

4.3 DADOS QUALITATIVOS DAS CAMADAS DE CARVÃO SITUADAS ACIMA E ABAIXO DA CAMADA CANDIOTA

Conforme o perfil estratigráfico apresentado na Figura 2.2 (Perfil Litoestratigráfico da Região de Candiota) é a seguinte a caracterização das Camadas de carvão situadas acima e abaixo da Camada Candiota nas malhas IV, V e VII:

Banco Louco (BL)

Esta camada de carvão, embora constante em distribuição horizontal no jazimento, foi assim denominada pelos mineiros, designação hoje consagrada, por sua variação em espessura, relativamente à Camada Candiota, da qual está separada, superiormente, por um intervalo com cerca de 1,80 m de argilite. O Banco Louco (BL), situado acima da Camada Candiota, possui uma espessura média de 0,51m, sendo muito constante na sua distribuição areal e na sua espessura, teor de cinzas médio de 48% e teor de enxofre médio de 0,73%. O peso específico atribuído a esta Camada para fins de cálculo de reservas, é de 1,7t/m³.

Camadas Inferiores (CI)

As Camadas Inferiores, identificadas, de cima para baixo, como I₁, I₂, I₃ e I₄.

A Camada I₁ possui uma espessura média de 1,23m, sendo muito constante na sua distribuição areal e na sua espessura, teor de cinzas médio de 58% e teor de enxofre médio de 0,78%. O peso específico atribuído a esta camada para fins de cálculo de reservas, é de 1,9t/m³, sendo considerado um número conservador.

Análise imediata: Camada Candiota		
- Umidade total	%	16
- Cinza, b.s	%	54,04 ± 2,03
- Matéria volátil, b.s	%	21,55 ± 2,46
- Carbono fixo, b.s	%	24,36 ± 2,95
Poder Calorífico Sup., b.s	kcal/kg	3.078 ± 198,75
Análise Elementar		

- Carbono, b.s	%	33,72 ± 1,26
- Hidrogênio, b.s	%	2,34 ± 0,06
- Nitrogênio, b.s	%	0,66 ± 0,12
- Enxofre total, b.s	%	1,35 ± 0,36
- S pirítico, b.s	%	0,84 ± 0,38
- S sulfático, b.s	%	0,11 ± 0,07
- S orgânico, b.s	%	0,44 ± 0,22
- Oxigênio, b.s	%	8,96 ± 0,92
-H.G.I		100
Composição Química da Cinza		
- Na ₂ O	%	0,27 ± 0,08
- K ₂ O	%	2,06 ± 0,07
- MgO	%	0,58 ± 0,28
- CaO	%	0,78 ± 0,15
- Fe ₂ O ₃	%	5,05 ± 1,31
- Al ₂ O ₃	%	20,21 ± 0,40
- SiO ₂	%	68,21 ± 0,72
- TiO ₂	%	0,65 ± 0,11
- P ₂ O ₅	%	0,06

Tabela 4.2: Análises da Camada Candiota (CC) - (CRM - 1996)

A Camada I₂ possui uma espessura média de 0,56m, sendo muito constante na sua distribuição areal e inconstante na sua espessura, teor de cinzas médio de 43% e teor de enxofre médio 0,75%. O peso específico atribuído a esta Camada para fins de cálculo de reservas, é de 1,6t/m³.

A Camada I₃ possui uma espessura média de 1,04m, sendo muito constante na sua distribuição areal e na sua espessura, teor de cinzas médio de 55% e teor de enxofre médio de 1,24%. O peso específico atribuído a esta Camada para fins de cálculo de reservas, é de 1,8t/m³. É a camada de carvão que mais se assemelha com a Camada Candiota.

A Camada I₄ possui uma espessura média de 0,47m, sendo constante na sua distribuição areal e inconstante na sua espessura, teor de cinzas médio de 35% e teor de

enxofre médio de 4,47%. O peso específico atribuído a esta Camada para fins de cálculo de reservas é de 1,5 t/m³.

As Camadas Inferiores, foram amostradas a partir dos testemunhos n° 116 e 117, das sondagens executadas na Malha IV, sendo ensaiados nos laboratórios da CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia, cujos resultados são catalogados na tabela 4.3.

As características do Banco Louco (BL), também especificadas na Tabela 4.3, resultaram da análise dos testemunhos de 26 sondagens de desenvolvimento da lavra na Malha IV, bem como de análises em amostras de “cachimbos” executados nos cortes da mina, estão consignadas na publicação “Carvões Minerais do Brasil - Características de Carvões Brutos do Rio Grande do Sul”, pela Fundação de Ciência e Tecnologia do RS, CIENTEC-1980.

A Tabela 4.3, montada para este trabalho, além de catalogar os dados das Camadas Superiores e Inferiores, compara esses dados com o “Carvão de Referência (CC)”:

Item/Amostra	(CC)	I₁	I₂	I₃	I₄	B_L
Análise Imediata :						
- Um total (%)	16,00	9,90	13,50	11,70	13,40	14,20
- Cz;b.s (%)	54,40	57,90	43,50	55,40	35,10	48,60
- MV , b.s	21,55	21,80	27,60	20,80	29,60	21,50
- C fixo, b.s	24,36	20,30	28,90	23,90	35,30	29,90
P.C.S., b.s(Kcal/kg)	3.078	2.763	3.938	3.132	4.700	3.478
Análise Elementar:						
- C, b.s (%)	33,72	29,84	41,47	32,08	47,81	39,04
- H,b.s (%)	2,34	2,04	2,81	2,22	3,30	2,37
- N,b.s (%)	0,66	0,62	0,82	0,68	0,97	0,63
- S total, b.s (%)	1,35	0,78	0,75	1,24	4,47	0,73

- pirit., b.s (%)	0,84	0,44	0,25	0,75	3,49	0,33
- sulfát., b.s (%)	0,11	-	-	0,04	0,09	-
- orgân., b.s. (%)	0,44	0,34	0,50	0,46	0,89	0,40
- O, b.s	8,96	-	-	-	-	-
H.G.I	100	79	75	75	80	75
Comp.Quím.Da Cinza :						
- Na ₂ O (%)	0,27	0,46	0,40	0,71	0,96	2,20
- K ₂ O (%)	2,06	1,43	1,20	2,32	2,27	1,33
- MgO (%)	0,58	0,99	1,23	0,97	0,68	0,78
- CaO (%)	0,78	1,81	2,93	1,89	3,22	0,95
- Fe ₂ O ₃ (%)	5,05	1,70	11,94	4,11	12,67	6,05
- Al ₂ O ₃ (%)	20,21	17,77	16,24	20,30	17,91	24,53
- SiO ₂ (%)	68,21	69,52	63,52	67,38	59,13	62,50
- TiO ₂ (%)	0,05	0,65	0,58	0,91	0,81	0,79
- P ₂ O ₅ (%)	0,06	0,09	0,10	0,08	0,10	0,06
Fusibilidade da Cinza :						
- Amolecim. (°C)	1.420	1.360	1.290	1.350	1.320	1.460
- Semi - esfera (°C)	1.530	1.440	1.370	1.480	1.430	1.560
- Fluidez (°C)	1.550	1.480	1.410	1.520	1.450	1.580

Tabela 4.3: Comparativo entre as camadas Candiota (CC), Camadas Inferiores (CI) e Banco Louco (BL)

4.4 BLENDAGEM PARA ADEQUAÇÃO AO CARVÃO DE REFERÊNCIA DAS USINAS TERMELÉTRICAS

Os valores catalogados no item 4.3 (Tabela 4.3), mostram que, tanto o BL, como as quatro Camadas Inferiores, individualmente, não atendem às especificações do “carvão de referência”, com valores ora acima, ora abaixo, nos aspectos teor de cinzas, poder calorífico e enxofre. Nos quesitos H.G.I. e fusibilidade de cinza, os valores, apesar de apresentarem alguma dispersão, atendem às necessidades das usinas a carvão pulverizado de Candiota fases A, B, e C. Quanto aos demais quesitos de composição química dos carvões e cinzas não são tão relevantes para a sua adaptabilidade às condições de operação da usina.

Dessa forma, apresentaremos algumas alternativas de blendagem das camadas de carvão de forma a procurar a adequação ao carvão de referência apenas nos itens teor de enxofre, poder calorífico e teor de cinzas.

A melhor situação seria aquela em que a blendagem adequada correspondesse às proporções com que as camadas distribuem-se no jazimento, em t/m^2 , cujos valores médios foram calculados a partir do perfil médio das Malhas IV, V e VII (tabela 4.5).

Assim, objetivando adequar os carvões disponíveis às exigências do mercado, foram estudados os seguintes casos de blendagem das camadas CI, CC e BL:

CASO A - BLENDAGEM SOMENTE ENTRE AS CAMADAS INFERIORES (CI)

A. 1 - TEOR DE ENXOFRE (S):

Obs: $-I_1, I_2, I_3$ e I_4 expressos em toneladas por m^2

$$\frac{I_1 \times S\% + I_2 \times S\% + I_3 \times S\% + I_4 \times S\%}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 (t/m^2)} =$$

$$\frac{2,34 \times 0,78(\%S) + 0,90 \times 0,75 + 1,87 \times 1,24 + 0,71 \times 4,47}{5,81 (t/m^2)} = 1,37 \%S$$

ultrapassando a especificação, nesse ítem, do (CC) de apenas 0,02%

A.2 - PODER CALORÍFICA SUPERIOR (BASE SECA) - P.C.S, B.S:

Obs: P.C.S. expresso em kcal/kg

$$\frac{I_1 \times P.C.S + I_2 \times P.C.S. + I_3 \times P.C.S. + I_4 \times P.C.S}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 (t/m^2)} =$$

$$\frac{2,34 \times 2,763 + 0,90 \times 3,938 + 1,87 \times 3.132 + 0,70 \times 4.700}{5,81} = 3.297 \text{ Kcal/kg}$$

5,81

atendendo à especificação básica de 3.078 Kcal/kg

A.3 - TEOR DE CINZA (C_Z):

$$\frac{I_1 \times \%C_Z + I_2 \times \%C_Z + I_3 \times \%C_Z + I_4 \times \%C_Z}{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \text{ (t/m}^2\text{)}} =$$

$$\frac{2,34 \times 57,90 + 0,90 \times 43,50 + 1,87 \times 55,40 + 0,70 \times 35,10}{5,81} = 52,12 \% C_Z,$$

atendendo, também à especificação básica de 54,04 % C_Z.

CASO B - BLENDAGEM DAS CAMADAS INFERIORES COM A CAMADA CANDIOTA (CC+ CI)

B.1 - TEOR DE ENXOFRE:

$$\frac{CC \times \%S + CI \times \%S}{CC + CI \text{ (t/m}^2\text{)}} =$$

$$\frac{8,89 \times 1,35 + 5,81 \times 1,37}{14,70} = 1,36\% S,$$

ultrapassando o valor básico do CC de apenas 0,01%.

B.2 - PODER CALORÍFICO SUPERIOR (b.s).

$$\frac{CC \times P.C.S. + CI \times P.C.S.}{CC + CI \text{ (t/m}^2\text{)}} =$$

$$\frac{8,89 \times 3.078 + 5,81 \times 3.297}{14,70} = 3.165 \text{ kcal/kg}$$

Atende o valor mínimo de 3078kcal/kg

B.3 - TEOR DE CINZA:

$$\frac{CCx\%Cz + CIx\%Cz}{CC + CI (t/m^2)}$$

$$\frac{8,89 \times 54,04 + 5,81 \times 52,12}{14,70} = 53,28\% Cz$$

Atende o valor máximo de 54,04 %

CASO C - BLENDAGEM TOTAL DAS CAMADAS INFERIORES, BANCO LOUCO E CAMADA CANDIOTA - (BL + CC + CI)

C.1 - TEOR DE ENXOFRE (S)

$$\frac{BLx S\% + CCxS\% + CIxS\%}{BL+CC+CI (t/m^2)}$$

$$\frac{0,87 \times 0,73 + 12,00 + 7,96}{15,57} = 1,32\% S$$

atém do teor básico do CC de 0,03%

C.2 - PODER CALORÍFICO SUPERIOR (B.S.)

$$\frac{BLx P.C.S. + CCxP.C.S. + CIxP.C.S.}{BL + CC + CI (t/m^2)} =$$

$$\frac{0,87 \times 3.478 + 27.363 + 18.377}{15,57} = 3.125 \text{ kcal/kg}$$

Atende a especificação do carvão de referência (CC)

C.3 - TEOR DE CINZA

$$\frac{BLx\% Cz. + CCx\%Cz. + CIx\%Cz.}{BL + CC + CI (t/m^2)} =$$

$$\frac{0,87 \times 50,67 + 480 + 305}{15,57} = 53,2\% Cz$$

Para facilitar a visualização, resumimos os dados das blendagens na tabela 4.4.

Ítem	Carvão de referência	Blendagem		
	Camada Candiota (CC)	Camadas Inferiores (CI)	Camada Candiota + Camadas Inferiores (CC+CI)	Camada Candiota + Camadas Inferiores + Banco Louco (CC+CI+BL)
Cinza - (%)	54,4	52,12	53,28	53,02
P.C.S, b.s (Kcal/Kg)	3078	3297	3165	3125
Enxofre total, b.s. (%)	1,35	1,37	1,36	1,32

Tabela 4.4 - Blendagem das camadas de carvão na proporção de presença no jazimento

Analisando a tabela 4.4, verifica-se que a mineração integral das camadas de carvão, significará a necessidade de utilização de blendagem, pois as camadas inferiores e superiores à camada Candiota, de forma isolada, não atendem às especificações do carvão de referência. Entretanto, uma simples mistura das camadas nas proporções em que se encontram no jazimento já permite atender as especificação nos aspectos cinza e poder calorífico. No que diz respeito a o “enxofre”, essa mesma blendagem, ocasionará pequena elevação nas especificações dos carvão atual. O “enxofre” da camada I₄ poderia ser reduzido com alguma forma de beneficiamento expedito, pois 78% está concentrado nas Piritas, (tabela 4.3). Para futura referência, deve ser lembrado que a camada I₄ tende a entrar em combustão espontânea com relativa facilidade, conforme verificado em testes de campo, fato que deverá demandar cuidados especiais nas pilhas ou silos de estocagem.

Outra alternativa, seria a convivência das usinas com esse teor mais elevado do “enxofre” porém com maior custo operacional e de controle ambiental na usina para atender a legislação com respeito à emissão de enxofre na atmosfera.

- Eficiência operacional (%) (1x2) 0,56%
- Produtividade 1.000 m³/h

A “dragline”, operando nessas condições, tem a seguinte capacidade de movimentação de material:

- Número de horas/ano 8.760
- Capacidade anual (8760x1000x0,56) = 4,9 milhões m³/ano

A quantidade de carvão descoberto será função da relação estéril/minério. A tabela 4.5, apresenta a capacidade de descobertura de carvão da Mina de Candiota em função da operação da dragline.

Relação de mineração (m³ / t)	Capacidade de descobertura de carvão toneladas / ano
1	4.905.000
1,2	4.088 000
1,3	3.773.000
1,5	3.270.000
2	2.452.000
2,5	1.962.000
2,8	1.752.000
3	1.635.000
3,5	1.401.000

Tabela 4.5 - Capacidade de descobertura da dragline Bucyrus 1260-W

Considerando uma relação média de mineração de $1,4 \text{ m}^3/\text{t}$, até a camada Candiota, nas malhas IV, V e VII, verifica-se que a capacidade de descobertura máxima anual da “dragline” é de 3,5 milhões de toneladas de carvão.

Para a realização da produção de 4 milhões de toneladas ano, nas áreas mencionadas, a necessidade de decapeamento será de 6 milhões de m^3/ano . No caso, de permanecer o mesmo método de lavra atualmente usado, haveria a necessidade de aquisição de uma segunda “dragline”.

Uma limitação importante para a “dragline” é a espessura do pacote de estéril a ser removido que deve ser contínuo, não podendo ser interrompido por camadas de carvão mineradas por outros equipamentos. Neste caso, a “dragline” deveria esperar a remoção das camadas de carvão ou continuar o processo de descobertura e retornar posteriormente ao mesmo local, depois de ter sido removido o carvão. Ambos são processos inadequados que reduzem significativamente a produtividade da escavadeira e elevam consideravelmente os custos envolvidos. Considerando o alto custo despendido na aquisição de uma “dragline”, em torno de US\$ 16 milhões, a sua utilização só é justificada em condições que permitam alto rendimento operacional. Essa situação só existe em Candiota, no pacote de rochas que cobrem a Camada Candiota. Mesmo nessa situação, uma pequena camada de carvão denominado “Banco Louco” (BL), com espessura média de 0,52 não é aproveitada para não reduzir a capacidade de descobertura da “dragline”.

Para o aproveitamento das camadas de carvão situadas abaixo da Camada Candiota, haverá a necessidade de remoção de várias camadas com espessuras médias variáveis de 0,88 m a 5,12 m que estão intercaladas entre os leitos de carvão.

Embora os equipamentos de lavra apresentem hoje capacidade ociosa, por razões geométricas não é adequado a utilização da escavadeira “dragline” na descobertura de outros bancos de carvão. A insistência na utilização da draga levaria a grandes dificuldades operacionais, baixo rendimento e custos adicionais de deslocamento e regularização dos terrenos para posicionamento do equipamento.

Neste caso, o mais apropriado é a utilização do sistema denominado “Truckshovel”, que se caracteriza pelo carregamento do material na frente de lavra e o transporte do mesmo com caminhões até fora dos limites da cava. Normalmente o custo do sistema “Truckshovel” é mais elevado que o sistema de deposição lateral do estéril realizada

diretamente pela escavadeira, quando este puder ser realizado com condições de alta produtividade.

Em Candiota, como a “dragline” tem seu custo fixo incorporado ao processo e o custo operacional é menor que outras alternativas, a melhor opção é sua utilização abrangendo o máximo possível das operações de descobertura. Como a mina opera com capacidade ociosa e a utilização da “dragline” só é indicada até a Camada Candiota, a mineração das camadas inferiores (I₁, I₂, I₃ e I₄) com o emprego de “Truckshovel”, nos níveis de produção atual, iria adicionar mais custo ao processo, embora possibilitando um melhor rendimento de carvão por m². Este é o argumento econômico que mantém até os dias de hoje a mina minerando apenas a camada Candiota. Entretanto, considerando um cenário de maior demanda de carvão, onde a produção ultrapasse a capacidade nominal de descobertura da “dragline” e necessidade do emprego de outros equipamentos ou utilização de mais de uma frente de lavra, a mineração das camadas inferiores deve ser considerada.

Lembramos que o emprego do sistema “Truckshovel” é mais flexível, podendo, conforme as necessidades de produção serem empregados equipamentos de maior ou menor porte. É mais fácil, também, a utilização de contratação de serviços de terceiros, o que é feito por várias empresas mineradoras, para evitar investimentos.

4.6 ALTERNATIVA DE MINERAÇÃO CONJUNTA DAS CAMADAS DE CARVÃO SITUADAS ABAIXO DA CAMADA CANDIOTA

Com o objetivo de comparar os custos da lavra atual (fig 4.1 e 4.2), com os custos de produção numa escala de 4 milhões de t/ano, estudamos cenários de operação procurando minimizar investimentos adicionais. Essa premissa, nos leva a necessidade de otimização da mineração dentro do raio econômico das instalações hoje existentes, de britagem e correia transportadora entre mina e usina.

A reserva de carvão, no raio econômico citado, com relação estéril/minério máxima de 2,5 m³/t (Malhas IV, V e VII), considerando o aproveitamento apenas da camada Candiota, é de 160 milhões de toneladas. (Mello, 1996). Essa reserva, significa um potencial de 40 anos de mineração a um nível de produção de 4 milhões de toneladas por ano. Se,

entretanto adicionarmos a essa reserva os carvões das denominadas camadas inferiores (BL, I₁, I₂, I₃ e I₄) pode-se estimar um incremento de 100 milhões de toneladas, com conseqüente ampliação da vida útil da lavra em 25 anos ou possibilidade de ampliação no nível de produção em função de novos mercados.

Para avaliar, o significado econômico do aproveitamento da camada Candiota em conjunto com as demais camadas presentes (Inferiores e BL), simulamos alternativas de mineração, maximizando a utilização dos equipamentos hoje disponíveis. Para as alternativa de descobertura com o sistema “Truckshovel” adotamos a premissa de utilização de conjuntos compostos de retro-escavadeira hidráulica (5m³), com 2 caminhões fora de estrada (35 t) adotado com sucesso nas minerações de carvão das minas do Baixo Jacuí, no RS. Esse conjunto de equipamento que passaremos a denominar de “Conjunto de Descobertura”, conforme dados operacionais das minas citadas tem capacidade de descobertura de 1,2 milhões de m³/ano.

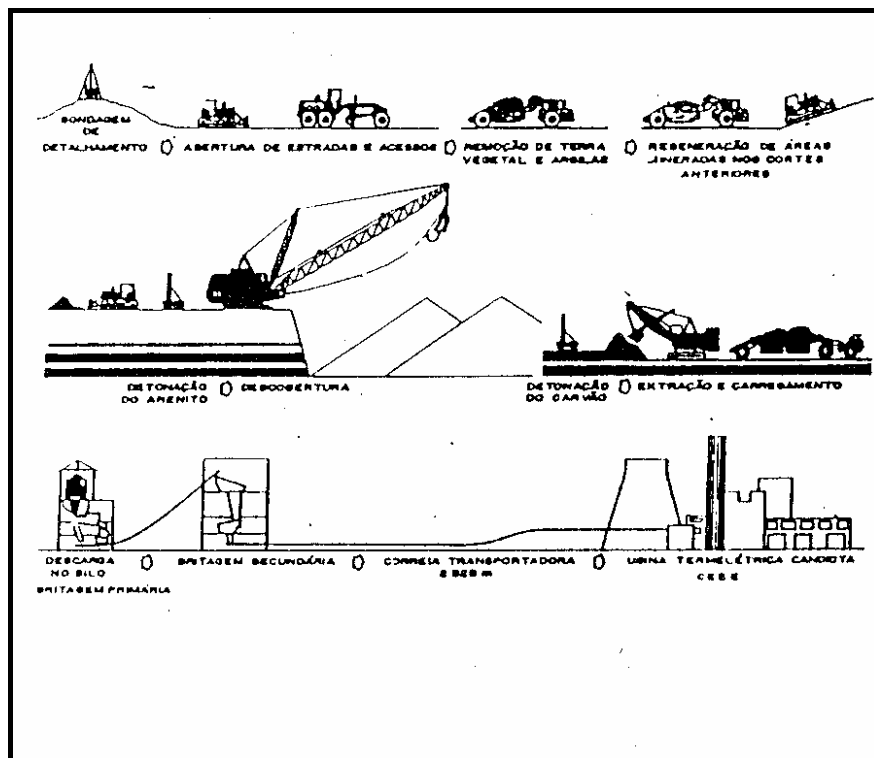


Figura 4.1- Fluxograma de processo da Mina de Candiota

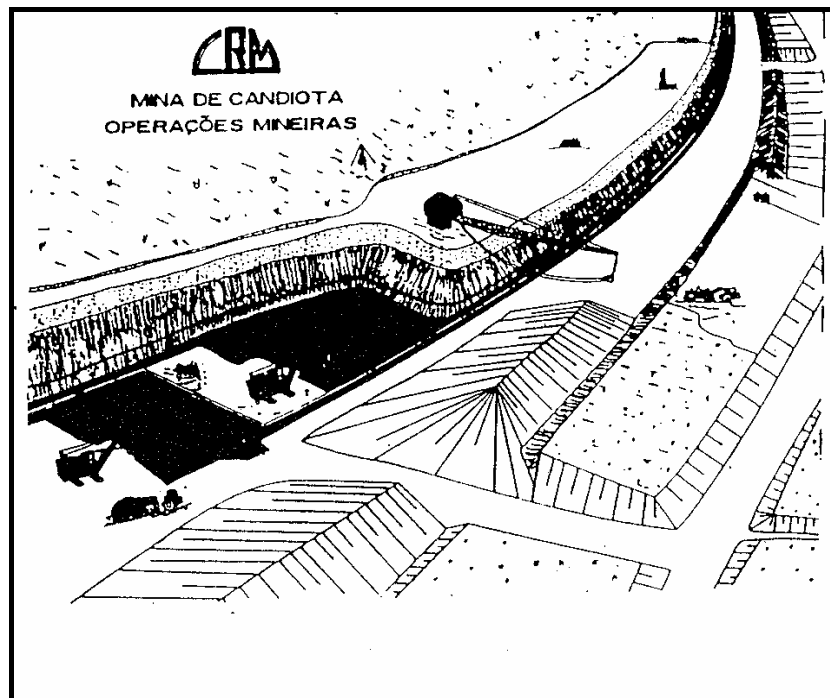


Figura 4.2 - Sequência operacional de lavra da Mina de Candiota

Considerando o perfil litológico médio das malhas IV, V e VII (Figura 2.1), construímos as Tabelas 4.6, 4.7 e 4.8 (respectivamente: Perfil das malhas IV, V e VII, Custos desembolsáveis – Mineração Candiota e Custos desembolsáveis unitários das operações mineiras), indexadas entre si, que permitem simular para diferentes dimensões de corte, os custos e as receitas operacionais de lavra.:

Dessa maneira mantendo o método “strip mining” apresentamos três alternativas de mineração que são as seguintes:

- **“Dragline”**. Mineração somente da Camada Candiota (sistema atual utilizando a descobertura com escavadeiras “dragline”) – Figura 4.3
- **“Truckshovel”**. Mineração de todas as camadas de carvão Banco Louco (BL), Candiota ,I₁, I₂, I₃ e I₄ (Decapeamento com Conjuntos de Descobertura). Nesta alternativa, serão necessários cinco conjuntos de descobertura -Figuras 4.4.
- **“Dragline/Truckshovel”**. Descobertura com “dragline” até a Camada Candiota e inferiores com “Truckshovel”. Em volumes, conforme a litologia local, o

decapeamento será em média 50% com “dragline” e 50% com Conjuntos de Descobertura) - Serão utilizados, a “dragline” da mina atual e três conjuntos de descobertura - Figura 4.5.

Observação: Nas demais operações de lavra, guardando as peculiaridades de cada situação, os sistemas e equipamentos empregados serão os mesmos para as três alternativas.

MINA DE CANDIOTA

Perfil Médio das malhas IV, V e VII - Setores A e B

Corte Tipo Desenvolvimento

Perfil	Descrição	Espessura (m)	Larg. do Corte (m)	Volume/m**	P. Esp. *	P. Total da Camada (t)	Rendimento (t/m²)	Rel. Est./Min. (m³/t)
	Terra Vegetal	0,4	55	22				
	Argilo	1,10	55	60,50				
	Arenito 3ª Categoria	4,00	55	220,00				
	Folhelho	5,00	55	275,00				
	Banco Louco (carvão)	0,51	55	28,05	1,7	51,48	0,93	
	Argila Superior	1,89	55	103,95				
	Banco Superior (carvão)	2,58	55	141,90	1,8	255,42	4,64	
	Argila Intermediária	0,61	55	33,55				
	Banco Inferior (carvão)	2,36	55	129,80	1,8	233,64	4,25	1,28
	Arenito	2,00	55	110,00				
	Siltito	3,12	55	171,60				
	Banco 11 (carvão)	1,23	55	67,65	1,9	128,54	2,34	2,19
	Folhelho	1,97	55	108,35				
	Banco 12 (carvão)	0,56	55	30,80	1,6	49,28	0,90	2,20
	Folhelho	0,88	55	48,40				
	Banco 13 (carvão)	1,04	55	57,20	1,8	102,96	1,87	0,47
	Folhelho	1,19	55	65,45				
	Banco 14 (carvão)	0,47	55	25,85	1,5	38,78	0,71	1,69

Lavra de todas as camadas de carvão		
Comprimento do Corte (m)	_____	300,00
Descobertura (m²)	_____	365.640,00
Total de Carvão (t)	_____	258.027,00
Rate (m³/t)	_____	1,42

Tabela 4.6 – Perfil das malhas IV, V e VII

MINA DE CANDIOTA
CUSTOS DESEMBOLSÁVEIS - ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO RELATIVO À CORTE DE DESENVOLVIMENTO

Largura do Corte (m):	55,00
Comprimento do Corte (m):	300,00
Preço de venda do carvão (US\$/t):	12,00

Sistema de Lavra			Método de Lavra										
			1ª Alternativa			2ª Alternativa			3ª Alternativa				
			Strip Mining*			Truck-Shovel*			Misto*				
			Somente camada Candiota			Todas as camadas			Candiota + Inferiores				
Itens	Unidade	Custo Unitário	Quantidade		Custo US\$	Quantidade		Custo US\$	Quantidade		Custo US\$		
			m³	t		m³	t		m³	t			
1	Remoção/Transporte/Espalhamento da terra vegetal	m³	1,20	6.600,00		7.920,00	6.600,00		7.920,00	6.600,00		7.920,00	
2	Carregamento e transporte do material argiloso	m³	1,10				18.150,00			19.965,00			
3	Furação/Detonação do arenito	m³	0,48	66.000,00		31.680,00	66.000,00		31.680,00	66.000,00		31.680,00	
4	Carregamento e transporte do arenito	m³	1,10				66.000,00			72.600,00			
5	Carregamento e transporte do Folhelho	m³	1,00				82.500,00			82.500,00			
6	Escarificação do carvão Bco. Louco	t	0,09					15.444,00		1.389,96			
7	Carregamento do carvão Bco. Louco	t	0,13					15.444,00		2.007,72			
8	Transporte do carvão Bco. Louco	t	0,60					15.444,00		9.266,40			
9	Descobertura com Drag-Line até a Camada Candiota	m³	0,25	206.250,00		51.562,50				206.250,00		51.562,50	
10	Carregamento e transporte do argilto superior	m³	1,10				31.185,00			34.303,50			
11	Furação/Detonação do carvão - BS	t	0,48		76.626,00	36.780,48		76.626,00	36.780,48		76.626,00	36.780,48	
12	Carregamento do carvão - BS	t	0,13		76.626,00	9.961,38		76.626,00	9.961,38		76.626,00	9.961,38	
13	Transporte do carvão - BS	t	0,60		76.626,00	45.975,60		76.626,00	45.975,60		76.626,00	45.975,60	
14	Carregamento e transporte do argilto intermediário	m³	1,10	10.065,00		11.071,50	10.065,00		11.071,50	10.065,00		11.071,50	
15	Furação/Detonação do carvão - BI	t	0,48		70.092,00	33.644,16		70.092,00	33.644,16		70.092,00	33.644,16	
16	Carregamento do carvão - BI	t	0,13		70.092,00	9.111,96		70.092,00	9.111,96		70.092,00	9.111,96	
17	Transporte do carvão - BI	t	0,60		70.092,00	42.055,20		70.092,00	42.055,20		70.092,00	42.055,20	
18	Furação/Detonação do arenito	m³	0,47			33.000,00		15.510,00		33.000,00		15.510,00	
19	Carregamento e transporte do arenito	m³	1,10			33.000,00		36.300,00		33.000,00		36.300,00	
20	Carregamento e transporte do argilto	m³	1,10			51.480,00		56.628,00		51.480,00		56.628,00	
21	Furação e detonação do carvão - I1	t	0,48				38.560,50		18.509,04		38.560,50	18.509,04	
22	Carregamento do carvão - I1	t	0,13				38.560,50		5.012,87		38.560,50	5.012,87	
23	Transporte do carvão - I1	t	0,60				38.560,50		23.136,30		38.560,50	23.136,30	
24	Carregamento e transporte do argilto	m³	1,10			32.505,00		35.755,50		32.505,00		35.755,50	
25	Furação e detonação do carvão - I2	t	0,47				14.784,00		6.948,48		14.784,00	6.948,48	
26	Carregamento do carvão - I2	t	0,13				14.784,00		1.921,92		14.784,00	1.921,92	
27	Transporte do carvão - I2	t	0,60				14.784,00		8.870,40		14.784,00	8.870,40	
28	Carregamento e transporte do argilto	m³	1,10			14.520,00		15.972,00		14.520,00		15.972,00	
29	Furação e detonação do carvão - I3	t	0,47				30.888,00		14.517,36		30.888,00	14.517,36	
30	Carregamento do carvão - I3	t	0,13				30.888,00		4.015,44		30.888,00	4.015,44	
31	Transporte do carvão - I3	t	0,60				30.888,00		18.532,80		30.888,00	18.532,80	
32	Carregamento e transporte do argilto	m³	1,10			19.635,00		21.598,50		19.635,00		21.598,50	
33	Furação e detonação do carvão - I4	t	0,47				11.632,50		5.467,28		11.632,50	5.467,28	
34	Carregamento do carvão - I4	t	0,13				11.632,50		1.512,23		11.632,50	1.512,23	
35	Transporte do carvão - I4	t	0,60				11.632,50		6.979,50		11.632,50	6.979,50	
36	Sistema de drenagem	t	0,15				256.014,00		38.402,10		240.570,00	36.085,50	
35	Bntagem do carvão	t	0,37	146.718,00		54.285,66		258.027,00		95.469,99		242.583,00	89.755,71
36	Blendagem	t	0,15				111.309,00		16.696,35		95.865,00		14.379,75
37	Expedição do carvão por correia	t	0,03	146.718,00		4.401,54		258.027,00		7.740,81		242.583,00	7.277,49
38	Regeneração topográfica+Revegetação	t	0,20	146.718,00		29.343,60		-		29.343,60		-	29.343,60
39	Oficinas	t	0,50	146.718,00		73.359,00		-		73.359,00		-	73.359,00
40	Administrativo+Serv. apoio	t	0,50	146.718,00		73.359,00		-		73.359,00		-	73.359,00
41	Royalties	t	0,10	146.718,00		14.965,24		258.027,00		26.318,75		242.583,00	24.743,47

Balço do Corte

	m³	t	US\$
Custo	222.915,00		529.476,82
	365.640,00		1.108.110,07
	374.055,00		925.253,90
Receita		146.718,00	1.760.616,00
		258.027,00	3.096.324,00
		242.583,00	2.910.996,00
Resultado			1.231.139,18
			1.988.213,93
			1.985.742,10

Relação de mineração - m³ / t

1,52	1,42	1,54
------	------	------

Rendimento - t / m³

8,89	15,64	14,70
------	-------	-------

Custo unitário - US\$ / t

3,61	4,29	3,81
------	------	------

Tabela 4.7 – Custos desembolsáveis – Mineração Candiota

MINA DE CANDIOTA
CUSTOS DESEMBOLSÁVEIS DAS OPERAÇÕES MINEIRAS - Perfil médio das malhas IV, V e VII (corte 55x300m)

Operações mineiras Corte (300 x 55)	"Dragline"			"Truckshovel"			"Dragline/Truckshovel"		
	Custo do Corte	Toneladas Mineradas	Custo Unitário da Operação	Custo do Corte	Toneladas Mineradas	Custo Unitário da Operação	Custo do Corte	Toneladas Mineradas	Custo Unitário da Operação
Descobertura até Camada Candiota	83242,50	146.718	0,57	241.048,50	258.027	0,93	83.242,50	242.583	0,34
Desmonte do carvão	70424,64	146.718	0,48	131.310,80	258.027	0,51	115.866,80	242.583	0,48
Carregamento do carvão	19073,34	146.718	0,13	33.543,51	258.027	0,13	45.031,97	242.583	0,19
Transporte do carvão	88030,80	146.718	0,60	154.816,20	258.027	0,60	145.549,80	242.583	0,60
Rem. argilitos e arenitos interm.	11071,50	146.718	0,08	177.325,50	258.027	0,69	177.325,50	242.583	0,73
Britagem	54.285,66	146.718	0,37	95.469,99	258.027	0,37	89.755,71	242.583	0,37
Blendagem	0,00	146.718	0,00	16.696,35	258.027	0,06	14.379,75	242.583	0,06
Expedição	4.401,54	146.718	0,03	7.740,81	258.027	0,03	7.277,49	242.583	0,03
Drenagem	0,00	146.718	0,00	38.402,10	258.027	0,15	36.085,50	242.583	0,15
Regeneração	37.263,60	146.718	0,25	37.263,60	258.027	0,14	37.263,60	242.583	0,15
Adm.+ Serv. de apoio	146.718,00	146.718	1,00	146.718,00	258.027	0,57	146.718,00	242.583	0,60
Royaltie	14.965,24	146.718	0,10	26.318,75	258.027	0,10	24.743,47	242.583	0,10
Total	529476,82	146.718	3,61	1.106.654,11	258.027	4,29	923.240,08	242.583	3,81

Tabela 4.8 – Custos desembolsáveis unitários das operações mineiras

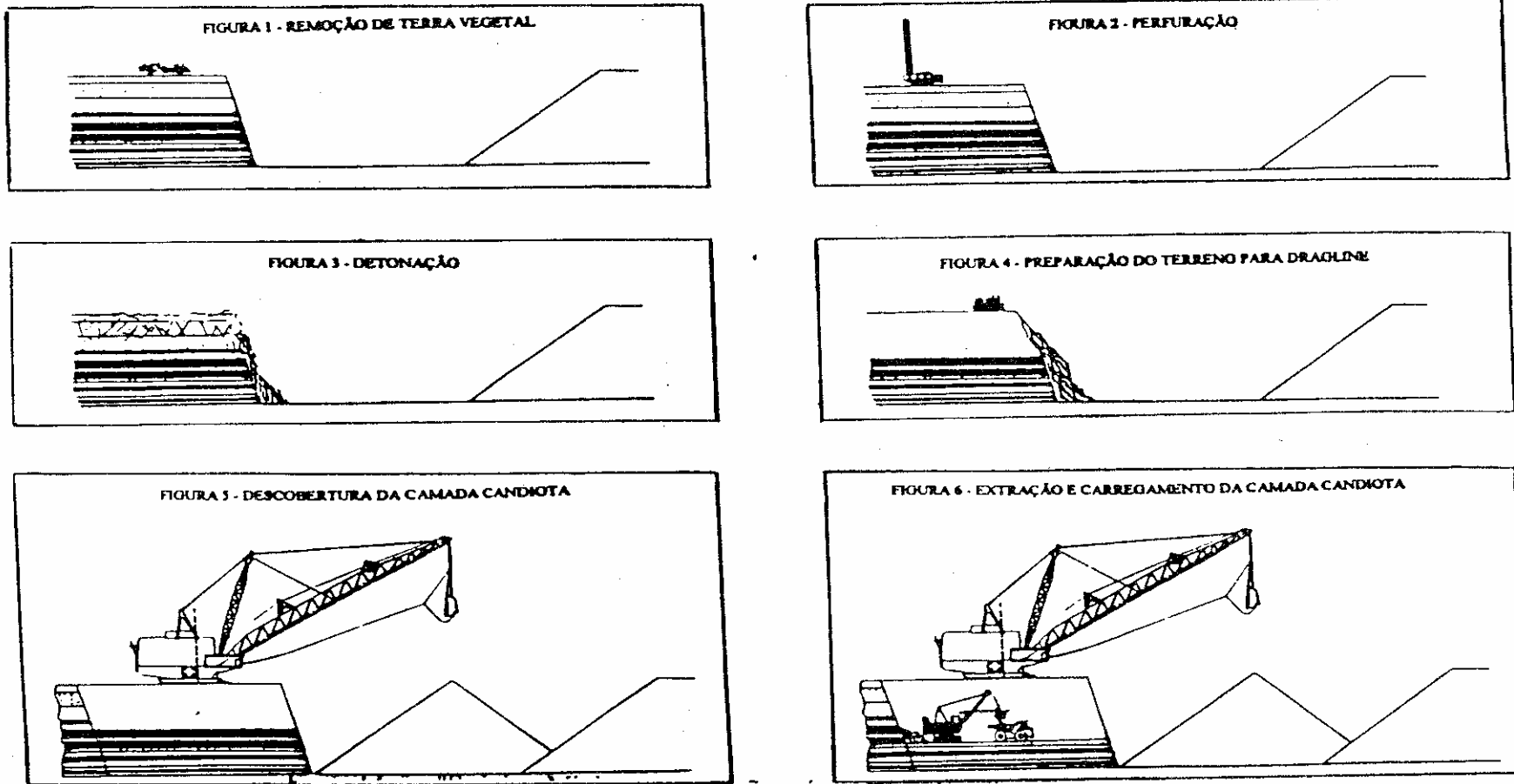


Figura 4.3 – “Strip mining”, mineração até a Camada Candiota

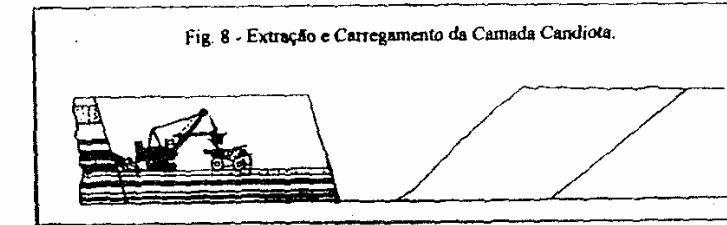
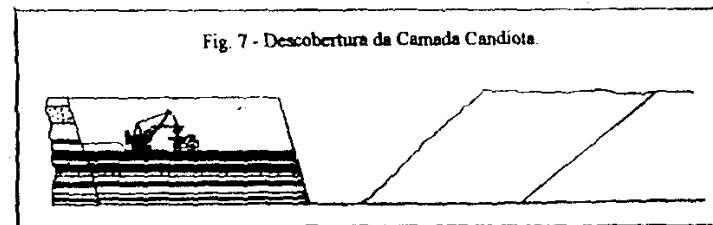
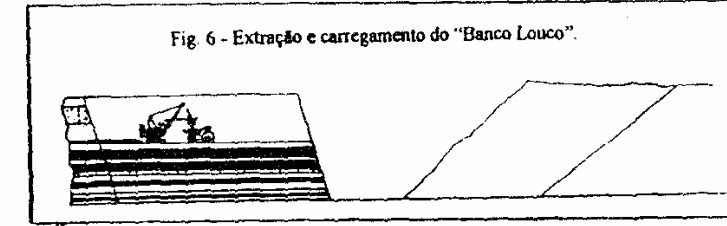
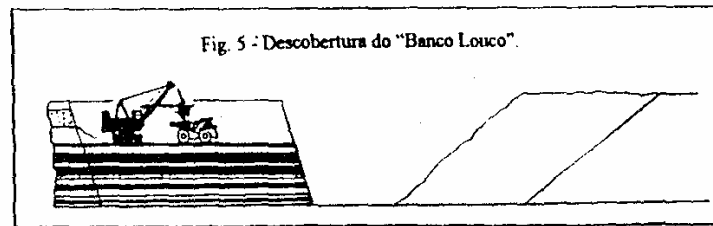
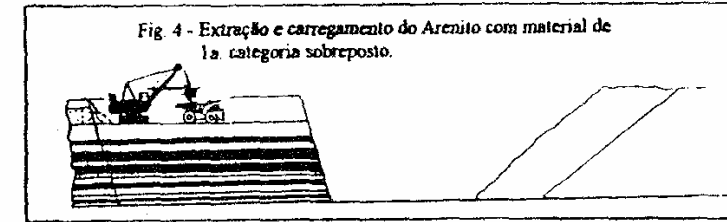
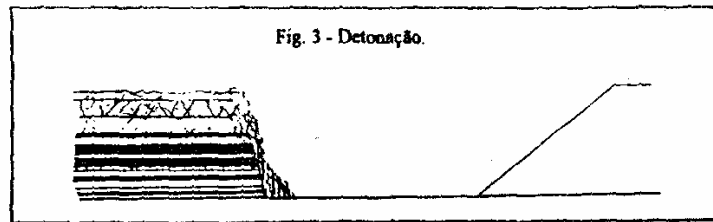
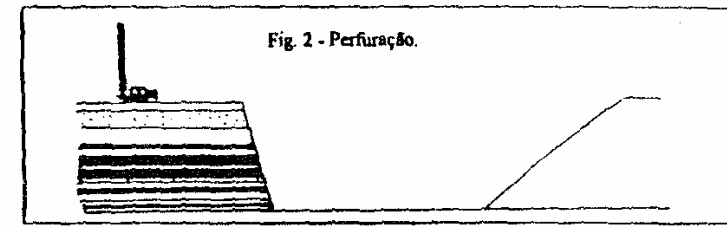
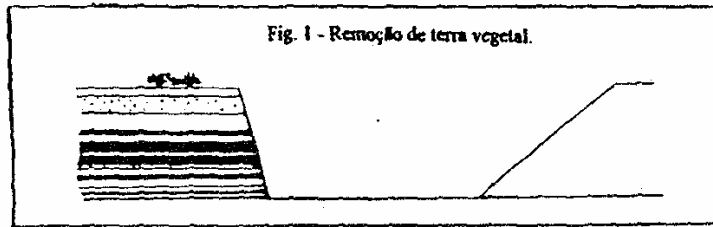


Figura 4.4 - "Truckshovel", mineração até a Camada Candiota

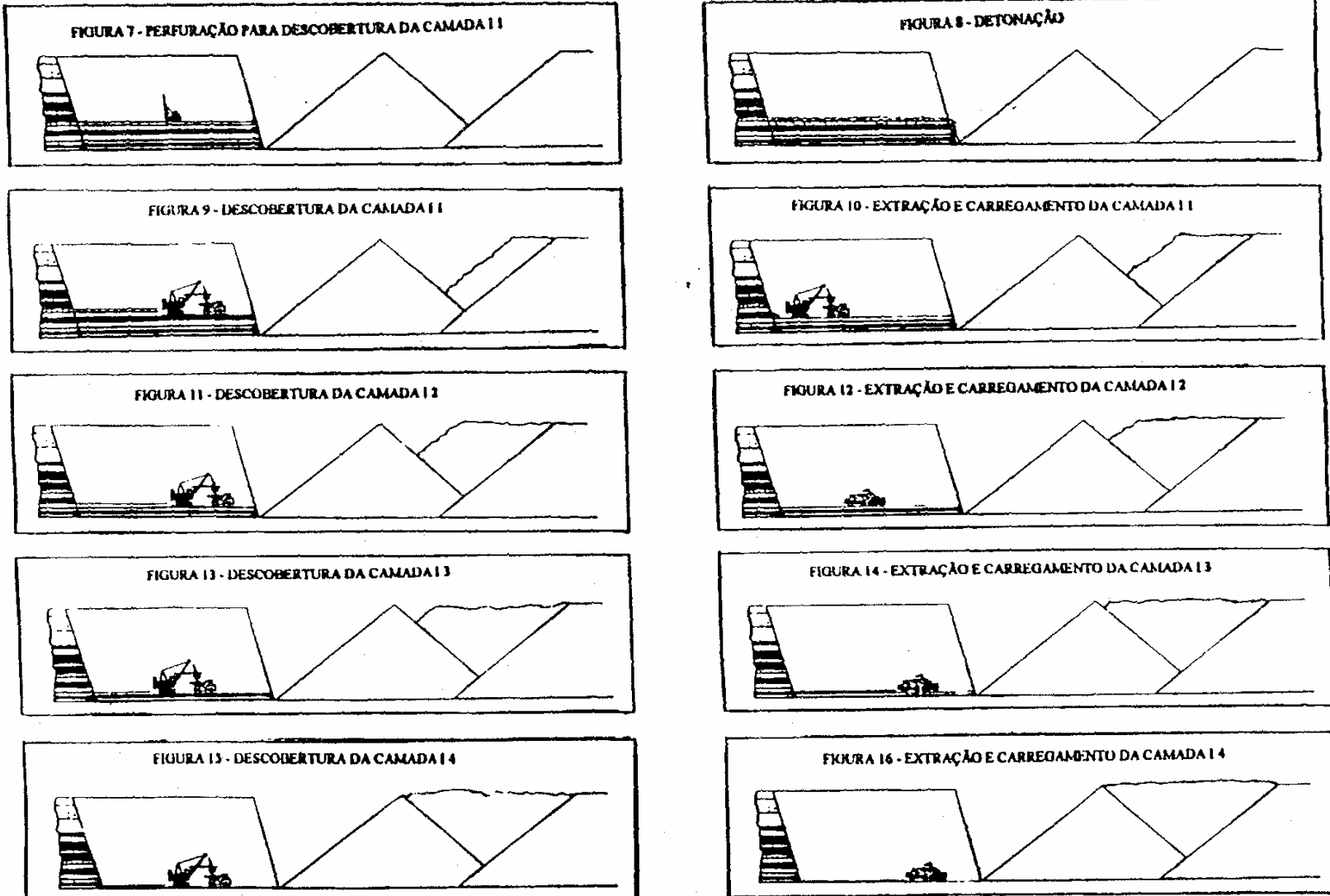


Figura 4.5 “Truckshovel” complementar ao “Strip mining” para mineração das Camadas I₁, I₂, I₃, e I₄

4.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS OPERACIONAIS DAS ALTERNATIVAS DE MINERAÇÃO APRESENTADAS

Na análise, das alternativas de mineração, consideramos a abertura de um corte de mineração com dimensões adequadas a movimentação dos equipamentos de lavra. Assim, simulamos um corte de 55 m de largura com 300 m de comprimento, adequado para a operação da “dragline” Bucyrus 1260 W. Os dados utilizados, tais como ângulo de taludes, custos das operações são aqueles praticados na Mina de Candiota, tendo portanto consistência em função de sua utilização prática.

Com a espessura das rochas formadora do perfil litológico calculou-se os volumes envolvidos em cada etapa do processo. Com dados de custo das operações mineiras calculou-se o gasto necessário para a exploração de um corte. A receita da operação foi obtida com o mesmo processo calculando a tonelagem de carvão obtida e multiplicando este dado pelo preço de venda estimado em Candiota na comercialização do carvão ROM, britado com “top size” de 1“ (CE 3300 kcal/kg), com a CEEE. Esses dados são apresentados na tabela 4.7. Também, a tabela 4.8 mostra os custos desembolsáveis envolvidos por operação mineira e permite uma melhor visualização de seus custos unitários.

Da análise da tabela 4.7 e 4.8 verifica-se que os três sistemas, nas condições propostas, apresentam custos unitários desembolsáveis diferenciados .

A alternativa “Dragline” é a que apresenta o menor custo desembolsável (US\$ 3,61/t), mas reduz o aproveitamento da reserva, cerca de 43%, em relação as demais analisadas. Com o sistema “Dragline”, o rendimento médio é 8,89 t/m², enquanto que no “Truckshovel” e “Dragline/Truckshovel” é respectivamente 15,64 e 14,70 t/m².

Com o sistema “Truckshovel”, os custos desembolsáveis são 19% e 12% mais elevados respectivamente que os sistemas “Dragline” e “Dragline/Truckshovel”. Quanto ao aproveitamento da jazida, o sistema “Truckshovel” é aquele que permite o melhor rendimento dos três, cerca de 6% maior que o sistema “Dragline/Truckshovel”, pelo aproveitamento do BL.

4.8. ANÁLISE FINANCEIRA DO EMPREENDIMENTO

No processo de decisão gerencial, é necessário analisar, além dos aspectos operacionais, a necessidade de investimentos, custos financeiros e custos não desembolsáveis de cada alternativa. Somente dessa forma, é possível verificar a rentabilidade do projeto como um todo e escolher a alternativa que maximiza os ganhos do investidor. A análise desse conjunto de parâmetros é denominado, de avaliação econômico- financeira do projeto. Ela tem por objetivo, determinar o valor intrínseco na data da avaliação.

A sistemática básica, é a simulação de um fluxo de caixa do projeto durante a vida útil do empreendimento. Os resultados anuais do fluxo de caixa operacional são trazidos a valor presente, à taxa que representa o custo médio de capital da empresa (Custo de oportunidade do capital). Finalmente, estes resultados anuais são somados. A alternativa que apresentar o maior valor presente é aquela que maximiza os ganhos, portanto, sob o ponto de vista financeiro, é a que deve ser escolhida.

Outra ferramenta utilizada, a partir do fluxo de caixa, é a Taxa Interna de Retorno do empreendimento, que é a taxa que iguala o valor atual das saídas de caixa previsível ao valor atual das entradas estimadas (Van Horne-1984). Para que um projeto seja atrativo, a Taxa Interna de Retorno deve ser superior as taxa de outras aplicações alternativas para o capital. No caso de se tratar de escolha entre alternativas, a mais rentável será aquela que apresentar a maior taxa interna de retorno. Dependendo, da característica do investimento e perfil do investidor, é estabelecido um valor limite de taxa interna de retorno para aceitação que compatibilize risco/rentabilidade mínimo para cada tipo de projeto.

Dessa forma, para analisar a viabilidade econômica da Mina de Candiota e verificar a opção de lavra com maior atratividade das três apresentadas, simulamos num sistema de planilhas eletrônicas, indexadas entre si, o Fluxo de Caixa de operação de uma mina com produção de 4 milhões de toneladas ano, com entrada em operação no ano 2001.

As tabelas foram desenvolvidas, com o objetivo de permitir a variação dos parâmetros de entrada listados na Tabela 4.10 (Dados de entrada e respostas) e calcular

automaticamente, o Valor Presente Líquido do empreendimento (“VPL”), a Taxa Interna de Retorno (“TIR”) e o período de reembolso (“Pay Back”).

Na simulação, consideramos a utilização dos equipamentos da atual mina, que no ano 2001 não tenham atingido o limite de depreciação e que, portanto, terão ainda condições operacionais. Dos equipamentos citados, verificamos que ainda serão operacionais, a escavadeira dragline Bucyrus 1260-W, as duas shovel PH-1600 CL, as instalações de transporte e de britagem de carvão (correias transportadoras, prédios, equipamentos de britagem), as instalações industriais como oficinas, almoxarifado e os prédios administrativos.

Os investimentos complementares, listados na tabela 4.9 (Investimentos complementares - Mina de Candiota), necessários para alcançar a produção projetada, foram estimados baseados nos dados operacionais e rendimentos dos equipamentos da mina atual (relatórios internos da CRM, 1996). Os investimentos são indicativos para uma avaliação preliminar. O nível de detalhamento buscado, neste trabalho, é o de um projeto conceitual. Ressaltamos portanto, que no caso de decisão para início da mineração real os equipamentos deverão ser calculados de forma mais detalhada num projeto a nível executivo.

A taxa de desconto utilizada para o cálculo do valor presente foi de 14,2 %. Esta taxa, representa o custo de capital da empresa e que se supõe refletir adequadamente o seu custo de oportunidade de capital. Ela foi calculada conforme a metodologia indicada na bibliografia especializada e largamente utilizada sobre o assunto (Copeland, 1994).

ITEM	Quantidade	Investimento - (x 1.000 US\$)		
		Alternativas		
		Dragline	Truckshovel	Dragline/ Truck shovel
-Equipamentos. Principais				
- Escavadeira Dragline	1	16.000		
- Conj.de descobertura (*)		-	6.000	2.400
- Trator de esteiras	5	2.300	2.300	2.300
- Caminhão fora de estrada	11	4.400	4.400	4.400
- Pá Carregadeira	2	700	700	700
- Perfuratriz rotativa	2	1.400	1.400	1.400
- Perfuratriz roto-percussiva	1	200	200	200
- Equipamentos auxiliares				
- Motoniveladora	2	600	600	600
- Retroescavadeira	1	200	200	200
- Caminhão tanque	3	400	400	400
- Caminhão prancha	1	100	100	100
- Britagem e expedição				
- Britagem e peneiramento		1200	1200	1200
- Infra estrutura				
- Pátio de carvão/Blendagem			2.500	2.500
- Subestação/redes elétricas	ampliação	600	600	600
Prédios				
Outros investimentos				
- Adm. Do projeto		200	200	200
- Consultoria		1.000	1.000	1.000
- Pesquisa		1.000	1.000	1.000
- Treinamento		300	300	300
- Total		30.600	23.100	19.500

Tabela 4.9 - Investimentos complementares - Mina de Candiota

observações:

- (*) O conjunto de descobertura é formado por uma Retroescavadeira de 65 t com 5 m³ de capacidade e dois caminhões de 35 t.

4.8.1 CÁLCULO ECONÔMICO FINANCEIRO DO EMPREENDIMENTO

A sistemática de cálculo adotada para análise do projeto foi a seguinte:

- Considerando, o custo desembolsável da tabela 4.7, os dados de investimento inicial ou complementares da tabela 4.9 e o valor remanescente da mina atual no ano 2001, obtido no setor de contabilidade da CRM (US\$ 15 942 929), calculamos o custo de depreciação e identificamos os reinvestimentos necessários durante a vida útil do projeto. Para identificação dos custos financeiros, adotamos como premissa, um empréstimo a taxa de juros de 12 % ao ano, com tempo de financiamento de oito anos, com carência inicial de três anos. São valores de financiamento possíveis de serem conseguidos em bancos de desenvolvimentos ou em bancos internacionais em projetos de grande porte. Essa premissa nos permitiu construir a tabela de amortização de financiamentos, tabela 4.11.

É importante salientar que somente foi considerado para fins de cálculo dos encargos financeiros, os investimentos complementares utilizados para alavancar o capital próprio, configurados nas instalações e equipamentos da mina atual que ainda estarão em condições operacionais no ano 2001 em Candiota. Para efeito de análise, os investimentos iniciais são considerados no início do período, ou seja, todos no início do primeiro ano do projeto.

Quanto ao preço de venda do carvão, é sabido que num nível de produção mais elevado, o preço praticado em Candiota, de US\$ 12,06 /t, pode ser reduzido em função de ganhos de escala no processo. Dessa forma, procuramos identificar um preço que permita uma taxa interna não menor que 20 %, para o capital, que é uma rentabilidade aceita pelos investidores privados para investimentos na área de mineração, numa economia emergente, com estabilidade econômica como o Brasil.

Com esses parâmetros, simulamos o fluxo de caixa de operação da mina para um período de 25 anos que é o tempo de vida útil adotado para uma usina termelétrica nos projetos da Eletrobrás.

As simulações do fluxo de caixa do empreendimento, são apresentados nas tabelas 4.13, 4.15 e 4.17, respectivamente, para o Sistema “Dragline”, “Truckshovel” e “Dragline/Truckshovel”. As tabelas 4.12, 4.14 e 4.16 apresentam os valores de investimentos e amortizações também respectivamente para cada alternativa. A tabela 4.10, (Dados de Entrada e Resposta), resume os parâmetros de entrada necessários e os resultados obtidos.

Modelo de Avaliação de projetos
Mina de Candiota - Ampliação de Produção

Dados de Entrada

Produção anual (t)	4.000.000
Preço de venda do carvão (US\$)	12,06
Taxa de juro anual (%)	12
Tempo do Financiamento (anos)	8
Carência inicial (anos)	3
Mina atual (US\$)	15.942.923

Alternativas	"Dragline"	"Truckshovel"	"Dragline/Truckshovel"
Custo desembolsável (US\$/t)	3,61	4,29	3,81
Investimento complementar inicial (US\$)	30.600.000,00	23.100.000,00	19.500.000,00
Reinvestimento 5 anos (US\$)	8.660.000,00	14.660.000,00	11.060.000,00
Reinvestimento 10 anos (US\$)	13.025.000,00	18.275.000,00	14.675.000,00
Reinvestimento 15 anos (US\$)	8.660.000,00	14.660.000,00	11.060.000,00
Reinvestimento 20 anos (US\$)	13.025.000,00	18.275.000,00	14.675.000,00

Resposta

Alternativas	"Dragline"	"Truckshovel"	"Dragline/Truckshovel"
Taxa Interna de Retorno - (TIR)	35,44%	41,01%	51,12%
Valor Presente Líquido - (VPL; i = 14%); (US\$)	57.959.901	57.042.176	71.729.131
Tempo de Retorno do Capital - (Pay Back); (an)	2	1	1

Tabela 4.10 – Dados de entrada e respostas

Amortização dos Financiamentos - Ampliação da Mina de

Alternativa "Dragline"					Alternativa "Truck shovel"				Alternativa Dragline/Truckshovel			
Valor Financiado		30.600.000			Valor Financiado		23.100.000		Valor Financiado - US\$		19.500.000	
Taxa de juros - anual (%)		12			Taxa de juros - anual (%)		12		Taxa de juros - anual (%)		12	
Período Financiado - anos		8			Período Financiado - anos		8		Período Financiado - anos		8	
Carência		3			Carência		3		Carência		3	
Ano	Valor Financ.	Amort. Princ.	Juros	Total	Valor Financ.	Amort. Princ.	Juros	Total	Valor Financ.	Amort. Princ.	Juros	Total
1	30.600.000	0	0	0	23.100.000	0	0	0	19.500.000	0	0	0
2	34.272.000	0	0	0	25.872.000	0	0	0	21.840.000	0	0	0
3	38.384.640	0	0	0	28.976.640	0	0	0	24.460.800	0	0	0
4	42.990.797	8.598.159	5.158.896	13.757.055	32.453.837	6.490.767	3.894.460	10.385.228	27.396.096	5.479.219	3.287.532	8.766.751
5	34.392.637	8.598.159	4.127.116	12.725.276	25.963.069	6.490.767	3.115.568	9.606.336	21.916.877	5.479.219	2.630.025	8.109.244
6	25.794.478	8.598.159	3.095.337	11.693.497	19.472.302	6.490.767	2.336.676	8.827.444	16.437.658	5.479.219	1.972.519	7.451.738
7	17.196.319	8.598.159	2.063.558	10.661.718	12.981.535	6.490.767	1.557.784	8.048.552	10.958.438	5.479.219	1.315.013	6.794.232
8	8.598.159	8.598.159	1.031.779	9.629.938	6.490.767	6.490.767	778.892	7.269.659	5.479.219	5.479.219	657.506	6.136.726

Tabela 4.11 – Amortização dos financiamentos.

Mina de Candiota

ITEM	Investimento (US\$)						Amortização			
	Unidades	Vida útil anos	Inicial	+5 Anos	+10 Anos	+15 Anos	+ 20 Anos	Depreciação	Exaustão	Desp. pré operacion
-Equipamentos. principais										
- Escavadeira Dragline	1	25	16.000.000		1.000.000		1.000.000	640.000		
- Conj.de descobertura (2)		5								
- Trator de esteiras	5	5	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	460.000		
- Caminhão fora de estrada	11	5	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	880.000		
- Pá Carregadeira	2	5	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	140.000		
- Perfuratriz rotativa	2	10	1.400.000	0	1.400.000	0	1.400.000	140.000		
- Perfuratriz roto-percussiva	1	10	200.000	0	200.000	0	200.000	20.000		
- Equipamentos auxiliares										
- Motoniveladora	2	5	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	120.000		
- Retroescavadeira	1	5	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	40.000		
- Caminhão tanque	3	5	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	80.000		
- Caminhão prancha	1	10	100.000		100.000		100.000	10.000		
- Britagem e expedição										
- Britagem e peneiramento		25	1.200.000		120.000		120.000	48.000		
- Transportador de correias		25								
- Infra estrutura										
- Pátio de carvão/Blendagem		25								
- Subestação/redes elétricas		25	600.000	60.000	60.000	60.000	60.000	24.000		
- Prédios		25								
Outros investimentos										
- Adm. do projeto		10	200.000							20.000
- Consultoria		10	1.000.000							100.000
- Pesquisa		25	1.000.000						40.000	
- Treinamento		10	300.000							30.000
Total Invest. Desemb.			30.600.000	8.660.000	11.480.000	8.660.000	11.480.000	2.602.000	40.000	150.000
Mina atual										
Dragline	1	25	11.489.531		1.100.000		1.100.000	547.581		
Escavadeira Shovel	2	25	3.222.992		322.000		322.000	154.680		
Britagem/correia	1	25	1.230.400		123.000		123.000	59.056		
Total Res. Mina atual			15.942.923		1.545.000		1.545.000	761.317		
- Total			46.542.923	8.660.000	13.025.000	8.660.000	13.025.000	3.363.317	40.000	150.000

Tabela 4.12 – Investimento/amortização – Sistema “Dragline”

Mina de Candiota										
ITEM	Investimento (US\$)							Amortização		
	Unidades	Vida útil anos	Inicial	+5 Anos	+10 Anos	+15 Anos	+ 20 Anos	Depreciação	Exaustão	Desp. pré operacion
-Equipamentos. principais										
- Escavadeira Dragline		25								
- Conj.de descobertura (*)	5	5	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	1.200.000		
- Trator de esteiras	5	5	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	460.000		
- Caminhão fora de estrada	11	5	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	880.000		
- Pá Carregadeira	2	5	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	140.000		
- Perfuratriz rotativa	2	10	1.400.000	0	1.400.000	0	1.400.000	140.000		
- Perfuratriz roto-percussiva	1	10	200.000	0	200.000	0	200.000	20.000		
- Equipamentos auxiliares										
- Motoniveladora	2	5	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	120.000		
- Retroescavadeira	1	5	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	40.000		
- Caminhão tanque	3	5	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	80.000		
- Caminhão prancha	1	10	100.000	0	100.000	0	100.000	10.000		
- Britagem e expedição										
- Britagem e peneiramento		25	1.200.000	0	120.000	0	120.000	48.000		
- Transportador de correias		25	0	0	0	0	0	0		
- Infra estrutura										
- Pátio de carvão/Blendagem		25	2.500.000		250.000		250.000	100.000		
- Subestação/redes elétricas		25	600.000	60.000	60.000	60.000	60.000	24.000		
- Prédios		25						0		
Outros investimentos										
- Adm. do projeto		10	200.000							20.000
- Consultoria		10	1.000.000							100.000
- Pesquisa		25	1.000.000						40.000	
- Treinamento		10	300.000							30.000
Total Invest. Desemb.			23.100.000	14.660.000	16.730.000	14.660.000	16.730.000	3.262.000	40.000	150.000
Mina atual										
Dragline	1	25	11.489.531		1.100.000		1.100.000	547.581		
Escavadeira Shovel	2	25	3.222.992		322.000		322.000	154.680		
Britagem/correia	1	25	1.230.400		123.000		123.000	59.056		
Total Res. Mina atual			15.942.923		1.545.000		1.545.000	761.317		
- Total			39.042.923	14.660.000	18.275.000	14.660.000	18.275.000	4.023.317	40.000	150.000

Tese2m.XLS

Tabela 4.14 – Investimento/amortização – Sistema “Truckshovel”

Mina de Candiota										
ITEM	Investimento (US\$)							Amortização		
	Unidades	Vida útil anos	Inicial	+5 Anos	+10 Anos	+15 Anos	+ 20 Anos	Depreciação	Exaustão	Desp. Pré Operacional
-Equipamentos. principais		25								
- Escavadeira Dragline		25								
- Conj.de descobertura (*)	2	5	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000	480.000		
- Trator de esteiras	5	5	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	2.300.000	460.000		
- Caminhão fora de estrada	11	5	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	4.400.000	880.000		
- Pá Carregadeira	2	5	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	140.000		
- Perfuratriz rotativa	2	10	1.400.000	0	1.400.000	0	1.400.000	168.000		
- Perfuratriz roto-percussiva	1	10	200.000		200.000		200.000	24.000		
- Equipamentos auxiliares										
- Motoniveladora	2	5	600.000	600.000	600.000	600.000	600.000	120.000		
- Retroescavadeira	1	5	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	40.000		
- Caminhão tanque	3	5	400.000	400.000	400.000	400.000	400.000	80.000		
- Caminhão prancha	1	10	100.000	0	100.000	0	100.000	12.000		
- Britagem e expedição										
- Britagem e peneiramento		25	1.200.000	0	120.000	0	120.000	57.600		
- Transportador de correias		25								
- Infra estrutura										
- Pátio de carvão/Blendagem		25	2.500.000		250.000		250.000	120.000		
- Subestação/redes elétricas		25	600.000	60.000	60.000	60.000	60.000	33.600		
- Prédios		25								
Outros investimentos										
- Adm. do projeto		10	200.000							20.000
- Consultoria		10	1.000.000							100.000
- Pesquisa		25	1.000.000						40.000	
- Treinamento		10	300.000							30.000
Total Invest. Desemb.			19.500.000	11.060.000	13.130.000	11.060.000	13.130.000	2.615.200	40.000	150.000
Mina atual										
Dragline	1	25	11.489.531		1.100.000		1.100.000	547.581		
Escavadeira Shovel	2	25	3.222.992		322.000		322.000	154.680		
Britagem/correia	1	25	1.230.400		123.000		123.000	59.056		
Total Res. Mina atual			15.942.923		1.545.000		1.545.000	761.317		
- Total			35.442.923	11.060.000	14.675.000	11.060.000	14.675.000	3.376.517	40.000	150.000

Tabela 4.16 – Investimento/amortização – sistema “Dragline/Truckshovel”

4.8.2 ANÁLISE DOS FLUXOS DE CAIXA SIMULADOS

Analisando as planilhas 4.13, 4.15 e 4.17, verifica-se que as três opções apresentam viabilidade econômica, com bons indicadores econômicos financeiros.

A alternativa “Dragline” é a que necessita o maior investimento inicial, cerca de US\$ 30,6 milhões, contra US\$ 23,1 milhões de sistema “Truckshovel” e US\$ 19,5 do sistema “Dragline/Truckshovel”.

Considerando, a taxa de desconto de 14%, o maior Valor Presente Líquido é apresentado pela alternativa “Dragline/Truckshovel” US\$ 71,73 milhões, seguido pelo sistema “Dragline” de US\$ 57,96 milhões e de US\$ 57,04 milhões da alternativa “Truckshovel”.

É importante lembrar que as necessidades de capital inicial é diferente em cada alternativa. O sistema “Dragline/Truckshovel” é o que necessita de menor investimento inicial e ainda assim apresenta o maior VPL. A alternativa “Dragline” é US\$ 7,5 milhões mais elevado que o da alternativa “Truckshovel” e o cálculo dos respectivos VPL são aproximados, fato que obriga uma análise mais acurada para o processo de decisão.

Quanto a Taxa Interna de Retorno (TIR), a alternativa “Dragline/Truckshovel” é a que apresenta o maior valor, 51,12%. As alternativas “Truckshovel” e “Dragline” com os mesmos parâmetros apresentam respectivamente, 35,44% e 41,01%.

O alto valor de TIR encontrado, mostra a possibilidade de redução no preço do produto quando a produção atingir o patamar de 4 milhões de toneladas ano.

Redução no preço atual - (%)	Preço -(US\$/t)	Taxa Interna de Retorno - TIR (%)		
		"Dragline"	"Truckshovel"	"Dragline/Truck shovel"
0	12,06	35,44	41,01	51,12
5	11,45	31,76	36,40	46,13
10	10,85	28,20	31,88	41,20
15	10,25	24,71	27,42	36,29
20	9,64	21,26	22,96	31,32
25	9,04	17,95	18,70	26,50
30	8,44	14,75	14,56	21,80
35	7,83	11,57	10,46	17,15

Tabela 4.18 - Expectativa de taxa interna de retorno de projeto em função do preço.

A tabela 4.18, apresenta as Taxas Internas de Retorno do projeto, para reduções no preço de carvão de até 35% do preço atualmente praticado. Verifica-se que ainda é possível assegurar uma TIR mínima na faixa de 20%, com as seguintes reduções de preço:

- “Dragline’ e “Truckshovel”, 20 %.
- “Dragline/Truckshovel”, 30%.

Quanto ao período de retorno do capital (Pay Back), a alternativa “Dragline”, “Truckshovel” e “Dragline/Truckshovel” indicam respectivamente 2 anos para a primeira e 1 ano para as demais.

Dessa forma, das opções apresentadas, aquela que maximiza o Valor Presente Líquido do projeto, que possibilita a maior Taxa Interna de Retorno para o investidor e menor tempo de retorno do capital é a alternativa “Dragline/Truckshovel” e que portanto pelos parâmetros desse trabalho é a que deve ser adotada.

Verifica-se também da análise das planilhas 4.13, 4.15 e 4.17, que a sensibilidade para variação de receitas e custo operacional na alternativa “Dragline/Truckshovel” é a que apresenta um melhor comportamento, ou seja, mesmo com uma redução de receita de 25% e aumento de custos operacionais de 30%, a Taxa Interna de Retorno permanece superior a 20% , demonstrando uma boa margem de segurança para o sucesso do empreendimento.

5 CONCLUSÃO

Em Candiota, a lavra que é realizada no local, a mais de 50 anos, minera carvão apenas da Camada Candiota . Os custos de mineração são baixos, mas com o aproveitamento melhor da jazida, ou seja, minerando simultaneamente outras camadas de carvão é possível reduzi-los ainda mais.

Para a mineração conjunta de outras camadas de carvão, haverá a necessidade de blendagem, pois as camadas inferiores e superiores, à Candiota, de forma isolada, não atendem as especificações do carvão, dito de projeto das usinas. Entretanto, conforme os cálculos realizados, a mistura das camadas de carvão, nas proporções em que se encontram no jazimento, permitirá uma grande aproximação as especificação do produto e homogeneidade do fornecimento. Lembramos que esses valores são apenas indicativos, pois os dados qualitativos existentes das camadas inferiores e que foram utilizados para os cálculos das blendagens são de apenas duas sondagens. Há necessidade portanto de maiores dados para uma comprovação. Sob o ponto de vista operacional, a blendagem poderá ser realizada acrescentando no processo, o custo das instalações de blendagem e do manuseio do carvão.

O consumo de 4 milhões de toneladas ano de carvão é previsível em torno do ano 2001 com maior fator de carga das usinas Termelétricas fases A e B, já instaladas, e com a entrada em operação da Fase C.

Para dar suporte a essa demanda de carvão, considerando os equipamentos existentes da mina atual, o sistema de lavra mais indicado, será uma combinação do sistema “Dragline” e “Truckshovel”. Essa combinação permitirá otimizar a capacidade de descobertura da dragline, mantendo a sua operação, apenas, nas áreas onde a geometria de descobertura e a espessura do pacote de estéril são favoráveis. O emprego da Dragline, deverá ser utilizado até o nível da camada Candiota, sendo as demais camadas abaixo mineradas, no mesmo corte, pelo sistema “Truckshovel”.

A redução de custos se dará em função da maior escala de atividades e pelo aumento significativo na relação toneladas de carvão por metro quadrado de área minerada

que passará de 8,89 t/m² minerando apenas a Camada Candiota , para 14,70 t/m² com o acréscimo das Camadas Inferiores, ou seja um incremento em torno de 40%. Esses dados mostram, também, que além do aspecto econômico positivo, haverá um ganho ambiental com a redução significativa de m² de área impactada por tonelada produzida.

O emprego do sistema “Truckshovel”, apesar de ter um custo operacional mais elevado, permitirá a complementação das operações de descobertura com equipamentos de menor porte (retro escavadeiras hidráulicas e caminhões fora de estrada).

Considerando os equipamentos que estarão operacionais no ano 2001 em Candiota e os rendimentos alcançados na mina atual, é possível estimar, um investimento adicional na ordem de US\$ 19,5 milhões, para elevar a produção de carvão para 4 milhões de tonelada ano. O investimento adicional será em equipamentos auxiliares de lavra, em equipamentos para descobertura e blendagem dos carvões.

Com a simulação do fluxo de caixa do empreendimento, verifica-se a possibilidade de reduzir o preço do carvão em relação ao preço hoje praticado. As simulações demonstram que será possível reduzir o preço e, mesmo assim, alcançar uma rentabilidade do empreendimento de 20%, que é uma taxa atrativa para a remuneração projetos no setor de mineração do porte analisado.

Para finalizar é importante salientar a importância da ferramenta de planejamento, desenvolvida neste trabalho, com planilhas informatizadas e indexadas que possibilitaram o estabelecimento de um modelo capaz de simular cenários alternativos de produção em Candiota. As planilhas foram alimentadas com dados geológicos, operacionais e financeiros do empreendimento. Esse conjunto de parâmetros combinados permitiu de forma ágil e eficiente quantificar os resultados econômicos das alternativas estudadas e a identificação da melhor opção.

O modelo desenvolvido poderá ser utilizada, com as adaptações específicas de cada situação, na simulação de outros projetos de mineração de carvão a céu aberto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annels, Alwyn E. **Mineral Deposit Evaluation**; a practical approach. London: Chapman & Hall, 1991. 431 p. p. 314-322
- Barcellos, P. F. P. - **Carvão x Gás natural** - Porto Alegre: Ortiz - 1995 223 p.
- Bierman, H. e Smidt, S. - **As Decisões de Orçamento de capital** – Editora Guanabara R.J. 1975 398 p.
- Bunse, Heinrich A. W. - **A Mineração de Carvão no Rio Grande do Sul** – Secretaria de Minas Energia e comunicações do RS - Porto Alegre - 1984 111 p .
- Burr, Jurgen K. E. et al - **Estudo de Viabilidade Técnico- Econômica Gaseificação do carvão de Candiota** - ENERCONSULT Engenharia LTDA - Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul, BRDE, 1997 85 p.
- Carraro, C.C.; Gamermamn, N.; Eick, N.C.; Botoluzzi, C.A.; Jost, H.; Pinto, J.S. - **Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul**, Escala 1:1000.000 - UFRGS - 1974 29 p.
- Castanho, Othon Sá - **Síntese do Condicionamento da Mina de Candiota** - Trabalho apresentado no II Seminário do Carvão, promovido pela Secretaria de Minas Energia e Comunicações do Estado do Rio Grande do Sul, Fundação Universidade de Bagé - 1989 11 p.
- Secretaria de Minas Energia e comunicações do RS - **Plano Diretor Regional do Pólo Energético de Candiota; Diagnóstico e Cenários.** - 1990 199 p.
- Companhia Riograndense de Mineração, CRM – **Relatórios Internos 1989 a 1996.**
- Copeland, Thomas; Koller, Tim; Murrin, Jack. - **Valuation and Managing the Values of Companies.** - Publicação John Wiley & Sons - 1990 497p .
- Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) - **Informativo Anual da Indústria Carbonífera**, - Ministério de Minas e Energia, 1995 245 p.

Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM) e Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM) – **Avaliação dos Recursos Minerais da Borda Leste do Bacia do Paraná** – 1986.

ELETRONBRAS - **Plano Nacional de Energia Elétrica 1993 - 2015**, Estudos Básicos Volume III, 1994 88 p.

Gavronski, J. et al - **Levantamento da situação e Necessidades da Mina de Candiota**, CRM-1992 42 p (relatório interno).

Leusin, J.C. - **Malhas de Mineração - Elementos de Análise Sobre a Qualidade do Carvão**, 1996 117 p (relatório interno).

Fundação de Ciência e Tecnologia do RS (CIENTEC) - **Carvões Minerais do Brasil; características de carvões brutos do Rio Grande do Sul** - 1980 50 p.

Mello, F. D. - **Relatório Consolidado sobre a Mina de Candiota** – CRM - 1996 (relatório interno).

Meneguzzi, A.; Fernandez, P.; Seewald, L. F. - **Plano Diretor da Mina de Candiota**, - - 1996 27 p (relatório interno).

Ministério das Minas e Energia, Secretaria Nacional de Energia (MME / SNE) - **Proposição de Política Termelétrica a Carvão Mineral** (Relatório síntese executivo) - 1997

Müller, C.M. - **Segunda Linha de Britagem e Peneiramento Mina de Candiota**, CRM - 1990 214 p. (relatório interno)

Pheifer. A. et al - **Relatório Conclusivo, Proposta de Solução Definitiva Para a Usina Termelétrica Candiota III** - Ministério das Minas e Energia 1994 74 p.

Rigotti, N. - **Plano de Controle Ambiental da Malha IV, Setores A, B1, C1 e C3** - Trabalho apresentado para aprovação da FEPAM - CRM, 1992 40 p. (relatório interno)

Seewald, L.F., Muller, C.M. e Stockinger, F.A. - **Ampliação da Mina de Candiota** - Projeto Básico, CRM –1980 174 p (relatório interno).

Souza, Petain Ávila de - **Avaliação Econômica de Projetos de Mineração** - Editora Kronos Comunicação, Belo Horizonte - 1995 229 p.

Thomas, L. J. - **An Introduction to Mining** - Australia 1979 471 p.

Van Horne, James C. - **Fundamentals of Financial Management** - Stanford University
- 1983 495 p.

William, F. Sharpe; Gordon, J. - **The Capital Asset Pricing Model, CAPM** - Englewood
Cliffs, New Jersey - 1990 cap. 8 793p.

Wolter, S.; Mathias, W.S. - **Projetos: Planejamento, Elaboração, Análise** – Editora Atlas,
São Paulo 1986 294 p.