

EOLOGIA



E

METALURGIA



**XXIII SEMANA DE ESTUDOS
MÍNERO-METALÚRGICOS**

N.º 43

-

1985

Publicação do Centro Moraes Rêgo, Órgão que congrega alunos ex-alunos e professores dos Cursos de Engenheiros de Minas e Metalurgistas da Escola Politécnica da U.S.P.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
REITOR ANTONIO HÉLIO GUERRA VIEIRA
ESCOLA POLITÉCNICA

GEOLOGIA E METALURGIA n.º 43

XXIII SEMANA DE ESTUDOS MÍNERO-METALÚRGICOS

GEOLOGIA E METALURGIA

BOLETIM Nº 43

CENTRO MORAES RÊGO - DEPTO. DE MINAS E METALURGIA DA USP
CIDADE UNIVERSITÁRIA
CEP - 05508 - SÃO PAULO, SP

CENTRO MORAES RÊGO - ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO -

—1985—

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

REITOR ANTONIO HÉLIO GUERRA VIEIRA

ESCOLA POLITÉCNICA

Este boletim "Geologia e Metalurgia" nº 43 contém trabalhos apresentados e as conferências proferidas na "XIII Semana de Estudos Mineralúrgicos" realizada em São Paulo, no período de 19 a 23 de agosto de 1965, pelo Centro Moraes Rego.

A realização de eventos, assim como esta publicação, são tão importantes para o desenvolvimento da mineração e da metalurgia de nosso país.

A publicação deste boletim visa também a retornar ao leitor o conteúdo das atividades científicas e de divulgação do Centro Moraes Rego.

GEOLOGIA E METALURGIA

Agradecemos a todos os membros dos Departamentos de Engenharia de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e em especial às personalidades que contribuíram para a realização do evento:

BOLETIM nº 43

CENTRO MORAES REGO - DEPTO. DE MINAS E METALURGIA DA EPUSP,
CIDADE UNIVERSITÁRIA
CEP - 05508 - SÃO PAULO, SP

Escola Politécnica da USP
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração
ABM - Associação Brasileira de Metais
APENI - Associação Paulista de Engenheiros de Minas

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
REITOR ANTONIO HÉLIO GUERRA VIEIRA
ESCOLA POLITÉCNICA

GEOLÓGIA E METALURGIA

NÓS, DO CENTRO MORAES RÊGO, AGRADECEMOS À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO NA PESSOA DE SEU MAGNÍFICO REITOR PROFESSOR DOUTOR ANTONIO HÉLIO GUERRA VIEIRA PELO SEU APOIO E CONTRIBUIÇÃO IMPRESCINDÍVEIS PARA A REALIZAÇÃO DO PRESENTE BOLETIM.

CENTRO MORAES RÊGO - DEPTO. DE MINAS E METALURGIA DA ESCOLA POLITÉCNICA - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - SÃO PAULO, SP - CEP - 05508

EDITORIAL

Este boletim "Geologia e Metalurgia" nº 43 contém trabalhos apresentados e as conferências proferidas na "XXIII Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos" realizada em São Paulo, no período de 19 a 23 de agosto de 1985 pelo Centro Moraes Rêgo.

A realização do evento, assim como esta publicação tem como principal objetivo contribuir para o desenvolvimento da mineração e da metalurgia em nosso país.

A publicação deste boletim visa constituir também o retorno ao seu título original - Geologia e Metalurgia, dando continuidade às atividades técnico-científicas e de divulgação do Centro Moraes Rego.

Aproveitamos a oportunidade para agradecer aos professores dos Departamentos de Engenharia de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e em especial às personalidades que contribuíram sobremaneira para a realização do evento:

Prof. Dr. Eduardo Camilher Damasceno

Prof. Dr. Clovis Bradaschia

Prof. Dr. Renato Rocha Vieira

Prof. Emílio Wainer

Prof. Dêcio Sândoli Casadei

Prof. José Luis Beraldo

Prof. José do Valle Nogueira Filho

Agradecemos também às entidades que apoiaram a realização do evento:

Escola Politécnica da USP

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

ABM - Associação Brasileira de Metais.

APEMI - Associação Paulista de Engenheiros de Minas.

Agradecemos também as empresas patrocinadoras:

Mineração Brumadinho S/A

Metal Leve S/A - Indústria e Comércio

Cibranox Aços Metais Ltda

Serrana S/A de Mineração

Araxá S/A Fertilizantes e Produtos Químicos

Resta nos, lembrar que infelizmente nem todos os trabalhos puderam ser publicados neste boletim por não haverem sido os trabalhos escritos, entregues em tempo hábil para tal e por não ter sido possível a transcrição da palestra proferida no evento.

Esperamos ter atingido nosso objetivo com a publicação desta, embora tenhamos que reconhecer as falhas cometidas.

Estamos abertos a críticas, contribuições e sugestões.

CENTRO MORAES RÉGO

PROGRAMAÇÃO DA XXIII SEMANA DE ESTUDOS MÍNERO-METALÚRGICOS

19/08/85 - 8:30 - Painel sobre Política e Economia Mineral

- Eng^o Neuclayr Martins Pereira

Empresas Brumadinho S/A

- Deputado Marcos Lima

Comissão de Minas e Energia

- Eng^o José Mendo M. de Souza

IBRAM

- Dr. Frederico Lopes Meira Barbosa

DNPM

14:30 - Painel sobre Mina Subterrânea

- Eng^o Luiz Carlos Guizzi

Grupo Votorantim

- Eng^o Luiz Alonso Cornuth

Cia Brasileira do Cobre

- Eng^o Antônio Sérgio F. Vargas

Petromisa

- Eng^o Carlos José Vaz

Mineração Morro Velho S/A

- Eng^o Ademir Hiroshi Ikeda

Mineração Morro Velho S/A

- Eng^o Geraldo R.F. Fernandes

Mineração Morro Velho S/A

20/08/85 - 8:30 - Geoestatística e Mineração. Planejamento das

Minas do Camaquã - um estudo de caso

- Eng^o Carlos Girodo

Paulo Abib Engenharia S/A

14:30 - Painel sobre Informática em Mineração

- Engº Antonio Carlos Girodo

Paulo Abib Engenharia S/A

- Adm. Manoel Ambrósio de Oliveira
CVRD

- Engº Cícero Caporalli

Paulo Abib Engenharia S/A

21/08/85 - 8:30 - Aplicações do plasma na metalurgia

- Engº Erberto Gentil

Escola Politécnica-USP/COSIPA

14:30 - Painel sobre Energia

- Engº Mário Aderbal F. Castro

Empresas Brumadinho

- Fís. Elio Takashi Kumoto

CESP

- Engº Luiz Alberto A. Menezes Filho

Serrana S/A de Mineração

22/08/85 - 8:30 - Aspectos da Política Metalúrgica Brasileira

- Engº Emílio Wainer

Escola Politécnica-USP/ABM/CONSIDER

XXIII SEMANA DE ESTUDOS MÍNERO METALÚRGICOS

Comissão

Organizadora:

Arthur Henrique Toledo Damasceno

Jun Yoshioka

Luiz Eduardo de Arruda *

Luis Eduardo P. Martins Pereira *

Marcelo Rodrigues Sampaio *

Márcio Massashi Goto *

Maurício Dompieri *

Paulo Fernando Travaglini

Renato Telles *

Rui Cerdeira Sabino

Silvio Arai *

* diretores do Centro Moraes Rêgo

"GEOLOGIA E METALURGIA" nº 43

Organização e revisão: Márcio Massashi Goto

Engº Antonio Carlos Girado

PAINEL SOBRE INFORMATICA EM MINERAÇÃO

Processamento de Dados numa Empresa de Mineração

Sp. Mendel Amorósio de Oliveira

SUMÁRIO

	FLS.
. PAINEL SOBRE POLÍTICA E ECONOMIA MINERAL	
- Política e Economia Mineral	
Dr. Frederico Lopes Meira Barbosa	08
- À Procura de Uma Política Mineral Adequada para o Brasil	
Deputado Marcos Lima	28
. PAINEL SOBRE MINA SUBTERRÂNEA	
- Aplicação de Técnicas de Grandes Aberturas em Mineração Subterrânea de Calcário	
Engº Luiz Carlos Guizzi	39
- Lavra Subterrânea das Minas de Camaquã - Caçapava do Sul - RS	
Engº Luiz Afonso Cornuth	61
- Mina de Potássio Taquari - Vassoura-PETROMISA	
Engº Antônio Sérgio Ferrari Vargas	75
- Cuiabá-Raposos - Vias de Acesso Principais Poços Verticais - Perfuração e Equipagem	
Engº Carlos José Vaz	
Engº Geraldo Rogério Ferreira Fernandes	
Engº Ademir Rirochi Ikeda	101
. GEDESTATÍSTICA E MINERAÇÃO. PLANEJAMENTO DAS MINAS DO CAMAQUÃ - UM ESTUDO DE CASO	
Engº Antonio Carlos Girodo	152
. PAINEL SOBRE INFORMÁTICA EM MINERAÇÃO	
- Processamento de Dados numa Empresa de Mineração	
Sr. Manoel Ambrósio de Oliveira	184

. PAINEL SOBRE ENERGIA

- Estudo Comparativo entre Diesel-Geradores e Termoeletricas a Lenha, na Mineração Oriente Novo
Engº Mário Aderbal Ferraz de Castro 199
- Suprimento de Energia para Minas Isolada
Sr. Elio Takashi Kumoto 207
- Racionalização do Consumo de Energia e Desenvolvimento de Fontes Energéticas Alternativas no Parque Industrial de Jacupiranga
Engº Luiz Alberto Dias Menezes Filho 225

PAINEL SOBRE POLÍTICA E ECONOMIA MINERAL

- Dr . Frederico Lopes Meira Barbosa
DNPM - Departamento Nacional da Produção Mi-
neral
- Deputado Marcos Lima
Comissão de Minas e Energia da Câmara dos De-
putados
- Engº . José Mendo Mizaél de Souza
IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração
- Engº . Neuclayr Martins Pereira
Grupo Brumadinho

As importações declinaram, passando de US\$ 3.385 milhões em 1982, para US\$ 2.424 milhões em 1983, em razão da redução

do grupo dos bens minerais primários, que representam

PAINEL SOBRE ENERGIA
POLÍTICA E ECONOMIA MINERAL

Dr. Frederico Lopes Meira Barbosa *

Foi com muita honra que aceitamos o convite formulado pelo Centro Moraes Rego, para participar na XXIII Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos, e proferir uma palestra diante de auditório tão seleta e interessado neste importante segmento da economia nacional.

Os recursos naturais ou minerais de uma nação estão relacionados com seu tamanho, sua geologia e sua localização na crosta terrestre. Somente cinco países no mundo possuem dimensões comparáveis a do Brasil - União Soviética, Estados Unidos, China, Canadá e Austrália.

Embora o Brasil possua vastos recursos naturais, sua economia mineral é insignificante quando comparada com o resto do mundo.

Os recursos naturais devem ser pesquisados, lavrados e processados para se tornarem úteis a economia de um país.

Por sua vez a grande importância da mineração para a economia nacional evidencia-se quando se focaliza este setor no suporte aos demais segmentos da economia e a perspectiva de se ampliar a sua participação na geração de divisas. (figura 1)

O esforço realizado nos últimos anos no Brasil, com o propósito de elevar a sua produção mineral, já apresenta resultados compensadores.

* diretor da Divisão de Economia Mineral - DNPM

Em 1984, o valor da Produção Mineral Brasileira - PMB, revelou um desempenho de 34%, medida a preços de 1980 e a economia como um todo alcançou 4,5%. Avaliada em Cr\$ 17,9 Trilhões (US\$ 9,8 bilhões), a PMB representou cerca de 4,6% do Produto Interno Bruto (PIB). (Quadro I)

O resultado positivo alcançado na mineração brasileira em 1984, está vinculado, em grande parte, em função do excelente resultado obtido na extração de petróleo bruto, responsável por 53% da PMB.

Em 1984, com uma participação de 9% na PMB, a produção comercial de minério de ferro - granulados e finos, cresceu 24% em relação a 1983, situando-se em 110.000 mil toneladas. A expansão foi possibilitada pela recuperação da siderurgia nacional, pelo alto índice de produção interna de ferro-gusa e pelo aumento de 20% no volume exportado.

Estes bens minerais em conjunto - com o ouro (8%), estanho (2%), carvão (2%), fertilizantes fosfatados naturais (2%), bauxita (2%) e calcário (2%) - perfazem cerca de 80% do valor da Produção Mineral Brasileira.

É de se notar a influência do óleo cru, bastante expressiva, na formação da PMB. Quando se retira do cálculo esse bem mineral, a taxa anual de evolução da mineração, no período 1983-84, passa de 34% para 22%.

A balança comercial do setor em 1984, registrou melhoria quando comparada com a do ano precedente, apesar da existência de um déficit de US\$ 1.411 milhões. Comparando-se os resultados de 1983, quando o déficit foi da ordem de US\$ 4.161 milhões, verifica-se que houve uma recuperação de 66%. (figura 2)

As importações declinaram, passando de US\$ 9.695 milhões em 1983, para US\$ 8.624 milhões em 1984, reduzindo-se em 11%.

O grupo dos bens minerais primários, que represen-

tou em 1984, 88% do valor total das importações brasileiras, apresentou um decréscimo de 12%. A causa principal deste declínio, foi a redução das compras de petróleo que constitui o principal item da pauta do segmento. Além deste item, são destaques, também, o carvão, os fertilizantes potássicos, o enxofre e o gás natural.

Por sua vez a participação dos metais e manufaturados no total das importações do setor mineral em 1984, foi de 8%, significando uma redução de 19%. Dentre os metais importados para metalurgia, evidenciam-se ferro-ligas e aço, participando com 26% da pauta dos manufaturados metálicos.

Ainda neste segmento, destacam-se o cobre (+58,2%) e os derivados de petróleo (-56%).

A preponderância do subgrupo dos fertilizantes, no grupo dos compostos químicos minerais é bastante expressiva, com o valor de US\$ 157 milhões, o que representa 48%. Contribuindo com a parcela de 4% das importações brasileiras de bens de origem mineral, este grupo, em 1984, teve suas compras aumentadas em 44%.

Por outro lado, as exportações brasileiras do setor mineral em 1984, atingiram US\$ 7.213 milhões, contra US\$ 5.533 milhões em 1983. Comparando-se estes dados, verifica-se que em 1984, registrou-se acréscimo de 30% sobre o mesmo período do ano anterior.

Analisando-se a estrutura da pauta de exportação no grupo dos bens primários minerais, verifica-se que o minério de ferro continuou dominando, participando com 85%. As exportações de minério de ferro alcançaram em 1984, o valor de US\$ 1.605 milhões, correspondendo a um volume de 90 milhões de toneladas. Isto significa ter havido um acréscimo de 6% no valor e 22% no volume exportado em relação ao ano anterior.

O Japão continua e representar o principal mercado para o minério de ferro brasileiro, tendo absorvido 41% das vendas do produto ao exterior. Alemanha Ocidental com 17% e a Itália com

7% ocupam as posições seguintes.

Um aumento de 7% na tonelagem exportada em 1984, comparado ao ano anterior, levou a exportação de bauxita a um acréscimo em termos de valor da ordem de 8%, carreando divisas para o país de US\$ 124 milhões.

A participação do grupo dos bens primários minerais no total das exportações do setor mineral em 1984 foi de 26%.

Neste último ano as vendas externas de metais e manufaturados, ultrapassaram as exportações de 1983 em 45%. Neste grupo destacaram-se ferro-ligas e aços, que alcançaram US\$ 2.128 milhões.

No decorrer de 1984 foram exportadas 807.131 toneladas de derivados de petróleo no valor de US\$ 253 milhões. Este produto representa 76% da receita cambial do grupo compostos químicos.

No ano de 1984, o Brasil realizou operações de comércio exterior, de bens de origem mineral no total de US\$ 15.837 milhões com 153 países. Os Estados Unidos foi que mais importou, num total de US\$ 1.969 milhões, seguido do Japão com US\$ 899 milhões, Nigéria com US\$ 541 milhões e Alemanha Ocidental com US\$ 353 milhões, principais demandantes de minério de ferro e ferro-ligas e aço.

Como principais fornecedores temos o Iraque e Arábia Saudita, que forneceram cerca de 50% do petróleo importado pelo Brasil.

O nosso país, ainda desconhecido geologicamente, apesar do grande esforço realizado na década de 70 em trabalhos de diversos tipos, de que resultaram inúmeras e importantes descobertas de depósitos minerais que hoje estão sendo ou se preparam para serem aproveitados.

A implantação de uma firme Política Mineral Brasi-

leira, que contemple, entre outros aspectos, a retomada dos levantamentos básicos, constitui fator primordial para que experimentemos o verdadeiro "boom" mineral do País, na verdade iniciado nos anos 70 e começo de 80, tal como ocorreu no Canadá, na década de 50 e na Austrália, na década de 60.

O Brasil detém considerável reserva mineral e possui posição privilegiada no contexto mundial para os minérios de ferro, bauxita, urânio, titânio-anatásio, terras raras, manganês, tântalo e quartzo. Além destas, o País possui reservas importantes para o atendimento das necessidades internas de amianto, bari^{ta}, bentonita, caulim, cromo, diatomita, feldspato, estanho, fertilizantes fosfatados naturais, gipsita, grafita, magnesita, níquel, talco, tungstênio e vermiculita. Por outro lado, mesmo considerando os depósitos encontrados no País nos últimos anos, ainda somos fortemente dependentes de vários insumos minerais tais como: molibdênio, potássio, platina, prata, cobre, enxofre, carvão metalúrgico, cobalto e vanádio. (figura 3)

No entanto, é preciso lembrar que os recursos minerais são bens esgotáveis e irremovíveis; dessa maneira, à medida que são lavrados e aproveitados, urge que novas descobertas sejam feitas para se assegurar a independência do subsolo estrangeiro. E tais descobertas, em que pesem alguns casos fortuitos, só são possíveis através do levantamento geológico sistemático, em escalas cada vez maiores, e com desenvolvimento de tecnologia de aproveitamento de depósitos com teores menores e de processos substitutivos aos bens minerais em fase de esgotamento.

Por outro lado, é preciso também frisar que o Setor Mineral, tal como o agrícola, é básico para um País, como o Brasil, que se encontra em fase de desenvolvimento econômico, e que os bens minerais constituem patrimônio da nação.

Por isso é necessário um grande esforço para que através de investimentos adequados, controle e fiscalização das atividades de mineração, possa-se reforçar o tripé - Governo, Em-

presa Privada Nacional e Empresa Estrangeira - de sorte que os be nefícios advindos da mineração sejam assegurados não sã ã geração presente, mas, e sobretudo, às gerações futuras.

Infelizmente, e talvez pelas características ine - rentes do setor, o citado tripê ainda não encontrou base firme, h a ja vista que a iniciativa privada nacional longe está ainda de sua total capacidade de participação. Os fatores que maior impor - tância representam nesse contexto são:

- 1) Ausência ainda de uma mentalidade mineira, no mais amplo sentido;
- 2) A necessidade de grandes aportes de recursos, em ge - ral;
- 3) A alta taxa de riscos envolvida em um depôsi - to individual. Tal taxa, no entanto, fica muito diminuída ao se cons - tatar que, em termos estatísticos, de cada 100 áreas pesquisadas, 2 se tornam jazidas explotáveis cujo rendimento econômico pagará todas as despesas executadas nas 98 áreas restantes;
- 4) Retorno a longo prazo, em média 10 a 15 anos;
- 5) O caráter de irrenovabilidade dos jazimentos;
- 6) A localização geográfica, muitas vezes, em áreas ínvias, de difícil acesso e carentes de infraestrutura;
- 7) A necessidade de "Know-how" técnico e tecnolôgi - co específico para a exploração de cada bem mineral individual;
- 8) As características de mercado, muitas vezes de - pendentes de flutuações de preços internacionais;
- 9) A necessidade de incentivos especiais e finan - ceiros, não raro indisponíveis.

Assim, são de suma importância os investimentos bã sicos do Governo, visando a:

- 1) Recuperar o atraso do País em relação a outras

nações com potencial similar ou menor;

2) Fortalecer a empresa privada nacional, através da diminuição de riscos no seu investimento em prospecção e pesquisa;

3) Controlar e fiscalizar efetivamente os investimentos estrangeiros.

Para tanto, é de extrema importância que se fortaleça o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, órgão máximo do Setor.

Dentro dessas considerações é preciso que se estabeleça uma Política Mineral eficiente, entendendo-se como tal a soma das decisões e ações governamentais que influenciam o Setor Mineral e afetam a Economia e a Sociedade de uma região ou País.

Tal Política deve necessariamente abranger, no mínimo, os seguintes pontos básicos:

a) Definição segura de diretrizes, objetivos, programas e metas a serem atingidos;

b) Definição da competência dos organismos no setor;

c) Definição de estratégias e táticas apropriadas para se atingirem os objetivos prioritários;

d) Implementação dessas estratégias e táticas;

e) Avaliação constante dos resultados obtidos para ajustamentos da Política adotada, se necessário.

Entre as metas ideais de uma Política Mineral estão:

METAS IDEAIS DA POLÍTICA MINERAL

1) O crescimento econômico e desenvolvimento de uma região ou nação, através de:

- promoção de um setor mineral viável;

- segurança de suprimento mineral para as necessidades nacionais;
 - melhoria do uso e conservação dos bens minerais;
 - obtenção de oportunidades para melhor aproveitamento dos recursos minerais, utilizando e desenvolvendo tecnologias de extração e beneficiamento apropriadas;
 - harmonização do uso múltiplo dos recursos minerais;
 - fortalecimento e atualização constante do conhecimento geológico básico e conseqüentemente dos recursos minerais para tomadas de decisões;
 - aumento dos benefícios ao País, pela exportação de excedentes minerais, quando possível beneficiados ou semi-transformados;
 - diminuição da importação de minérios brutos ou manufaturados.
- 2 - A unidade e soberania nacionais, através de:
- autonomia nacional no desenvolvimento mineral;
 - maior contribuição dos minerais para o desenvolvimento nacional e regional;
 - participação na ordenação do comércio internacional de bens minerais.
- 3 - A melhoria da qualidade de vida através de:
- direcionamento do desenvolvimento mineral para as necessidades sociais da nação;
 - minimização dos efeitos adversos do setor mineral ao meio ambiente;
 - geração de novos empregos e divisas;
 - ocupação de áreas geográficas, para atenuação dos desequilíbrios regionais, desconcentração industrial e integração nacional.

Importante, outrossim, é o levantamento dos problemas hoje existentes, para o bom direcionamento da Política a ser implementada.

E hoje, alistam-se entre os principais problemas ligados diretamente à atuação do Governo Federal, os seguintes:

1. PROBLEMAS DE ORDEM CONJUNTURAL

1.1. Falta de divulgação adequada.

1.2. Recursos Financeiros escassos.

- paralização quase total dos levantamentos geológicos básicos;
- ausência de avaliação adequada dos bens minerais do País;
- desenvolvimento tecnológico precário;
- impossibilidade de fiscalização adequada e acompanhamento dos trabalhos de pesquisa e lavra das empresas, por parte do DNPM.

2. PROBLEMAS DE ORDEM INSTITUCIONAL

2.1. Superposição de esforços e recursos por parte de diversos órgãos.

2.2. Distorções de objetivos de diversos órgãos.

3. PROBLEMAS DE ORDEM LEGAL

3.1. Diversos aspectos ligados ao Código de Mineração.

3.2. Limitação de incentivos às empresas de Mineração.

3.3. Segurança no trabalho e saúde nas áreas de Mineração.

3.4. Proteção ambiental.

Pela própria definição de Política Mineral, fica claro que suas implicações extrapolam as simples atividades de

pesquisa, lavra e aproveitamento de uma jazida.

Por isso, a Política do Ministério das Minas e Energia, e que, em seu bojo, apresenta alguns itens comuns à atuação de outros Ministérios também, abrange as seguintes áreas:

1. LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS
2. PRODUÇÃO MINERAL
3. TECNOLOGIA MINERAL
4. COMERCIALIZAÇÃO
5. RECURSOS HUMANOS
6. RECURSOS FINANCEIROS E INCENTIVOS
7. MEIO AMBIENTE
8. LEGISLAÇÃO MINERÁRIA
9. LEGISLAÇÃO TRIBUTÁRIA
10. ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL.

Para cada uma dessas áreas estão em fase de implementação ou de estudo várias ações propostas por diversos organismos que integram o setor, como a Associação Brasileira de Empresas Estaduais de Mineração - ABEMIN, O Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, Associações Profissionais de Geólogos, Federação de Engenheiros de Minas, e que encontram-se consubstanciadas e acrescentadas no documento apresentado pelo DNPM ao novo Governo, denominado "Propostas para Orientação da Política Mineral Brasileira". Tais propostas, em muitos de seus aspectos, estão detalhadas em documento do mesmo órgão chamado "Plano de Ação 1985-1990".

Resumidamente, para cada área de abrangência da Política Mineral Brasileira, são as seguintes ações planejadas:

I. ÁREA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

AÇÕES

1. CONTINUIDADES AOS MAPEAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS EM ESCALAS 1:100.000 e 1:50.000/1:25.000 NAS REGIÕES Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste, Sul e Áreas selecionadas da Região Norte, incluindo Geoquímica;
2. LEVANTAMENTOS GEOFÍSICOS E GEOLÓGICOS DE ÁREAS SELECIONADAS DA AMAZÔNIA, EM 1:250.000: Programa Grande Carajás, Província Aurífera do Tapajós, Regiões Juruena-Teles Pires e Tapajós-Ji Paranã, Norte do Amazonas;
3. Mapas Metalogenéticos e de Previsão Mineral;
4. Inventário Hidrogeológico Básico;
5. Conhecimento dos recursos minerais do mar e tecnologia para seu aproveitamento.
6. Incentivos à pesquisa de detalhes para a lavra.

II. ÁREA DE PRODUÇÃO MINERAL

AÇÕES

1. Apoio à pequena mineração;
2. Estímulos especiais para a viabilização da exploração e do aproveitamento econômico de subprodutos e de minérios de baixo teor;
3. Lavra de jazidas de bens minerais com mercado favorável;
4. Perfuração e completação de poços para água subterrânea;
5. A participação brasileira no exterior, em operações de lavra de bens minerais carentes no País, é uma opção.

III. ÁREA DE TECNOLOGIA MINERAL

AÇÕES

1. Estímulo, apoio e coordenação à pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de interesse da mineração brasileira, à nível de governo e da iniciativa privada;
2. Interação com outros Ministérios e entidades que compõe o Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT;
3. Prioridade aos bens minerais energéticos e aqueles bens necessários ao consumo interno e aqueles que tem boas possibilidades no mercado externo.

IV. ÁREA DE COMERCIALIZAÇÃO

AÇÕES

1. Mecanismos de formação de preços internos de bens minerais que:
 - contribuam para o desenvolvimento e fortalecimento da mineração brasileira, assegurando rentabilidade adequada;
 - evitem a transferência de renda para os setores industriais subsequentes à mineração;
 - induzam ao abastecimento do mercado interno, por produção nacional.
2. Estabelecimento de normas adequadas para a importação de bens minerais, minérios, concentrados e produtos manufaturados primários, para se evitar prejuízos aos produtores nacionais.
3. Incentivo à exportação de produtos minerais com máximo valor agregado.

V. ÁREA DE RECURSOS HUMANOS

AÇÕES

- Promoção de treinamentos, estágios, cursos no

Brasil e no exterior de técnicos dos órgãos do MME;

2. Interação com Universidades;
3. Aproveitamento máximo de acordos de cooperação técnica firmados com outros países;
4. Apoio aos cursos de nível médio de mineração e geologia.

VI. ÁREA DE RECURSOS FINANCEIROS E INCENTIVOS

PROPOSTAS EM ESTUDO

1. Crédito ao Fundo Nacional de Mineração de todos os impostos, taxas e demais receitas do Governo Federal oriundos da atividades de Mineração, à exceção do IR;
2. Crédito ao FNM das taxas ad-valorem aplicadas às importações minerais;
3. Dedução do IR das pessoas jurídicas para fins de aplicação em projetos de mineração e abatimento do IR de pessoas físicas das despesas efetivas em trabalhos de pesquisa mineral;
4. Dedução, do lucro real de empresa investidora, dos valores capitalizados em companhias por elas controladas ou coligadas;
5. Insenção, por 10 anos, do adicional ao frete para renovação da Marinha Mercante, para o transporte de bens minerais entre portos brasileiros;
6. Concessão de tarifas especiais para transporte de bens minerais pela Rede Ferroviária;
7. Permissão para depreciação acelerada dos investimentos em infra-estrutura de transportes, energia, comunicações etc... realizados por empresas de mineração;
8. Aprovação da "moeda.minério" como tipo de financiamento;

9. Oferta de empréstimos à Mineração com encargos financeiros compostos por juros limitados ao máximo de 8%/ano.

10. Incentivos à fase de pesquisa mineral;

11. Dotação à CPRM de recursos compatíveis com as necessidades financiamento das empresas para suas pesquisas minerais;

12. Estabelecimento de cotas de exaustão relativas e prorrogação das mesmas para além do ano de 1989.

VII. ÁREA DE MEIO AMBIENTE

1. Inclusão dos Estudos de Viabilidade de Aproveitamento de um bem mineral, pelas empresas requerentes de áreas de pesquisa, de informações sobre os elementos poluidores e métodos a serem adotadas para seu controle e prevenção;

2. Estabelecimento de normas e padrões ambientais para o aproveitamento mineral;

3. Realização de cursos de especialização para técnicos e supervisores;

4. Estímulos para a reconstituição, por parte das empresas de mineração, dos terrenos afetados pela lavra mineral.

VIII. ÁREA DE LEGISLAÇÃO MINERÁRIA

AÇÕES

Revisão do Código de Mineração visando ao seu enquadramento à realidade brasileira e regulamentação de vários itens.

IX. ÁREA DE LEGISLAÇÃO TRIBUTÁRIA

PROPOSTA EM ESTUDO

1. Desvinculação dos elementos de despesas das cotapartes do IUM dos Municípios, para maior autonomia das prefeituras;

2. Revisão dos conceitos de fato gerador e benefi-

ciamento;

3. Aplicação de alíquotas decrescentes como incentivo ao aproveitamento de minérios de baixo teor;

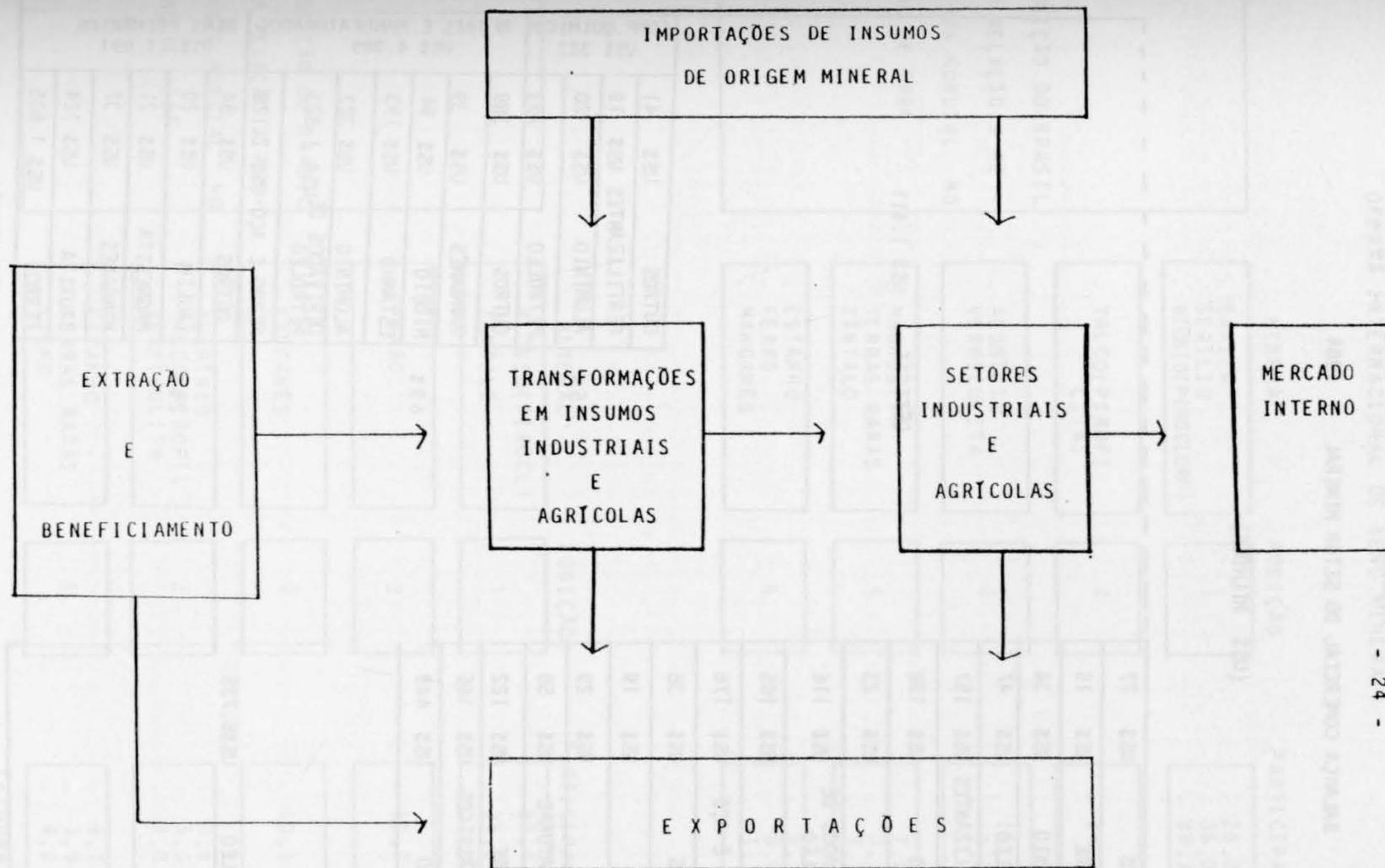
4. Preservação da atual distribuição das cotas de IUM: 10% da União, 70% para Estados e 20% para Municípios.

X. ÁREA DE ORGANIZAÇÃO INSTITUCIONAL

AÇÕES

Revisão dos objetivos e atuação dos organismos integrantes do Sistema MME, visando à sua máxima operacionalidade e eliminando-se as distorções hoje existentes que levam à superposição de esforços e recursos financeiros.

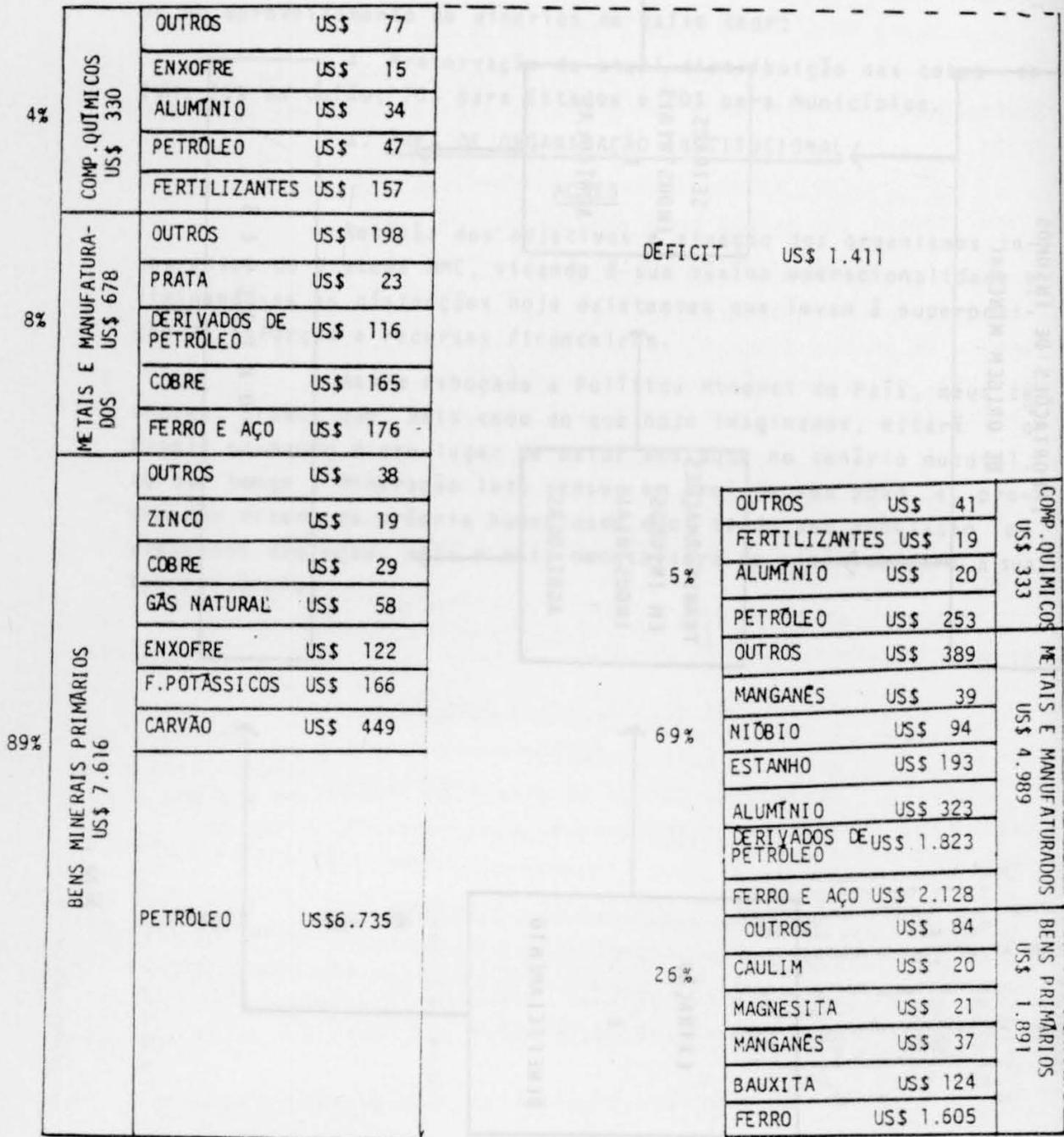
Assim esboçada a Política Mineral do País, meus senhores, cremos que, mais cedo do que hoje imaginamos, estará o Brasil ocupando o seu lugar de maior destaque no cenário mundial, no que tange à Mineração lato sensu, em prol de seu povo, e, proque não dizer, da própria humanidade que, tendo sua população em crescente evolução, mais e mais necessitará de minérios para a sua sobrevivência.



(Figura 1)

BALANÇA COMERCIAL DO SETOR MINERAL - 1984

(US\$ MILHÕES)



IMPORTAÇÃO US\$ (FOB)
8.624

EXPORTAÇÃO US\$ (FOB)
7.213

FONTE : DNP/DEM

OFERTA INTERNACIONAL DE BENS MINERAIS

MINERAL	POSIÇÃO	PARTICIPAÇÃO %	
		BRASIL	MUNDO
. BARITA . BERÍLIO . NIÓBIO(PIROCLORO)	1	. 26,2	. 36,0
		. 36,0	. 89,9
		. 89,9	
. TALCO(PIROFILITA)	2	. 24,7	
. ALUMÍNIO . VERMICULITA	3	. 10,0	. 9,0
		. 9,0	
. MAGNESITA . TERRAS RARAS . TANTALO	4	. 7,0	. 0,7
		. 0,7	. 9,3
		. 9,3	
. ESTANHO . FERRO . MANGANÉS	5	. 6,7	. 8,0
		. 8,0	. 1,1
		. 1,1	

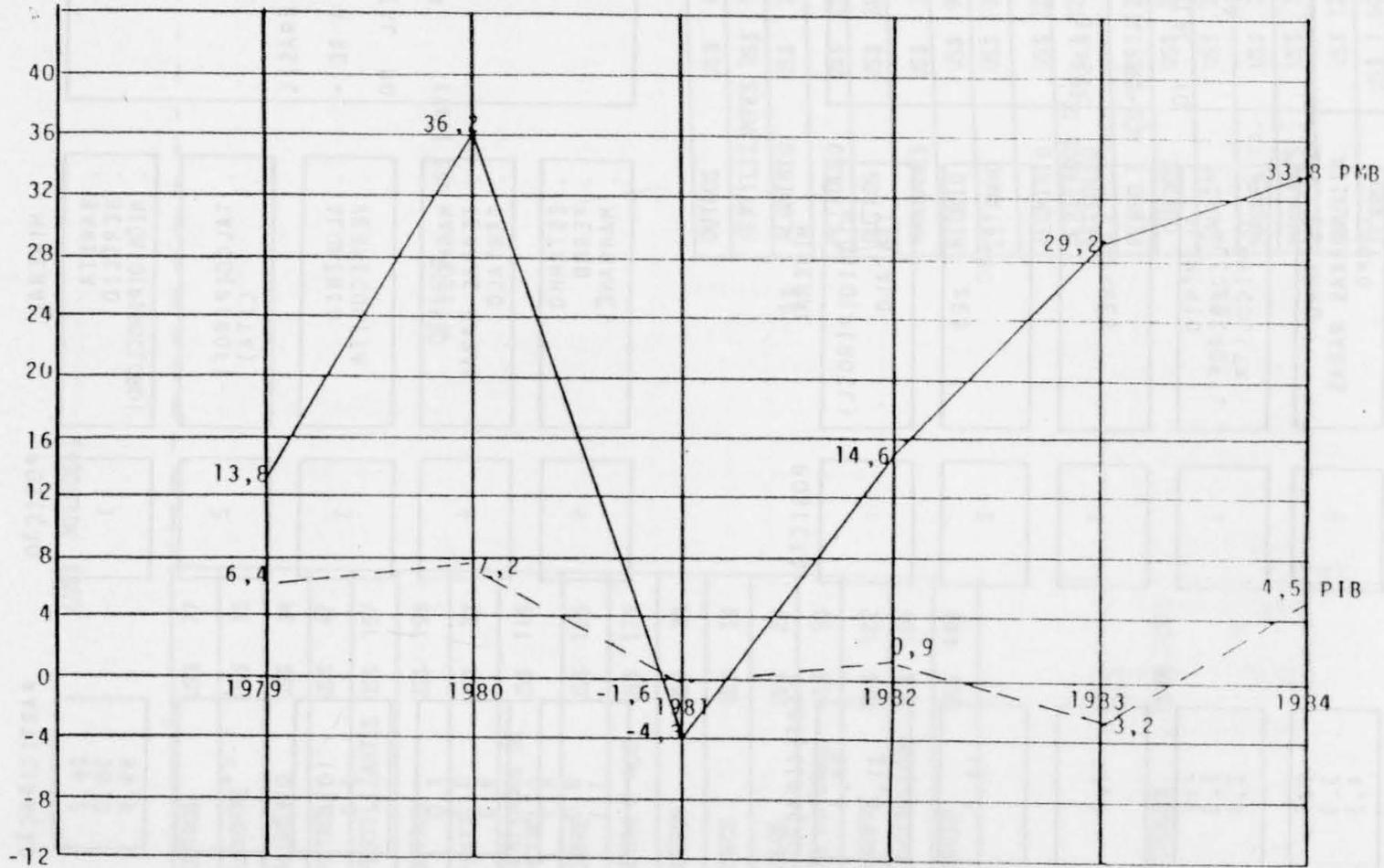
POSIÇÃO DO BRASIL
EM RELAÇÃO A RE -
SERVA MUNDIAL NO
ANO DE 1984.

MINERAL	POSIÇÃO	PARTICIPAÇÃO %	
		BRASIL	MUNDO
. NIÓBIO(PIROCLORO) . TANTALO	1	. 89,4	. 31,0
		. 31,0	
. FERRO	2	. 13,7	
. MANGANÉS	3	. 10,1	
. ALUMÍNIO . TALCO/PIROFILITA . VERMICULITA	4	. 5,0	. 5,3
		. 5,3	. 2,0
		. 2,0	
. ESTANHO . TERRAS RARAS . CROMO	5	. 9,7	. 3,9
		. 3,9	. 4,2
		. 4,2	

POSIÇÃO DO BRASIL
EM RELAÇÃO A PRO -
DUÇÃO MUNDIAL NO
ANO DE 1984

(FIGURA 3)

TAXAS DE CRESCIMENTO REAL DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) E DO VALOR DA PRODUÇÃO MINERAL (PMB)



Quadro 1

À PROCURA DE UMA POLÍTICA MINERAL ADEQUADA
PARA O BRASIL

Deputado Marcos Lima *

Se nosso país deseja manter o ritmo de desenvolvimento industrial verificado nas duas últimas décadas, embora tenha havido uma recessão nesse último triênio terá que procurar prover seu parque industrial de matérias primas minerais oriundas de seu próprio subsolo.

A escassez na oferta de bens minerais para o mercado consumidor interno comprometerá, sobremaneira, o futuro de nossas atividades industriais e provocará perturbações na economia brasileira bem como graves convulsões sociais nos centros mais industrializados.

A atividade extrativa mineral é um setor primário assim como o é a agricultura, devendo ambos ser encarados como prioritários para o desenvolvimento e o bem estar de nosso povo.

Assim como as populações, para a sua sobrevivência, necessitam de arroz, feijão, carne e leite, proveniente das atividades agropecuárias, as indústrias têm fome de minérios para alimentar sua produção de metais primários como o cobre, alumínio, zinco, chumbo, estanho, níquel e outros artefatos não metálicos, como o cimento, tijolos, telhas, etc. provenientes todos eles do subsolo.

* presidente da Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados.

O Brasil não pode ficar à espera de se dar atenção ao setor mineral, somente depois que houver esboçada uma crise mundial no abastecimento de matérias primas minerais.

A lição da crise do petróleo deverá ser aprendida e não poderemos incorrer nos mesmos erros que cometemos ao proterlarmos as medidas necessárias para a solução do problema energético.

Por culpa ou não de um regime ditatorial, estamos pagando um preço muito alto pelo descuido com que os homens públicos trataram os problemas da produção e abastecimento internos de petróleo.

Nos últimos dez anos, o Brasil importou petróleo num valor de 70 bilhões de dólares.

Uma crise mundial no abastecimento de matérias primas minerais terá proporções catastróficas, talvez muito maiores do que as verificadas com a chamada crise energética e atuará maleficamente sobre o desempenho de nossa economia, pondo em risco a própria sobrevivência de nosso regime político.

Haverá, novamente, um brutal desequilíbrio no balanço de pagamentos e o País mergulhará em nova etapa de endividamento externo, de recessão, de desemprego, de inflação e de todas as pragas que vêm castigando nossa economia e, por conseguinte, nosso povo.

As indústrias brasileiras ficarão à mercê de toda sorte de investidas do capital alienígena e não terão condições de manter o ritmo de produção porque faltarão as matérias primas minerais necessárias para o seu pleno funcionamento.

O desemprego grassará em todas as fábricas consumidoras de minérios, o que equivale a dizer que haverá demissões de trabalhadores em quase todos os setores econômicos do País.

A produção agrícola sofrerá um colapso, pois haverá escassez de fertilizantes para manter o nível de produção de

nossas terras agricultáveis.

Novamente seremos ameaçados pela falta e pela elevação dos preços dos combustíveis devido à diminuição na produção de álcool proveniente da cana de açúcar, mandioca e outros produtos agrícolas.

Enfim, o Brasil pagará novamente um preço muito e levado pela opção de adotar um modelo de consumo de matérias primas minerais altamente calcado na dependência do subsolo estrangeiro.

Ainda não seria o Apocalipse mas estaríamos muito próximo dele.

"A definição da política mineral compreende certo número de princípios, uma estrutura executiva e um programa de ação", assim definiu em seu livro "POLÍTICA MINERAL E ENERGÉTICA", o ex-ministro das Minas e Energia, Prof. Antônio Dias Leite Júnior.

Baseado neste tripé, procurou aquele homem público organizar os negócios de mineração brasileira, quando ocupou a Pasta do Ministério das Minas e Energia no período de 1969 a 1973, antes do início daquele período crítico mencionado.

Sobre "certo número de princípios" temos um corpo de doutrina básico que é consubstanciado pela filosofia do Código de Mineração vigente e sua legislação correlata.

Sobre "um programa de ação" temos o "II Plano Mestre Decenal de mineração" que, aliado ao "Modelo Mineral Brasileiro", traçam as diretrizes básicas para o desenvolvimento do setor mineral brasileiro.

Mas, perguntamos:

- Possui o Brasil uma estrutura executiva, aqui incluindo os Órgãos Governamentais e Empresas Privadas e Estatais, capaz de levar avante o programa de ação já existente, dentro dos princípios filosóficos estabelecidos pelo código de Mineração brasileiro?

- O próprio Código de Mineração, pelo fato de ser um corpo de doutrina estabelecido em Decreto-Lei, portanto, sem ser submetido à discussão pelo Congresso Nacional, que representa o pensamento de nossa comunidade, constitui-se num instrumento legal que atenda aos interessados e às aspirações do povo brasileiro?

Feitas essas indagações, às quais deixo como elementos de reflexão para os demais componentes desta mesa e para este seletivo plenário, continuo a externar aqui outros pontos de vista do eminente Professor Dias Leite, que recentemente, atendendo a nosso convite proferiu uma brilhante palestra na Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados.

"O Brasil vem buscando uma política mineral autônoma, fundada no conhecimento de suas próprias características, na sua dimensão geográfica, no reconhecimento da escassez de informações sobre sua estrutura geológica, bem como na convicção do potencial de recursos e descobrir e da sua importância para todo o processo de desenvolvimento econômico do País.

Mantêm-se, como fundamental, o princípio de que o poder de decisão sobre o uso de minerais do país deve permanecer sob o nosso controle. Recorre-se, no entanto, a uma estrutura executiva, que seja capaz de dar flexibilidade e velocidade ao desenvolvimento da economia mineral brasileira."

Essa estrutura a que se refere o ex-Ministro Dias Leite, no momento, está completamente desarticulada, DNPM e CPRM estruturas básicas para a execução da política mineral brasileira, estão completamente desativadas.

Uma duradoura e eficiente estrutura executiva à altura reclamada pelo setor mineral e um sadio mecanismo de financiamento à pesquisa, lavra e beneficiamento, deverão ser montados, sem perda de tempo, para que não haja solução de continuidade na geração de novas jazidas minerais e consequente desestímulo da iniciativa privada em investir capital na descoberta de nossos

bens minerais.

É necessário, urgentemente, tornar as atividades extrativas minerais atraentes à iniciativa privada pois, o Estado não intervém na economia mineral ditado por um princípio, muito menos por uma questão ideológica mas, para complementar a ação da livre empresa e resguardar os interesses do País.

Para conter a expansão da atuação das empresas Estatais no setor mineral é preciso fortalecer os órgãos que realizam a infra-estrutura básica capaz de proporcionar atratividade lucrativa às empresas de livre iniciativa que atuam na mineração pois, a contrapartida da ausência do Estado na economia mineral brasileira ensejará ou o menor desenvolvimento do País ou o preenchimento desse vazio por empresas multinacionais.

Perguntamos à Mesa e ao Plenário:

- Deve o Estado açambarcar toda a atividade mineral do país e massacrar a iniciativa privada?
- Deve a mineração brasileira ser totalmente nacionalizada?

Em 1977 o Ministro da Indústria e Comércio, Severo Gomes, hoje ilustre Senador pelo Estado de São Paulo, em depoimento na Comissão Parlamentar de Inquérito encarregada de investigar e de avaliar a Política Mineral Brasileira, em relação ao setor mineral, afirmou que devemos:

"Nacionalizar, se possível" e
"Estatizar, se necessário".

Por aí se vê que temos várias correntes de pensamento quanto à adoção de um Modelo de Política Mineral para o Brasil.

Uma corrente é favorável à Estatização. Outra favorável à livre iniciativa desde que seja composta somente de capital nacional. Outra favorável à livre iniciativa tipo "joint ven-

ture", ou seja, associação de capital nacional e estrangeiro.

A corrente mais aceita e defendida é aquela, que admite a atuação de Empresas Estatais, de Empresas privadas nacionais e de Empresas privadas estrangeiras, associadas ou não à capitais nacionais.

O que é certo, ou o que é necessário, porém, é que devemos adotar uma sábia política para o aproveitamento de nossos recursos minerais que seja resultante de uma ampla discussão em que tomem parte todas as camadas da sociedade brasileira e que representem o desejo da maioria de nossa gente.

Unanimidade, em relação a esse assunto, nós não teremos, mas deveremos tomar os rumos apontados pelo pensamento da maioria de nosso povo.

O minério é um bem comum que a todos pertence, nesta e nas gerações vindouras. No entanto, o bem mineral deve ser mobilizado em tempo oportuno para que ele possa ser transformado em benefício de uma comunidade, de uma nação ou da própria humanidade.

É necessário aproveitar os recursos minerais, não no sentido de obter o desfrute ganancioso, mas no sentido de aproveitar o que, a uma determinada época, represente valor sem que se saiba por quanto tempo esse significado perdurará.

- O que fariam os árabes com suas reservas de petróleo se amanhã o mundo todo acordasse com uma solução miraculosa para substituir a energia proveniente da queima dos derivados do chamado "ouro negro"?

- O que faria o Brasil com as suas imensas jazidas de minério de ferro do Quadrilátero Ferrífero e da Serra dos Carajás, se amanhã todo o mundo tivesse outro minério mais barato e mais abundante para a fabricação do aço ou de outro produto que o substituísse?

- Quais são os rumos de nossa atividade mineral diante de sua magnitude no contexto da economia nacional?

Os rumos a serem seguidos pela mineração de nosso País serão aqueles orientados pela bússola da Política Mineral Brasileira.

Temos um corpo de doutrina que é o Código de Mineração e sua legislação correlata.

Temos um programa de ação consubstanciado no II Plano Mestre Decenal para o aproveitamento dos Recursos Minerais do país e no Modelo Mineral Brasileiro.

Temos uma estrutura executiva sob a jurisdição do Ministério das Minas e Energia.

Temos, ainda, a consciência dos profissionais e da classe empresarial mineradora da importância que representa o setor mineral para a economia nacional.

Apesar de tudo isso perguntamos:

- Tem o Brasil uma Política Mineral definida, consciente, voltada para os interesses nacionais; voltada para os interesses de seu povo?

No Brasil, os recursos minerais são propriedades da Nação, valendo dizer, de todo o povo brasileiro.

O minério é, portanto, um bem social e seu aproveitamento é uma função social.

Uma Política Mineral Brasileira, voltada para os interesses da coletividade, deve dotar o Estado de Instrumentos para que possam tornar efetivamente significativos os benefícios sociais provenientes da utilização dessa porção do capital social da Nação.

As complexas formações geológicas favoráveis às mineralizações, a imensa vastidão do território brasileiro, são desafios que vêm sendo enfrentados pelos geólogos e engenheiros de Minas

brasileiros que vasculham os mais longínquos rincões da pátria na procura dos bens minerais, através dos levantamentos geológicos, geofísicos, geoquímicos e Radargramétricos levados a efeito pelos órgãos do Governo e pelas empresas de mineração.

Através desses estudos as empresas estatais e as da iniciativa privada descobriram as grandes jazidas que hoje estão incorporadas ao patrimônio do povo brasileiro.

Todas essas grandes descobertas têm uma longa história para ser contada às gerações vindouras.

Às vezes, histórias muito triste que narram a morte de dezenas de pessoas - geólogos, engenheiros de minas, técnicos de mineração, guias, sondadores e pilotos - que perderam a vida na selva amazônica vitimadas pelas doenças tropicais ou pela queda de aviões e de helicópteros, nos desabamentos das galerias das minas de carvão e de fluorita, na explosão imprevista de cargas de dinamites para desmontar o minério.

Dessa forma, os valores dessas jazidas não são medidos em cruzeiros ou em dólares, apenas; são medidos, também pelos sofrimentos, pelos sacrifícios e pelos sonhos daqueles que se embrenharam nas matas em busca da descoberta de riquezas minerais, tentando imitar as destemidas figuras dos imortais bandeirantes de nossa terra.

- Quanto valem 20 bilhões de toneladas de minério de ferro associadas às reservas de ouro, níquel, manganês e cobre da Serra dos Carajás?

- Quanto valem as imensas reservas de bauxita da Amazônia, na ordem de 5 bilhões de toneladas?

- Quanto valem as reservas de potássio do Sergipe?

- Quanto valem as reservas de fosfato de Patos de Minas, Tapira, Catalão e Anitápolis?

- Quanto valem as reservas de ouro de Araci e da

Serra Pelada?

- Quanto valem as reservas de cassiterita de Rondônia, Mato Grosso, Amazonas e Goiás?

Em termos de minério extraído e beneficiado esses valores atingem a cifra de 500 bilhões de dólares, ou seja, meio trilhão de dólares.

A dívida externa brasileira representa, apenas, a quinta parte dessas grandes descobertas havidas nos últimos dez anos.

É grande o poder de barganha que o Brasil possui em seu subsolo.

Não é à toa que os banqueiros e economistas internacionais afirmam que o Brasil é um País viável e que pode se dar ao luxo de endividar-se em somas astronômicas, bem acima dos limites convencionais.

Esse imenso patrimônio de meio trilhão de dólares, de propriedade do povo brasileiro, de alta função social, exige uma administração competente, mediante o traçado de uma política mineral sadia, consciente, voltada exclusivamente para os interesses maiores da comunidade brasileira.

Formalmente ou pragmaticamente, pergunto:

- Existe esta mencionada Política?

- A Política adotada para os metais não ferrosos é a mais adequada para atender aos interesses nacionais?

- É acertada a Política adotada para o desenvolvimento do projeto Grande Carajás?

- Qual a Política conveniente para o povo brasileiro em relação à atuação das empresas multinacionais na mineração brasileira?

- Qual deve ser o espaço ocupado pelas Empresas Esta

tais no campo das atividades minerais do País?

- Está correta a política adotada para bauxita e para o alumínio da região amazônica?

- Os grandes projetos brasileiros de mineração devem ser discutidos no Congresso nacional que representa o povo brasileiro ou deve ficar circunscrito nas discussões e decisões de gabinetes dos tecnocratas do Executivo?

- Devemos exportar nossos minérios abundantes ou devemos guardá-los para o uso de nossas gerações futuras em detrimento e o sacrifício de nossa própria geração?

Estas e muitas outras questões fundamentais da Política Mineral Brasileira é que gostaríamos de colocar em debate e apreciação por parte desta mesa e deste ilustre Plenário.

PAINEL SOBRE MINA SUBTERRÂNEA

- Engº Luiz Carlos Guizzi
Grupo Votorantim
- Engº Luiz Afonso Cornuth
Cia Brasileira do Cobre
- Engº Antônio Sêrgio Ferrari Vargas
Petromisa
- Engº Carlos Jozê Vaz
Mineração Morro Velho S.A.
- Engº Ademir Hiroshi Ikeda
Mineração Morro Velho S.A.
- Engº Geraldo Rogêrio F. Fernandes
Mineração Morro Velho S.A.

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GRANDES ABERTURAS EM MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA DE CALCÁRIO

* Eng^o Luiz Carlos Guizzi

1. INTRODUÇÃO

A Fábrica de Cimento Votoran, localizada em Santa Helena - Município de Votorantim, SP dista a cerca de 110 Km da capital do Estado, sendo servida pelas Rodovias Castelo Branco e Raposo Tavares e pela Fepasa - Ferrovias Paulista S.A.

A capacidade instalada com 2 fornos via seca é de 6.200 tpd de clínquer consumindo cerca de 2,8 Mtpa de matéria prima, fornecida de duas fontes principais - Mina Baltar (Lavra à Céu Aberto e Subterrânea) e Mina Pastinho (Lavra à Céu Aberto).

A Lavra Subterrânea de jazida Baltar teve os trabalhos de abertura iniciados no segundo semestre de 1975 com início da produção propriamente dita em Julho de 1981, fornecendo inicialmente 1,0 Mtpa até atingir a plena capacidade de 3,0 Mtpa. O aumento da capacidade anual de lavra será ditado por parâmetros econômicos e estratégicos de abastecimento de matéria prima da Fábrica de Cimento Votoran.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

As rochas calcárias formam corpos lenticulares de

* engenheiro de minas, gerente de mineração da Fábrica de Cimento Votoran - Grupo Votorantim.

distribuição ampla, variando lateralmente para calcários dolomíticos e dolomitos.

Todas as litologias apresentam-se fortemente dobradas e falhadas (Fig. 1).

A Jazida Baltar situada a aproximadamente 1.200 metros da Fábrica, encerra uma lente principal de calcário conhecida ao longo de uma extensão de 1.300 metros tendo sido trabalhada a céu aberto nos primeiros 830 metros com potência real variando de 80 a 120 metros.

Sua continuidade para NE numa extensão de 470 metros apresenta grande alargamento em profundidade, alcançando espessura da ordem de 230 metros com mergulho subvertical a vertical.

As reservas recuperáveis do 1º e 2º painel de lavra definidos pelos subníveis 530/420 e 380/270, respectivamente somam cerca de 42 Mt.

Baseando-se no conhecimento estrutural da jazida e dos trabalhos de pesquisa em desenvolvimento, a lente calcária tem continuidade em profundidade abaixo do 2º painel de lavra com potência e qualidade significativas.

3. PROJETO LAVRA SUBTERRÂNEA

3.1. Viabilidade

No início da década de 70 decidiu-se pela exploração subterrânea das reservas de calcário da Mina Baltar, operadas já há muitos anos a céu aberto fornecendo matéria prima ao fabrico de cimento. A possibilidade de executar a lavra subterrânea em Santa Helena foi abordada considerando o abastecimento seguro de matéria prima frente às ampliações, com progressiva exaustão das

reservas recuperáveis a céu aberto, reservas disponíveis em profundidade, e possibilidade remota de aquisições ou descoberta de novas jazidas com reservas significativas no raio econômico.

O estudo da viabilidade da lavra subterrânea envolveu dois aspectos:

- Econômico

- a) o custo por tonelada foi estimado com segurança a partir do conhecimento dos custos de extração de jazidas da Europa e Estados Unidos em condições similares.
- b) O custo por tonelada seria exequível, se fosse inferior àquele do minério posto/fábrica explorado a céu aberto procedente de qualquer fonte externa.
- c) Por se tratar de minério de baixo valor unitário, seu aproveitamento em subsolo só seria economicamente viável em operações de alto rendimento.

- Técnico

- a) Existência de reservas caracterizadas em subsolo.
- b) Possibilidade de aplicação de método de lavra, permitindo a extração de grandes massas de minério, de baixo valor comercial.
- c) Exploração subterrânea de calcário praticada em diversos países, notadamente nos Estados Unidos e Europa Ocidental.
- d) Requisição de assessoria altamente qualificada na prática e em projetos de lavra subterrânea com confirmação da viabilidade técnica de aplicação às nossas condições e definição de um método específico de trabalho firmado em seguras bases técnicas e econômicas.

Dessa forma, confiou-se o Projeto de Lavra à Outokumpu Oy da Finlândia com participação direta do corpo técnico da S.A. Indústrias Votorantim.

3.2. Método de lavra

A Mina Subterrânea do Baltar é lavrada pelo método de desmonte em subníveis com perfurações longas "Sub-level stoping" consistindo na abertura de grandes salões alternados a pilares de sustentação (Fig. 2).

O primeiro painel de lavra fora dos limites da lavra a céu aberto abrange os subníveis 530/500/460/420 com o subnível de carregamento e transporte no 420 e instalação de britagem primária no 405 (Fig. 3).

Os salões de desmonte têm largura de 40 metros, altura variável de 80 a 110 metros e comprimento abrangendo toda a potência lateral do corpo variando de 80 a 220 metros.

Os pilares de sustentação têm largura de 30 a 40 metros e comprimento similar aos dos salões.

3.2.1. Acessos

3.2.1.1. Túnel de Acesso

O acesso principal à mina é feito por um túnel em rampa descendente, com traçado em "zig-zag" permitindo o acesso de veículos e da maior peça prevista para as instalações em sub-solo (Fig. 4).

Este túnel com desenvolvimento de 1.800 metros, inclinação de 12,5% e dimensões de 7,5 x 5,0 metros alcança com um desnível de 212 metros a cota 405 onde estão localizadas as principais instalações da mina, tais como: estação de britagem primária, refeitório, oficinas de manutenção, central de controle de ventilação, portaria, ambulatório médico, estação de bombeamento de água, subestações elétricas, etc.

Deste nível partem as galerias de acesso à área de lavra atingindo os subníveis 530/500/460 e 420.

3.2.1.2. Túnel da correia transportadora

O túnel da correia transportadora com traçado em linha reta, tem 1.100 metros de comprimento, inclinação de 26,8%, dimensões de 5,5 x 5,0 metros e piso concretado tem além da correia transportadora principal, a rede de ar comprimido, rede de água para perfuração e água potável, rede de recalque de água e cabos de eletrificação da mina servindo também de duto para exaustão de ar viciado (Fig. 5).

3.2.1.3. Túnel de Acesso Baltar

Para cumprimento do cronograma de produção da mina, através da cava da Pedreira Baltar outro acesso foi executado a fim de desenvolver os trabalhos de preparação dos salões de desmonte nos subníveis 530/500. Este túnel em rampa descendente tem 1.200 metros de comprimento, inclinação de 12,5%, dimensões de 7,0 x 5,0 metros, encontrando-se atualmente bloqueado em razão dos trabalhos de aprofundamento da cava e proximidade do Rio Sorocaba.

3.2.2. Britagem e elevação

O minério é britado na estação preliminar de britagem, através de um britador giratório Faço/Allis-Chalmers, modelo 42-65, abertura de saída regulável de 4 1/2" e capacidade de 1.400 tph. Reduzido a um tamanho de 10cm, o minério é estocado em um silo com capacidade de 2.200 t sendo posteriormente retomado através de um alimentador vibratório e elevado à superfície através da correia transportadora principal.

O minério estocado em superfície em um depósito com capacidade de 25.000 t é posteriormente retomado através de correias transportadoras e direcionados à britagem secundária.

A área útil de 960 m² incluindo oficinas mecânica, elétrica, posto de abastecimento de diesel, posto de lavagem e

lubrificação de veículos.

3.2.3. Ventilação

A ventilação da mina é feita em duas porções diferenciadas; sendo a primeira correspondente a ventilação da área da britagem com entrada de ar fresco através do túnel de acesso e exaustão do ar viciado através do túnel da correia transportadora. A segunda, corresponde a ventilação da área de lavra onde o ar fresco é insuflado através de 3 chaminés embocadas na cava da Pedreira Baltar e direcionada a área dos salões de desmonte e exaustão do ar viciado por outras chaminés com conexão à superfície. Nas galerias de desenvolvimento são utilizados ventiladores auxiliares com condução de ar fresco através de tubos de lona.

4. Processos de desmonte

4.1. Método

As galerias de perfuração delimitadoras dos salões e pilares são desenvolvidas perpendicularmente à direção do corpo mineral tendo dimensões de 4,0 x 3,5 metros de declividade de 2%.

A lavra propriamente dita, iniciou-se com o desmonte do salão A3 delimitado pelos subníveis 500/420 e posteriormente com os salões A2, A1, C1, etc. pelos subníveis 530/420 (Fig. 6).

O desenvolvimento das galerias de perfuração é feito através das operações de perfuração, desmonte e limpeza, utilizando-se jumbos de perfuração e carregadeiras Cat 966 C com necessidade esporádica de reforço dos tetos e paredes das galerias.

Para abertura da face livre utiliza-se o equipamento de seção plena Raise Boring RBM-7 da Ingersoll-Rand com execução de chaminês e poços de 1,8 a 2,4 metros de diâmetro.

Os leques de perfuração para desmonte com espaçamento da ordem de 2,50 metros são executados através de perfuratrizes de alta capacidade - Promec M-134 e M-155 da Atlas Copco.

No carregamento dos leques de perfuração utiliza-se carregador pneumático tipo Anfo-Loader.

O minério desmontado a partir das perfurações em leques dos diferentes subníveis, escoam por gravidade aos pontos de carregamento localizados no subnível 420 com conexão às galerias de transporte (Fig. 7). Através dos pontos de carregamento ao longo de toda extensão do salão, o minério é carregado em caminhões Terex R-35 através de carregadeiras CAT 988-B.

A distância mínima de transporte (ciclo completo) à estação de britagem é da ordem de 1.500 metros (Fig. 8).

4.2. Planejamento

Os trabalhos realizados durante as várias fases que objetivaram o planejamento e a implantação dos salões de desmonte foram:

- Mapeamento geológico-estrutural sistemático
- Levantamento das descontinuidades do maciço rochoso
- Ensaios geomecânicos de laboratório
- Medidas de tensões "in situ"
- Simulações e análises de estabilidade através do método dos elementos finitos

4.3. Instrumentação

A fim de captar a deformação do maciço rochoso

frente às grandes aberturas, extenso programa de instrumentação é executado através das instalações de extensômetros múltiplos, medidas de convergência e nivelamento topográfico.

Os resultados são posteriormente comparados àqueles indicados nas simulações e realimentam novos programas a fim de aprimorar o modelo inicialmente testado, fornecendo subsídios ao redimensionamento dos salões subsequentes.

4.4. Sustentação

As simulações pelo método dos elementos finitos e evidenciaram algumas áreas críticas, que estariam submetidos a esforços trativos atuantes em planos de descontinuidade.

Estabelecida a geometria dos salões e a seqüência de lavra determinou-se planos de reforço do maciço rochoso através de "cable bolting" com sustentação do teto e laterais das aberturas (Fig. 3).

4.5. Equipamentos de apoio

Os serviços de apoio à produção são gerados a partir dos equipamentos seguintes:

- Uma central de ar comprimido instalada em superfície com capacidade total de $450\text{m}^3/\text{min}$;
- Ventiladores e exaustores instalados em superfície e em subsolo com capacidade de $35\text{m}^3/\text{s}$;
- Ventiladores auxiliares nos diferentes subníveis com capacidade de $15\text{m}^3/\text{s}$;
- Uma central de bombeamento de água com capacidade instalada de $1.500\text{ m}^3/\text{h}$;
- Uma subestação elétrica em superfície conduzindo por uma linha de 23 KV através do túnel da correia até a subestação em subsolo com transformação para 2,2 KV e tensão de 440/220 V;

- Rede de água para perfuração de 6" através do túnel de correia

5. PRODUÇÃO E CUSTOS COMPARATIVOS

Os trabalhos de desenvolvimento de galerias e túneis no período de 1975 a julho de 1985 totalizam 23.226 metros de desenvolvimento correspondente a aproximadamente 1,75 Mt de rocha removida.

Do primeiro painel de lavra, o salão A3 foi o primeiro a ser lavrado, parcialmente em razão da proximidade da cava fornecendo cerca de 550.000 t de minério. O salão A2 subsequente, já praticamente lavrado forneceu cerca de 1,5 Mt de calcário.

Atualmente estamos com trabalhos de lavra concentrados no salão A1 e preparação em paralelo do salão C1 (Fig. 9, 10, 11).

A produção média nos últimos 12 meses foi da ordem de 42.700 t com um efetivo de 67 funcionários em turnos diários de 6 horas.

A produção planejada da mina de 3 Mtpa somente de verã ser alcançada no início da próxima década mantendo-se os atuais níveis de produção de cimento.

O quadro atual está dimensionado para uma produção de 750.000 tpa, porém as necessidades reais se situam ao re dor de 500.000 tpa com muitas alternância de picos e vales, re flexo da irregularidade na produção de cimento.

Mesmo com essas adversidades, a produtividade tem -se mantido em 20 t por homem x hora na produção e de 55 metros por 1.000 homens x hora no desenvolvimento. Esses níveis são com patíveis com os índices obtidos em minas similares na Europa.

Da mesma forma, os custos são influenciados por essa irregularidade, e embora, são compatíveis com os valores ob

tidos em outros centros ou com os custos estimados para a viabilidade do projeto.

O custo total de extração; produção mais desenvolvimento, posto britador em subsolo é de US\$ 2,30 por tonelada, valor médio dos últimos 12 meses.

Na mina a céu aberto este custo é de US\$ 1,36 por tonelada, também valor médio dos últimos 12 meses.

Quando do planejamento da mina, um custo de US\$2,70 por tonelada era o valor esperado, comparado com um custo de US\$ 1,00 por tonelada em céu aberto (Fig. 12).

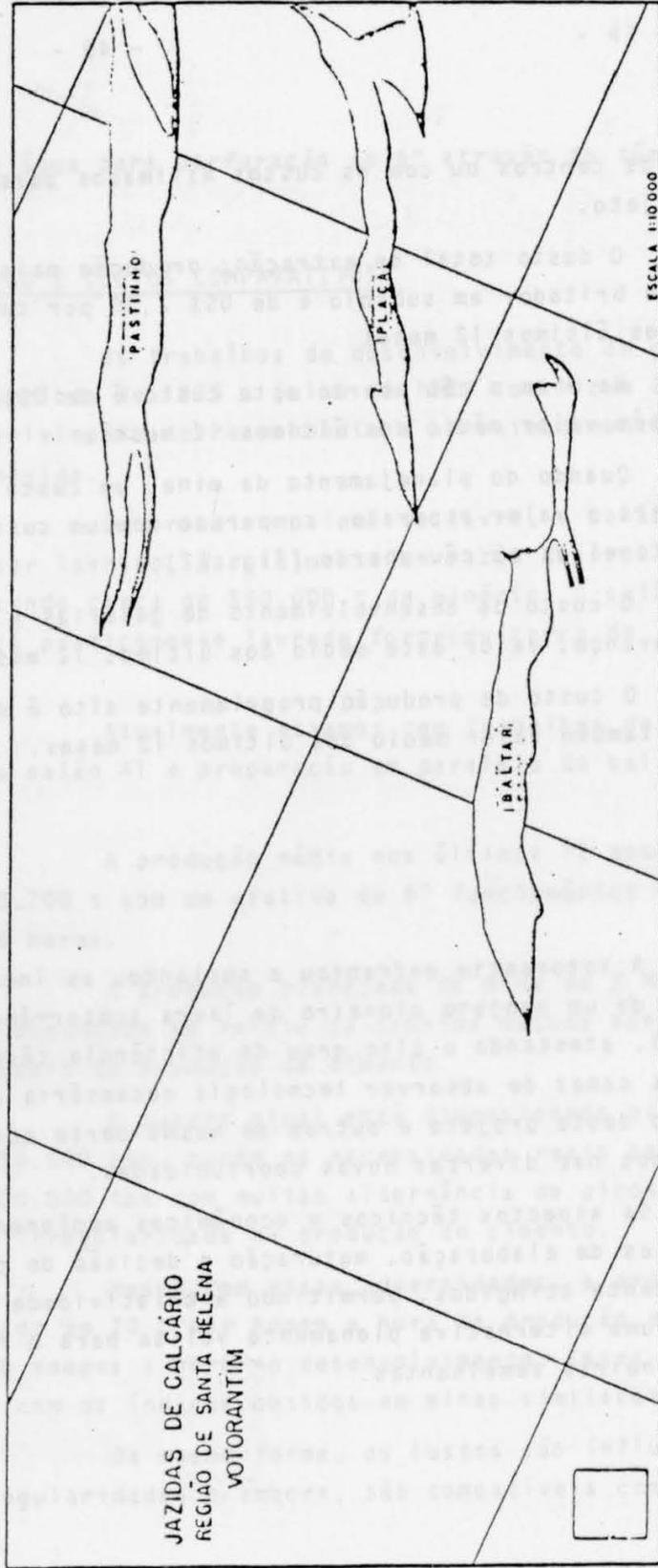
O custo de desenvolvimento de galerias é de US\$460 por metro de avanço, valor este médio dos últimos 12 meses.

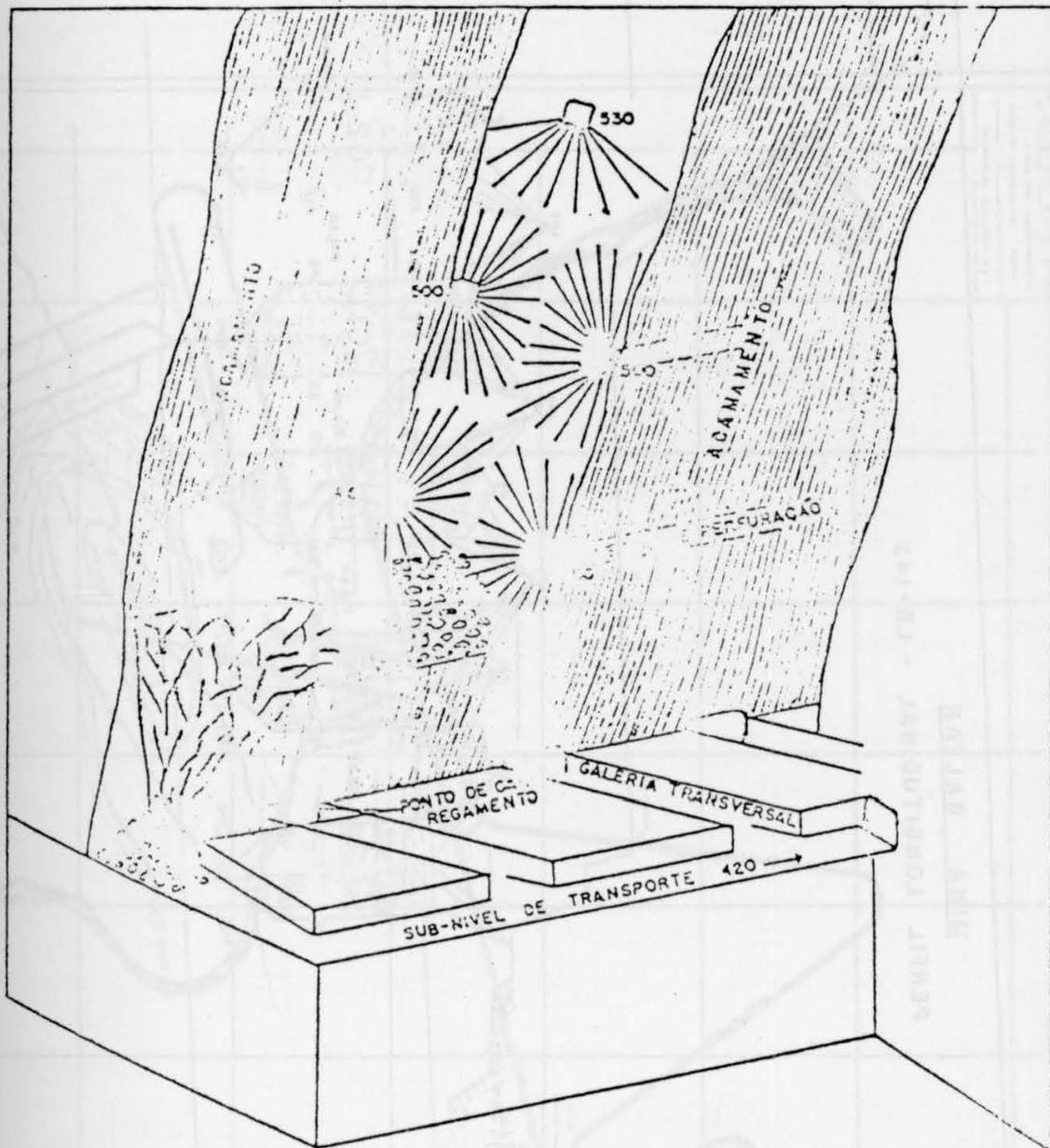
O custo de produção propriamente dito é de US\$1,18 por tonelada, também valor médio dos últimos 12 meses.

6. CONCLUSÕES

A Votorantim enfrentou e suplantou as incertezas de implantação de um projeto pioneiro de lavra subterrânea de calcário no Brasil, atestando o alto grau de eficiência técnica disponível no país capaz de absorver tecnologia necessária para o desenvolvimento deste projeto e outros de mesmo porte que venham a ser solicitados nas diversas novas oportunidades.

Os aspectos técnicos e econômicos amplamente discutidos nas fases de elaboração, maturação e decisão do projeto foram objetivamente atingidos, permitindo à coletividade a afirmação de que é uma alternativa plenamente válida para o futuro de operações mineiras semelhantes.



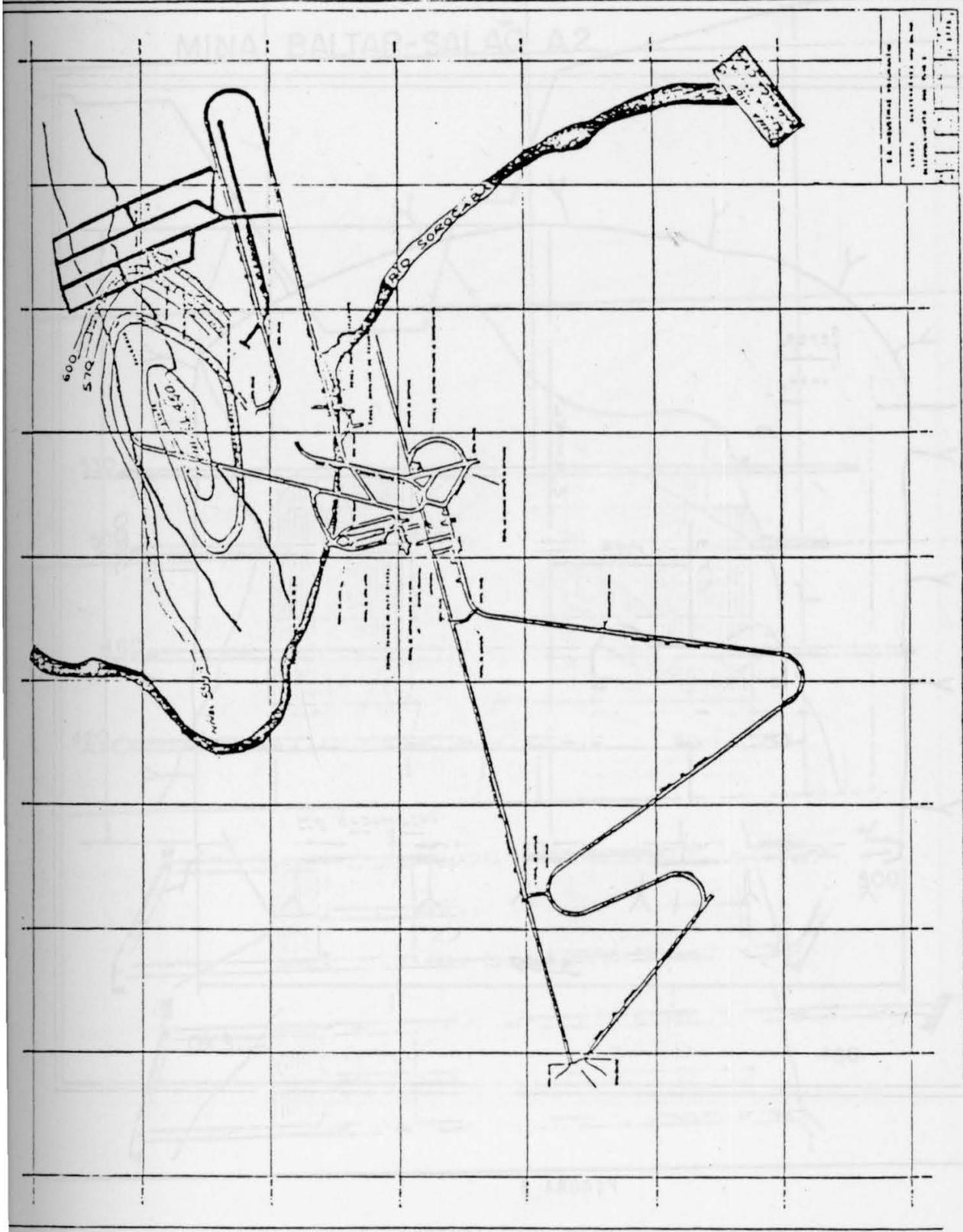


S. A. INDÚSTRIAS VOTORANTINI
SÃO PAULO

BLOCO ESQUEMATICO DO SALÃO DE DESMONTE C
GALERIA DE PERFURAÇÃO PERPENDICULAR AO
MINERAL.

ENLACE	DATA	NOME	CODIGO	NOME
—	12/11/82	NAYAMURA	Fig. 2	2T20

FIGURA 2



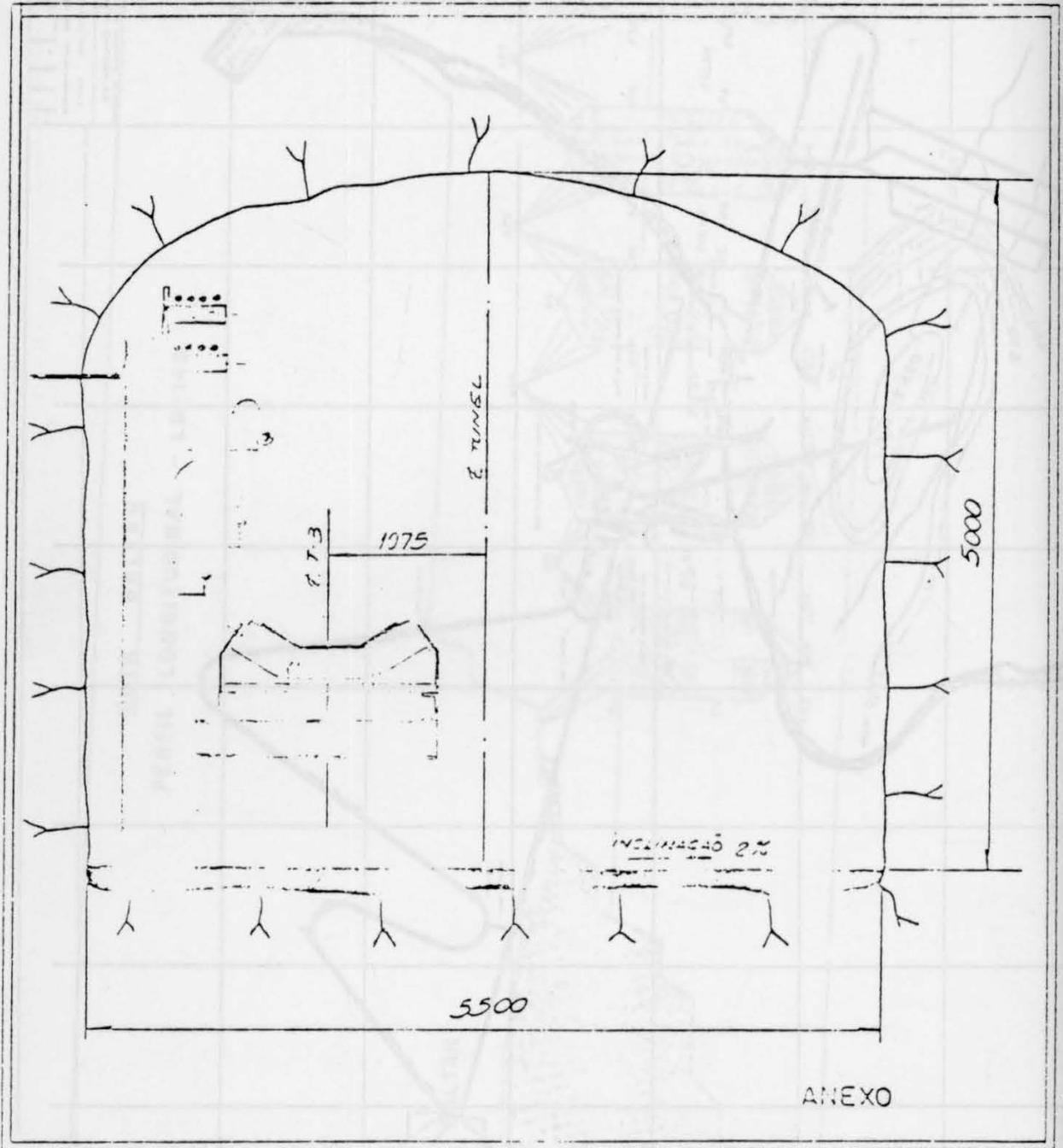


FIGURA 5

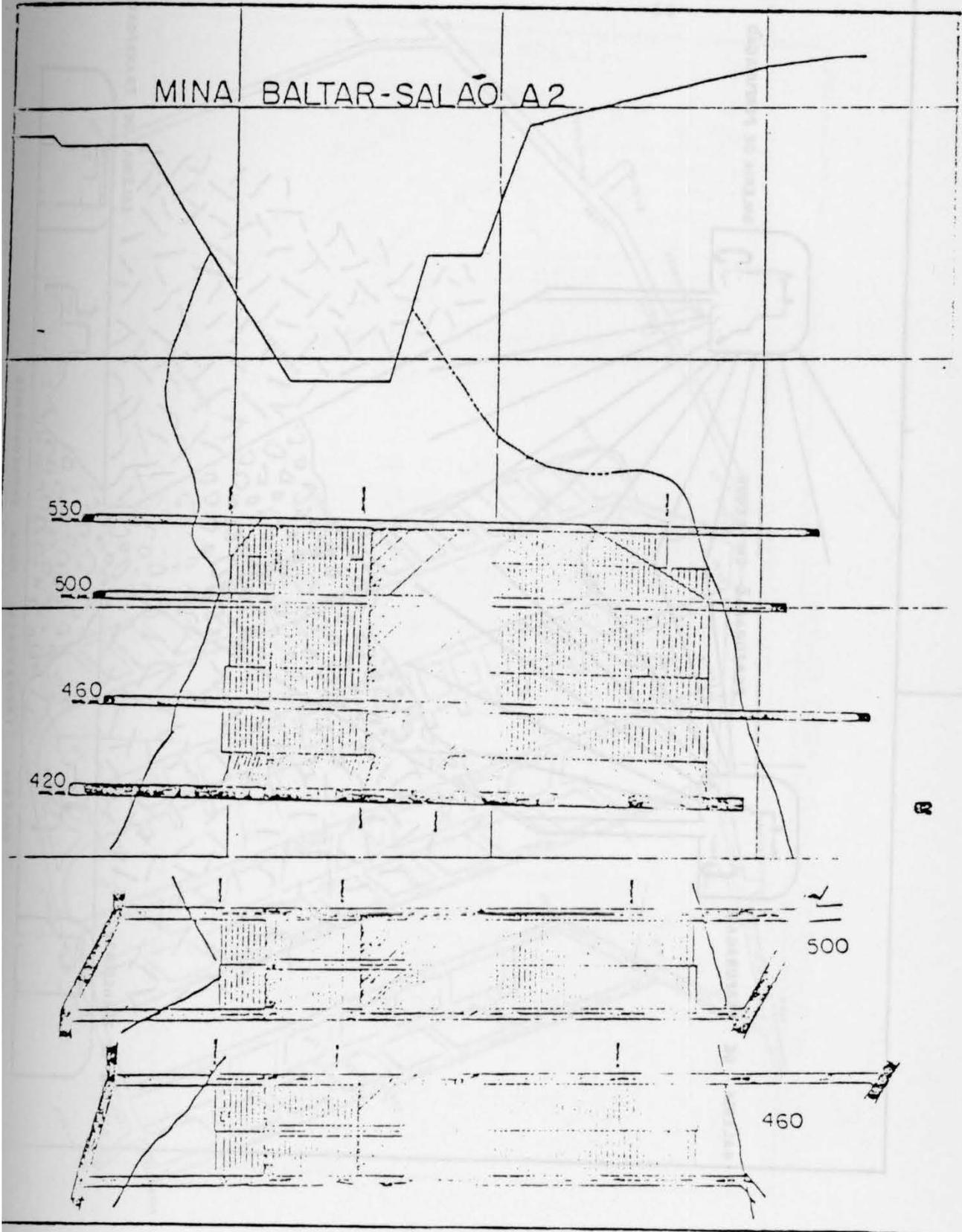


FIGURA 6

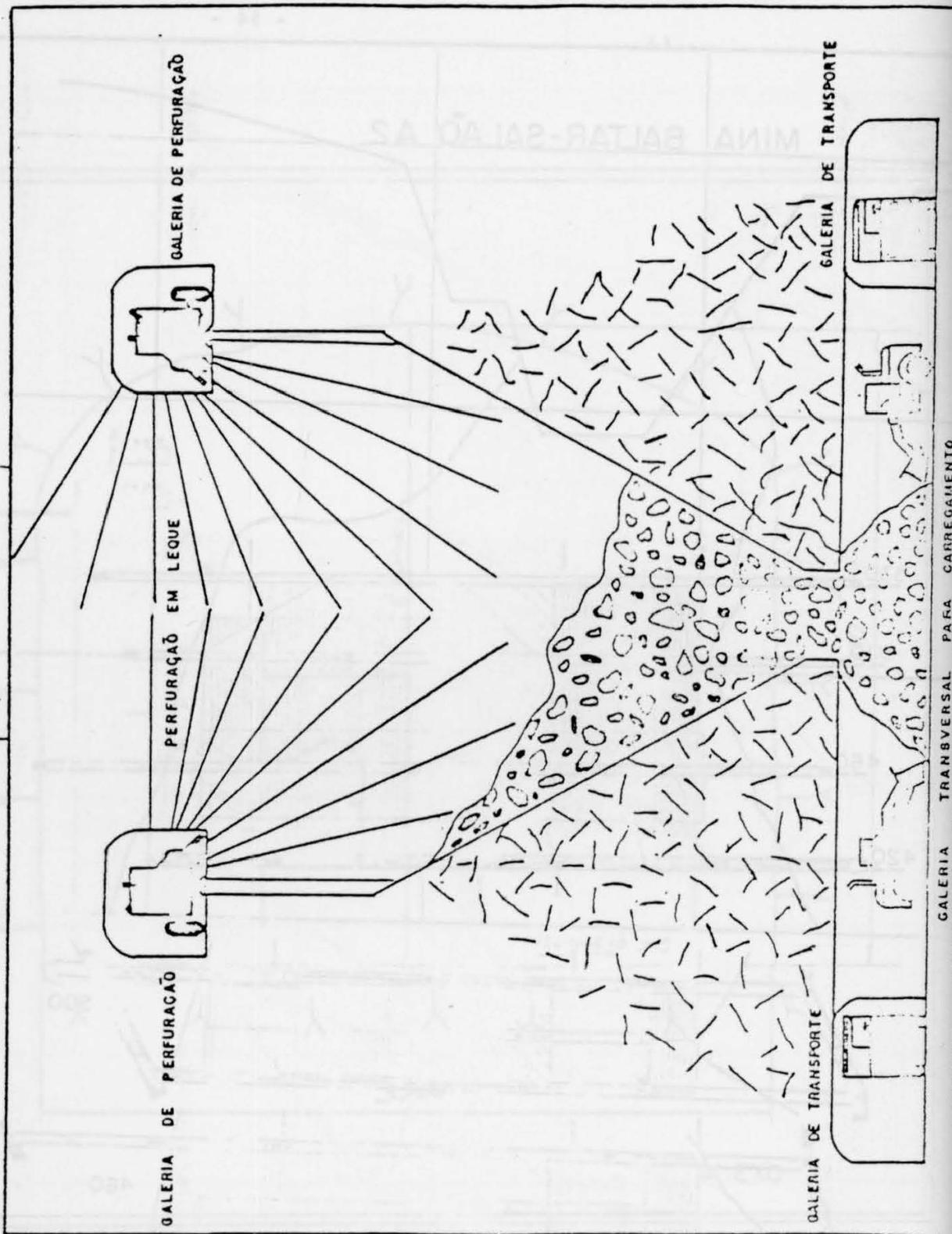


FIGURA 7

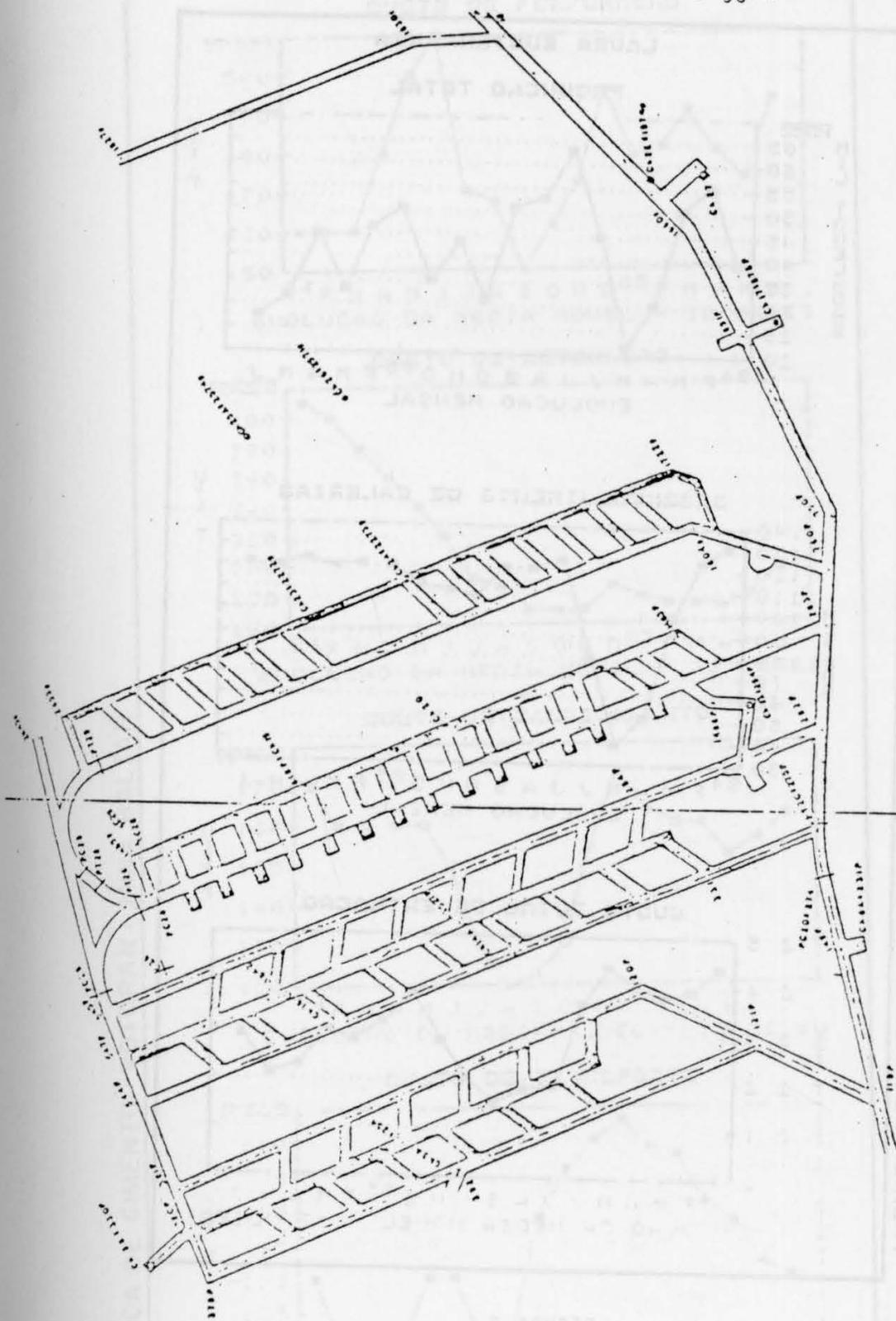


FIGURA 3

FABRICA DE CIMENTO VOTORAN - MINA BALTAR

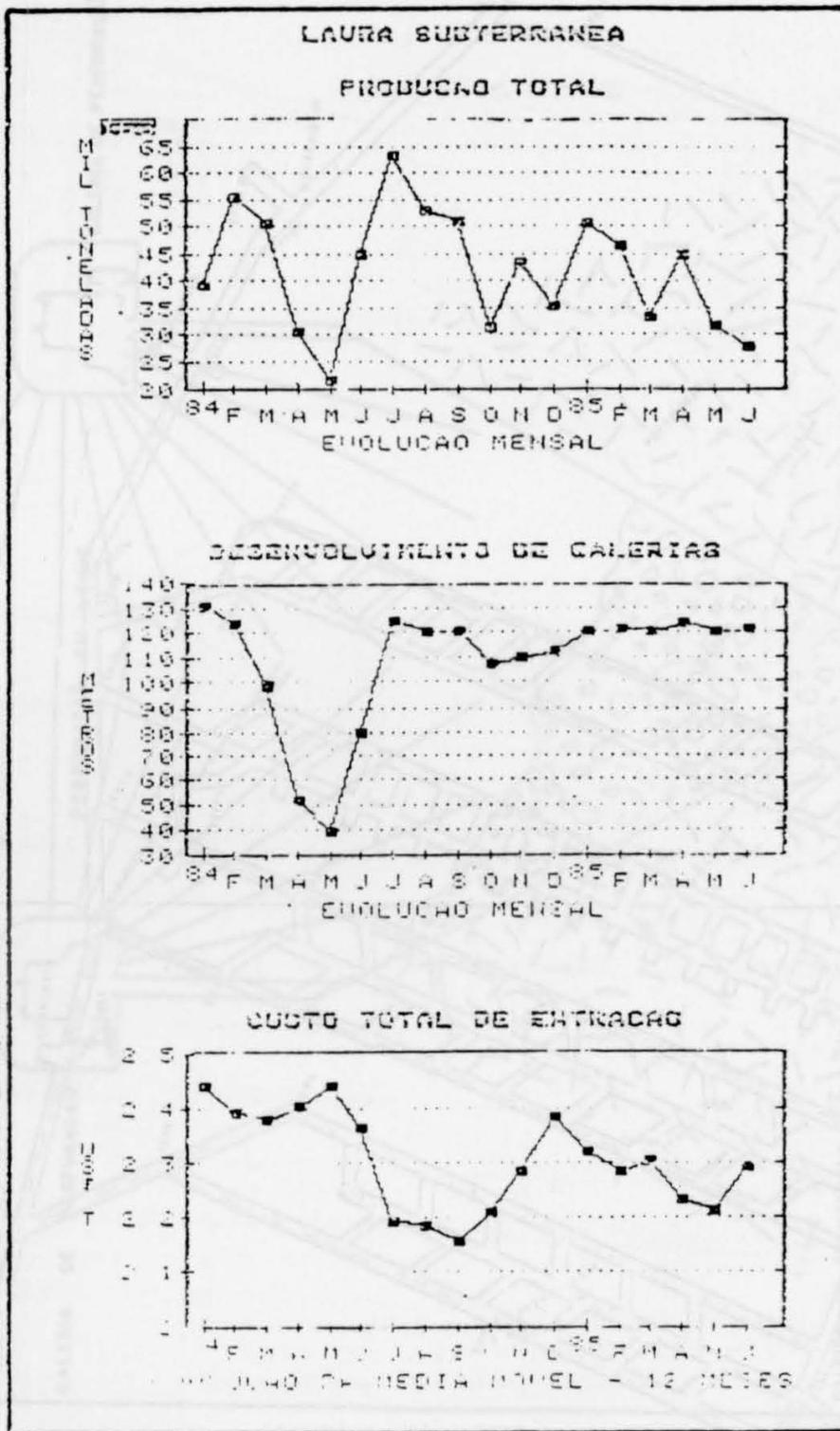
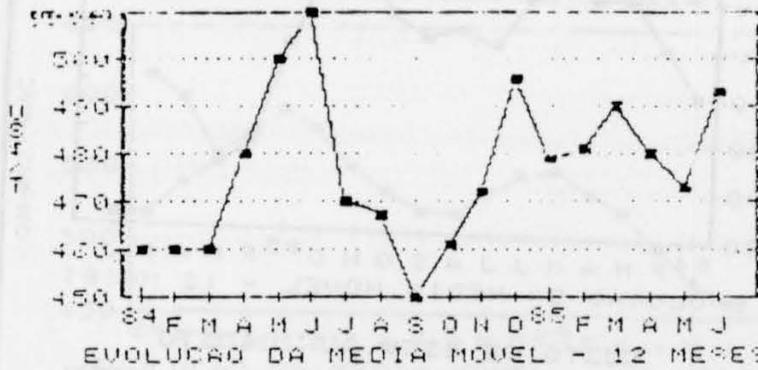


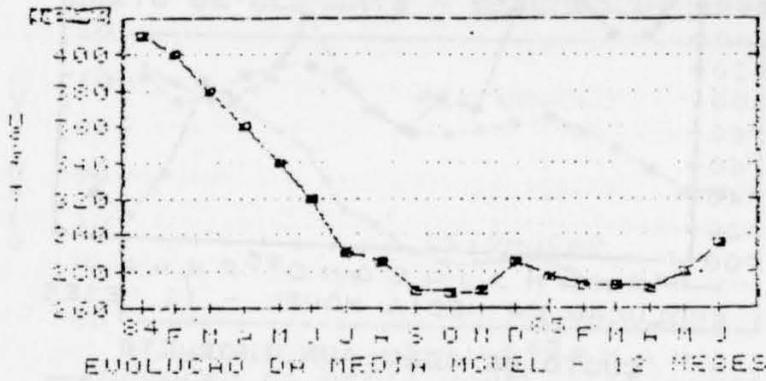
FIGURA 9

FABRICA DE CIMENTO VOTORAN - MINA BALTAR

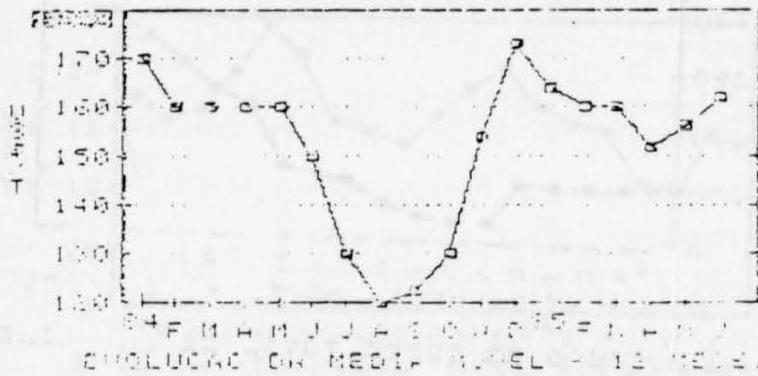
CUSTO DE PERFURACAO



CUSTO DE DETONACAO



CUSTO DE CARREGAMENTO



CUSTO DE TRANSPORTE

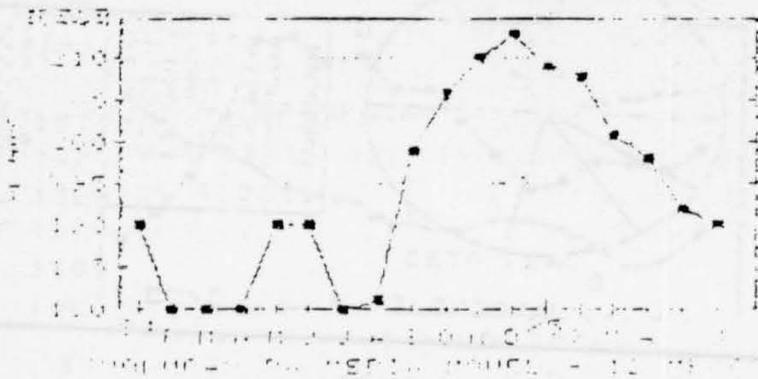
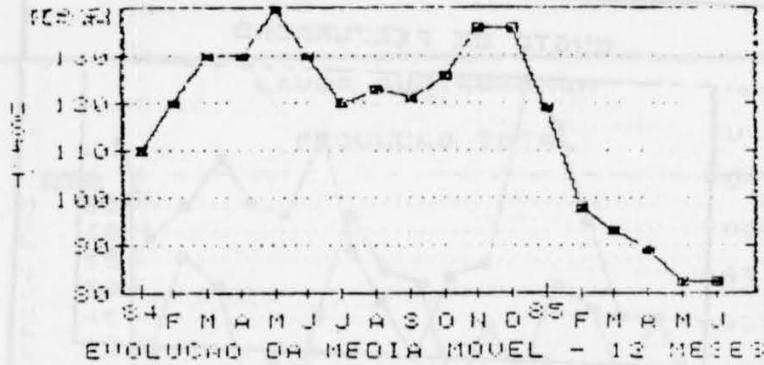


FIGURA 10

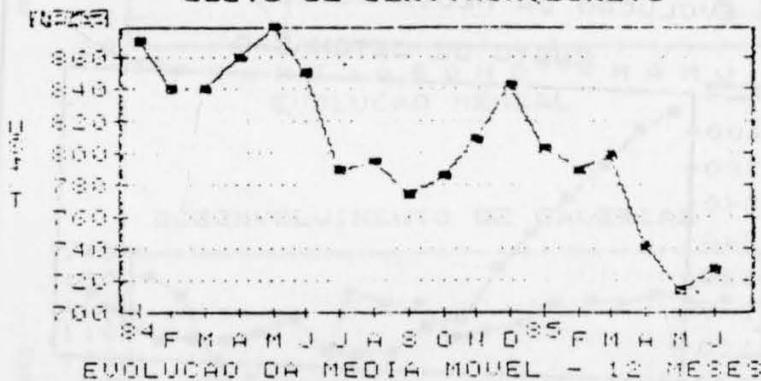
FABRICA DE CIMENTO VOTORAN - MINA BALTAR

FABRICA DE CIMENTO VOTORAN - MINA BALTAR

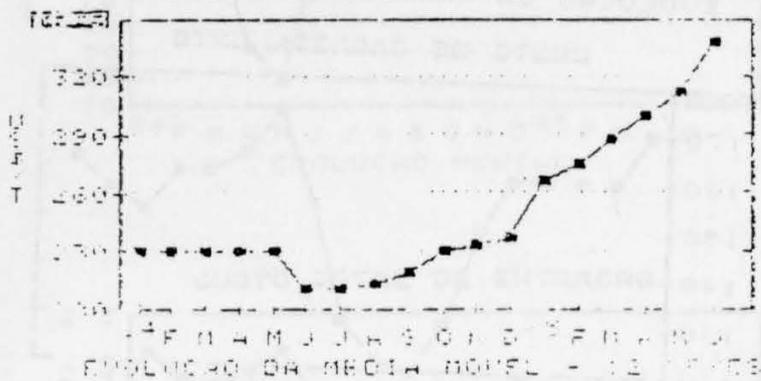
CUSTO DE SUSTENTACAO DE GALERIAS



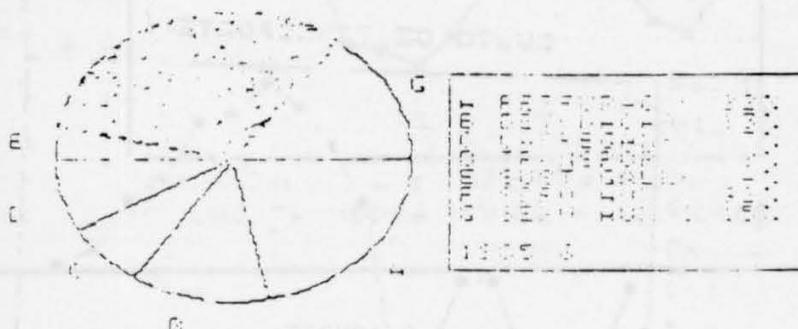
CUSTO DE SERU. AUX. DIRETO



CUSTO DE SERU. AUX. INDIRETO



RESUMO DO CUSTO TOTAL DE CIMENTOS



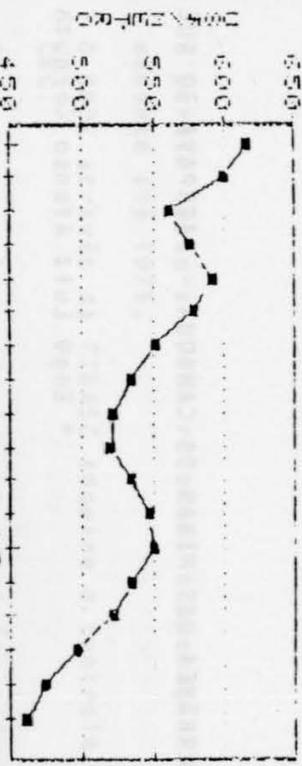
UNIDADE: A CRISELES

FIGURA 11

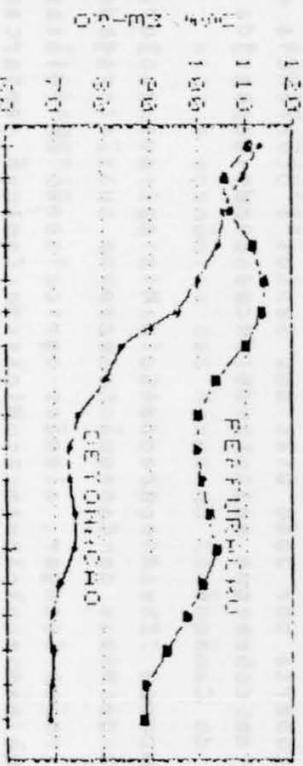
FABRICA DE CIMENTO VOTORAN - MINA BALTAR

LARGA SUBTERRANEA

CUSTO DE SUBSTITUICAO DE TUNEIS



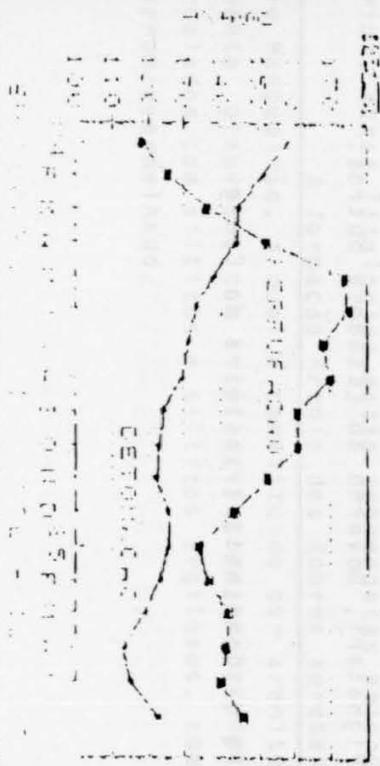
CUSTO DE DESMONTA - DESENVOLVIMENTO



CUSTO DE PRODUCCAO



CUSTO DE DESMONTA - PRODUCCAO



LAVRA SUBTERRÂNEA DAS MINAS DO CAMAQUÃ - CAÇAPAVA DO SUL - RS

* Engº Luiz Afonso Cornuth

1. RESUMO HISTÓRICO

- 1870 - Descoberta por João Dias dos Santos a ocorrência de minério de cobre que mais tarde ficou sendo conhecida por Minas do Camaquã.
- 1873 - A empresa "The Rio Grande Gold Mining" que explorava a jazida de Minas do Camaquã interrompe suas atividades.
- 1888 - Os irmãos Saenger, alemães agricultores em Pelotas, (RS) pesquisam e exploram as Minas do Camaquã, embarcando para a Inglaterra minério escolhido manualmente com 15 a 20 % de cobre e 33 gramas de ouro. Tendo em vista a queda do preço, os mesmos enriqueciam o concentrado através da fabricação de "matte" (sulfato artificial de cobre e ferro).
- 1900 - É fundada a "Société Anonime des Minas du Cuivre du Camaquã", com capital de 3 milhões de francos belgas.
- 1901 - Foi instalado dois fornos "Water Jacket" que produziam 250 t/mês de "matte".
- 1908 - A companhia belga é dissolvida e transformada em "Société Belgo-Brasiliene" que opera até 1910.
- 1942 - É fundada a Companhia Brasileira do Cobre com capital de 9 milhões de cruzeiros integralizado em três partes: Grupo Pignatari, Governo do Estado e outros.

* engenheiro da Companhia Brasileira do Cobre

- 1952 - A partir deste ano foi retomada a operação em caráter permanente até 1975.
- 1974 - O BNDE através da FIBASE adquire o controle acionário da CBC.
- 1975 - É suspensa a lavra devido as operações altamente deficitárias, e para serem feitos estudos de reavaliação das reservas de minério, projeto de ampliação e renovação de equipamentos.
- 1977 - É elaborado pela Milder Kaiser o estudo de viabilidade técnica e econômica das Minas do Camaquã.
- 1978 - É contratada a Paulo Abib Engenharia, para elaborar o projeto básico e detalhado da lavra, e detalhamento do beneficiamento.
- 1980 - Início da implantação do Projeto Expansão Camaquã.
- 1981 - Dezembro de 1981 início da pré-operação da Usina de Beneficiamento.

2. BREVE DESCRIÇÃO GEOLÓGICA DA REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

As Minas do Camaquã estão situadas na parte central de um "graben" intracratônico, de direção NE-SW, limitada por grandes falhas de expressão regional.

Ocorrem na área, rochas sedimentares da formação Arroio dos Nobres, do Grupo Bom Jardim, de idade Pré-Cambriana Superior, estas litologias estão sobrepostas pelo Grupo Camaquã.

A formação Arroio dos Nobres apresenta na base o Membro Mangueirão, o qual é constituído por arenitos finos, predominante grauvaca, com arcóseos subordinados, intrinsecamente intercalados com siltitos e siltitos argilosos, com cores cinza ou marrom avermelhado.

O Membro Vargas situado acima do Membro Mangueirão é constituído por conglomerados com granulometria variável e arenitos arcóseos finos e médios.

Intercalados no Membro Vargas ocorrem vulcânicas andesíticas consideradas como pertencentes ao Membro Hilário da Formação Crespos.

O Grupo Camaquã é composto por conglomerados e arenitos conglomeráticos horizontalizados ou levemente inclinados.

As Minas do Camaquã são formadas por dois depósitos principais: Corpo Uruguai e Corpo São Luiz onde a mineralização cuprífera, representada por calcopirita, bornita e calcosina, ocorre sob forma filoneana encaixada em falhas com direção noroeste ou disseminada nos conglomerados e arenitos do Membro Vargas.

3. PROJETO EXPANSÃO CAMAQUÃ

Desde o início da lavra até novembro de 1975, quando foram paralizadas as atividades da lavra e beneficiamento, as Minas do Camaquã produziram 3,26 milhões de toneladas de minério de cobre, que deram origem a 42.200t de cobre metálico.

No período de 1975 a 1977, as Minas do Camaquã passaram por um intenso programa de pesquisas geológicas sob orientação da DOCEGEO. Entre os principais trabalhos executados podemos citar:

- Mapeamento geológico na escala de 1:10.000 de uma área de 80Km² ao redor das Minas;
- Mapeamento geológico na escala de 1:1.000 da área das Minas (5 Km²);
- Execução de 21.000 m de sondagem a partir da superfície e de

11.000 m de sondagem a partir de galerias no subsolo;

- Levantamento geofísico com IP e VLP ao longo de 134 Km de perfis.

Das 30×10^6 t de minério existentes nas jazidas das Minas do Camaquã, somente 75% serão recuperadas, isto se deve a problemas técnico-econômicos. Em função dos estudos econômicos, foi estabelecido que o período mínimo para amortização dos investimentos seria de 15 anos.

Dos dados da cubagem geológica, determinou-se que a produção de "run of mine" das jazidas das Minas do Camaquã seria 1.400.000 t/ano, o que daria aproximadamente 40.000 t de concentrado com teor de 30% de cobre, ou seja, 12.000 t de cobre metálico por ano.

Em termos de arranjo geral, a lavra tem duas fases distintas:

Fase I - Lavra a Céu Aberto do Corpo Uruguai e Lavra Subterrânea do Corpo São Luiz.

Fase II - Lavra a Céu Aberto e Subterrânea do Corpo Uruguai.

A Lavra a Céu Aberto produz 800.000t/ano de minério e tem uma capacidade de remoção da ordem de 5,2 milhões de toneladas de rocha por ano.

A Lavra Subterrânea produz 600.000 t/ano de minério o qual após britado, é extraído através do Poço de Extração que está equipado com um guincho de fricção com capacidade de 200 t/h.

O arranjo geral desenvolvido para a mineração subterrânea norteou-se pelo aproveitamento máximo das instalações já existentes procurando minimizar os investimentos, e é composto basicamente pelos seguintes elementos:

a) Poço vertical de extração com secção retangular de 5,10 x

- x 2,20m, com 359m de profundidade (cota +235m a -124m);
- b) Rampa de serviço (1:7) partindo da superfície até a base da mineralização;
- c) Poços de ventilação;
- d) Túnel horizontal de ligação entre os dois corpos mineralizados;
- e) Rampa interna no corpo São Luis e Uruguai.
- f) Estação de bombeamento, britagem primária e oficinas localizadas próximo ao poço de extração;
- g) Silos para minério e estéril, e passagens verticais para minério.

Métodos de Lavra

Os dois corpos de minério das Minas do Camaquã localizam-se a 800 metros de distância um do outro, fato que condicionou a solução para o estabelecimento do arranjo geral para a mineração. As reservas serão recuperadas simultaneamente por lavra a céu aberto e lavra subterrânea. Através da lavra a Céu Aberto, serão recuperadas $10,5 \times 10^6$ t de minério, enquanto que por métodos subterrâneos serão lavrados $8,7 \times 10^6$ t de minério.

O método de lavra empregado na mina a Céu Aberto é o convencional, com bancadas de 10m de altura, sendo que da cota 310m à cota 190m, a mina será de encosta e abaixo desta até a cota 40m, a mina desenvolver-se-á em cava propriamente dita.

O método principal para a mineração subterrânea é o "sublevel stoping". Alternativamente é empregado também o método "shrinkage".

Na definição do método principal foram levados em conta, principalmente, os seguintes elementos:

- Espessura média das faixas mineralizadas;
- Rochas encaixantes;
- Grau de mecanização desejável;
- Condicionamento geológico do minério e comportamento estrutural dos maciços encaixantes;
- Custos operacionais; e
- Escala de produção.

O método alternativo é empregado quando o método principal mostrar-se anti-econômico. Isto ocorre com pequenas zonas mineralizadas, onde não se justifica o desenvolvimento e preparação acentuados, característica esta própria do método principal.

A partir da rampa de serviço são desenvolvidos e preparados os blocos de produção.

Os níveis de carregamento e transporte têm 60 ou 45m de distância vertical entre si, dois subníveis são traçados entre dois níveis contíguos. Do interior destes subníveis são executadas as operações de perfuração vertical em leque e desmonte. O minério desmontado é carregado e transportados até as passagens de minério. Estas passagens conduzem o minério até a sala de britagem localizada próxima ao poço. O minério é então britado e armazenado em silos. Destes silos o minério é conduzido por correias transportadoras até os medidores de carga e desses, para os "skips" que conduzido por correias transportadoras até os medidores de carga e desses, para os "skips" que conduzem o minério até a superfície.

O mesmo procedimento é empregado para o transporte e extração de estéril, com a diferença que o mesmo não é britado, passando apenas por uma grelha de seleção de granulometria.

Principais equipamentos:

- 1 guincho completo, sistema fricção;
- 1 instalação completa para britagem primária localizada no sub solo;
- 4 jumbos de 2 braços, para abertura de galerias;
- 1 jumbo de 1 braço para aparafusamento de teto;
- 5 perfuratrizes tipo "long-hole" para furação vertical;
- 6 pás carregadeiras de 2 e 4 metros cúbicos, tipo LHD;
- 4 caminhões rebaixados de 18 - 20t;
- máquinas pneumáticas para carregamento de explosivos;
- 1 shotcreting;
- 1 misturadora/injetora de cimento;
- carros plataforma para transporte de pessoal e materiais;
- 2 ventiladores principais para 200.000 metros cúbicos/hora;
- diversos ventiladores auxiliares (40.000 m³/h);
- 2 bombas principais para 180 metros cúbicos/hora;
- instrumentos para controle das operações e da segurança.

Evolução da Produção na Mineração Subterrânea

Cronologia das principais obras da infra-estrutura que possibilitaram o início da produção.

- Aprofundamento do Poço de Extração da cota +40m até -124m, de fins de 1977 a princípio de 1980;
- Abertura da rampa de acesso à mineração subterrânea de Março/79 a meados de 1981;

- Conclusão da montagem da britagem primária no subsolo, Junho / 1982;
- Conclusão da montagem do sistema de extração (torre, guincho , estação de carga e descarga) em Agosto/1982;
- Desenvolvimento dos níveis +86m e +56m, e preparação dos primeiros blocos para desmonte pelo método "sublevel" em 1981.

	1 9 8 2	1 9 8 3	1 9 8 4	ATÉ JUL/85
SONDAGEM DE DETALHAMENTO (m)	1.019,30	3.422,55	4.397,10	3.407,10
DESENVOLVIMENTO (m)	2.072,00	2.736,20	3.982,10	2.334,90
DESMONTE (ton)	26.332,00	363.551,00	487.639,00	308.220,00
EXTRAÇÃO (ton)	170.913,00	472.422,00	586.123,00	321.876,00
COBRE CONTIDO (ton)	1.640,76	3.826,62	4.590,17	2.156,58

Sistema de Trabalho

A partir da rampa de acesso abre-se uma galeria transversal ao corpo de minério na posição dos subníveis e do nível de transporte. Ao ser atingido o primeiro filão, inicia-se o desenvolvimento ao longo do mesmo, a partir desta galeria aberta no filão, executa-se sondagens na direção dos perfis espaçados de 12,5m.

Interpreta-se o resultado das sondagens e projeta-se no nível principal as galerias de transporte, as quais se desenvolvem fora do minério, desenvolve-se galerias no minério

nos subníveis e também no nível de transporte.

A partir dos resultados das análises químicas dos furos de sondas e de amostra de canal das galerias abertas no minério, projeta-se os blocos de desmonte (largura, altura, volume, teor, posição da primeira frente livre) a partir do levantamento topográfico das galerias de desmonte e do projeto do bloco, projeta-se os planos de furação e a sequência de detonação.

O minério desmontado nos blocos é retomado nos pontos de carga (chutes) e transportado até a chaminê de transferência de minério ("ore pass"). Este chaminê de minério, coleta minério de todos os níveis de transporte (níveis +86, +56, +11, -39) e conduz a um ponto próximo ao britador que situa-se no nível -64 próximo ao Poço de Extração, o minério assim armazenado é retomado e colocado no alimentador do britador primário, após a britagem é extraído via elevadores (Skip) do Poço.

Utilidades Necessárias para a Lavra

AR COMPRIMIDO

O ar comprimido desce por uma tubulação de 6" na rampa de acesso e outra tubulação de 8" baixa através do Poço de Extração, nos níveis e subníveis é distribuído por tubulações de 4" de diâmetro.

ÁGUA

A água é usada para refrigeração das brocas de perfuração e para atenuar a poeira, bem como para lavagem dos equipamentos na oficina de manutenção, ela também é baixada via rampa e poços em tubulações de 3" de diâmetro.

ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica baixa através do poço em 4.160V até a subestação rebaixadora, que fica no nível -64 onde é rebaixada para as tensões de consumo, ou seja, 440 V e 220 V.

Principais Índices Obtidos na Lavra

	REALIZADO	PROJETADO
Perfuração para desmonte	0,23 m/t	-
Explosivo no desmonte	0,40 kg/t	0,44 kg/t
Explosivo em Desenvolvimento	0,90 kg/t	0,61 kg/t
Consumo de diesel	0,67 l/t	2,80 l/t
Ar Comprimido	2.000 pés ³ /t	-
Espoleta elétrica	0,12 Unid/t	0,17 Unid/t
Cordel Detonante	0,23 m/t	-
Energia Elétrica	12 Kwh/t	25 Kwh/t
Produtividade	10t/Homem/Turno	10t/Homem/Turno

Do total de material desmontado no subsolo temos a seguinte distribuição por origem:

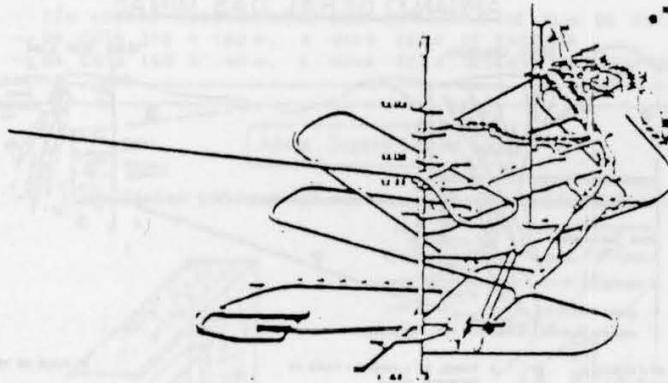
- 73% proveniente de desmonte em blocos;
- 17% proveniente do desenvolvimento em minério;
- 10% proveniente do desenvolvimento em estéril.

Problemas Encontrados pela CBC na Lavra

Tendo em vista que o método adotado na lavra "sub level" era totalmente desconhecida da equipe técnica da CBC, no que tange aos problemas operacionais, tivemos algumas dificuldades em sua implantação tais como:

- Inclinação dos furos em relação a face livre;
- Distribuição do explosivo nos furos dos leques;
- Sequência de detonação dos furos de um mesmo leque;
- O método de desmonte não permite que se projete os blocos acompanhando o contorno do minério, obrigando adotar geometria regular, e com isso provocando diluição e por vezes, perda de minério nas paredes laterais;
- "Lay-out" dos níveis de transporte;
- Carregamento pneumático dos leques de desmonte (desenvolvimento de mangueira apropriada e do explosivo);
- Peças de reposição para os equipamentos de carregamento, transporte e perfuração;
- Formação de mão de obra operacional;
- Teste e seleção de material de perfuração.

MINA SUBTERRÂNEA



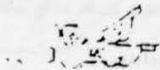
RESERVA LAVRÁVEL

SETOR SÃO LUZ - 3 270 000 ton DE MINÉRIO COM 1,10 % DE COBRE
SETOR URUGUAI - 5 500 000 ton DE MINÉRIO COM 1,11 % DE COBRE

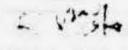
PRODUÇÃO

600 000 t/ano DE MINÉRIO (2 000 t/dia) COM TEOR DE CORTA DE 0,6 % DE COBRE

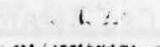
EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS


1 PERFORATRIZES PARA ABERTURA DE TUNÉIS C/2 BRAÇOS


1 PERFORATRIZ PARA CONDIÇÃO DE PARAFUSOS DE TETO


1 BARRIL COM MÃO


1 PAS CARREBAGEIRA L/10

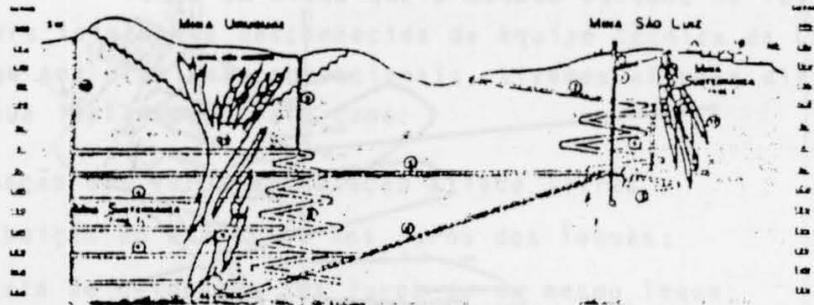

1 PAS CARREBAGEIRA L/10


1 COM MÓDULO REBATEADOS


1 ESCALA PLATAFORMA

MINERAÇÃO

ARRANJO GERAL DAS MINAS



- | | | |
|---------------------|---|--------------------------|
| 1 POÇO DE EXTRAÇÃO | 6 TÚNEL DE LIGAÇÃO - FASE II | 9 POÇO DE VENTILAÇÃO |
| 2 RAMPA DE SERVIÇO | 7 RAMPA DE SERVIÇO - FASE II | 10 POÇO DE VENTILAÇÃO |
| 3 BENTONEM - FASE I | 8 BENTONEM - FASE II | 11 CORPO DE MINÉRIO |
| 4 BARRIL DE CÂMERA | 9 TÚNEL PARA CORREIA TRANSPORTADORA - FASE II | 12 USINA DE CONCENTRAÇÃO |

PRODUÇÃO:

1 400 000 TON / ANO DE MINÉRIO COM 49,7% DE COBRE

40 000 TON / ANO DE CONCENTRADO COM 31% DE COBRE

12 000 TON / ANO DE COBRE CONTÍNUO

MINA CÉU ABERTO:

Mina Urubiana - vida estimada 15 ANOS

MINA SUBTERRÂNEA:

FASE I - SETOR SÃO LUIZ - vida estimada 5,5 ANOS

FASE II - SETOR URUBIANA - vida estimada 3 ANOS

INVESTIMENTO: US \$ 65 MILHÕES

ECONOMIA DE DIVISAS: US \$ 24 MILHÕES POR ANO

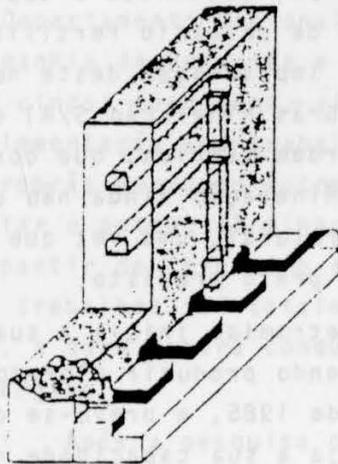
MÉTODOS DE LAVRA

MINA CÉU ABERTO

- CÉU ABERTO CONVENCIONAL COM BANCADAS DE 10 m DE ALTURA
- DA COTA 310 à 190 m, A MINA SERÁ DE ENCOSTA
- DA COTA 190 à 40 m, A MINA SERÁ DESENV. EM CAVA PROPR. DITA

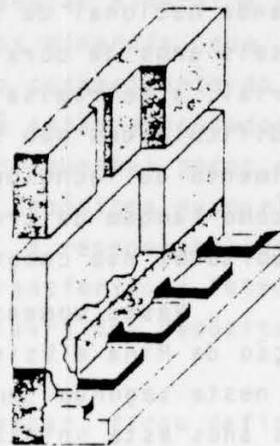
MINA SUBTERRÂNEA

SUBLEVEL STOPING



- GRANDE POSSIBILIDADE DE MECANIZAÇÃO
- GRANDE RENDIMENTO
- GRANDE SEGURANÇA NO TRABALHO
- DISPENSA O USO DE MADEIRA
- BAIXO CONSUMO DE EXPLOSIVOS
- NÃO NECESSITA ARMAZENAR MINÉRIO

SHRINKAGE STOPING



- GRANDE SELETIVIDADE NA LAVRA
- MENOR DILUIÇÃO
- PERMITE LAVRAR MINÉRIO DE PEQUENA ESPESSURA

O SUBLEVEL STOPING SERÁ O MÉTODO PRINCIPAL, FICANDO O SHRINKAGE STOPING COMO ALTERNATIVA PARA PEQUENAS ZONAS MINERALIZADAS

SISTEMA DE EXTRAÇÃO - O MINÉRIO SERÁ DESMONTADO, TRANSPORTADO ATÉ A SALA DE BRITAGEM, ONDE SERÁ BRITADO E LEVADO ATÉ A SUPERFÍCIE PELO POÇO DE EXTRAÇÃO

ACESSO PRINCIPAL - RAMPA DE SERVIÇO

DEPRIMENTO: 150 m
INCLINAÇÃO: 25% (1:4)

MINA DE POTÁSSIO TAQUARI - VASSOURAS - PETROMISA

* Eng^o Antônio Sérgio Ferrari Vargas

1. RESUMO

Em julho de 1979, foram iniciados os trabalhos de abertura dos Poços de acesso à mina de Taquari-Vassouras, primeira etapa do Projeto Potássio-Sergipe, destinado a suprir um quarto da demanda nacional de cloreto de potássio fertilizante. Durante os seis anos de obra para a implantação deste novo Complexo Industrial, a Petromisa (Petrobrás Mineração S/A) superou uma série de dificuldades não só de ordem técnica, que obrigaram o desenvolvimento de Tecnologia de Mineração ainda não utilizadas no País, como também de ordem estrutural, uma vez que os equipamentos importados não chegaram no prazo previsto.

Neste momento, a Petromisa inicia a sua fase de pré-operação da Mina e Usina, devendo produzir cloreto de potássio ainda neste segundo semestre de 1985, e prevê-se que nos próximos dois anos esta unidade atinja a sua capacidade nominal de projeto.

O Trabalho aqui apresentado pretende mostrar quais as dificuldades técnicas encontradas e quais as soluções que foram adotadas.

* engenheiro de minas da Petrobrás Mineração S.A. - PETROMISA

2. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, a Petrobrás Mineração S.A.-PETROMISA, vem desenvolvendo a abertura para o acesso à jazida de Potássio de Taquari-Vassouras, no estado de Sergipe.

A descoberta desta jazida resultou da pesquisa efetuada pela Petrobrás no período 63/64 para o desenvolvimento dos campos petrolíferos de Carmópolis e Riachuelo. Declarada área de reserva nacional pelo governo Federal, as reservas foram entregues ao Departamento Nacional da Produção Mineral e posteriormente à Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, que efetuou 25 (vinte e cinco) sondagens, visando o conhecimento do jazimento. Em complementação aos trabalhos até então executados pelo DNPM, a Petrobrás perfurou outros 50 (cinquenta) poços a fim de melhor avaliar o potencial mineral dos depósitos evaporíticos de Sergipe. A partir de fevereiro de 1977, a responsabilidade pela direção dos trabalhos foi totalmente transferido à Petrobrás Mineração S/A, a quem caberá conduzir a lavra dos depósitos de potássio de Sergipe.

Após a pesquisa complementar, ficou definida a área de Taquari-Vassouras como prioritária, sendo em 1979, iniciada a abertura dos dois poços de acesso ao corpo de minério formado por rochas salinas. O acesso à mina foi concluído em 1982, e é constituído por dois poços verticais em seção circular com diâmetro acabado de 5 metros e com aproximadamente 460 metros de profundidade, sendo em sua totalidade revestidos em concreto.

Os poços que conectam a mina à superfície, afastados 240 metros um do outro, foram escavados simultaneamente e revestido com concreto especial de alta resistência. Em algumas áreas como a dos aquíferos existentes à 350 metros de profundidade, impuseram-se providências especiais como a colocação de anéis de aço soldados, no meio do concreto, para conter a percolação da água. Nessa região, a água, as grandes pressões, tornou necessário o tratamento prévio das rochas por injeção de substâncias químicas.

Depois dos necessários estudos e experiências para o groutamento, a escolha recaiu numa resina epoxi especialmente desenvolvida. Em resumo teve o "GROUTING" a finalidade de reduzir a permeabilidade e a porosidade da rocha e conseqüentemente eliminar o perigo de inundação durante os trabalhos de escavação.

O poço de extração será utilizado para a retirada do minério enquanto o de serviço se destina ao transporte de pessoal e material, por eles se fará também a ventilação da Mina.

Após os trabalhos de escavação dos poços, deu-se início aos trabalhos de desenvolvimento de galerias e instalação da infraestrutura básica da mina como silos, oficinas, estacionamentos, subestações e galerias de acesso aos painéis, sendo enfrentados diversos problemas, como o risco de possíveis emanações de gases, inundações e de temperatura e mecânica de rochas. Tendo sido escavadas até o momento 8 km de galerias e praticamente concluído a montagem eletromecânica da mina, constituída por instalação dos poços, sistema de transporte de minério, utilidades, ventiladores principais, estação de bombeamento, etc.

Em sua fase operacional a iniciar-se no 2º semestre de 1985, a Petromisa pretende extrair 2,4 milhões de toneladas por ano de minério. O minério extraído será beneficiado no local para obtenção de 600 mil toneladas de cloreto de potássio fertilizante que gerará uma economia de divisas para o país da ordem de 60 milhões de dolares anualmente, considerando os preços atuais.

Vale ressaltar que, sendo a mina de Taquari-Vasouras a primeira mina de potássio do Brasil, tornou-se imprescindível a adoção de tecnologia mais adequada sob todos os aspectos e objetivando-se mais economia, a Petromisa contratou empresas especializadas procurando reunir desse modo o "know-how" necessário para o conseqüente bom êxito do empreendimento.

3. GEOLOGIA DA JAZIDA

A sub-bacia de Taquari-Vassoura situa-se na porção Sul da Bacia de Sergipe-Alagoas ocupando uma área de cerca de 185 Km² estruturalmente está localizada entre os altos de Carmópolis e Siririzinho, os quais constituem os campos petrolíferos do mesmo nome.

A formação desta sub-bacia assim como de outras existentes (Santa Rosa de Lima, Aguilhada, Nossa Senhora do Socorro) em Sergipe e ao longo da costa brasileira e africana está relacionada à Série de eventos que marcaram a separação dos continentes Afro-Brasileiro, durante o cretáceo inferior.

A área de Taquari-Vassouras, onde se localizam os poços de mina para acesso a jazida de potássio, apresenta a seguinte sequência estratigráfica, tomando-se por base as sondagens efetuadas no local.

0-254 metros

FORMAÇÃO RIACHUELO - MEMBRO TAQUARI

Composta por intercalações sucessivas de calcilutitos e folhelhos os quais apresentam, ora níveis silíticos e ora níveis gradando para marga. Nos primeiros 15 metros ocorrem níveis de argila e agredados cristalinos de gipsita.

254-390 metros

FORMAÇÃO MURIBECA MEMBRO OITERINHOS

Composta em sua porção superior, por intercalações de calcilutitos e folhelhos, bem laminados, por vezes em íntima associação. Secundariamente, ocorrem níveis silíticos e ocasionalmente corpos arenos.

nosos. Na porção inferior já se faz notar a influência de ambiente evaporítico e aparecem níveis de anidrita, associada a folhelhos e calcilutitos, com ocasionais intercalações de corpos arenosos e de calcarenitos em grande parte oolíticos, tornando-se mais acentuado a presença de finas interlaminações de folhelhos e calcilutitos.

364-463 metros

FORMAÇÃO MURIBECA MEMBRO IBURA

Composta de sedimento tipicamente evaporíticos, começando por anidrito modular, interlaminações de calcilutito e folhelho, brecha em fragmentos de anidrito modular e finalmente, a sequência salífera composta por halita, silvinita carnalita lixiviada e taquidrita, onde a sondagem foi fundeada. Esta coluna estratigráfica, a excessão da taquidrita, constitui o ciclo VII da sequência evaporítica, sendo a principal fonte do minério de potássio silvinita.

Os corpos arenosos portadores de lençóis aquíferos, encontram-se na Formação Muribeca, Membro Oiterinhos.

3.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DA JAZIDA

As principais características da jazida, que condicionaram não só a escolha do método de lavra a ser adotado, como também os equipamentos a serem utilizados são os seguintes:

a) Aspectos Gerais

A sub-Bacia de Taquari-Vassouras é marcada pela alternância de sinclinais e anticlinais suaves, com flancos mergulhando em ângulos geralmente inferiores a 10° . O mergulho geral é para Nordeste variando o topo da zona potássifera, entre as cotas -267m e -769m.

b) Aqüíferos

Aproximadamente 30 metros acima da seção salina, ocorrem camadas de arenito aqüíferos, com vazão variando de 20 a $80\text{m}^3/\text{h}$, pressão de $42\text{Kg}/\text{cm}^2$ e com alta saturação em cloreto de sódio (190g/l) os quais recobrem praticamente toda a extensão do jazimento.

Em algumas áreas da jazida ainda, ocorre o fenômeno denominado de "colapso" no qual devido a subsidências, estes arenitos aqüíferos podem ocorrer no mesmo nível das camadas mineralizadas. Partes destas áreas de "colapso" já foram identificadas em furos de sondagem de superfície, mais ainda não são conhecidas a extensão destas áreas e também a existência de outros locais com características semelhantes.

Estas camadas aqüíferas representam o mais sério problema da Mina, tornando o risco de inundação por infiltração de água a preocupação mais constante.

A primeira dificuldade encontrada pela existência destes Aqüíferos foi a transposição destas camadas durante a perfuração dos Poços de acesso a Mina, quando em virtude das características agressivas da água de formação, tornou-se necessário o desenvolvimento de um produto especial para a impermeabilização destes terrenos, uma resina epoxi apropriada.

Outro fator restritivo representado pelos aqüíferos diz respeito à recuperação na lavra. Tradicionalmente as minas de potássio no mundo empregam o método de "Longwall" que garante grandes produtividades e alta taxa de recuperação. Em nosso caso, em virtude da pequena distância entre o minério e a ca-

mada aquífera, é vital a necessidade de pilares de sustentação para impedir, o abatimento das camadas superpostas, e o método de lavra adotado foi o de câmaras de pilares com o abandono dos mesmos.

Por último, a possibilidade de se encontrar níveis deste arenito no mesmo horizonte de lavra, obriga a execução de sondagens de proteção, dotada de dispositivos de válvulas BOP, antes da abertura de galerias em áreas não reconhecidas, o que implica em prazos e operações adicionais na mina.

c) Metano

A presença de gás metano (grisu) nos interstícios da rocha já foi detetada e cadastradas em 120 fontes dentro da Mina. Nenhuma destas fontes de emanção de gás chegaram a ser de grandes proporções, e ainda o gás não chegou a ser detetado na atmosfera da Mina. Entretanto, alguma destas fontes acusam valores de até 12% de gás metano no ponto, o que força a encarar o problema com prudência.

A origem do metano ainda não chegou a ser completamente esclarecida, mas o mais provável é que o gás esteja contido nos cristais do sal, oriundo da decomposição de matéria orgânica depositada concomitantemente.

Existe ainda a possibilidade de migração deste gás dos campos de petróleo localizados próximos a área ou de camadas argilosas situadas abaixo da jazida, mas estas hipóteses são mais remotas.

A existência do gás condiciona o tipo de equipamentos e material a ser utilizado, os quais devem ser antideflagrantes (flam-proof) ou permissíveis (no caso de explosivos e acessórios). Estes equipamentos ainda não são fabricados no Brasil, e não existem também laboratórios que executem os testes para aprovação destes equipamentos no País e nem tampouco Organismo Governamental que esteja qualificado para emissão de certificados para estes equipamentos.

Este fator foi responsável pelo atraso da implantação deste projeto, uma vez que todos os equipamentos da Mina (motores, transformadores, cubículos, etc.) tiveram que ser encomendados no exterior e a maior parte dos mesmos ainda não chegou à mina.

d) Taquidrita

Conforme descrito no item anterior, a jazida de Taquari-Vassouras, apresenta duas camadas mineralizadas, denominadas Silvinita Superior e Silvinita Inferior. A camada inferior está logo acima de uma camada de Taquidrita, cloreto duplo de cálcio e magnésio com 12 moléculas de águas ($\text{CaCl}_2, \text{MgCl}_2, 12\text{H}_2\text{O}$) que possui a propriedade de absorver outras 12 moléculas de água que se liquefaz, quando em contato com o ar. Este mineral apresenta uma resistência à compressão em ensaios de laboratórios dez vezes menor que o da Silvinita ou da Halita.

Até o momento só foram realizados ensaios de laboratórios com a Taquidrita e espera-se que o comportamento destas camadas "in-situ", sem exposição ao ar, confinadas, apresente maiores resistências.

Entretanto, a lavra da camada inferior só poderá ser efetuada com existência de uma laje mineral que absorva os esforços de deformação da Taquidrita. O Dimensionamento desta laje será efetuado após a realização de ensaios "in-situ" através da lavra de um painel experimental na silvinita inferior, e a viabilidade técnica da lavra desta camada depende do valor que for encontrado para a espessura desta laje.

e) Temperatura

A temperatura da rocha encontrada na profundidade de 420 metros é de 42 a 43°, apresentando um grau geotérmico muito elevado.

Além disto, as condições climáticas da superfície apresentam temperaturas muito elevadas (temperatura média anual de 36° bulbo úmido e umidade relativa do ar de 80%). Com temperatura desta ordem, aliada a existência de gás, o volume de ar a ser insuflado na mina é muito elevado ($210\text{m}^3/\text{s}$) e possivelmente quando a lavra atingir a capacidade nominal e níveis mais profundos serão necessários a utilização do resfriamento do ar.

f) Mudanças de Facies

A jazida apresenta uma grande variação lateral, na camada potássífera denominada como "halitização" que dificultam sobremaneira o reconhecimento geológico e a aplicação de modelos determinísticos para a concepção da Jazida. Existem exemplos de furos de sondagens de superfície espaçados de 50 metros, onde a camada mineralizada varia de 7,0 para 1,5 metros de espessura.

Esta variação brutal de espessura representa grande dificuldade na utilização de equipamentos de grande porte (Boring Machine por exemplo) que apresenta pequena versatilidade operacional.

g) Superposição de Camadas

A separação das camadas superior e inferior varia de 0 até 10 metros de espessura, ocorrendo muitos casos em que não existe uma separação física entre as mesmas. As dificuldades decorrentes deste fato dizem respeito ao dimensionamento dos pilares, e da superposição dos mesmos que podem provocar efeito de cisalhamento nos pilares.

4. DESENVOLVIMENTO DA MINA

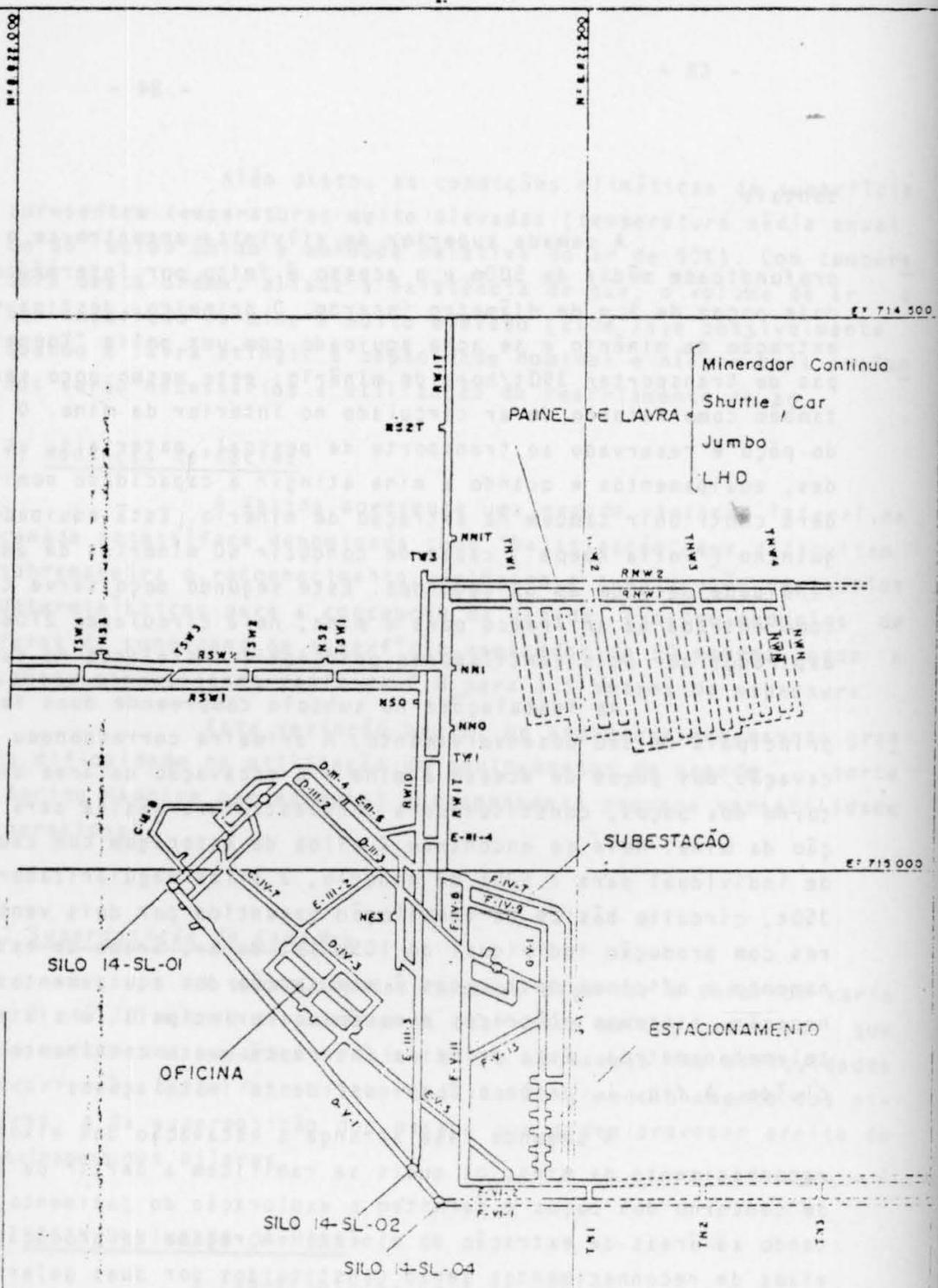
A lavra iniciar-se-á na camada superior de silvinita e o minério de potássio de Taquari-Vassouras será extraído pela aplicação de métodos convencionais de lavra em camadas hori

zontais.

A camada superior de silvinita encontra-se a uma profundidade média de 500m e o acesso é feito por intermédio de dois poços de 5 m de diâmetro interno. O primeiro, destina-se à extração de minério e se acha equipado com uma polia "Koepe" capaz de transportar 390t/hora de minério; este mesmo poço servirá também como retorno de ar circulado no interior da mina. O segundo poço é reservado ao transporte de pessoal, materiais, utilidades, equipamentos e quando a mina atingir a capacidade nominal poderá contribuir também na extração de minério. Está equipado com guincho ("Polia Koepe") capaz de conduzir 60 minérios de uma profundidade de 460m em 63 segundos. Este segundo poço serve também como entrada de ar fresco para a mina, nela circulando $210\text{m}^3/\text{s}$, aspirados por dois ventiladores principais instalados no subsolo.

As instalações no subsolo compreende duas fases principais em seu desenvolvimento. A primeira corresponde à escavação dos poços de acesso à mina e à escavação da área de contorno dos poços, constituindo a infraestrutura básica para operação da mina. Nele se encontram 2 silos de estocagem com capacidade individual para 7.500t de minério, 3 silos regularizadores de 350t, circuito básico de ventilação garantido por dois ventiladores com produção individual de $105\text{m}^3/\text{s}$, de ar, áreas de estacionamento e oficinas destinadas à manutenção dos equipamentos de mineração, sistemas elétricos e mecânicos principais, e sistema de telemetrometria. Esta primeira fase está quase totalmente concluída. A fig. 1, exibe o "Lay-out" desta instalações.

A segunda fase abrange a escavação dos eixos de reconhecimento da mina, os quais se ramificam a partir da área de contorno dos poços e permitem a exploração do jazimento, limitando as áreas de extração do minério em regime de produção. Os eixos de reconhecimentos serão constituídos por duas galerias. Uma destinada à circulação de pessoa, equipamentos de mineração e entrada de ar fresco e a outra ao transporte contínuo do minério por correias transportadoras e retorno do ar circulante nas



- Shaft de Extração 460 m
- Shaft de Serviço 435 m
- Galerias Executadas até 29/02/85 a Km

FIG.1

frentes de escavação. No caso da mina Taquari-Vassouras prevê-se para os 03 primeiros anos de operação da mina a escavação de 34Km de galerias de reconhecimento. Tais galerias de 7,2m de largura por 2,70m de altura serão escavados por unidades compostas individualmente por um minerador contínuo associado a dois caminhões elétricos (Shuttle Cars) e equipamentos de apoio com o desempenho diário de 565t de corte.

Localizadas as áreas de mineração em potencial, passar-se-á a execução das operações de lavra em regime de produção. As áreas de mineração serão lavradas em painéis de 500m de comprimento por 250m de largura. Em cada painel de lavra será realizada pelo método de câmaras de pilares em, aproximadamente, 60 câmaras com 10m de largura, 110m de comprimento e 7,0 m de altura, e estarão separadas por pilares de minério com 12m de largura. Duas unidades de mineração serão empregadas em cada painel. A primeira composta de 01 minerador contínuo e 02 caminhões elétricos com produção diária de 1305t. A segunda unidade composta por uma carregadeira diesel, um jumbo de perfuração e um carregador de explosivo e sua produção diária alcançará 1605t. Em cada painel serão, portanto, extraídos 2.910t, de minério por dia. Cada área de mineração, composta por 02 painéis, perfaz 5.820t, por dia. Concomitantemente com as unidades de produção, irão operar duas unidades de mineradores contínuos nos eixos de reconhecimento com produção de 1.130t/dia, totalizando 6.950t/dia de extração. Outras unidades servirão de apoio às frentes de lavra, ou seja, caminhões para transporte de pessoal e material, caminhões de manutenção, cavilhadeira e transporte de supervisores.

Nas frentes de lavra o minério é transportado da face de corte ou abatimento para alimentadores-quebradores, os quais compatibilizarão o volume de minério para as correias transportadoras e estas o levarão aos silos regularizadores na área de contorno dos poços; daí para o guincho de extração no qual será elevado até a superfície. Na operação da mina estarão trabalhando diariamente cerca de 450pessoas.

Conforme descrito anteriormente, os pilares de sustentação da mina, seus dimensionamentos foram obtidos através dos estudos de mecânica das rochas.

Para a lavra da camada superior de silvinita em - pregou-se o critério de cálculo convencional de ruptura e para isso realizaram-se ensaios de laboratório com vistas a determinação das propriedades de resistência mecânica dos diversos evaporitos de interesse nas escavações de lavra. Tomando-se em consideração a existência da camada inferior de silvinita, estudos complementares foram desenvolvidos para determinação das características de fluência dos evaporitos.

Tais estudos fizeram-se necessários por estar a camada inferior sobrejacente a uma camada de taquidrita, rocha cuja propriedade mecânica revela problemas quanto à otimização da lavra da camada inferior, bem como da lavra conjugada de ambas camadas. Esta ocorrência é pela primeira registrada no mundo o que exigiu da Petromisa grandes esforços na execução de pesquisas inéditas, quer no âmbito de laboratório, quer no tocante ao dimensionamento estrutural pela aplicação de um complexo sistema de computação capaz de simular o comportamento "in-situ" das estruturas de lavra.

Assim, a otimização da lavra da camada inferior está alcançada através de mineração experimental, em painel de lavra especialmente projetado para este fim, e localizado sobrejacente à camada de Taquidrita.

5. PERFURAÇÃO DOS POÇOS

O local de implantação dos poços foi escolhido em função de condições de superfície e sub-superfície, topografia local e centro de gravidade da jazida.

Os trabalhos de abertura dos dois poços de acesso e ventilação foram iniciados em julho de 1979.

O diâmetro interno dos poços de 5 metros, afastados 240m, um do outro e com aproximadamente 460m de profundidade.

A sequência litológica atravessada durante a escavação é constituída grosseiramente de folhelhos, margas, calcários e arenitos. A escavação de ambos foi simultânea, pelos métodos convencionais de perfuração e desmonte demandando um tempo de aproximadamente 3 anos. Foram revestidos de concreto especial em toda a sua extensão e foram tomadas as precauções cabíveis visando assegurar níveis aceitáveis de água proveniente das camadas escavadas.

Na embocadura dos poços, independentemente do revestimento, foi construído um colar de concreto com 1,0m de espessura e 13,0m de profundidade. Na parte superior, o colar foi de concreto armado, dimensionado para suportar as instalações definitivas (Torre, Skips, Cabos, etc.), e na parte inferior uma sapata ambas de sustentação do colar, foi posicionada sobre uma camada de folhelhos cuja a resistência a compressão é suficiente para suportar as cargas do peso do colar e das instalações definitivas.

O colar do poço tem por finalidade atravessar os terrenos inconsolidados de superfície, de servir de fundação à plataforma de trabalho na superfície, durante a escavação e de fundação às instalações definitivas de extração.

Até a profundidade de 331 metros, a escavação atravessou rochas secas. O revestimento deste trecho tem 0,45m de espessura.

Na zona aquífera, entre 331 e 383m de profundidade, o processo de escavação foi o mesmo, no entanto, antes de iniciar a passagem pelas camadas aquíferas existentes neste intervalo, foi executado o grauteamento das rochas produtoras em todo o seu perímetro.

No topo da zona aquifera, foi construída uma sapata anular com a forma de dois troncos de cone unidos pela base maior. A sapata foi cuidadosamente ancorada em rocha resistente.

O revestimento, entre 331 e 383 metros, foi reforçado visando a estanqueidade de fluido neste intervalo. Este revestimento, foi constituído de fora para dentro, da seguinte maneira:

1. Um pré-revestimento de concreto com espessura mínima de 0,30m.
2. Uma camisa estanque de chapa de aço com 6,60m de diâmetro, composta de painéis de 1/4" de espessura.
3. Um revestimento definitivo, constituído de concreto com 0,80m de espessura uniforme.

A sapata anular na base do trecho, com revestimento estanque, foi construída em rocha resistente, entre os níveis 383 e 388, numa camada de anidrita de 6 metros de espessura situada nesta profundidade.

As rochas atravessadas no trecho 388m e 415m são portadoras de água em pequena quantidade, entretanto, considerando-se as pressões aí registradas, a espessura do revestimento é de 0,80m.

Entre os níveis 415 e 435, foram construídos, no poço uma tração, dois emboques de galerias e uma estação de carregamento dos "Skips" com o emboque de sua galeria de alimentação, enquanto no poço de serviço foram construídos apenas dois estoques de galerias.

O fundo do poço de extração tem uma profundidade da ordem de 30m, em função das dimensões das instalações de extração. No poço de serviço, neste intervalo, o revestimento tem a espessura de 0,45m de concreto até o nível 465,5m e no fundo existe uma laje de concreto de 1,5m de espessura em função da presença da Taquidrita.

As características acima descritas, poderão ser visualizada na figura 2.

5.1. Método de Trabalho para Escavação e Revestimento dos Poços

O método de trabalho utilizado para a escavação e revestimento dos poços, consistiu em escavar 6m de poço e em seguida concretar 6m de revestimento, de modo que a distância máxima entre o revestimento e o fundo do Poço fosse de 12m e a mínima entre o revestimento e o reinício da escavação fosse de 6m.

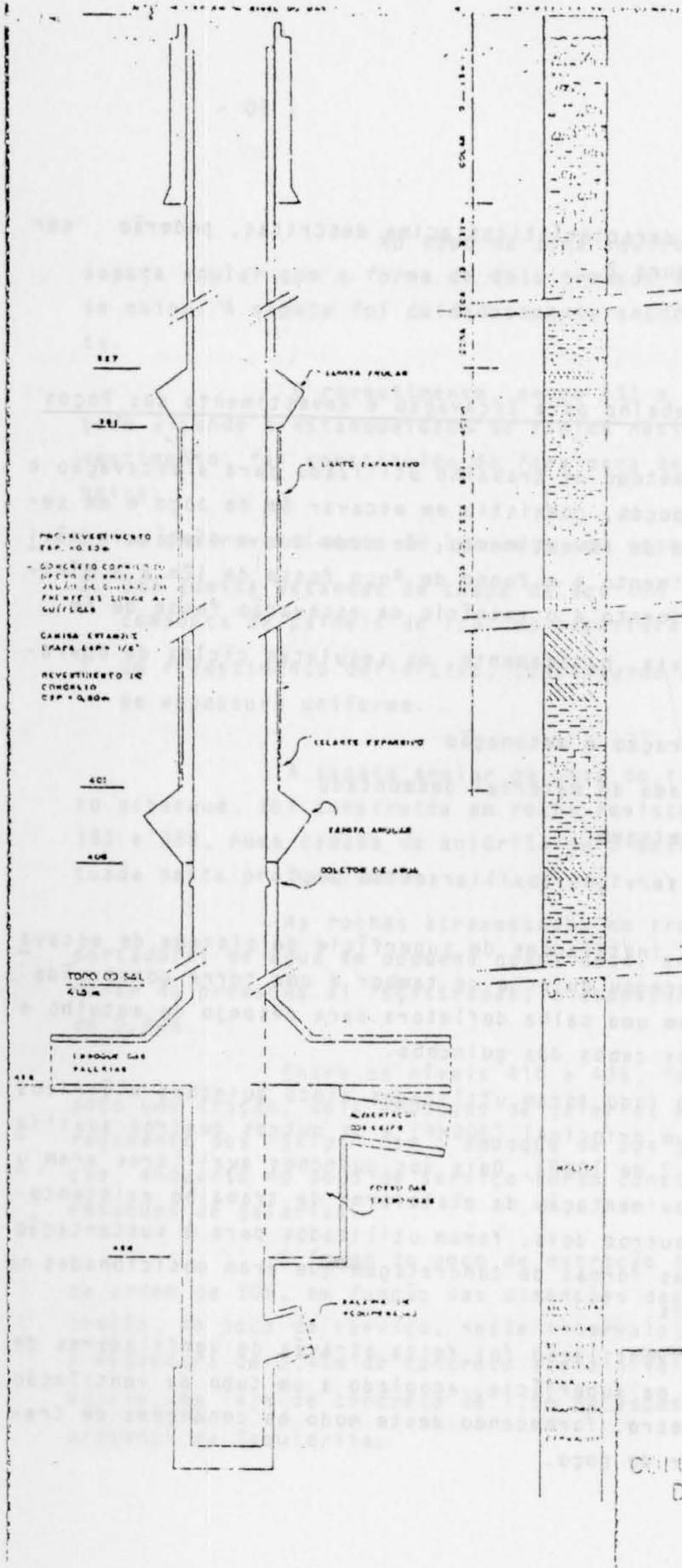
Havia, basicamente, os seguintes ciclos de operação:

- a) Ciclo de perfuração e detonação
- b) Ciclo de retirada do material desmontado
- c) Ciclo de concretagem
- d) Colocação dos serviços auxiliares do poço.

As instalações de superfície do sistema de escavação dos poços empregou guincho de tambor e uma torre construída em aço tubular com uma calha defletora para despejo do entulho e roldanas guias dos cabos dos guinchos.

Ao todo foram utilizados cinco guinchos elétricos por poço, sendo um principal (800HP) e os outros quatro auxiliares (2 de 20HP e 2 de 10HP). Dois dos guinchos auxiliares eram utilizados para movimentação da plataforma de trabalho existente no subsolo e os outros dois, foram utilizados para a sustentação e movimentação das formas de concretagem que eram posicionadas no interior dos poços.

A ventilação foi feita através de ventiladores de 40HP, instalados na superfície, acoplado a um tubo de ventilação de 750mm de diâmetro, fornecendo deste modo as condições de trabalho no interior do poço.



COLUMNA ESTABILIZADA S. I.
 DE MINA - COLUMNA SCL

FIG.

O ciclo de perfuração e detonação, desenvolvia-se em rocha dura, em bancadas de meia seção do poço. Em rocha mole do tipo folhelho, o desmonte era feito com rompedores e a limpeza do material, feita simultaneamente.

O planejamento da execução dos furos era feita utilizando-se quatro prumos topográficos instalado no poço, levando-se em consideração o diâmetro da zona que estava sendo escavada. Eram perfurados 40 furos de 1.1/4" de diâmetro por 1,60m de profundidade, em meia seção do poço com 5 perfuratrizes. Foi utilizado explosivos de alta potência, de 1" por 12", utilizando-se espoletas elétricas para a detonação. A duração do ciclo de perfuração e detonação era em média 8 horas, sendo o avanço médio a proximadamente 1,30m.

Tão logo eram eliminados os choccos, dava-se início a operação de retirada do material desmontado resultante da detonação. Dois baldes eram empregados nessa operação: Um permanecia no fundo para ser carregado enquanto o outro fazia o percurso de subida, descarregamento na superfície e descida dentro do poço. Quando o balde vazio chegava fundo, fazia-se a troca deste pelo cheio, que era então suspenso até as calhas defletoras montadas na torre de extração para despejo. Essa sequência era repetida até que toda a rocha desmontada fosse retirada de dentro do poço. Nove operários eram utilizados para o paleamento do material desmontado. Ao final da operação de limpeza, efetuava-se a marcação do fundo para nova perfuração.

O ciclo de retirada do material desmontado durava em média 5 horas.

Em seguida dava-se início ao ciclo de concretagem com o posicionamento das formas de concreto. Após esta operação, derramava-se o concreto vindo da superfície, em balde apropriado para o concreto, no espaço anular entre a brecha e a forma, através de dispositivo de distribuição de concreto posicionado na plataforma de trabalho. O revestimento do concreto de ôm demorava em média 14 horas.

No trecho aquífero entre 331 e 338 metros, fez-se necessário a colocação de um anel de aço com chapa de 1/4" reforçado com cantoneiras unidos entre si por solda.

Neste trecho, fez-se necessário ainda aumentar a espessura do concreto, o que acresceu o tempo do ciclo de concretagem aliado ao tempo de soldagem dos anéis de aço. Neste trecho, o tempo gasto para a concretagem de 6 metros com o anel de aço foi em média cerca de 120 horas.

Após a finalização do ciclo de concretagem, era necessário o acréscimo de mais 6m das tubulações de ventilação, ar comprimido e de água. Estes serviços demoravam em média cerca de 8 horas.

5.2. Impermeabilização dos Aquíferos

Antes de se iniciar a escavação dos poços, foi realizada uma sondagem-guia a 20m do poço de extração, seguindo uma programação rígida, com o objetivo de alcançar o maior número de informações possíveis. Desta forma, realizou-se testemunhagem contínua a partir de 15 metros de profundidade, testes de formação sucessivas, perfilagem completa e execução de uma série de coletas de amostras visando a determinação de parâmetros físicos. Esta programação foi dirigida a todos os níveis que apresentassem evidências, mesmo pouco significativas, de virem a ser produtora de água.

Após o conhecimento das características das camadas (corpo arenoso) que deveriam ser impermeabilizadas, através de uma série de ensaios petrofísicos, definiu-se quais níveis apresentavam vazões que se tornassem necessária esta impermeabilização, iniciou-se o período de ensaios de laboratório e testes no próprio local, com vistas a se definir qual o produto para se impermeabilizar o terreno.

A primeira aproximação para a seleção do produto

baseou-se na análise granulométrica dos corpos arenosos e na permeabilidade destes corpos. Em função destes dados, poder-se definir "a priori" que determinados produtos não seriam aceitos pela formação, uma vez que suas partículas são maiores que o espaço intersticial dos grãos formadores dos corpos arenosos.

A partir deste subsídio, procurou-se investigar um produto líquido. Foram experimentados inicialmente, os produtos comerciais mais consagrados neste tipo de tratamento e que apresentam custos mais baixos, selecionando-se para os testes o geoseal e o silicato de sódio.

Ambos os produtos são líquidos e penetraram na formação. Entretanto, a qualidade de água contida nestes corpos arenosos, altamente agressiva, interferia na gelificação dos mesmos. Foram estudados teoricamente outros produtos possíveis de serem utilizados tais como as resinas manomeras, polimeras precondensadas e aglomerantes hidrocarbonatos. Os produtos selecionados para estudos em laboratório foram o cimento sintético da Dowell, as resinas epoxi e acrílicas e o betume.

Os testes com o betume foram logo abandonados devido a sua propriedade de retração após a pega, e porque não formava um produto consistente que suportasse a pressão da formação. Realizaram-se então testes de laboratório com o cimento sintético, epoxi e acrílico com a água do poço, em todos os casos foi possível a solidificação do produto.

A partir deste momento, foi escolhida a resina epoxi para testes experimentais porque o cimento sintético era importado, tornando difícil o seu fornecimento, e o acrílico possuía gases tóxicos que tornariam arriscado o seu emprego em locais confinados como o poço.

A resina escolhida para o teste de laboratório foi o VIE-800 que apresentou bons resultados com a água de formação e não havendo interferência na sua reação, tentou-se então verificar se a penetração nos arenitos se faria sem problemas. Estes en

saícos foram realizados com um aparelho construído no próprio canteiro onde se testava a penetração do produto em testemunhos dos arenitos de diversas permeabilidades. Através da adição de plastificantes, visando diminuir sua viscosidade, chegou-se a um produto denominado TM-5 que permitiria a penetração em permeabilidades até 150 milicarcy.

Os testes de campo realizados com o TM-5 apresentaram resultados favoráveis, diminuindo-se consideravelmente a vazão dos arenitos. Em alguns casos após a injeção do produto chegava-se a eliminar totalmente a vazão.

Definida a resina epoxi como o produto mais adequado a impermeabilização dos terrenos, uma vez que a mesma não sofria alterações em sua estrutura devido a ação da água da formação, iniciaram-se os testes de injetabilidade do produto.

Estas experiências objetivaram-se determinar a penetração do produto dentro da rocha ao longo do tempo, buscando-se identificar os parâmetros a serem utilizados para a definição da metodologia de injeção. Após estes testes foram conhecidos os raios de ação teórico em cada furo e sabendo-se a espessura requerida a ser injetada, dimensionou-se 3 anéis com 60 furos cada, que dá o número total de 180 furos, formando anéis fora do perímetro a ser escavado.

Para a perfuração no interior do poço foi utilizada uma perfuratriz "WAGON DRILL" com haste de 1.1/4". A rotina das operações, constou das seguintes etapas:

- a) Perfuração até 7,0 metros
- b) Ancoragem de um tubo de aço de 3"
- c) Teste de ancoragem com água
- d) Perfuração até o arenito
- e) Injeção do produto

Para a injeção foi utilizada Bomba Clivio de funcionamento hidráulico, com controle de pressão por manômetro.

O volume de resina injetado no poço de extração foi de 79.330 litros, no período de maio a setembro de 1981. No poço de serviço os trabalhos de injeção iniciaram-se em setembro de 1981 e se prolongaram até maio de 1982, devido a problemas de mudanças das características dos arenitos. Apresentando um arenito de inconsolidado, friável e desprovido de cimentação. Este fato ocasionou uma nova série de testes para a adequação do produto de injeção, uma vez que a resina TM-5 não apresentava resultados satisfatórios. Seguindo-se novo período de experimentação até chegar-se a uma resina com maior viscosidade e resistência à compressão de maneira a solidificar o material inconsolidado. Houve neste momento uma alteração conceitual de injeção que visava o preenchimento da porosidade do arenito, introduzindo-se também a necessidade de consistências dos mesmos.

Por outro lado, a existência de material inconsolidado, colocava em risco o prosseguimento da escavação do poço, porque mesmo que se lograsse a impermeabilização, havia ainda o problema da estabilidade das paredes.

Foram então realizados três anéis suplementares em frente a região do material inconsolidado, e atingindo o diâmetro da escavação do poço, com o objetivo de consolidar esta área.

Neste poço, o volume total injetado foi de 167.451 litros em 222 furos, apresentando uma média de 754 litros por furo, o que representou praticamente o dobro previsto.

Os quadros 1 e 2 mostram os testes realizados com diversos produtos, e o resumo das injeções executadas nos dois poços.

6. DESENVOLVIMENTO DAS GALERIAS

A abertura das galerias foi iniciada em novembro de 1982, iniciando-se pela conexão entre os dois poços de forma

QUADRO 1 - TESTES COM SILICATO, GEOSEAL E CIMENTO

Nº DO FURO	PRESSÃO Kg/cm ² S/F	TEMPO (SEG)	M I S T U R A						OBSERVAÇÕES
			Água (L)	Silica to (L)	Aceta- to (L)	Geo - sea (kg)	Soda	Cimen- to (Kg)	
1A	36/60 20/60	51 26	725 200	12,5	10,75	-	-	-	- Colchão de 150L H ₂ O+6Kg NaCl Gel inconsistente
1.1/2A	36/60 20/60	4 34	100 500			25		80	- Não deu pega - Redução de Vazão para 150 l/min. - Não deu pega
1B	42/60	38	725	15,10	12,5				- Gel inconsistente
2A	40/60	60	870	15,0	12,9				- Gel inconsistente
	60/60	7	100					30	- Aceitou sô 40L
2.1/2A	38/60	7	500	300				40	- Colchão de 100L H ₂ O+2,5Kg soda
	40/60	7	100						- Sô aceitou 40 L
2B	40/60	24	390	7,5	6,45				- Gel inconsistente
	40/60	8	200					40	- Aceitou 160L, mas não deu pega
3A	40/60	30	390	7,5	6,45				- Gel inconsistente
	40/60	4	100					40	- Sô aceitou 60L
3B	50/60	58	835	19,2	15				- Redução da vazão para 150L/min
4A	40/60	34	2520	99,2	37,5				- Redução de vazão 6,5 L/min
4B	40/60	19	435	7,5	6,45				- Gel inconsistente
5A	50/60	6	170	5,0	4,30				- Gel inconsistente
5B	35/60	10	150			25	2		- Colchão com 200L H ₂ O+6Kg NaCl refu- ração 200 L/min
	50/60	21	628	10,75	10				- Gel inconsistente
6A	36/54 40/60	44 10	820 182	40,65	15	25	2,5		- Gel inconsistente - Colchão c/H ₂ O+6Kg NaCl
6B	34/60	7	182			25	2,5		Vazão 75 l/min. - Colchão com H ₂ O+6Kg NaCl
7A	60/60	9	182			25	2,5		Vazão 150 l/min. - Colchão com H ₂ O+3Kg NaCl
7B	36/60	19	130			25	2,5		- Colchão com H ₂ O+6Kg NaCl
	60/60	5	140					40	H ₂ O+6Kg NaCl Vazão 100 l/min - Sô aceitou gel

INJEÇÃO NO POÇO DE EXTRAÇÃO - QUADRO 2

A N E L	QUANTIDADE DE FUROS	VOLUME DE EPOXI POR FURO (LITROS)			VOLUME TOTAL EPOXI LITROS
		MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	
1ª ANEL (EXTERNO)	89	20	2.260	574,27	51.110
2ª ANEL (INTERNO)	80	0	1.040	274,00	16.440
3ª ANEL (INTERMEDIÁRIO)	60	0	1.260	196,33	11.780
T O T A L	209	-	-	379,50	79.330

INJEÇÃO NO POÇO DE SERVIÇO

A N E L	QUANTIDADE DE FUROS	VOLUME DE EPOXI POR FURO (LITROS)			VOLUME TOTAL EPOXI LITROS
		MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIO	
1ª ANEL (EXTERNO)	60	130	3.140	1.125,8	49.180 L
TOTAL	-	-	-	-	20.209 Kg
2ª ANEL (INTERMEDIÁRIO)	62	40	2.298,7	559,32	67.551 L
TOTAL	-	-	-	-	23.970 L
3ª ANEL	60	68	2.842,5	714,5	14.507 Kg
TOTAL	-	-	-	-	37.158 L
4ª ANEL	15	136	1.096,6	594,9	6.300 L
TOTAL	-	-	-	-	40.231 Kg
5ª ANEL	25	37,5	1.387,5	481,5	42.873 L
TOTAL	-	-	-	-	12.037,5Kg
T O T A L	222	-	-	754	10.943 L
					167.451 L

a permitir uma ventilação mais eficiente e com maior vazão. Foram desenvolvidas concomitantemente a área de contorno dos poços onde se localizam toda a infra-estrutura principal da mina (oficinas, estacionamentos, depósitos de combustível, subestações e silos) e o desenvolvimento para área oeste e onde se conhecia por sondagem de superfície um corpo mineralizado onde não ocorria silvinita inferior e que, portanto, mais favorável para o início da lavra. De novembro/82 até janeiro de 1985 foram abertas 8Km de galerias.

Os fatores que limitaram o desenvolvimento da mina, foram a baixa capacidade dos guinchos provisórios utilizados para a escavação dos poços, que proporcionavam uma produção de 700/dia e os equipamentos e transporte utilizados.

Com a demora da chegada dos equipamentos "Flame Proof" importados, decidiu-se pela abertura das galerias com equipamentos acionados a ar comprimido que não apresentam problemas com o gás metano, mas que ao mesmo tempo apresentam baixa produtividade.

A perfuração para detonação de galerias foi realizada com perfuratrizes manuais com avanço pneumático, BBC-17 da Atlas Copco.

Devido a plasticidade do sal, as razões de carregamento foram muito elevadas estabelecida no mínimo de 1,7 Kg/m³. O esquema de furação empregado utilizou diversos tipos de pilões nas seções de galerias que variam de 5 x 2,5 a 7,20 x 2,5m. O explosivo utilizado era do tipo permissível Tovex-300 da Dupont em Cartuchos de 12" e espoletas elétricas também permissível da Explo.

O método utilizado para a limpeza e transporte do material detonado foram evoluindo em função do aumento das distâncias.

Inicialmente foram utilizados "Dumbers" com capacidade de 0,3m³ carregados manualmente. Gradativamente foram sen

do introduzidos carregadeiras Bob-Cat (Clark) com capacidade de capacidade de 0,3m³, para carregamento do material detonado em calhas americanas ou panzers e daí para correias transportadoras, todos adaptados para acionamento a ar comprimido. Para tanto, dispunhamos de uma central de ar comprimido com capacidade para 15.000 P.C.M. A evolução da produtividade nestes diferentes métodos é ilustrado no quadro seguinte:

MÉTODO	Carregamento Manual Transporte em Dumpers	Carregamento Bob-Cats Transporte em Dumpers	Bob-Cats Correiras Transportadoras	Bob-Cats Calhas Metálicas e Correias Transportadoras
PERÍODO	Nov. e Dez. 82	Jan. a Jul. 83	Ago. a Nov. 83	Dez. 83 a Jan. 85
DISTÂNCIA TRANSPORTE	10 a 50 m	50 a 120 m	10 a 75 m	10 a 30 m
CICLO(h)				
PERFURAÇÃO	3,70	3,70	3,80	3,80
LIMPEZA	5,25	6,28	2,96	1,50
TOTAL	8,95	10,28	6,84	5,30
AVANÇO (m)				
FRENTE/CICLO	1,30	1,85	1,80	2,0
FRENTE/DIA	2,60	3,70	5,40	6,0

Verificamos no quadro acima a evolução da produtividade dos trabalhos com a introdução do equipamento acionados pneumáticamente para o carregamento de transporte do material detonado, primeiro, pela melhora nos ciclos de limpeza nas frentes e depois com um melhor dimensionamento do plano de fogo, possibilitando melhores avanços nas detonações.

Inicialmente ao ser introduzido o carregamento com Bob-Cat obtivemos um incremento de 42% em relação ao primeiro método. Posteriormente, com a instalação de correias transportadoras, com uma maior eficiência do transporte de material desmontado, obteve-se um aumento de 46% em relação ao método anterior. E finalmente, com a instalação nas frentes de calhas metálicas (calhas americanas e panzers), possibilitaram uma melhora das operações carregamento/limpeza, seguindo-se um crescimento de 12% na produtividade em relação ao método anterior.

7. CONCLUSÃO

Por tudo quanto acaba de ser aqui relatado, verifica-se que são bastante promissores os resultados alcançados pela PETROMISA em um dos segmentos mais importantes de suas atividades que é o de procurar suprir o país, a médio prazo, de um insumo essencial ao desenvolvimento da agricultura nacional. A produção de potássio fertilizante.

A Mina de Taquari-Vassouras, é hoje uma feliz realidade, cuja produção a iniciar-se ainda no 2º semestre de 1985, sem dúvida, reconhecemos, destinada a cobrir só parcialmente a demanda do País. Vai, portanto, a PETROMISA, de forma segura, dominando a Tecnologia de exploração de potássio, formando quadro de técnicos que amanhã estarão aptos a dominar por seus próprios meios as dificuldades que se antepõem em novos projetos.

Por outro lado, vai a PETROMISA também concorrer para atenuar os dispêndios em divisas, sabido que as importações de potássio impõem pesado ônus à balança comercial deste País.

CUIABÁ-RAPOSOS - VIAS DE ACESSO PRINCIPAIS

POÇOS VERTICAIS - PERFURAÇÃO E EQUIPAGEM

Eng. Carlos José Vaz¹; Eng. Geraldo Rogério Ferreira Fernandes² e Eng. Ademir Rirochi Ikeda³.

RESUMO

Apresentamos a seguir a descrição dos trabalhos que estão sendo realizados nas minas da MMV, na área de perfuração e equipagem de poços.

Para atender às metas estabelecidas pelo Projeto Cuiabá-Raposos, executou-se o alargamento e equipagem do Poço 4 da Mina de Raposos e estamos em andamento com a escavação do poço 1 da Mina de Cuiabá, cuja equipagem deverá ocorrer no segundo semestre de 1986.

Atualmente a Mina de Raposos produz 550tpd e encontram-se em desenvolvimento as frentes de lavra que permitirão o aumento da produção da mina para 800tpd a partir de JAN/86 e para 1000tpd a partir de 1987.

¹ Engenheiro de Minas, formado em 1971, pela Escola de Minas de Ouro Preto;
Coordenador de Perfuração de Poços da Mineração Morro Velho S.A. Nova Lima - MG

² Engenheiro de Minas, formado em 1980 pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais;
Engenheiro Chefe do canteiro de Obras do Poço Cuiabá da Mina de Cuiabá da Mineração Morro Velho S.A. - Sabará - MG

³ Engenheiro de Minas, formado em 1980, pela Escola de Minas de Ouro Preto;
Engenheiro Chefe do canteiro de Obras da Rampa I da Mina de Raposos da Mineração Morro Velho S.A. - Raposos - MG.

POÇO IV RAPOSOS: Este poço estava escavado entre o nível de entrada da mina e 15m abaixo do nível 2400'. A sua profundidade era de 732m e 13' de Ø. Estava equipado com guias de cabos de aço, somente entre os níveis 900' e 2400', trecho em que o transporte de homens/materiais/minério e estéril era realizado através de duas gaiolas de dois decks cada uma, operando em balanço. A capacidade de extração do poço era de 300tpd o que impedia qualquer plano de aumento de produção de mina.

Para atender à ampliação da produção da Mina de Raposos, executou-se o alargamento e equipagem do Poço4, cujos trabalhos compreenderam a escavação do poço entre a superfície e o nível de entrada da mina, alargamento no seu diâmetro escavado de 13' para 5,64m e o aprofundamento, abaixo do nível 2400' necessário à construção da estação de carga dos skips.

Figura nº 1 - Corte esquemático da Mina de Raposos

A equipagem se deu com a instalação dos quadros de divisão do poço em compartimentos, engastados em anéis de concreto espaçados a cada 6m. As guidadeiras por onde deslizam os skips e gaiolas, também de 6m de comprimento, foram fixadas nos quadros metálicos, resultando em um poço vertical com as seguintes características:

Profundidade: 384m
Ø Escavado : 5,64m
Ø Útil : 5,04m

nº de compartimentos: 2 para skips (operando em balanço).

1 para gaiola de dois decks

1 para contrapeso de gaiola

área para dutos e cabos

A capacidade de extração deste poço é de 2.000tpd, operando em dois turnos com 8 horas de duração cada um, utilizando skips de 5,5t de capacidade de carga.

A gaiola transporta 30 homens por andar, portanto 60 homens por viagem.

O poço serve ainda como via de entrada de ar para ventilação da mina.

Os guinchos de içamento são de fabricação Nordberg / AEG, com 95% de nacionalização em peso com as seguintes características:

Tipo: dois tambores - ambos com embreagem

Ø tambor: 3,0m

Velocidade: 10m/s

Potência: 1000 KW

Este poço entrou em operação em 17/06/84.

POÇO CUIABÁ - (EM ANDAMENTO)

Este poço está sendo escavado atualmente e seu projeto é idêntico ao do Poço 4, com a diferença de que em Cuiabá ainda não temos nenhuma ligação entre o poço e a mina. Os níveis inferiores ao N5 serão desenvolvidos a partir do poço vertical, que após concluído terá as seguintes características:

Profundidade: 840m

Ø escavado: 5,64m

Ø útil: 5,04m

nº de compartimento: 2 para skips (operando em balanço)

1 para gaiola

1 para contrapeso de gaiola

área para dutos e cabos

Capacidade de extração: 2.000tpd em dois turnos de 8 hs
Capacidade da gaiola: 30 pessoas por andar (2 andares)
O poço também será usado como via de entrada de ar de ventilação da mina.
Este poço somente entrará em operação em JAN/88.

Atualmente, está com a profundidade escavada de 630m, na qual estão sendo desenvolvidos os serviços relativos à estação de serviço do N9. A fase de escavação até a profundidade de 840m, incluindo os serviços referentes às estações do N11 e de carga, deverão estar concluídos em MAIO/86, passando-se a seguir para a equipagem que tem sua conclusão prevista para DEZ/86. O sistema de passagens de minério e estéril será escavado e equipado durante o ano de 1987, a partir de quando o sistema de acesso e extração da mina estará totalmente concluído para operação a plena carga.

Figura Nº 2 - Corte esquemático da Mina de Cuiabá.

Com vistas à antecipação da posta em marcha da área industrial do Queiroz, onde será tratado o minério oriundo das minas de Raposos e Cuiabá, a partir de OUT/85, decidiu-se pelo desenvolvimento do bloco superior da mina de Cuiabá, a partir de um túnel de encosta, o que propiciou a exposição para a lavra de reservas que garantirão a alimentação do circuito Cuiabá, na planta do Queiroz, à taxa de 1200tpd passando-se em JAN/88, para 1500tpd.

POÇO 5 - RAPOSOS - (EM PROJETO)

A proposição inicial era de se operar a Mina de Raposos através de um sistema de vias principais de acesso e escoamento.

mento composto de dois poços (nºs 4 e 5) interligados por um túnel no nível 24 da mina.

O poço 4 seria a via de acesso aos níveis situados entre o nível de entrada e o 24.

O poço 5 seria a via de acesso aos níveis situados entre o nível 24 e o 40.

Ambos com 5,04m de diâmetro útil, seriam equipados com dois skips em balanço para extração de minério e/ou estéril e uma gaiola de dois "decks", em balanço com um contrapeso, para transporte de homens e materiais.

Durante o curso do projeto, com o surgimento de fatores técnicos e econômicos que alteraram o cronograma inicialmente proposto, houve a necessidade de retardar para 1986 o início das atividades relativas ao Poço 5.

Para que não se registrasse nenhum decréscimo na produção da Mina de Raposos, em virtude da exaustão iminente das reservas situadas nas elevações servidas pelo poço 4, tornou-se imperativo adentrar as reservas inferiores a esse nível, através do desenvolvimento de uma via de acesso, não prevista inicialmente, à qual denominamos Rampa I, que garantirá a produção da Mina de Raposos nos níveis pré-estabelecidos, (1000tpd a partir de 1987), até o comissionamento do Poço 5, a partir de quando a produção da mina passará a ser içada pelo mesmo.

Figura Nº 3 - Poços 4 e 5 - Mina de Raposos (Concepção original)

Esse adiamento das obras do Poço 5 permitiu-nos vislumbrar a possibilidade futura de operação conjunta das Minas de Raposos e Grande, através de um sistema interligado de vias de acesso e escoamento, a ser constituído pelos novos poços 5 e 6. Este projeto, ainda está pendente de definições geológicas em curso, cuja previsão de resultados conclusivos estima-se em 1988.

A grande probabilidade do projeto do poço 6 tornar-se realidade, levou a MMV a concordar com um investimento adicional de risco no novo poço 5, tornando-o compatível para atender não somente às exigências atuais requeridas pela Mina de Raposos, mas permitindo, ainda, a atender às necessidades futuras da Mina Grande, simultaneamente.

A concepção básica desse projeto, que visa interligar as minas de Raposos e Grande, originou-se da constatação de que a Mina de Morro Velho, formada pelas antigas minas Grande e Velha, além das minas de Faria e Bicalho, têm sua exaustão prevista para 1995. A partir desta data, ainda remanescerão acima do nível 27 da Mina Grande cerca de um milhão de toneladas de minério com elevado teor, co-existindo com a possibilidade de se provar novas reservas em profundidade, uma vez que a continuidade dos corpos de minério lavrados até aquela elevação é tão constante que nos permite admitir a sua continuidade por outros 450m, garantindo-nos assim o volume de minério indispensável à viabilidade de implantação do Poço 6.

Considerando-se que lavar a profundidades de cerca de 2600m requer grande escala de produção, aliada a um aperfeiçoado e eficaz sistema de ventilação, bem maior do que aquele que se pode conduzir pelas atuais vias de acesso, levou-nos a elaborar um programa de produção a longo prazo que considerasse a proximidade e paralelismo dos limites mineralizados das minas de Raposos e Grande, chegando-se ao plano de racionalização da lavra daquelas minas através de um sistema integrado de vias de acesso e escoamento com seções compatíveis ao fim global a que se destinam.

As vantagens básicas de tal sistema seriam:

- Permitir a lavra das reservas da Mina Grande, situadas a grandes profundidades, impossíveis de serem recuperadas pelo atual sistema de poços devido à sua baixa capacidade extrativa e elevado custo operacional;

- Eliminar o "gargalo" do sistema de transporte atual da Mina Grande, constituído por uma sêrie de poços e tûneis de pequena seção, baixa capacidade de produção e elevado custo de manutenção;
- Permitir a lavra da Mina de Raposos entre os seus nîveis mais profundos (24 a 44).

Isto acertado, redefiniu-se a nova locação do Poço 5, verificou-se o movimento diário de homens, materiais, minério e estêril a serem transportados no seu interior, dimensionou-se o sistema de utilidades necessârias a serem incorporadas ao mesmo, tais como linhas de ar comprimido, águas de serviço, bombeamento, cabos de energia, comunicação e sinalização, bem como o grande caudal de ar requerido pelo sistema de ventilação das futuras frentes de produção em ambas as minas, resultando em um poço vertical, ora em fase de projeto, com as seguintes características:

Profundidade: 740m

Ø escavado: 7,2m

Ø útil: 6,5m

Revestimento: concreto

Nº de compartimentos: 2 para skips (operando em balanço)

2 para gaiola (operando em balanço)

área para dutos e cabos

Capacidade de extração: 3.000tpd (em 3 turnos de 8hs cada)

Capacidade da gaiola: 30 homens por andar (60 por viagem)

Adução do ar de ventilação para as minas Raposos e Grande.

Figura Nº 4 - Sistema de acesso integrado das Minas Raposos e Grande.

POÇOS VERTICAIS - PERFURAÇÃO E EQUIPAGEM

Comentaremos a seguir alguns conceitos básicos que deverão ser considerados quando do projeto de vias de acesso e escoamento de minas subterrâneas.

Escava-se um poço ou uma rampa para se prover meios de se transportar homens, materiais, ar para ventilação, energia, água, etc; para o interior das minas, permitindo, concomitantemente, a retirada de minério, estéril, água, retorno de ventilação, etc.

A escala de produção de uma mina é função de reserva lavrável disponível, das características geológicas do minério e das rochas encaixantes, da profundidade da área mineralizada abaixo da superfície, da atitude e teor dos corpos, dados estes dentre outros que, corretamente analisados e combinados, permitirão estimar a vida útil de um projeto, definindo-se a taxa de produção da mina.

Com a escala de produção e o método de lavra escolhidos, pode-se estimar a quantidade de homens, materiais e demais insumos que serão requeridos pela operação mineira.

Isto posto, pode-se estimar a área útil do poço a sua divisão em compartimentos, o dimensionamento dos veículos para transporte de homens, materiais e minério e estabelecer-se os ciclos de içamento de forma a atender todos os serviços requeridos para a obtenção da produção.

Outro fator de grande importância no dimensionamento de um poço é a quantidade de ar requerida para a ventilação e/ou refrigeração das operações subterrâneas, cuja via de adução, normalmente é o poço de acesso e extração. O volume de ar requerido é proporcional à tonelagem de rocha desmontada mas é

também ditado pela profundidade dos trabalhos, pelo grau geotérmico e pela umidade do ar de ventilação.

A determinação da maneira mais econômica de escavação também pode afetar o projeto do poço em favor de uma rápida e mais funcional maneira de escavar, uma vez que maior velocidade de aprofundamento reduz consideravelmente o custo de escavação, devido ao fato dos custos fixos serem constantes para velocidades de avanço diferentes.

O planejamento de escavação deve considerar o mais possível as operações de assentamento de tubulações e concretagens executadas simultaneamente com a perfuração e limpeza.

A limpeza é normalmente o fator mais crítico em escavações de poços e seguramente, a mudança de limpeza manual para limpeza mecanizada, é o que contribuiu mais decisivamente para o rápido progresso das técnicas de escavação.

Independentemente do método de limpeza utilizado, quase todos os poços são escavados, utilizando-se já os guinchos e torres permanentes, montados para permitir maior flexibilidade operacional, máxima velocidade de avanço e utilização de caçambas de limpeza de grande capacidade.

Sendo a velocidade de escavação o item mais importante a ser perseguido, a concha cactus grab, que permite velocidade de limpeza de até 300 t/h, é a opção automática para equipamento de limpeza.

Figura N° 5 - Plataforma de escavação

Em poços de menor diâmetro, o equipamento de limpeza mais comumente utilizado é a pá mecânica EIMCO 630, que é montada sobre esteiras e movimentada por três motores a ar comprimido. Dois para tração e um para movimentação da caçamba. Tais motores são controlados independentemente, permitindo velocidade de limpeza de até 110t/h.

Figura Nº 6 - Pã mecânica EIMCO 630

Resumidamente apresentamos no quadro seguinte as fronteiras que definem a escolha do equipamento de limpeza.

Figura Nº 7 - Quadro resumo

Normalmente é usado concreto para revestimento de poços. A espessura de 0,30m é geralmente aceita como suficientemente forte para os diversos tipos de rocha atravessadas. Em alguns casos, onde as rochas são auto suportantes, utilizam-se somente anéis de concreto com um metro de altura, espaçados de 4,5 a 6 m, para suporte da estrutura de divisão do poço em compartimentos, bem como das suas paredes. Onde a rocha apresenta maior dificuldade de sustentação, um menor espaçamento entre os anéis pode resolver o problema de sustentação das paredes, atingindo, no limite, o revestimento total.

Figura Nº 8 - Formas para concretagem

Descrevemos agora a sequência operacional executada na escavação do Poço 1 da mina de Cuiabá.

TERRAPLENAGEM E OBRAS DE APOIO

Após definida a locação do poço, foram realizados os trabalhos de terraplenagem da área, construídos os edifícios e montados os sistemas necessários ao apoio da obra tais como: drenagem, abastecimento d'água e energia, oficinas elétrica e mecânica, casas de guincho e de compressores, almoxarifado, vestiário -

rios, escritórios, planta de ventilação, etc.

PRÉ-ESCAVAÇÃO

Denominamos pré-escavação, a fase de escavação entre a superfície e a profundidade de cerca de 80m, que são requeridos para que se possa efetuar a montagem e equipagem da plataforma de escavação abaixo das portas do colar, respeitando ainda a distância de aproximadamente 60m, entre o último deck da plataforma e o fundo do poço, necessária para prevenir danos à mesma, causados pelas detonações.

Simultaneamente com a pré-escavação, normalmente são executadas obras civis como fundações da torre e dos guinchos e montagens elétricas e mecânicas de compressores.

No caso do poço Cuiabá a pré-escavação se deu em rocha alterada entre a superfície e a profundidade de 53m. A sapata de ancoragem do colar foi fundida na elevação - 54m. A partir dessa profundidade a escavação passou a ser executada em rocha com a utilização de explosivos, até - 75m, quando se deu por concluída a fase de pré-escavação. O revestimento contínuo, executado em lances sucessivos de escavação e concretagem de um metro de altura, foi interrompido na profundidade de - 55m quando passou-se a utilizar anéis de concreto espaçados de 6m uns dos outros.

Figura Nº 9

Durante esta fase o desmonte da rocha alterada era feito através de rompedores pneumáticos, sendo a limpeza do material feita por paleação, utilizando-se uma caçamba basculante içada por um guincho com lança móvel. Após a chegada da caçamba na superfície, girava-se a lança do guindaste, posicionando-se a caçamba para descarga sobre o caminhão que transportava o material até o bota-fora.

MONTAGENS PARA ESCAVAÇÃO

Após a conclusão da pré-escavação são montados os equipamentos e sistemas que permitirão a escavação propriamente dita. Dentre estas montagens, destacam-se:

- Montagem mecânica, elétrica e eletrônica dos guinchos.

Guincho das caçambas - é um guincho de dois tambores (ambos com embreagem) que opera duas caçambas em balanço. Os cabos de aço saem do guincho, um pela parte superior de um tambor e o outro pela parte inferior do outro tambor, permitindo assim o movimento alternativo das caçambas, isto é, quando uma sobe a outra desce.

Figura Nº 10

Guincho da plataforma - é também um guincho de dois tambores, ambos com embreagem, utilizado para movimentação da plataforma no interior do poço. Ambos os cabos saem pela parte superior do tambor, passam pelas polias do topo da torre, descem até as polias da plataforma e retornam à torre, onde são ancorados. Os cabos de sustentação da plataforma também são usados como guias das caçambas que viajam no poço. No caso de plataformas muito pesadas, mais de dois lances de cabo poderão ser usados.

Figura Nº 11

- Montagem da torre - No caso do poço Cuiabá, montou-se uma torre metálica com o formato de um "A". No seu topo foram montadas as polias diretoras dos cabos das caçambas e da plataforma e no seu interior os dispositivos de segurança, basculamento das caçambas, silos, etc.

- Montagem no banco e sub-banco - Denominamos banco a área próxima ao colar do poço, onde foram montadas as portas acionadas por pistões pneumáticos, a cabine de controle e planta de concreto e no sub-banco foram instalados os guinchos manuais para movimentação dos fios de prumo.

- Montagem da plataforma - Montou-se a plataforma metálica composta de três andares utilizada na concretagem, assentamento de tubos, armazenamento de cabos elétricos, etc. A plataforma ocupa quase toda área do poço e é vazada em dois pontos diametralmente opostos, para a passagem das caçambas até o fundo do poço.

- Montagem do sistema de ventilação e circuitos de segurança - Foram montados dois ventiladores acoplados a tubulação rígida que leva o ar à frente de serviço. Tais ventiladores normalmente funcionam alternadamente (100% de reserva), porém podem funcionar, se necessário, em paralelo. Foram também montados os dispositivos de segurança, tais como: chaves de fim de curso, proteção do cross head, intertravamentos dos guinchos, etc.

ESCAVAÇÃO E LIMPEZA

Concluídas as montagens necessárias, dá-se início à escavação e concretagem dos anéis de concreto que suportarão, quando da equipagem, os quadros de divisão do poço em compartimentos.

O desmonte da rocha é executado com utilização de perfuratrizes pneumáticas manuais, explosivos convencionais e cordel detonante iniciado por espoleta elétrica.

A perfuração é executada por 12 perfuratrizes operadas por 12 maquinistas e 6 auxiliares, que executam um plano de fogo de cerca de 100 furos de 2,4m de profundidade.

O número de furos é função da área do poço, grau

de fragmentação requerido, tipo de pilão, tipo de explosivo, tipo de rocha a ser atravessada, necessidade ou não de se ter pré-fissuramento nas paredes, etc.

A interligação dos fatores acima permitiu definir a equação: $N = 2,5A + 22$, que nos fornece uma orientação inicial da quantidade de furos a ser executada num poço, não incluídos os furos para pré-fissuramento.

$N =$ nº de furos

$A =$ área do poço em m^2

Figura Nº 12

Findo o carregamento, eleva-se a plataforma 60m a proximadamente executa-se a detonação com o auxílio de um explosor.

A operação de limpeza é realizada com o auxílio de uma pá mecânica EIMCO 630 e três caçambas de 4t de capacidade cada uma, duas viajando no poço, enquanto se enche a terceira no fundo do poço.

Figura Nº 13 - Seção do fundo do poço mostrando a posição relativa entre a pá mecânica e a caçamba.

Tão logo a carregadeira chega ao fundo do poço, ela é colocada sobre o material detonado, sendo lhe conectado o mangote para suprimento de ar comprimido. Isto feito, movimentar-se a pá mecânica para frente e para trás, diversas vezes, com a finalidade de se nivelar o material detonado. Simultaneamente atira-se, com o auxílio do equipamento, pequenas quantidades de rocha contra as paredes do poço a fim de se obter o formato de um pires com a rocha no fundo do poço.

Após a obtenção das condições necessárias ao início da limpeza, posiciona-se a caçamba vazia o mais próximo possível da parede do poço ao lado da carregadeira, oposto àquele em

em que está o operador.

Figura Nº 14

Com o movimento da pã mecânica para frente até a parede do poço a concha é enchida e levantada ligeiramente. Movimenta-se a pã mecânica para trás, girando-a simultaneamente de 90° em relação à linha de enchimento anterior. Isto posto, a tra-seira da pã mecânica estará próxima da caçamba, quando então efetua-se o basculamento do material da concha para dentro da caçamba.

Figura Nº 15

Na figura seguinte estão representadas as diversas posições relativas das caçambas a serem enchidas em relação às áreas a serem limpas. Para tal considerou-se o fundo do poço dividido em 5 sub-áreas.

Figura Nº 16

CONCRETAGEM DOS ANÉIS

Na concretagem dos anéis utilizam-se formas metálicas suspensas por correntes no segundo anel imediatamente superior àquele que se deseja fundir.

Figura Nº 17

A movimentação das formas é feita com o auxílio de talhas de corrente, fixadas abaixo do piso do primeiro andar da plataforma. O nivelamento da forma é executado através de esticadores montados nas correntes de sustentação. A elevação para o posicionamento é obtido por meio de trenas de aço com o "zero" fixado no suporte da trena imediatamente superior.

A verticalização da forma é obtida com cuidadosas medidas em relação aos fios de prumo, suspensos desde o sub-banco na superfície. É imprescindível que se tenha um perfeito alinhamento vertical dos recessos metálicos da forma, que deixarão no concreto os espaços onde se assentarão as vigas de divisão do poço em compartimentos.

Figura Nº 18

Isto posto, executa-se a construção do fundo da forma com a utilização de sarrafos de madeira inseridos entre o bordo inferior da forma e o anel suporte dos sarrafos. A vedação entre as peças de madeira é feita com papel das embalagens de cimento.

Figura Nº 19

O concreto, de consistência fluida, preparado na superfície com utilização de cimento de alta resistência inicial e aditivo para aceleração de cura, atinge as proximidades do anel que se vai concretar através de uma tubulação de 6" de diâmetro, em cuja extremidade se instala o remisturador, a partir do qual é lançado por meio de mangotes de borracha.

Figura Nº 20

CONTROLE TOPOGRÁFICO

Assumindo-se que todos trabalhos topográficos dentro dos túneis e galerias devem ficar rigorosamente relacionados ou "amarrados" aos trabalhos de superfície; que as cotas subterâneas devem corresponder às externas e que as poligonais dentro das galerias devem ser o prolongamento das de superfície, e ainda, que todos esses trabalhos são executados pelo poço, conclui-se que os serviços de topografia em poços devem ser criteriosos.

A parte da necessidade de se utilizar o poço como caminho para desenvolvimento das atividades topográficas de sub-solo, deve-se ter em mente que a execução de um poço requer precisão, principalmente os projetados com guidadeiras rígidas.

Após a definição do sítio de um poço vertical são instalados alguns marcos topográficos sobre duas linhas perpendiculares que passam pelo centro do poço. Usualmente adota-se as linhas NS e EW para facilitar a orientação durante a equipagem. Os marcos são normalmente instalados na interseção das duas direções com circunferências de centro coincidente com o do poço e raios de 30, 60 e 90 metros. Os marcos mais próximos são utilizados para o início da escavação e transferência dos prumos para dentro do poço e os mais distantes para alinhamento da torre, polias, guinchos, etc.

Para o controle da verticalidade são usados diversos fios de prumo tensionados por pesos fixados nas suas extremidades e guinchos manuais para a sua movimentação.

A quantidade e posição dos fios de prumo serão função da configuração do poço, procurando-se colocá-los de tal maneira que facilite a montagem dos componentes sem contudo, com estes interferir.

Determinadas as posições dos fios de prumo, as distâncias entre eles são calculadas e servirão como referência para todos os serviços abaixo do colar. Pequenas polias defletoras conduzem os fios de prumo para dentro do poço. Em intervalos de cerca de 100m os fios são fixos à parede do poço para diminuir a oscilação e riscos de acidente.

Figura Nº 21

A locação correta da posição de cada fio de prumo é obtida a partir da conjugação dos processos de medida do movimento pendular e das medidas cruzadas.

Medida do movimento pendular - Após colocado o peso na extremidade do fio de prumo, este é permitido oscilar livremente. Os valores de amplitudes são medidos segundo dois eixos perpendiculares e o ponto central é determinado por média aritmética.

Medidas cruzadas - Depois de fixados todos os fios de prumo, são medidas as distâncias de cada um em relação a todos os outros. Estas medidas deverão estar de acordo com as medidas correspondentes registradas quando da instalação dos fios de prumo no nível do sub-banco.

Para que nenhum distúrbio ocorra, estas medidas são feitas com todos os serviços paralisados, incluindo-se a ventilação.

No poço as cotas são transferidas por meio de trenas de aço, partindo-se de um ponto de altitude conhecida.

No mínimo três trenas são utilizadas dentro do poço e são constantemente aferidas contra uma trena padrão para se evitar a propagação de erros.

As trenas são fixadas nas paredes do poço por meio de pequenos ganchos ajustáveis, instalados à medida que o poço se aprofunda.

Figura Nº 22

EQUIPAGEM

Concluídos os trabalhos de escavação e concretagem, passa-se à fase de equipagem que é iniciada com a complemen

tação da instalação das tubulações dentro do poço, executada ascendente. Quando a plataforma atinge a superfície, modificações na torre e na plataforma são feitas para que se possa ter a montagem dos quadros e a fixação das guias no sentido descendente.

PRÉ-MONTAGEM

Todos os componentes metálicos da estrutura interna do poço, quadros, estações, guias, etc., devem ser pré-montados em superfície, garantindo-se assim alta velocidade e precisão na montagem, conferidas pela perfeita organização e observância dos seguintes fatores:

- 1) Ordem e sentido de descida das peças no poço de acordo com a sequência de montagem;
- 2) Em qual compartimento do poço deverá descer cada peça.

Esta pré-montagem é feita em um gabarito de concreto, idêntico aos anéis fundidos dentro do poço e tem também a finalidade de prevenir erros de projeto e/ou fabricação que causariam grandes transtornos durante a montagem uma vez que o espaço oferecido dentro do poço não permitiria a execução de "acertor" no sub-solo.

São reproduzidas no gabarito as posições reais dos fios de prumo e das guias, o que permite a pré-montagem com todos os detalhes, definindo-se até a quantidade dos calços que garantirão a perfeita verticalização da estrutura interna do poço, o que é imprescindível para que se tenha um deslizamento suave dos veículos dentro do poço.

As figuras 23 e 24 mostram a ligação entre duas guias.

Figuras 23 e 24

EQUIPAGEM PROPRIAMENTE DITA

Consiste na montagem dentro do poço de todos os componentes do sistema, obedecendo o mesmo plano adotado na pré-montagem onde se definiu a sequência mais favorável à segurança, precisão e rapidez do trabalho.

Após a montagem das estruturas internas do poço procede-se o lançamento dos cabos de energia, comunicação e sinalização. Efetua-se a seguir a modificação da torre para a situação permanente, substituem-se os cabos de aço usados na escavação e equipagem pelos de operação em regime de produção, sendo acoplado nas extremidades dos mesmos os veículos (gaiola, contrapeso e skips) que passarão a transportar homens, minério e materiais no poço.

Isto feito teremos um sistema de içamento equipado com uma gaiola de dois andares para transporte de pessoas, (30 por andar) em balanço com um contrapeso e dois skips, também em balanço, com 5,5t de capacidade de carga cada um.

Figuras Nº 25 e 26.

O poço conta também com um compartimento para tubulação de ar comprimido, água de serviço e potável, colunas de bombeamento e cabos elétricos e de sinalização e controle.

Figura Nº 27

MINA DE RAPOSOS - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA
TRANSP Nº 1

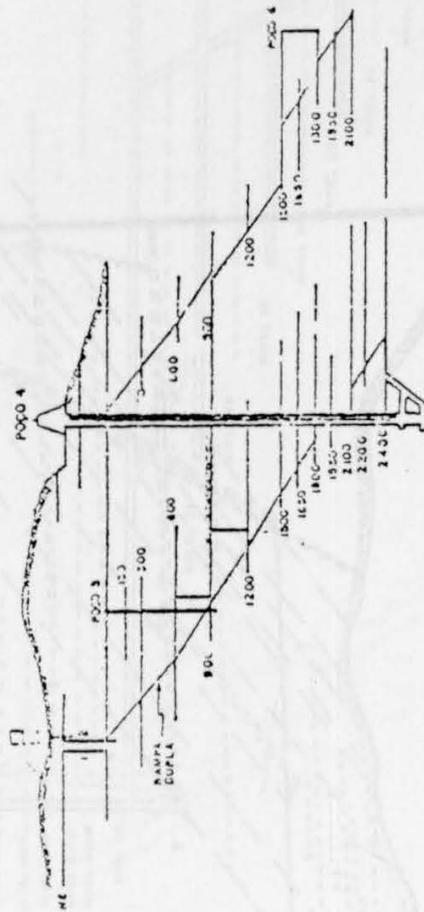


FIGURA 1

REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA MINA DE RAPOSOS

SEÇÃO ESQUEMÁTICA DA MINA DE CUIABA

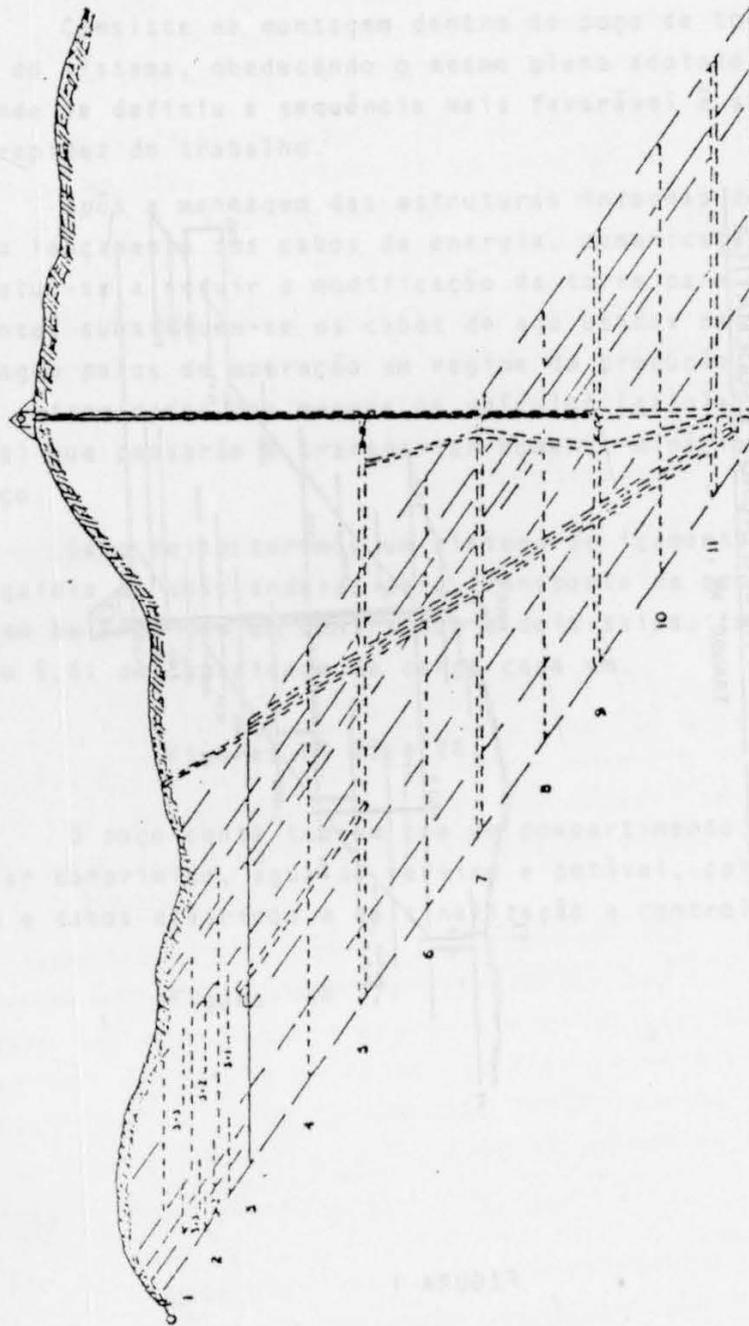


FIGURA 2 .

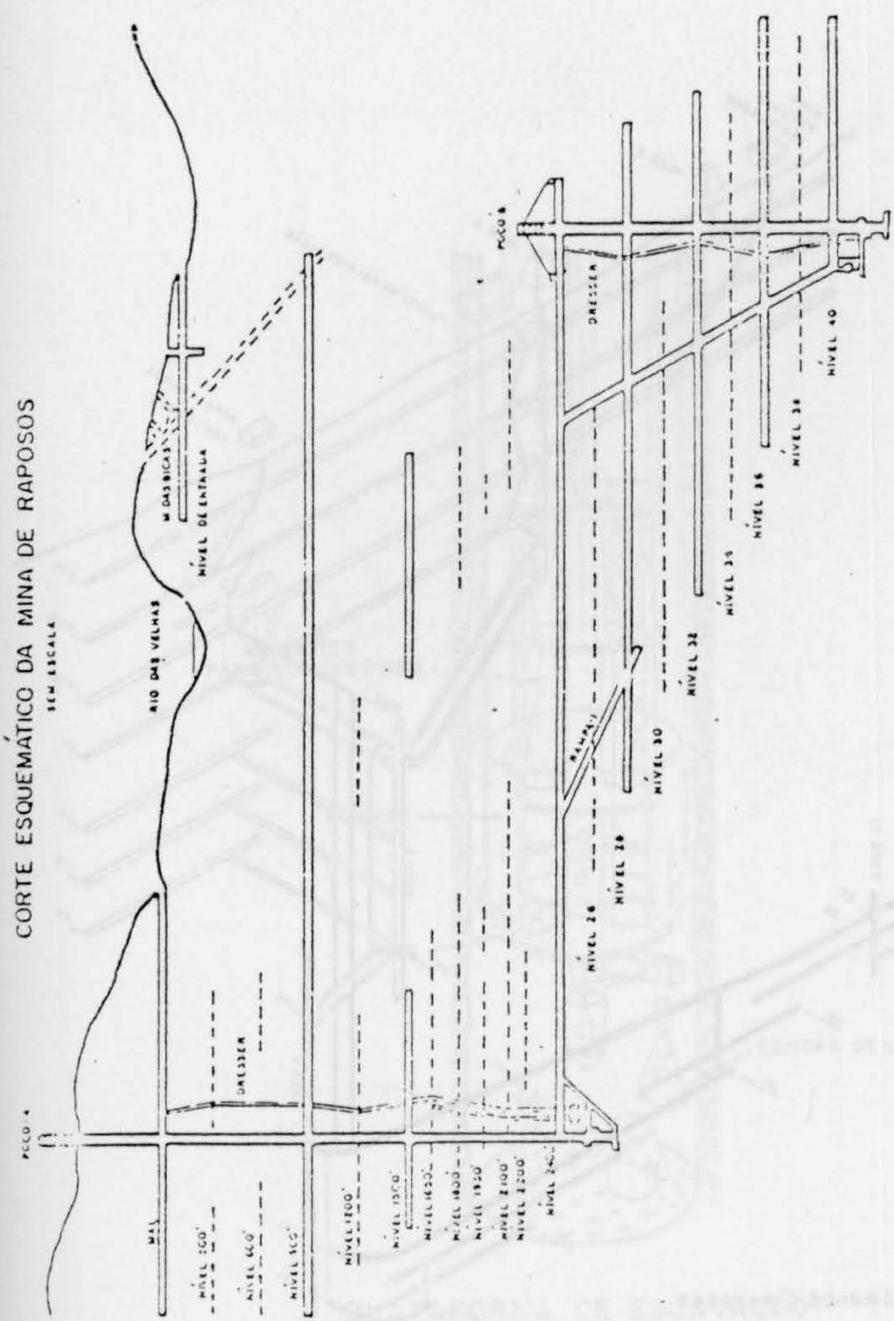
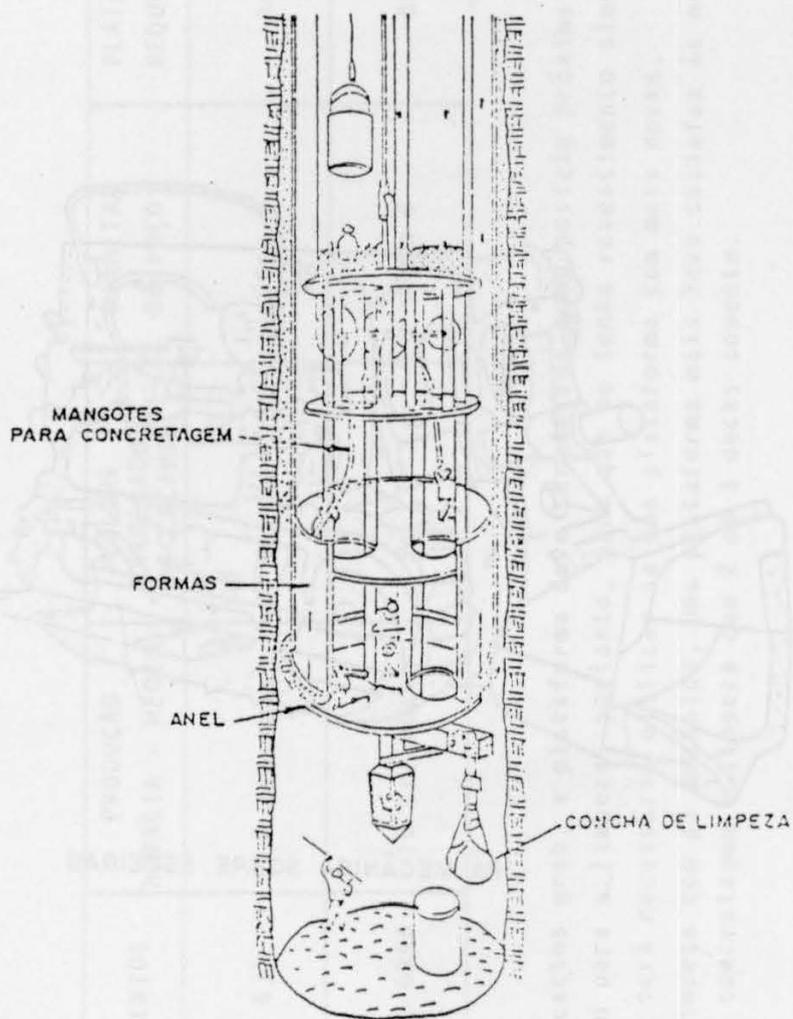
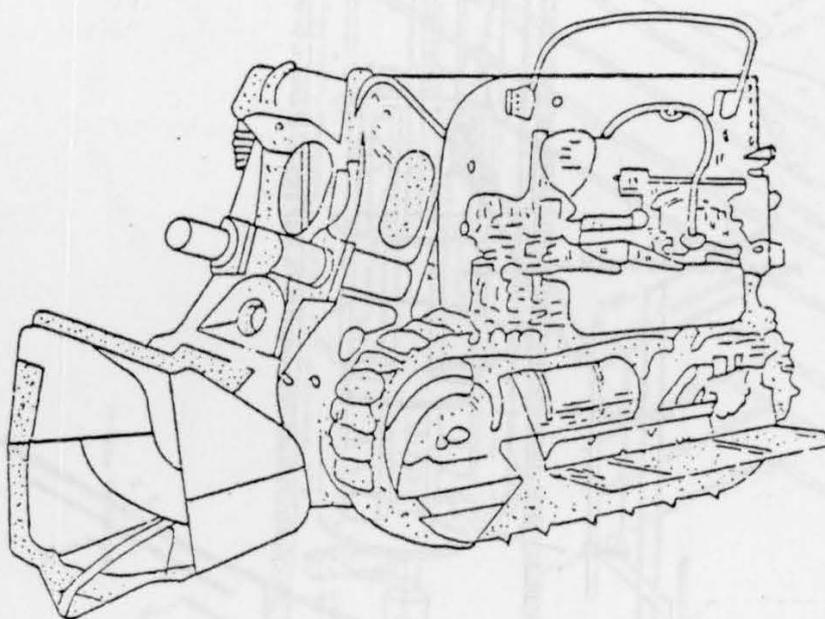


FIGURA 3



PLATAFORMA DE ESCAVAÇÃO

FIGURA 5



PÁ MECÂNICA SOBRE ESTEIRAS

FIGURA 6

QUADRO RESUMO.

EQUIPAMENTOS	PRODUÇÃO HORÁRIA - MÉDIA	VOLUME CARREGADO POR CAÇAMBA	DIÂMETRO DO POÇO	PLATAFORMA REQUERIDA *
EIMCO 630	6 caçambas	4,5 t	até 6m Ø	30 t
CACTUS GRAB	16 caçambas	8 t	> 6m Ø	86 t

* Com a cactus grab, a plataforma deve ser fixada numa posição próxima ao fundo do poço para a limpeza, portanto, para que se tenha revestimento simultaneamente, será necessário utilizar-se uma plataforma com mais decks. Para limpeza com pá mecânica, uma plataforma mais leve satisfaz às necessidades de concretagem e limpeza com 2 ou 3 decks somente.

FIGURA 7

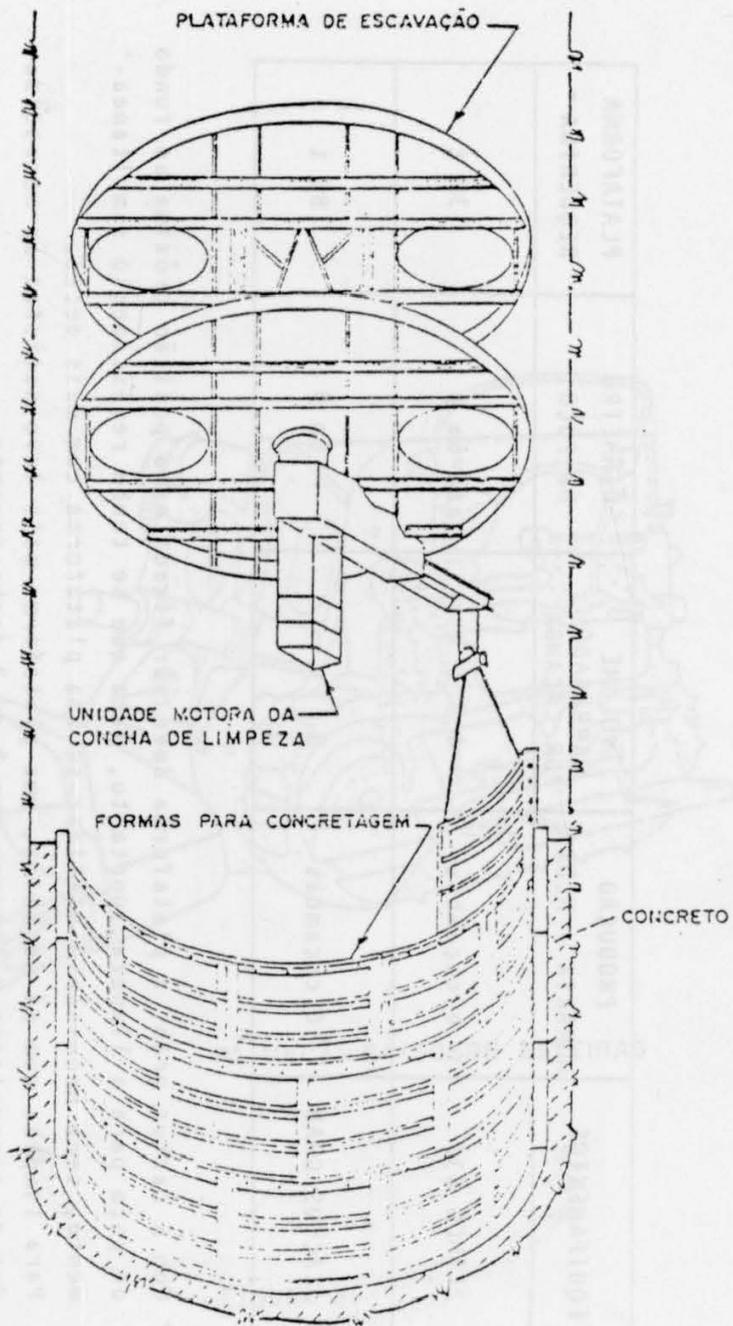


FIGURA 8

PRÉ-ESCAVAÇÃO - POÇO CUIABÁ

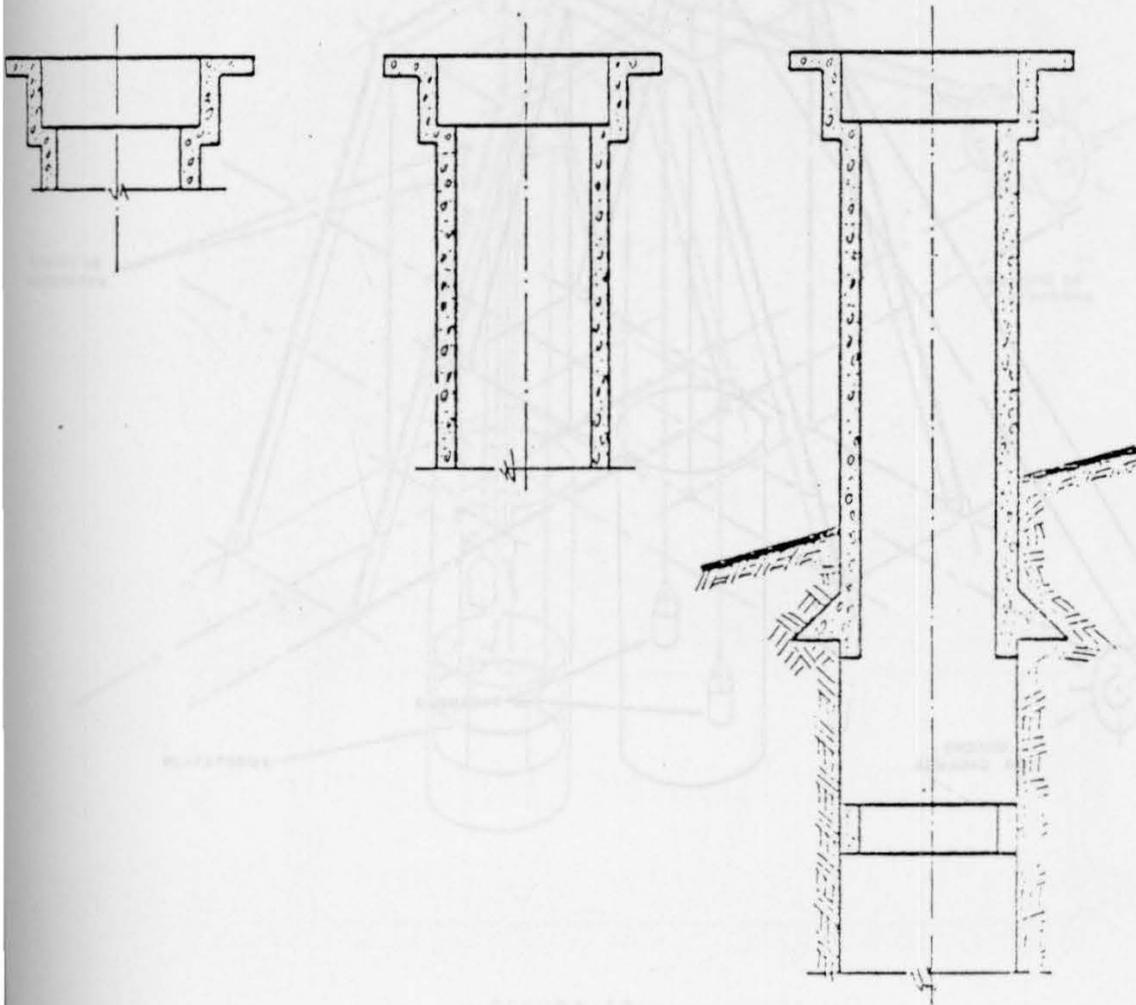


FIGURA 9

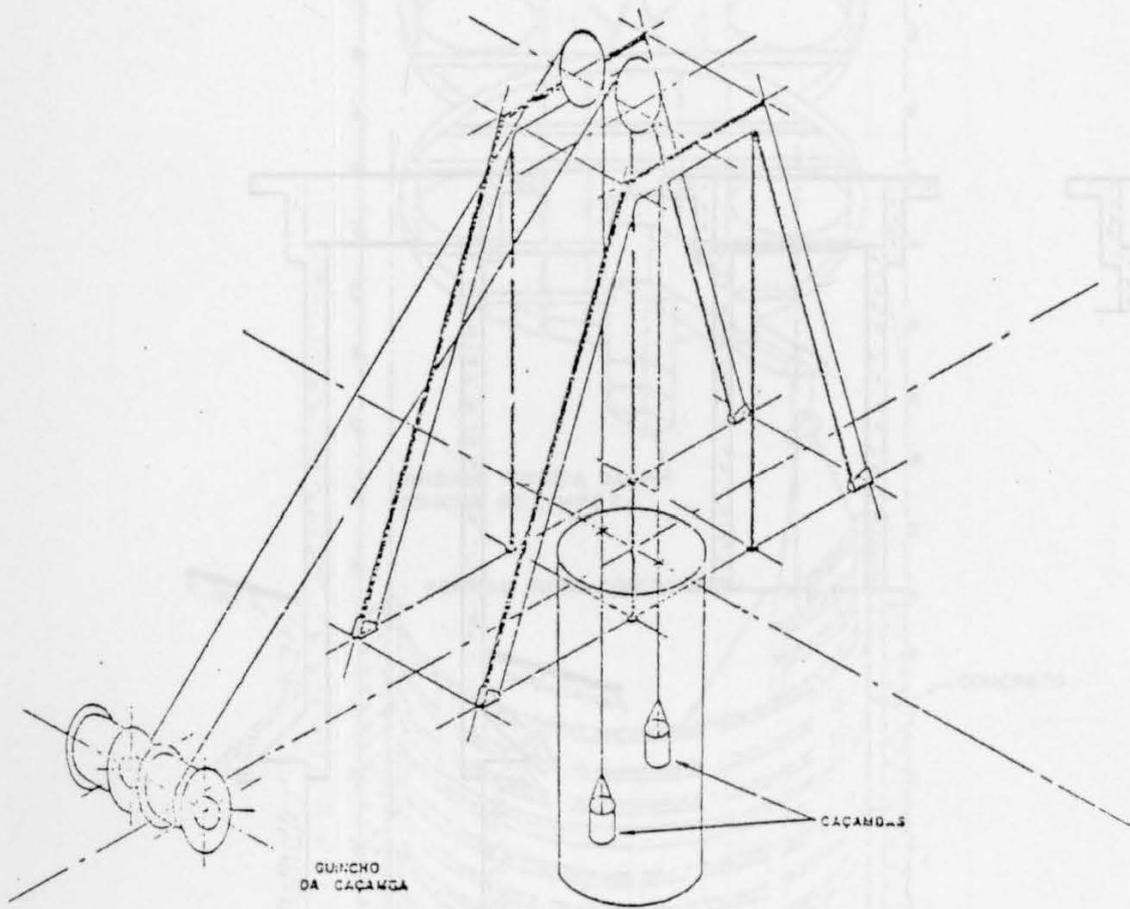


FIGURA 10

E 480079

PLANO DE FOGO-MMA

TIPO DE SECTORES PARA AEROPONTO
TIPO DE SECTORES PARA AEROPONTO
SECTORES PARA AEROPONTO

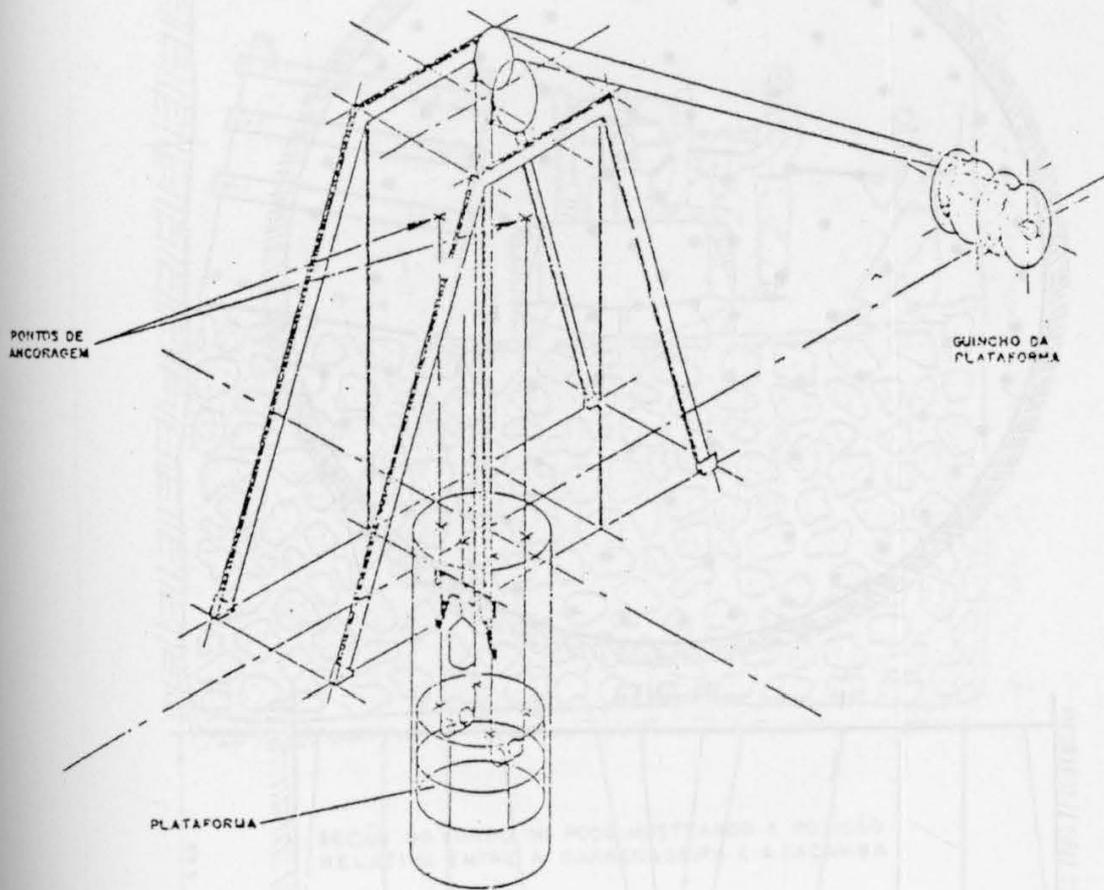


FIGURA 11

PLANO DE FOGO-MMV

TIPO DE ABERTURA POÇO VERTICAL
TIPO DE ROCHA: XISTO E QUARTZOSA
DETONAÇÃO: COM ESP. ELÉTRICA

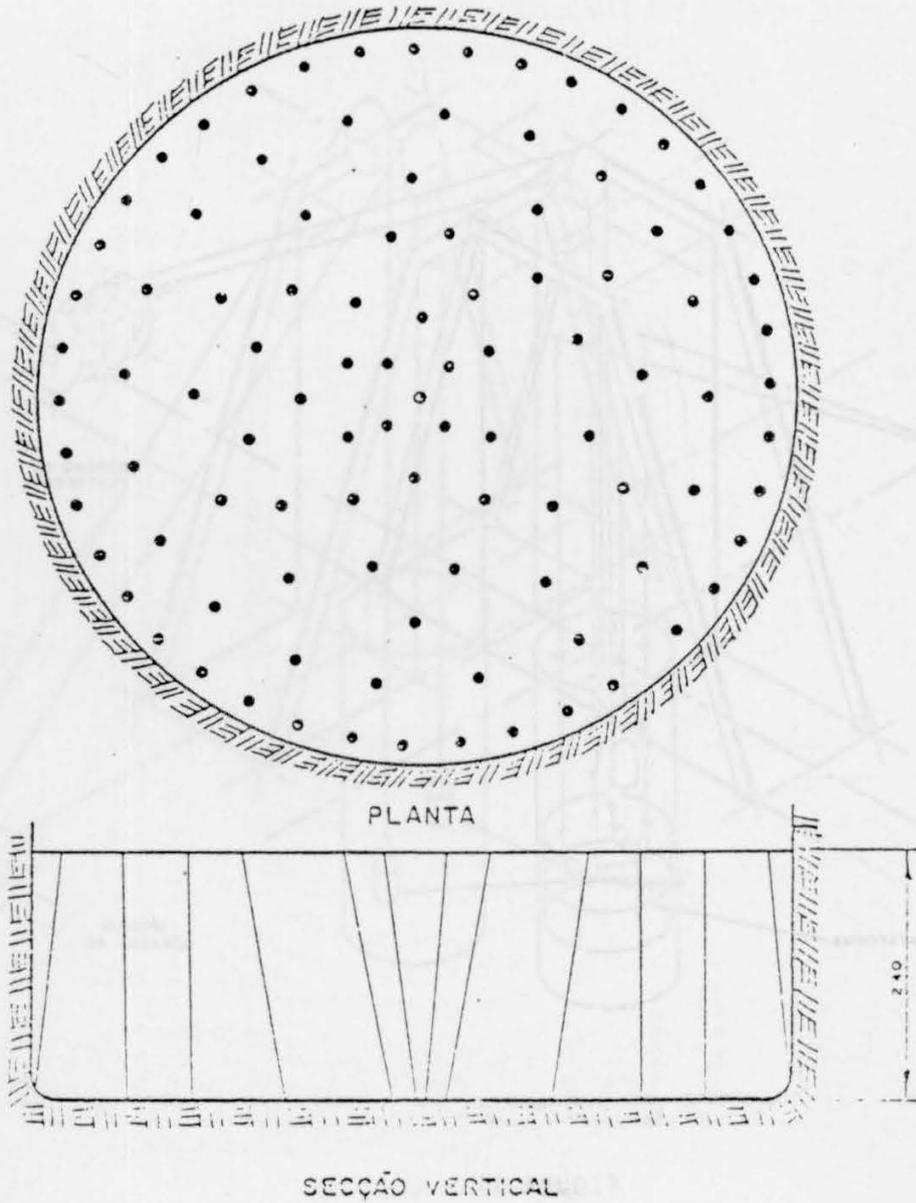
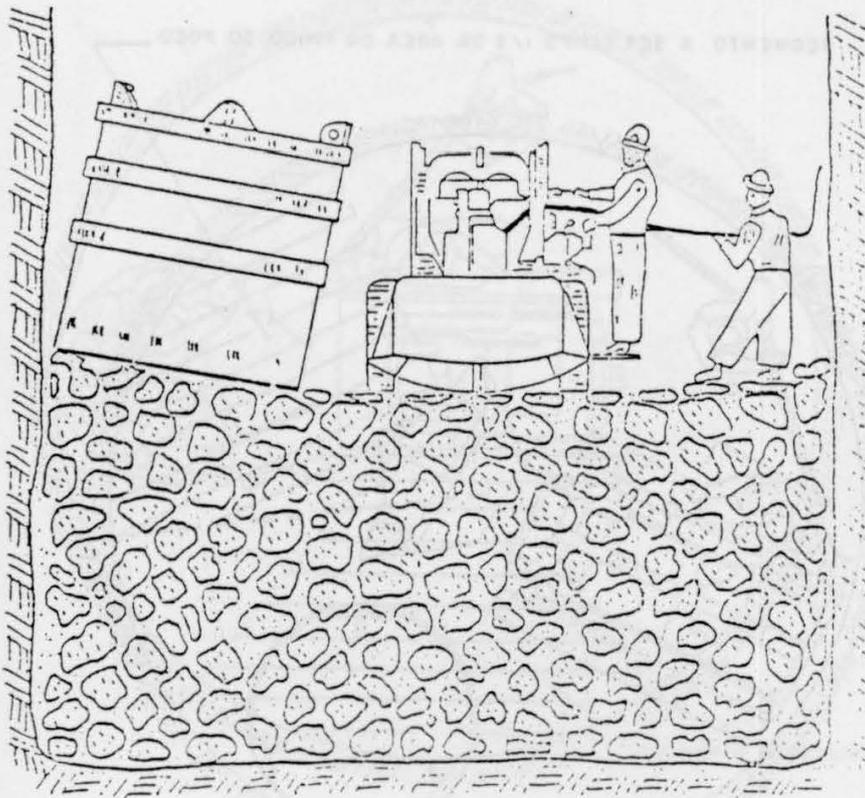


FIGURA 12



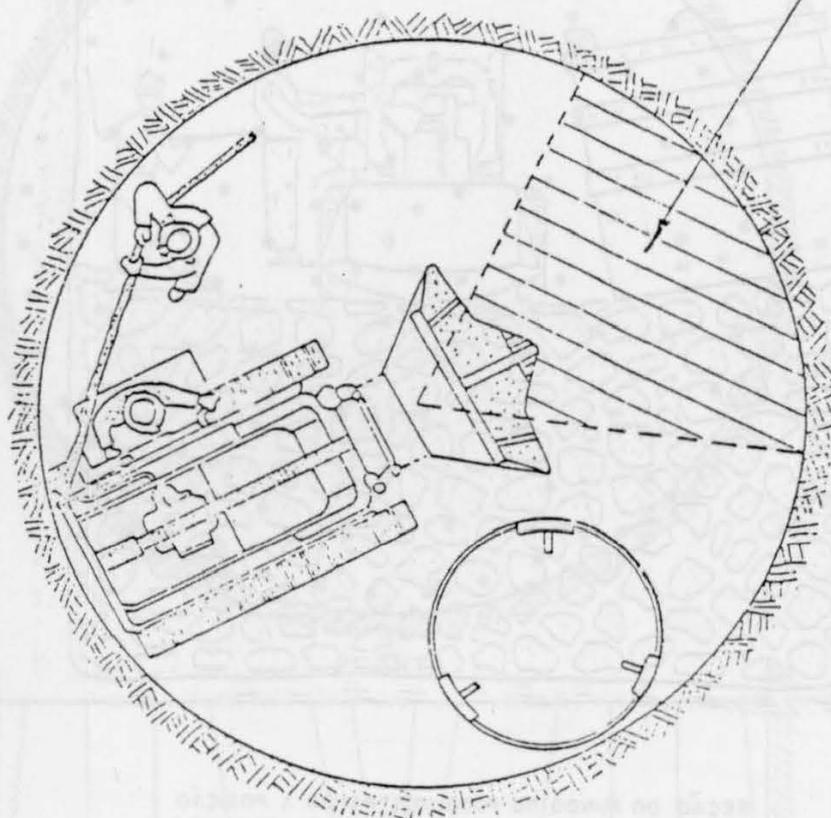
SEÇÃO DO FUNDO DO POÇO MOSTRANDO A POSIÇÃO
RELATIVA ENTRE A CARREGADEIRA E A CAÇAMBA

FIGURA 13

PLANO DE FOGO-MMV

TIPO DE ABERTURA - POÇO VERTICAL
TIPO DE ROCHA - SÍLICO E QUARTZOSA
DETOMAGEM COM ESP. ELÉTRICA

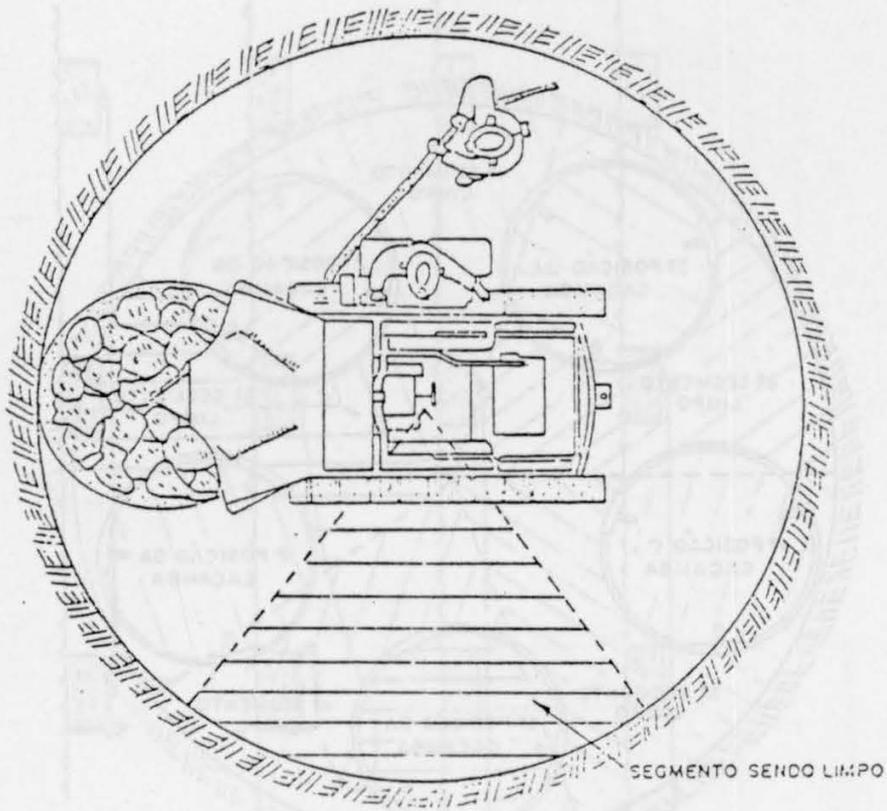
SEGMENTO A SER LIMPO 1/5 DA ÁREA DO FUNDO DO POÇO



PLANTA DO FUNDO DO POÇO MOSTRANDO A POSIÇÃO
RELATIVA ENTRE PA MECÂNICA E CAÇAMBA C/
SEGMENTO A SER LIMPO

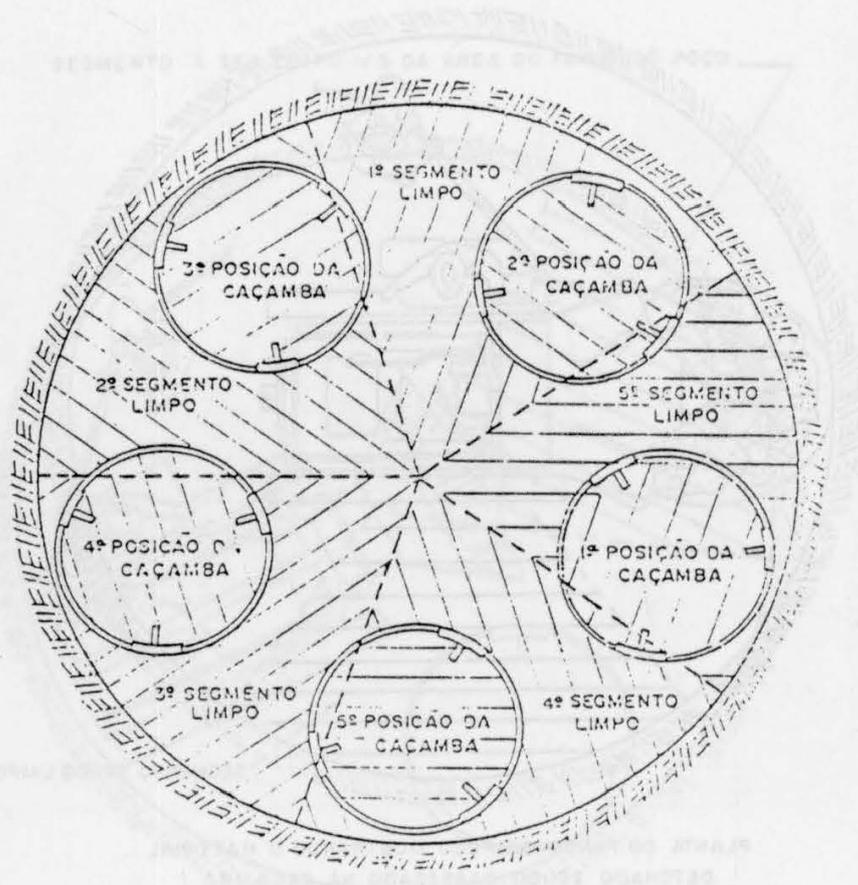
FIGURA 14

CONCRETAGEM



PLANTA DO FUNDO DO POÇO MOSTRANDO O MATERIAL
DETONADO SENDO CARREGADO NA CAÇAMBA

FIGURA 15



POSICIONAMENTO DAS CAÇAMBAS
EM RELAÇÃO À ÁREA A SER LIMPA

FIGURA 16

CONCRETAGEM

FORMA PARA CONCRETAGEM DOS ANEIS

FORMA PARA CONCRETAGEM DOS ANEIS

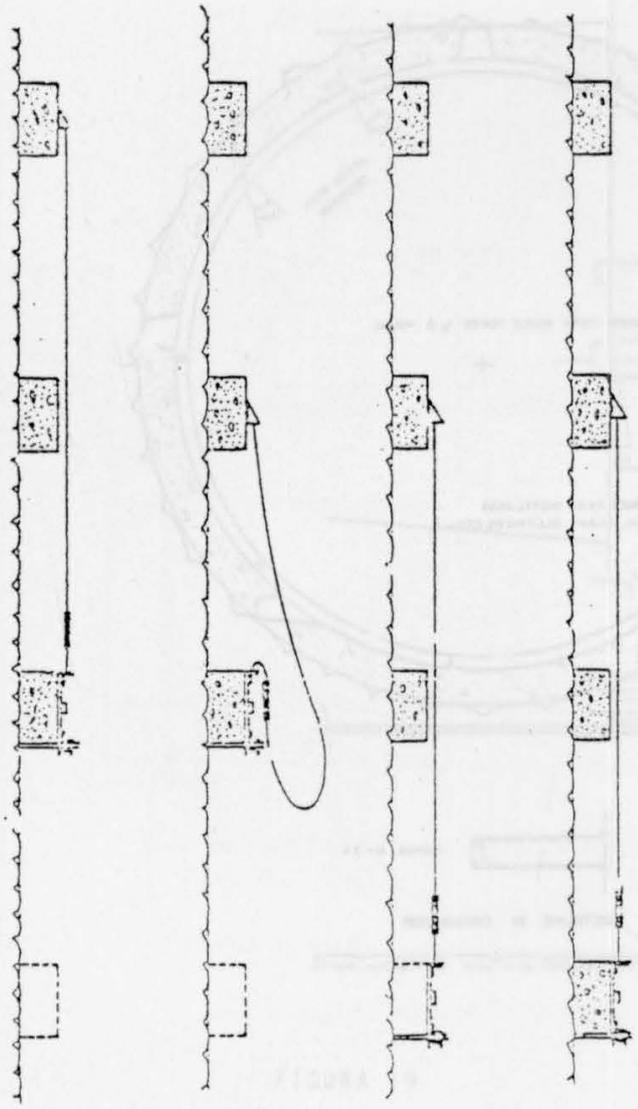


FIGURA 17

CONCRETO

FORMA PARA CONCRETAGEM DOS ANÉIS

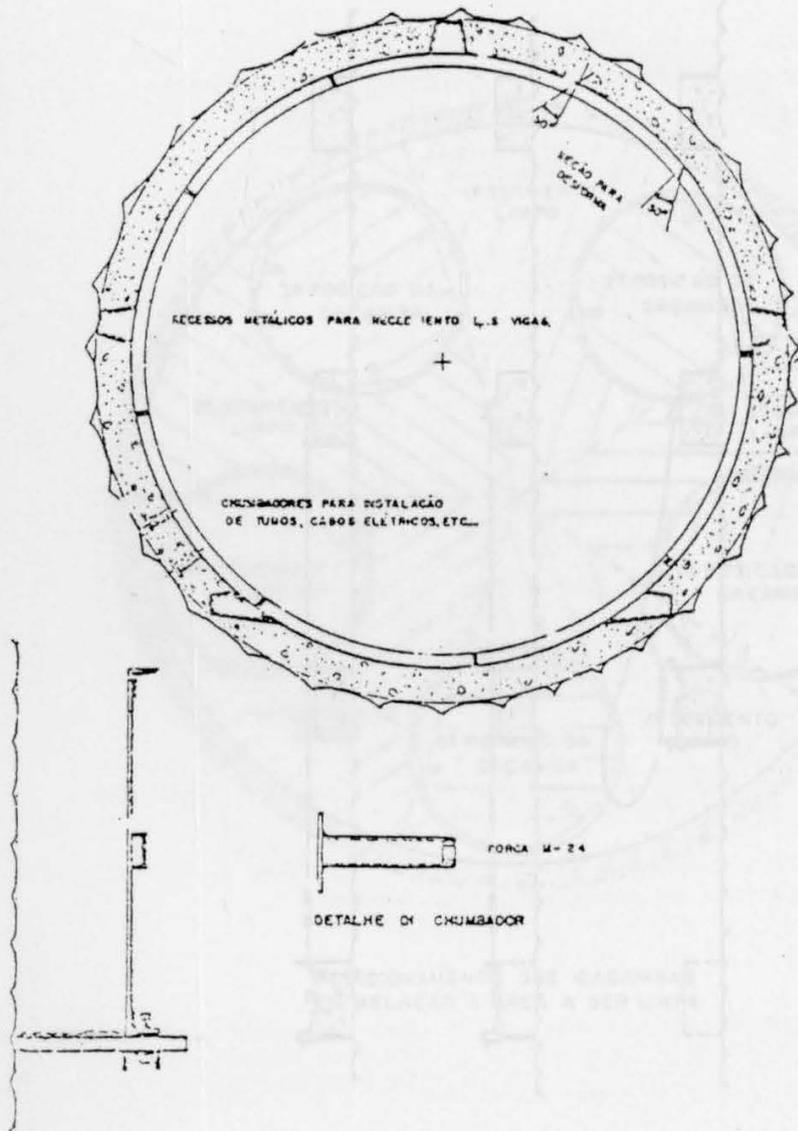


FIGURA 18

11 ARQUIT

FUNDO DA FORMA DE CONCRETAGEM

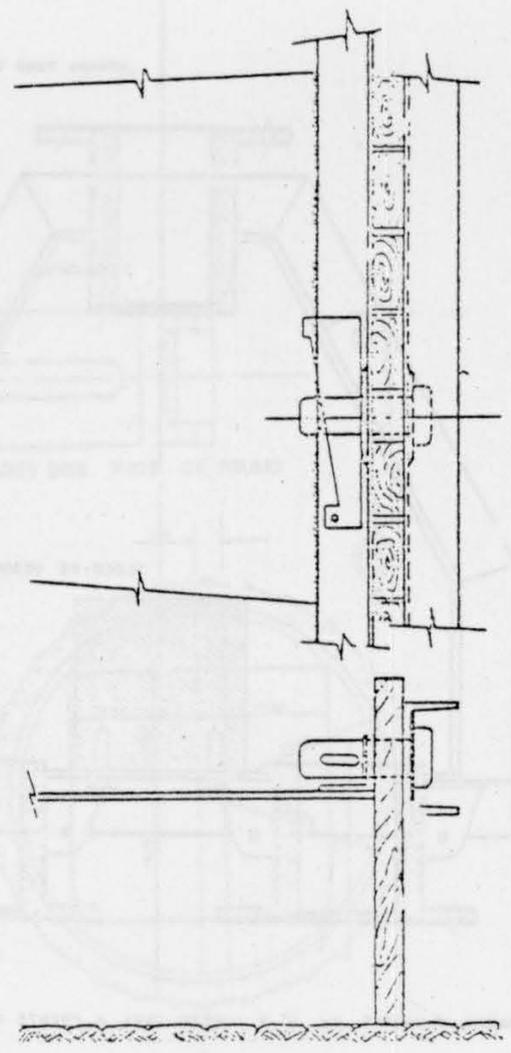


FIGURA 19

REMISTURADOR DE CONCRETO

FORMA PARA CONCRETAR EM DOIS ANOS

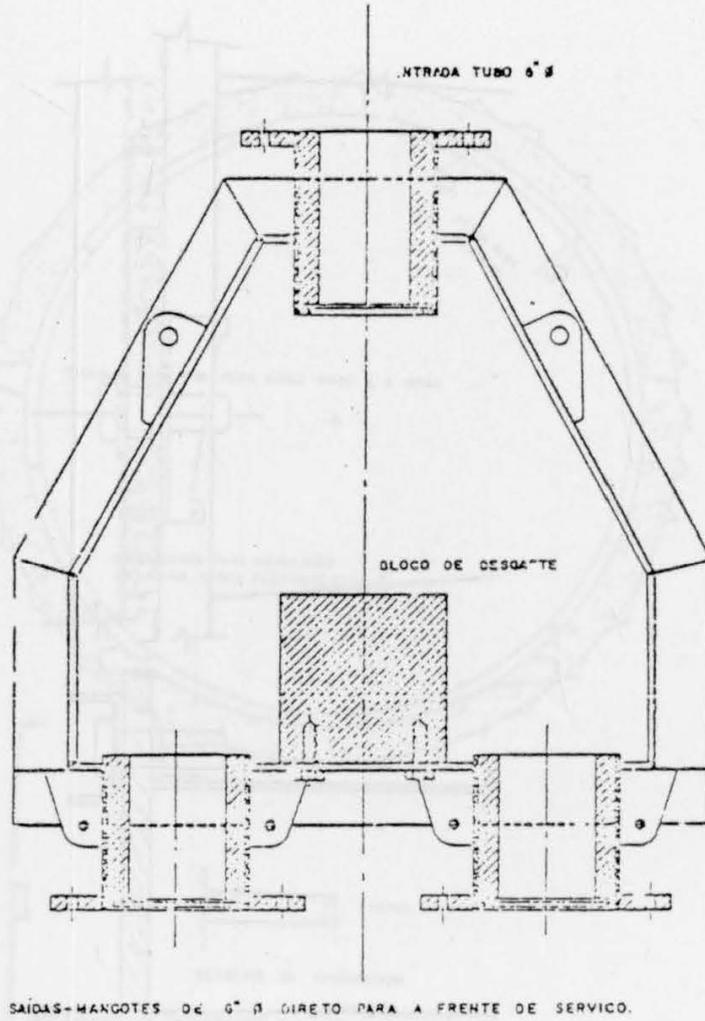
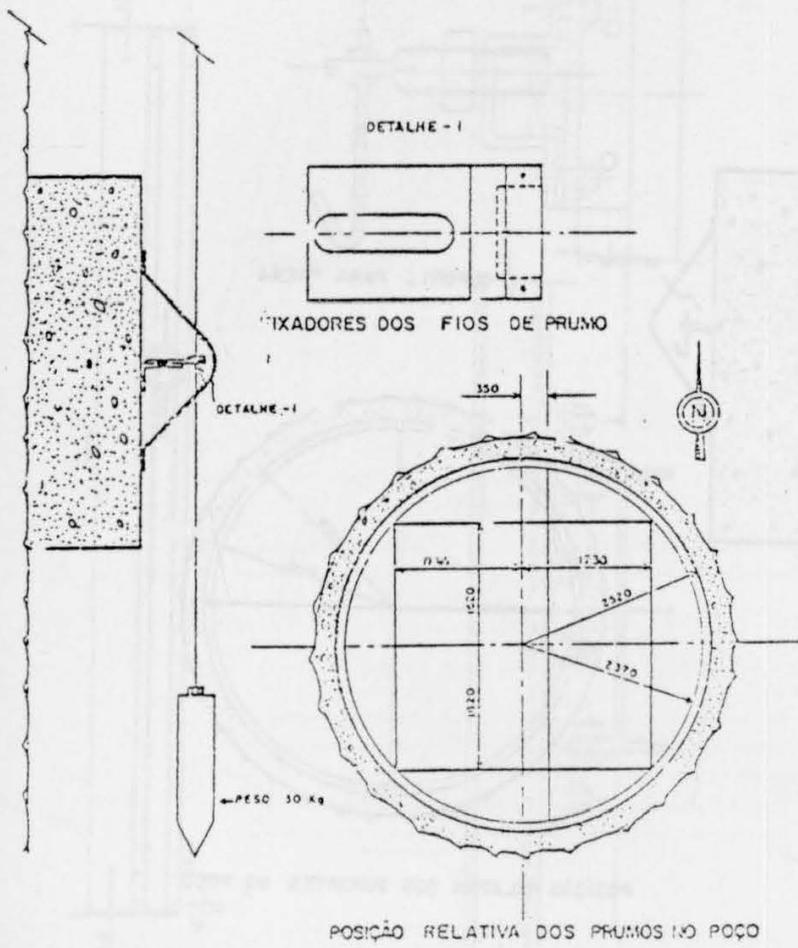


FIGURA 20

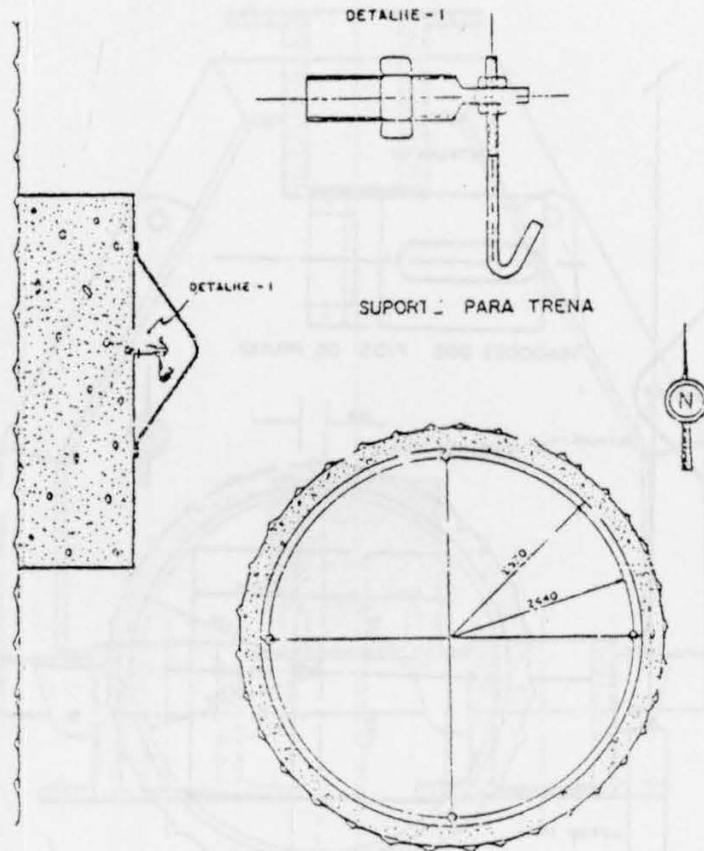
DISPOSITIVO PARA VERTICALIZAÇÃO DO POÇO



Obs: Os fixadores são instalados com espaço de 96 metros entre si

FIGURA 21

DISPOSITIVOS PARA NIVELAMENTO E TRANSFERÊNCIA DE COTAS



POSIÇÃO RELATIVA DOS SUPORTES NO POÇO

ONS: Os suportes das trenas são metálicos colocados a 48 metros sobre o.

FIGURA 22

EMENDA DE GUIADEIRAS

EMENDA DE GUIADEIRAS

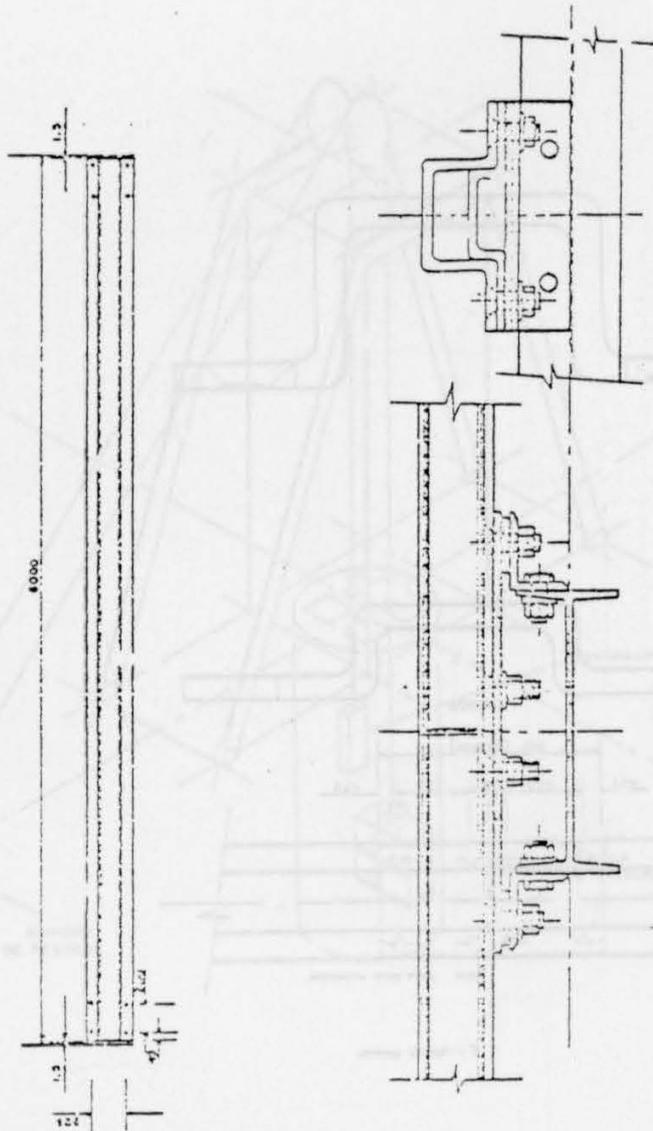


FIGURA 23

SEÇÃO TRANSVERSAL DO ELEVADOR DE PESSOAS - CONDIÇÃO DE EQUILÍBRIO

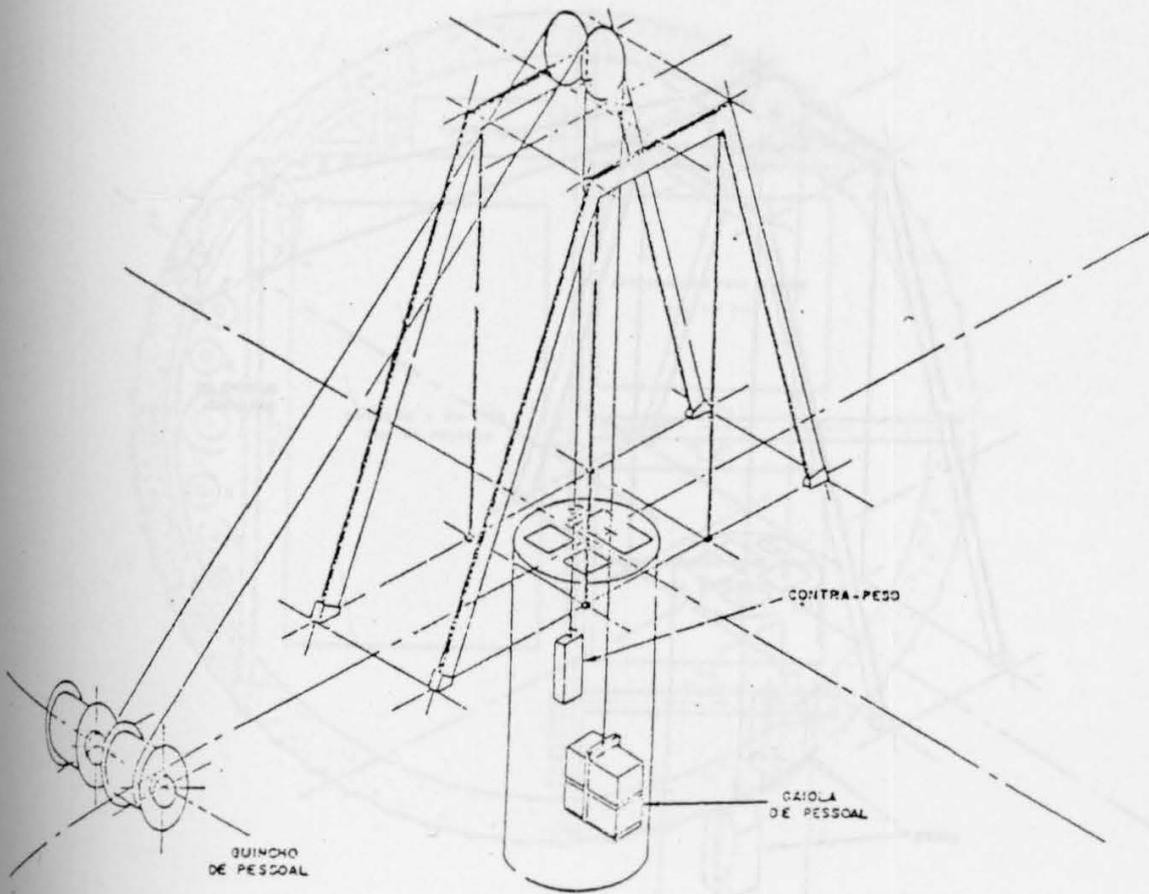


FIGURA 25

EMISSÃO DE MATÉRIAS

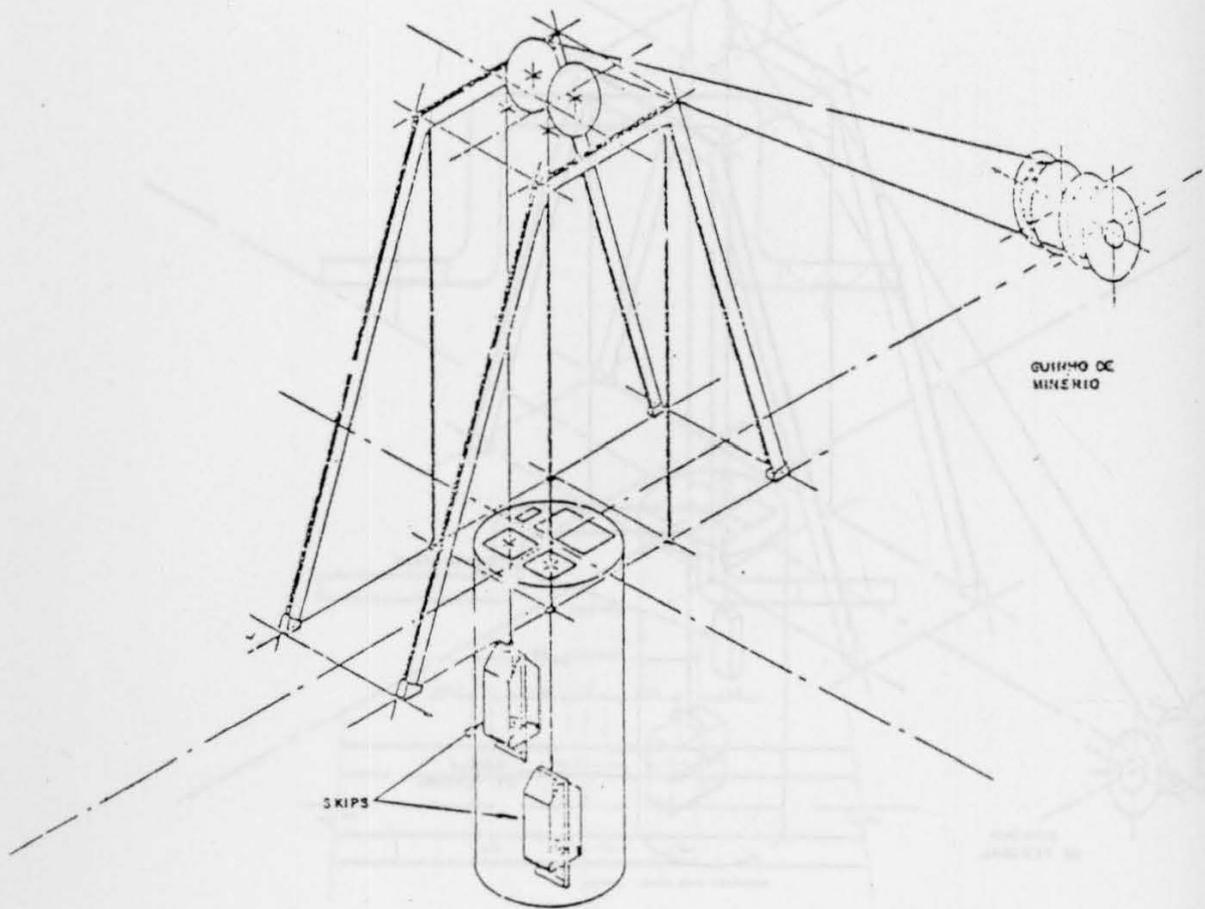
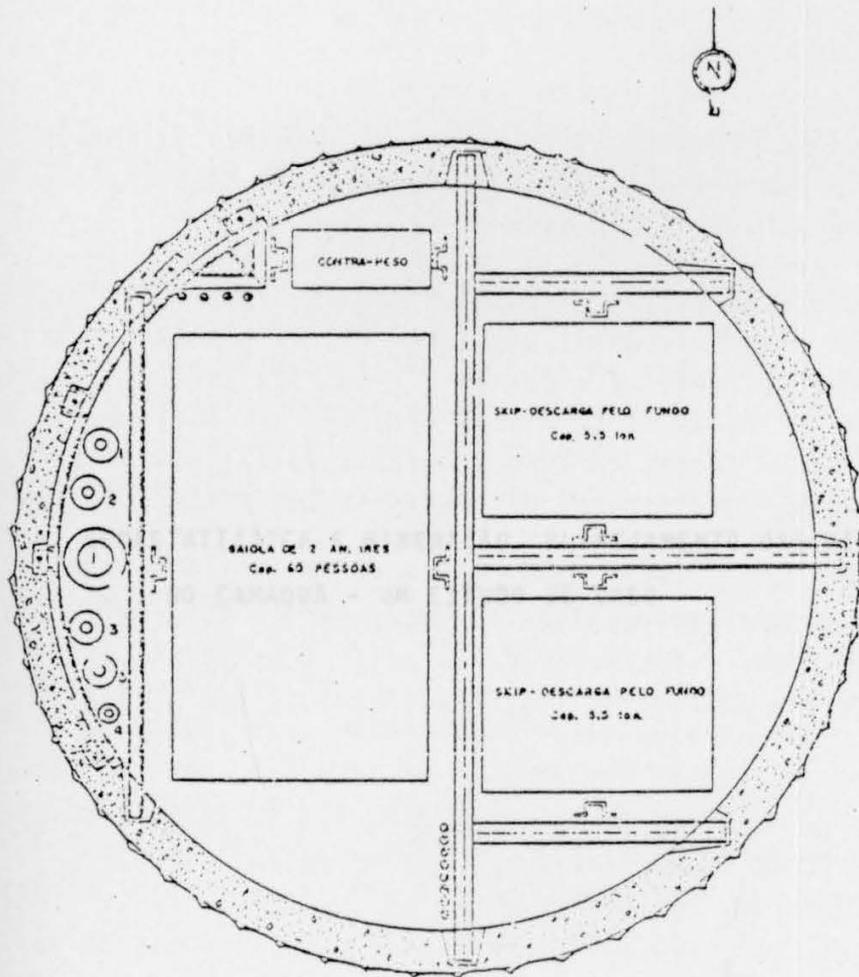


FIGURA 26

SEÇÃO TRANSVERSAL - POÇO 4/RAPOSOS - CONFIGURAÇÃO PERMANENTE



TUBULAÇÃO

- 1- 10" Ø - Ar comprimido
- 2- 4" Ø - Água de serviço
- 3- 4" Ø - Bombamento
- 4- 2" Ø - Água potável

⊙ - Cabos elétricos

FIGURA 27

GEOSTATÍSTICA E MINERAÇÃO. PLANEJAMENTO DAS MINAS

DO CAMAQUÃ - UM ESTUDO DE CASO

Engº Antonio Carlos Girodo
Paulo Abib Engenharia S.A.

GEOSTATÍSTICA E MINERAÇÃO. PLANEJAMENTO DAS MINAS
DO CAMAQUÃ - UM ESTUDO DE CASO

Engº Antonio Carlos Girodo
Paulo Abib Engenharia S.A.

Engº Antonio Carlos Girodo
Paulo Abib Engenharia S.A.

GEOESTATÍSTICA E MINERAÇÃO. PLANEJAMENTO DAS MINAS DO CAMAQUÃ -
UM ESTUDO DE CASO

Antonio Carlos Girodo (*)

Este trabalho diz respeito a aplicações de técnicas geoestatísticas na avaliação e planejamento mineiro das reservas de cobre das Minas de Camaquã, Município de Caçapava do Sul, RS.

Com este objetivo em mente, este papel técnico descreve a montagem de uma base de dados computadorizada (constituída por mais que 40.000 metros de furos de sonda a diamante), a análise variográfica (evidenciando diferentes tipos de mineralização), estimação por krigagem (ênfatizando a forma, tamanho e orientação dos blocos de lavra), parametrização e classificação das reservas (em acordo com padrões internacionais) etc.

Por fim, faz-se uma apresentação do planejamento de mina a longo prazo, contando com a determinação da cava final otimizada, a qual foi projetada com auxílio de algoritmos pertinentes e cálculo automatizado.

Todo o trabalho realizado, fez parte de um amplo projeto minero-metalúrgico, hoje em franca operação, que objetivou a expansão de antigas instalações, levando-se ainda em conta rigoroso cronograma de implantação, bem como os naturais condicionantes econômicos e financeiros. No tocante a metodologia empregada, convém ressaltar seu caráter pioneiro em nosso País, bem como a integração de aspectos de ordem puramente teórica com outros de ordem prática, fundamentando toda a engenharia de projeto, tomadas de decisão e otimização do empreendimento como um todo.

(*) Engenheiro de Minas pela Escola Politécnica da USP (1966). Engenheiro Sênior da Paulo Abib Engenharia S.A. (PAEA). Professor Assistente da Escola de Engenharia da UFMG.

1. INTRODUÇÃO

As Minas de Camaquã, pertencentes e operadas pela Cia. Brasileira do Cobre (CBC), situam-se a aproximadamente 230 km de Porto Alegre-RS (fig. 1). Acessa-se às minas, a partir da capital gaúcha, por 270 km de via asfaltada com pista dupla e 30 km de estrada encascalhada com boa condição de rodagem durante todo o ano. O clima da região é subtropical e úmido, com temperatura oscilando maioritariamente entre 10 e 26°C, e precipitação pluviométrica de 1500 mm/ano, em média.

Costuma-se subdividir as Minas de Camaquã em três grupos: Uruguai, São Luiz e Zona Intermediária; esta última de menor importância econômica. As minas Uruguai e São Luiz estão separadas por aproximadamente 700 m constituindo-se em entidades completamente distintas. Seus modelos de mineralização são diferentes, como também, seus métodos de exploração.

Este estudo de planejamento mineiro, correlacionando Geoestatística com Mineração, envolvendo ainda Pesquisa Operacional e implementação de cálculo computadorizado, fez parte de um extenso trabalho de engenharia denominado "Projeto Expansão das Minas de Camaquã", hoje em plena operação, cujo objetivo principal é a produção de 12kt/ano de cobre refinado, com base em 39,9 kt/ano de concentrado de teor 31% Cu. Para tanto há que se produzir o total de 1,45 Mt/ano de minério contendo 0,92% Cu, o qual é proveniente tanto de operações a céu aberto (Mina Uruguai 800 kt/ano, com 0,76 % Cu) quanto de subterrâneas (Mina São Luiz, 650 kt/ano com 1,11% Cu).

É praticamente impossível desenvolver um bom projeto, em curto período de tempo, envolvendo equilíbrio de operações a céu aberto e subterrânea, em depósitos minerais dotados de geologia complexa, apoiando-se unicamente em métodos manuais. Em vista disto, a automação desempenha um importante papel na construção do banco de dados geológicos, no cálculo de reservas, na otimização da cava etc. O autor ainda é de opinião que a automação de rotinas constituir-se-á em importante ferramental para futuros estudos de operações mineiras, tais como atualização de banco de dados, reavaliação de reservas, planejamentos mineiros a longo, médio e curto prazos, elabora-

ção de desenhos em geral, projeto de fogos subterrâneos em particular, investigações operacionais, etc.

Este trabalho enfoca principalmente estudos geoestatísticos e de Pesquisa Operacional voltados às operações a céu aberto. Estudos similares foram desenvolvidos para as operações subterrâneas (banco de dados, análise variográfica, avaliações de painéis, etc). Discute-se agora a factibilidade (técnica/econômica) de se realizar futuras investigações (simulação das operações mineiras, otimização da produção subterrânea, de redes de ventilação etc).

2. DESCRIÇÃO GERAL DOS DEPÓSITOS E DAS MINAS

2.1. Histórico

As primeiras notícias da ocorrência datam de 1865, quando prospectores ingleses chegaram à área. Àquele tempo, uma pequena quantidade de minério de alto teor foi exportada à Europa. A primeira concentração industrial, bastante rudimentar, baseada em princípios hidrogravíticos, foi construída em 1898. Em 1942, o Grupo Pignatari adquiriu os direitos minerários e já em 1944 construiu a primeira planta de flotação, capaz de tratar 120 t/dia de alimentação. Até 1974, quando a Cia. Brasileira do Cobre (do BNDES) adquiriu as propriedades, as operações sofreram inúmeras paradas e retomadas, até atingir 800 t/dia de alimentação da flotação. Em 1975, a CBC decidiu levar a cabo um amplo programa de pesquisa e de engenharia (Projeto Expansão das Minas de Camaquã), objetivando atingir a produção de 12 kt/ano de cobre refinado, conforme mencionado anteriormente.

2.2. Geologia e Reservas Minerais

A história geológica dos depósitos cupríferos de Camaquã é bastante complexa, tendo sido relatada em detalhe alhures². Essencialmente, a mineralização foi originalmente singenética, formada concomitantemente com conglomerados e arenitos de origem deltáica⁶, de idade eo-Cambriana, depositados em um abatimento crustal (graben), controlado por extensas falhas de gravidade. Eventos tectônicos subsequentes provocaram remobilizações e reconcentrações epigenéticas das mi

neralizações cupríferas, tanto em zonas de cisalhamento (falhas e fraturas), dando origem aos minérios maciços e filonianos e quanto em porosidades de rocha, provocando a surgência de minérios disseminados. Desta maneira, as mineralizações em Camaquã exibem um forte controle estrutural. O controle estratigráfico desempenha também um relevante papel. A maior parte das reservas da mina (cêu aberto) Uruguai pertencem ao Conglomerado Superior, enquanto que as mineralizações deste depósito, explotáveis subterraneamente pertencem ao Arenito Inferior². Os principais minerais metálicos são pirita, calcopirita, bornita, calcosina, covelita etc. e a ganga constitui-se essencialmente de quartzo, clorita, sericita, limonita etc.

Compartilhando a opinião de outros geoestatísticos⁷, o autor está convencido da importância de se conduzir os estudos geoestatísticos, compreendendo-se muito bem os diversos aspectos da geologia do depósito e em especial sua estruturação. É bastante conhecido¹ o fato de ruína de inúmeros projetos mineiros, quando não se leva na devida conta os aspectos mencionados. Destarte, todos os dados geológicos do depósito em epígrafe, foram sistematicamente coletados sob a forma de uma base de dados conveniente organizada, tal forma a bem suportar todo planejamento mineiro subsequente. A interação dos trabalhos desenvolvidos pelos geólogos de Minas da CBC e os especialistas em geoestatística da projetista (PAA) foi fortemente encorajada tal forma a atingir os objetivos com a máxima eficiência.

As reservas geológicas das Minas de Camaquã⁴, avaliadas por métodos geoestatísticos e/ou clássicos resultaram em um total geral de 30,82 Mt de minério, contendo 1,06% Cu. Novas pesquisas geológicas e estudos geoestatísticos estão sendo conduzidos com o objetivo de avaliar todas as reservas, especialmente aquelas mais profundas.

2.3. Métodos de Lavra e Processamento Mineral

Os métodos projetados para a mineração ora já em plena operação, refere-se a lavra a cêu aberto tradicional para a Mina Uruguai e realce por subniveis ("sub-level") e câmaras armazéns ("shrinkage

stopes") para a Mina São Luiz.

A cava da Mina Uruguai atingirá as seguintes dimensões: área da superfície $800 \times 400 \text{ m}^2$; na base $200 \times 35 \text{ m}^2$. profundidade máxima 280m; altura do banco 10m; ângulos de talude 30° - 55° ; vida aproximada 15 anos. Os principais equipamentos empregados são: 3 escavadeiras (6 jc), 1 pã-carregadeira (7 jc), 8 caminhões (37 t), 2 tratores de esteira (D8K), 1 trator sobre pneus, 2 perfuratrizes percussíveis (3"), 2 perfuratrizes rotativas (6 3/4") etc. A mina subterrânea de São Luiz foi provida de todos os sistemas (poço, rampas, galerias, passagem de minério e de estéril, estação de britagem, silos subterrâneos, guincho ("skip and cage"), ventilação, bombeamento d'água de drenagem, água industrial e potável, etc) e equipamentos necessários para bem atender à produção desejada. A CBC está agora executando trabalhos de exploração subterrânea nos níveis mais profundos da Mina Uruguai, bem como, já se projetou a inter-conexão entre ambas operações de subsuperfície.

2.4. Amostragens dos Depósitos

De 1974 até 1977, a CBC contratou e executou 32 km furos de sonda a diamante (21 km a partir da superfície e 11 km de subsolo) com o propósito de reavaliar os depósitos minerais. Os testemunhos obtidos foram sistematicamente descritos, anotando-se os importantes parâmetros geológicos e geotécnicos, tais como posições estratigráficas, tipos de rocha, recuperações, cor, textura, mineralogia com ênfase na composição modal dos minerais metálicos, proporções dos minérios maciço e disseminado, intensidade das fraturas, descontinuidades estruturais, etc. Os intervalos de testemunhos foram convenientemente rachados, cominuídos e quarteados. Todas as amostras, correspondendo a intervalos de 1m, foram analisadas para cobre, e em uma pequena proporção, foram dosados ouro e prata. A recuperação dos testemunhos normalmente superou a casa dos 85-90%, porém este valor cai para patamares mais baixos, quando os furos de sonda interseptam zonas do depósito altamente cisalhadas e mineralizações de calcário. Coletou-se também a lama de sondagem para análises químicas e mineralógicas. A reavaliação dos depósitos minerais envolveu também a análise de velhas amostras de canais, coletadas em

17,5 km de galerias existentes. Estas amostras também foram tomadas em intervalos de 1m, sendo que as correspondentes seções transversais não diferem muito dos diâmetros BX ou AX usados nos serviços de sondagem. Este fato assegura a uniformidade do tamanho (suporte) das amostras, o que é muitíssimo conveniente na implementação prática dos trabalhos de modelação e avaliação geoestatística de reservas.

3. PLANEJAMENTO GEOESTATÍSTICO DA MINA URUGUAI

3.1. Avaliação de Reservas Minerais

Foi dito¹³ que a cubagem de reservas minerais constitui "a tarefa mais responsável e insubstituível na avaliação de depósitos minerais. É impossível atingir eficiência na extração e produtividade sem o cálculo acurado das reservas". A diferença dos custos entre as opções de se criar um bom inventário mineral (modelo da jazida) e apenas proceder uma estimativa grosseira é insignificante caso se leve em conta o valor potencial do depósito. Destarte, a avaliação feita para as Minas de Camaquã foi baseada na geoestatística Matheroniana, que é a melhor teoria existente, voltada à avaliação de reservas minerais. Os procedimentos normalmente empregados para cálculos de reservas são normalmente fastidiosos, repetitivos, sistemáticos e sujeitos a inúmeros erros principalmente quando se lida com grande quantidade de dados (como o caso em questão). O trato de enorme volume de dados em curto espaço de tempo, a impossibilidade prática de se realizar complexos cálculos matemáticos por meios manuais, a necessidade de se evitar erros grosseiros, baixar custos, aumentar a eficiência e precisão etc., levaram a solução dos problemas expostos via cálculo automático.

3.1.1. Construção da Base de Dados

A exploração de um depósito mineral normalmente conduz a um enorme volume de dados de complexas observações de fatos geológicos e correlatos. Esta imensa quantidade de informações, nunca será plenamente utilizada caso não seja organizada de maneira sistemática e disciplinada. Deve-se notar que todos os trabalhos a juzante (ava-

liação de reservas, planejamento mineiro, etc) dependem da base de dados executados e desta maneira é extremamente importante dar a devida atenção a esta tarefa.

Uma importante decisão que deve ser tomada ao início diz respeito à quantidade de dados a apropriar, quais dados e como coletar. Como regra geral, é melhor coletar dados a mais que a menos. Também é boa prática proceder o mínimo possível de transcrições e compilações manuais a fim de se evitar erros. Os dados coletados devem também estar aptos, em qualquer instante, a sofrer atualizações ou a implementar estudos e cálculos em geral.

A concepção da base de dados para a Mina de Camaquã foi elaborada a partir de uma série de reuniões técnicas com a participação ativa de vários profissionais envolvidos com a geologia da mina, planejamento mineiro, processos minerais etc., decidindo-se quais variáveis a coletar e como organizar a estrutura dos dados. À semelhança³ de outros sistemas, estabeleceu-se um formulário com 80 colunas tal forma a possibilitar ao geólogo da mina proceder diretamente a descrição ("log") do furo em formato amplamente usado em computação, minimizando a interface entre o pessoal de campo e do centro de cálculo, minimizando-se a probabilidade de se cometer erros. Assim foram coletados dados, em intervalos de 1m, de mais, que 40km de testemunhos de sondagem correspondendo não só as campanhas realizadas entre 1974 e 1977, mas também aquelas mais antigas. Estes dados foram rapidamente digitados em fitas magnéticas e a quantidade de informações produzidas foi equivalente a 85.000 unidades de cartões FORTRAN "Standard" caso se considere apenas a parte superior da Mina Uruguai, e mais de 120.000 cartões se se considerar todos os depósitos.

Um conjunto de programas de computador foi também concebido para tratar de forma eficiente o elevado volume de dados. Desta maneira foram elaborados programas de consistência (horizontal e vertical) capazes de detectar e corrigir erros oriundos da coleta de dados, bem como da digitação. Esta rotina de trabalho foi implantada com o intuito de se eliminar todos e quaisquer erros na entrada ("input") de programas subsequentes que viessem a comprometer futuros estudos e projetos.

Outro grupo de programas dividido para o trabalho, pertencem a classe denominada "altera-inclui-exclui" que toma conta das eventuais modificações e atualizações de base de dados. Uma terceira classe de programas de recuperação ("retrieval") cuida do aspecto de organizar os arquivos de entrada para programas subsequentes de tratamento estatístico de dados, modelação de reservas, estimação etc.

Nos estudos da Mina Uruguai, as informações advindas dos furos de sonda constituíram-se nos dados mais importantes e confiáveis (a maioria dos dados amostrais de antigas canaletas foram criticados e eliminados por suspeita de má informação), registrando-se os seguintes elementos: identificação do furo, coordenadas da boca, inclinação e mergulho, desvios e diâmetros dos furos, recuperações dos diversos intervalos amostrais, código litológico, posição estratigráfica, tipo de mineralização (maciça, disseminada, etc), minerais de minério e suas proporções, alterações (sericita, clorita, etc), teores de cobre prata e ouro etc.

Até o presente momento, a base de dados implantada mostrou-se confiável, de rápido acesso, bem adaptada ao depósito e bastante útil para diversos propósitos de vários departamentos técnicos e do gerenciamento da indústria.

3.1.2. Sumário da Teoria Envolvida

A Teoria das Variáveis Regionalizadas ou Geoestatística foi desenvolvida pelo engenheiro de minas francês G. Matheron, e tem mostrado conter em seu corpo de doutrina um conjunto coerente de técnicas topo-probabilística capaz de produzir modelos matemáticos realistas e adaptáveis aos diversos depósitos minerais (ou partes dos mesmos), avaliar acuradamente reservas minerais, apoiar planejamentos mineiros, etc. A Geoestatística é hoje amplamente aceita pelos profissionais da mineração de quase todos os países em virtude de prover soluções efetivas para inúmeros problemas encontrados na prática. Dispõe-se hoje de vários e excelentes livros textos^{5,8,11,15} que tratam o assunto de forma didática e em alto grau de detalhe. É impossível tratar todos os relevantes assuntos da Geoestatística em poucas linhas, todavia segue-se com alguns de seus aspectos mais básicos.

A Geoestatística diz respeito à correlação espacial entre teores amostrais, espessuras de minério e diversos outros fenômenos geológicos que apresentam dispersão intrínseca. Ao contrário da Estatística clássica, a Geoestatística leva em consideração as importantes relações geométricas entre amostras e sua zona de influência. A função variograma $\gamma(h)$ é a ferramenta básica para o estudo das mencionadas correlações espaciais de uma maneira quantitativa. A expressão matemática do variograma é:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E [Z(P) - Z(P+\vec{h})]^2 \quad (1) \quad \text{onde } E \text{ é a esperança matemática } Z(P) \text{ e } Z(P+\vec{h}) \text{ os teores (ou outra "variável regionalizada" considerada) nos pontos } P \text{ e } P+\vec{h}, \vec{h} \text{ vetor e } h = |\vec{h}|.$$

Os depósitos minerais são geralmente anisotrópicos (poucos são isotrópicos) e assim o variograma depende da direção de \vec{h} considerada. A análise estrutural (ou variografia) refere-se à modelagem das variáveis espaciais "in situ" podendo contemplar parâmetros os mais diversos (v.g. teores, espessuras, recuperações metalúrgicas de ensaios de bancada, etc). Existem diversos modelos variográficos disponíveis para o ajuste de dados experimentais (esférico de Matheron, quadrático de Alfaro, De Wijs, Formery, etc) assim como existem inúmeras distribuições estatísticas (Gauss, lognormal, etc). A variografia constitui-se no alicerce fundamental para todos os estudos geoestatísticos subsequentes e em especial a avaliação de reservas.

A aplicação prática da geoestatística na avaliação de reservas inclui o cálculo do erro das estimações de teores e tonelagens de depósitos minerais, enfatizando-se a natureza (topo) probabilística do fenômeno mineralizante. A Geoestatística provê diversas ferramentas para avaliação de reservas tais como variância de estimação, krigagem, método transitivo etc. Este trabalho reporta-se à krigagem (nome do procedimento desenvolvido por Matheron, em honra a D.G. Krige engenheiro financista sul africano) que nada mais é que um estimador geoestatístico BLUE ("best linear unbiased estimator").

Uma rápida formulação do estimador de krigagem é feita como segue: suponha que se deseje avaliar o teor (desconhecido) de um bloco de lavra (painel, parte do depósito, ou mesmo, todo o depósito através de um conjunto de n amostras $z(P_i) | i = 1, n$ localizadas nos pontos

P_i . Primeiramente krigagem é um estimador linear, ou seja, $Z^* = \sum_{i=1}^n a_i z(P_i)$, $a_i \in \mathbb{R}$. Em segundo lugar krigagem é um estimador não enviesado, assim $E[Z^*] = E[Z]$ e é fácil demonstrar que em decorrência disto $\sum_{i=1}^n a_i = 1$. Em terceiro lugar krigagem é um estimador de mínima variância ou ótimo ("best"), e isto significa que a variância correspondente $\sigma_k^2 = E[Z - Z^*]^2$ é mínima.

A função σ_k^2 pode ser expressa em termos de variogramas (ou variâncias) e, desta maneira, minimizando-se σ_k^2 com o constrangimento $\sum_{i=1}^n a_i = 1$, Matheron encontrou:

$$[A] = [G]^{-1} [M], \quad (2)$$

sistema regular (que admite uma e uma só solução), onde:

$$[G] = \begin{bmatrix} \bar{\gamma}(P_1, P_1) & \bar{\gamma}(P_1, P_2) & \bar{\gamma}(P_1, P_3) & \dots & \bar{\gamma}(P_1, P_n) & 1 \\ \bar{\gamma}(P_2, P_1) & \bar{\gamma}(P_2, P_2) & \bar{\gamma}(P_2, P_3) & \dots & \bar{\gamma}(P_2, P_n) & 1 \\ \bar{\gamma}(P_3, P_1) & \bar{\gamma}(P_3, P_2) & \bar{\gamma}(P_3, P_3) & \dots & \bar{\gamma}(P_3, P_n) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 1 \\ \bar{\gamma}(P_n, P_1) & \bar{\gamma}(P_n, P_2) & \bar{\gamma}(P_n, P_3) & \dots & \bar{\gamma}(P_n, P_n) & 0 \end{bmatrix}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix}$$

$$[M] = \begin{bmatrix} \bar{\gamma}(P_1, V) \\ \bar{\gamma}(P_2, V) \\ \bar{\gamma}(P_3, V) \\ \vdots \\ \bar{\gamma}(P_n, V) \end{bmatrix}$$

Os elementos de $[G]$ referem-se a variogramas (médios) entre amostras e são facilmente determinados com auxílio dos modelos desenvolvidos na análise estrutural. Similarmente, $[M]$ contém os variogramas entre as amostras e o bloco a ser estimado. Os únicos elementos desconhecidos são aqueles da matriz $[A]$ que são determinados resolvendo-se o sistema (λ é o multiplicador de Lagrange).

É uma prática comum na avaliação de reservas minerais, subdividir o depósito em blocos de lavra discretos e avaliá-los (um a um) por krigagem (obtendo-se o teor krigado e a variância de krigagem, ou erro). A estatística clássica pode ser aplicada a qualquer conjunto de blocos de lavra (em particular para a totalidade do depósito) e assim pode-se definir o teor krigado da média (para o depósito), a variância de krigagem da média, o erro de krigagem da média etc., quantificando-se a reserva em questão. É prática comum se trabalhar no limiar de probabilidade 2σ (95%). Um aspecto bastante prático da geoestatística refere-se à parametrização de depósitos minerais que consiste em encontrar as relações (curva característica) entre as tonelagens de minério, teores médios e os vários teores de corte possíveis.

3.1.3. Análise Estrutural

A análise estrutural do depósito de Camaquã foi fortemente suportada pela interpretação geológica e a correspondente base de dados e foi procedida com auxílio de um poderoso programa de variografia de nome V_{AR}LIN (variograma linear). Todos os programas de geoestatística e de otimização da cava final foram escritos em FORTRAN IV, aptos a correr em computadores de grande porte, utilizando-se para execução dos trabalhos deste projeto o computador CYBER 175 da Control Data.

De uma maneira simplista, os filões principais da Mina Uruguai apresentaram-se segundo uma atitude média N 58°W, 62°SW (ou 148°, 62° SW em notação azimutal) e o comportamento dos filões secundários assinalaram em média N 58°W, 56°NE (ou 148°, 56° NE). Foram comumente verificadas (fig. 2b) mineralizações disseminadas (minério pobre) as proximidades e bordejando os filões (ricos). Assim, do ponto de vista geológico as principais direções para variografia são (fig. 2a):

Para os filões principais: 1º) direção média (148°, 0°); 2º) perpendicular aos filões (58°, 28°); 3º) mergulho dos filões (238°, 62°). "Mutatis mutandi" para os filões secundários estas direções são: 1º) 148°, 0°; 2º) 238°, 17°; 3º) 58°, 73°.

O programa VARLIN tem-se mostrado muito eficiente na implementação da análise variográfica a 3D. Além de calcular e imprimir gráficos de variogramas experimentais, também oferece as funções deriva e parâmetros estatísticos diversos da população amostral. O programa VARLIN é também capaz de fornecer, em uma única corrida, os parâmetros supra mencionados em tantas direções quantas o usuário desejar, bem como, proceder cortes de teores aberrantes (altos e/ou baixos), manejar vários ângulos de regularização, variar passo variográfico etc.

A obtenção de variogramas em separado para os filões principais e secundários foi facilmente obtida usando-se convenientes restrições geométricas implementadas no programa VARLIN. A separação de minérios maciço (filoniano) e disseminado pode ser obtida de duas formas distintas, quer utilizando-se da descrição da base de dados ou ainda realizando-se cortes por teores, forma adotada, onde teores superiores a 0,3% Cu referiam-se ao minério maciço e valores inferiores reportavam-se ao minério disseminado. Variogramas de determinadas partes do depósito foram obtidas de maneiras diferentes, através da manipulação de base de dados (v.g. mineralizações associadas determinadas litologias, sujeitas a restrições geométricas, etc).

Ao contrário da opinião de alguns autores⁵ (referência pag. 147) a experiência da PAA é favorável à modelação do variograma experimental por métodos manuais. De acordo com a opinião de outros autores¹⁵ o especialista em geoestatística deve examinar cuidadosamente os dados (variograma) experimentais (v.g. exclusão de estranhos, de pontos sem representatividade estatística, pontos com deriva acentuada fugindo a hipótese básica de krigagem etc) e assim escolher o modelo teórico ajustando-se os parâmetros pertinentes.

Em acordo com a metodologia exposta, o depósito Uruguai foi ajustado por pertinentes modelos esféricos. Os parâmetros destes modelos para a zona dos filões principais englobando tanto os minérios maciço quanto os disseminados estão referidos na figura 2d. Programas similares foram encontrados para as direções correspondentes na zona dos filões secundários. Em outras palavras, verificou-se uma

forte coerência entre os resultados variográficos e a interpretação geológica. De fato, os geólogos afirmam a mesma gênese para ambas as zonas e as fraturas preenchidas representam planos de cisalhamentos (principais) conjugados.

Não foi feita a análise estrutural em termos de ouro e prata em virtude de carências de informações.

3.1.4. Modelamento dos Corpos de Minério, Krigagem e Parametrização

Para propósitos de modelamento e avaliação, o depósito Uruguai foi subdividido em "blocos tecnológicos" paralelepipedais (modelo de blocos fixos e regulares - 3D)¹⁰ de 25m (direção dos filões) x 5m (largura) x 10m (altura do banco). O tamanho e orientação destes blocos podem ser justificados pela densidade de informação disponível, análise estrutural, seletividade requerida na lavra, porte do equipamento mineiro e de certo modo por aspectos práticos do cálculo automático. A topografia do terreno foi implementada no modelo segundo um sistema de coordenadas cartesianas - 3D. O depósito mineral, composto de um conjunto de blocos tecnológicos, foi organizado como se fosse uma "pilha de tijolos" de 33 níveis (bancos de 10m), 41 linhas (25m de comprimento) e 150 colunas (5m largura) perfazendo um total de 6150 blocos por nível e um total geral de 202.950 blocos. De fato, os blocos acima da topografia de terreno correspondem a ar e aqueles abaixo, referem-se a blocos tecnológicos propriamente ditos. Cada bloco pode ser referido pela sua linha, coluna e nível ou ainda pelo seu número de referência:

$$N = (\text{NÍVEL} - 1) \times 6.150 + (\text{LINHA} - 1) \times 150 + \text{COLUNA}$$

É prática comum da PAA, proceder a krigagem e parametrização de depósitos minerais pequenos e estruturalmente simples, com uma única corrida do programa KRIPAR. Todavia, isto não foi possível para o caso do depósito Uruguai, em virtude de uma série de circunstâncias de caráter técnico e econômico, impossíveis de serem sobrepujados com uma única corrida (elevado número de blocos, volume de dados e sua dispersão no interior do depósito, estruturas complexas etc. e principalmente os custos computacionais e limitações de verbas). Assim, o trabalho foi feito por partes com apoio de um sistema de-

nominado CAVALG implementado com artifícios particulares e capazes de resolver as dificuldades apresentadas. Os principais programas deste sistema são: PREKRI (delimita regiões do depósito com diferentes densidades de informação), KRIGA-3D (realiza a krigagem dos blocos e organiza arquivos de blocos krigados); PARAMRES (parametriza as reservas).

Dois conceitos fundamentais usados em krigagem e parametrização referem-se à aditividade dos resultados de krigagem e classificação de reservas minerais em distintas categorias¹⁴. A Tabela 1 e a fig. 3 apresentam os pertinentes resultados para o depósito Uruguai.

3.2. Opções Cêu Aberto/Subterrânea

3.2.1. Relação de Mineração, Relação de Mineração Limite

A escolha ou delimitação entre as alternativas de lavra a céu aberto e subterrânea é normalmente feita, levando-se em conta os custos de lavra, reservas minerais, recuperação e diluição. A lavra a céu aberto é normalmente feita com a remoção de determinada proporção de estéril e este custo operacional, obviamente, deve ser levado em consideração. Assim, a relação estéril/minério, também denominada relação de mineração, desempenha um importante papel na definição dos métodos de lavra, se a céu aberto ou se subterrânea. O domínio de cada opção, pode ser expresso pelas seguintes fórmulas:

EXPRESSÃO	OPÇÃO
$C_{Ms} > C_{Mca} + R. Ce$	③a ← lavra a céu aberto
$C_{Ms} = C_{Mca} + R. Ce$	③b ← condição limite
$C_{Ms} < C_{Mca} + R. Ce$	③c ← lavra subterrânea

C_{Ms} ... custo de lavra subterrânea de uma unidade (lt) de minério, incluindo o custo operacional de desmonte por explosivos, carregamento, britagem e transporte do minério para a planta de concentração.

C_{Ma} ... custo de lavra a céu aberto para uma unidade de massa, incluindo desmonte, carregamento, britagem e transporte para a planta de concentração.

C_e ... custo de lavra do estéril, incluindo seu desmonte, carregamento e transporte para a pilha de estéril.

R ... relação de mineração, representando a tonelagem de estéril a ser removida para cada tonelada de minério desmontada.

De (3b) vem imediatamente a relação de mineração limite:

$$R_L = (C_{Ms} - C_{Ma})/C_e \quad (4)$$

Usando-se os custos da Mina Uruguai referidos a uma hipotética unidade monetária (5) encontra-se: $R_L = (\$ 438,78 - \$ 55,58)/\$ 43,41 = 8,83$. A figura 4 mostra a relação de mineração limite e a divisão dos campos representativos da lavra a céu aberto e subterrânea.

3.2.2. Função Benefício

A função benefício pode ser definida para cada bloco tecnológico da Mina Uruguai, da seguinte maneira:

- Para blocos de minério:

$$B_i = V_i - C_i = L_i [(pt^*_i r_i - (C_{LM} + C_{TM_i} + C_{BR_i} + C_B + K + K_f))] \quad (5a)$$

- Para blocos de estéril:

$$B_i = -L_i (C_{LE} + C_{TE_i}) \quad (5b) \quad \text{onde:}$$

B_i ... é o benefício do bloco de estéril ou minério considerado.

O símbolo B_{im} e B_{ie} são referidos a função benefício para os blocos de minério ou estéril, respectivamente.

V_i e C_i ... referem-se as receitas ou despesas relacionadas ao bloco de minério i .

L_i ... tonelagem do bloco i de minério ou estéril ($= 3312,5t$).

p ... preço de venda da unidade de metal contida ($= \$ 144,019/t$).

t^*_i e t^*_{pi} ... teor krigado do bloco i expresso como um número adimensional ou na base percentual ($t^*_i = t^*_{pi}/100$).

r_i ... recuperação do metal, correlacionável ao teor t_i^* .

Uma análise de regressão suportada por dados operacionais prévios da planta de concentração de Camaquã, conduziu à seguinte relação:

$$r_i = 0,9029 + 0,0895 \ln t_{pi}^* \quad (6a) \text{ ou}$$

$$r_i = 1,3151 + 0,0895 \ln t_i^* \quad (6b)$$

C_{LM} ... custo (por tonelada in situ) de lavra do minério

C_{TM_i} ... custo (por tonelada in situ) de transporte do bloco de minério i .

$C_L = C_{Ma} = C_{LM} + C_{TM_i}$... custo de mineração (a céu aberto) do minério, incluindo transporte (excluída a britagem) (\$ 43,41/t)

C_{BR_i} ... custo de britagem (\$ 12,17/t)

$C_{LM} + C_{TM_i} + C_{BR_i} = C_L + C_{BR_i}$... custo da lavra a céu aberto após britagem: \$ (43,41 + 12,17)/t = \$ 55,58/t.

C_B ... custo de beneficiamento mineral (por tonelada de alimentação) excluída a britagem: (\$ 120,21/t).

K ... custos indiretos (gerenciamento, administração, comercialização, assistência social etc) por rateio (\$ 74,24/t).

K_f ... custos financeiros (\$ 50,10/t)

$C_{LE} + C_{TE} = C_{TM_i} = C_L$... custo de mineração do estéril (\$ 43,41/t)

Com os dados acima, foi possível reescrever a função benefício, relacionando-a apenas ao teor do bloco de minério, como segue (minério e estéril, respectivamente):

$$B_i = 496.697.406,6 t_i^* + 33.803.070,41 t_i^* \ln t_i^* - 994.180,63 \quad (7a) \text{ e}$$

$$B_i = - 3.312,5 \times 43,41 = - \$ 143.795,63 \quad (7b)$$

3.2.3. Teor de Corte

A literatura técnica não é uniforme, consistente ou precisa na definição dos teores de corte, marginal, limite etc. Assim, evitar desentendimentos, estes termos são definidos em sequência neste estudo.

Definição: Teor de corte ("cutoff grade") de um bloco é aquele teor capaz de pagar seus custos de mineração, processamento mineral, assim como aqueles custos indiretos e financeiros, sem gerar lucro e sem suportar a remoção de quaisquer estêreis associados.

Para a mina Uruguai, o teor de corte pode ser obtido de (7a) fazendo-se $B_i = 0$ (e $R=0$), como $t_i^* = t_i^*$. Assim:

$$496.697.406,6 t_c^* + 33.803,41 t_c^* \ln t_c^* - 994.180,63 = 0$$

e com ajuda do método Newton - Raphson encontra-se $t_c^* = 0,00328$ ou $t_{pc}^* = 0,33\%Cu$.

3.2.4. Teor Mínimo (ou Marginal)

Definição: Teor mínimo ou marginal é aquele teor que paga apenas os custos de processamento mineral além dos custos financeiros e indiretos. Corresponde à opção de se transportar um bloco já minerado à planta de beneficiamento ao invés de encaminhá-lo à pilha de estéril, sem resultar em qualquer lucro ou perda de dinheiro.

O teor marginal para a Mina Uruguai pode ser estabelecido como o menor teor que satisfaça:

$$t_i^* \cdot r_i \cdot p \geq C_{BR_i} + C_B + K + K_f$$

Fazendo-se as pertinentes substituições, encontra-se para a Mina Uruguai:

$$149.946,39 t_m^* + 10.204,70 t_m^* \ln t_m^* - 256,72 = 0, \text{ equação esta que}$$

pode ser resolvida pelo método de Newton-Raphson resultando o teor mínimo ou marginal $t_m = 0,00284$ ou $t_{pm} = 0,28\%Cu$.

3.2.5. Discussão sobre a Função Benefício

O significado da função benefício para a Mina Uruguai, em termos minerais, nos diferentes intervalos de teores, podem ser apreciados pela figura 5.

Primeiramente, quando o teor do bloco de minério for superior ou igual ao teor de corte ($t_i^* \geq t_c^*$), a nível de bloco, a unidade mineira é considerada minério. O bloco será efetivamente desmontado e enviado à usina se estiver situado dentro do limite da cava. De fato, existem blocos ricos, externos a cava, cujos teores intrínsecos são superiores ao teor de corte, porém não suportam os mesmos a remoção de massas estêreis sobrepostas e desta forma, permanecem "in situ"

Em segundo lugar, os blocos tecnológicos associados a teores no intervalo $t_m^* \leq t_i^* \leq t_c^*$ são considerados marginais. Se os mesmos caem dentro do contorno da cava, são enviados à usina ao invés da pilha de rejeito, gerando algum lucro e promovendo uma melhor conservação do recurso mineral.

Em terceiro lugar, os blocos tecnológicos de teores abaixo do teor mínimo são sempre estêreis. Se eles se situarem dentro do limite da cava, devem ser removidos e enviados ao bota-fora.

3.2.6. Equação de Equilíbrio Econômico. Teor Limite (ou Teor de Corte Subterrâneo)

O benefício total da lavra de n_m blocos de minério e $n_e = R n_m$ blocos de estéril pode ser expresso por equações de equilíbrio econômico, conforme segue:

$$B_T = n_m L_i p \bar{t}_i \bar{r}_i - [n_m L_i (C_L + C_{BR_i} + C_B + K + K_f) + n_e L_i C_L] \quad (8a) \quad \text{ou}$$

$$B_T = n_m L_i \left\{ p t_i r_i - [C_L (1+R) + C_{BR_i} + C_B + K + K_f] \right\} \quad (8b)$$

onde \bar{t}_i e \bar{r}_i referem-se aos valores médios do teor e recuperação metalúrgica dos blocos considerados.

Definição: Teor limite \bar{e} é o menor teor que compensa economicamente uma operação subterrânea.

De maneira similar ao que foi feito anteriormente, fazendo-se $B_T=0$, $R=R_L$, $\bar{e}_i = \bar{e}_L$ e $\bar{r}_i = \bar{r}_L$, onde \bar{e}_i é o teor limite desejado e \bar{r}_i é a recuperação média para $\bar{e}_i = t_L$, com auxílio de (8b) e (6b) encontra-se:

$$149.946,39 \bar{e}_i + 10.204,70 \bar{e}_i \ln \bar{e}_i - 683,44 = 0$$

Mais uma vez, com a ajuda do método de Newton-Raphson, encontra-se o teor limite $\bar{e}_L = 0,00689$ ou $\bar{e}_{pL} = 0,69 \% \text{ Cu}$.

3.2.7. Sumário das Opções de Lavra

Com base na relação de mineração limite e teores de corte marginal e limite pode-se retratar os pertinentes campos de lavra do depósito (fig. 6).

3.3. Otimização de Cavas

3.3.1. Notas Sobre a Teoria de Otimização de Cavas

A teoria de otimização de cavas foi recentemente revista por Kim¹⁰ existindo muitos procedimentos para este problema, alguns dos quais rigorosos (existe comprovação matemática) e outros quase otimizantes ou heurísticos (funcionam na maioria dos casos, porém carecem de prova matemática rigorosa). Um dos algoritmos mais antigos porém ainda amplamente utilizados é o famoso Lerch e Grossman⁹ (ALG), que maximiza a função (benefício) objetiva, no domínio do depósito mineral, sujeita a constrangimentos geométricos (ângulos de talude, limites de propriedades, base da cava). Em outras palavras, a otimização da cava consiste essencialmente em encontrar o máximo de $\int_D B(x,y,z) dx dy dz$ (9a), onde B é a função benefício de um "ponto" de coordenadas x, y e z, e D o domínio do depósito.

Até a presente oportunidade, não se dispõe de modelos contínuo aceitáveis para depósitos minerais, e assim a prática corrente de otimização de cavas é suportada por modelos discretos (principalmente bloco regular-3D). Desta forma o ALG consiste em encontrar o máximo constrangido da função discreta $\sum_p B_i$ (9b), com ajuda da Teoria dos Grafos.

Grafo $G(v,A)$ é um conjunto de vértices e arcos (lados orientados que unem vértices) onde \hat{V} é um conjunto de vértices $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ e A é um conjunto de arcos $(x_1, x_2), (x_2, x_3), (x_3, x_4), \dots, (x_3, x_1)$... etc.

O conceito de grafos em suporte do ALG, possivelmente pode ser apreciado, através de um exemplo mineiro simples (fig. 7a). Suponha que um conjunto de blocos (1), (2), (3) e (4) e que cada bloco tem um certo valor quando removido. A remoção do bloco (1), em virtude de restrições geométricas (ângulos de talude) implica na remoção prévia dos blocos (2), (3) e (4).

Assim, segue-se o raciocínio:

- . Cada bloco é um vértice x_1, x_2, x_3 e x_4 associado a uma massa (lucro ou prejuízo) quando removido.
- . Os relacionamentos entre dois blocos, representando a sequência de remoção são os arcos: $(x_1, x_2), (x_1, x_3)$ e (x_1, x_4) .
- . Como cada bloco possui um valor próprio, a árvore formada pelos blocos desmontados também se associa a um valor (positivo ou negativo) que pode ser determinado.
- . Fechamento do grafo é uma aplicação multívoca Γ de v em v $\{(x_i, x_j) \in A \rightarrow x_j \in \Gamma(x_i)\}$ e o que o algoritmo procura é o fechamento máximo do grafo encontrando-se assim o contorno que se associa ao lucro máximo e representa a cava otimizada.

3.3.2. Otimização da Cava Uruguai

Dois programas de otimização de cava foram usados na mina Uruguai. O primeiro, denominado CORTA conjuga o ALG à técnica dos cones deslisantes¹², segundo um modelo tridimensional.

As principais entradas deste programa são a superfície topográfica, o inventário mineral, a função (benefício) objetiva (7a) e (7b) e os constrangimentos geométricos (ângulos de talude variando com direções e limites de áreas).

O algoritmo implementado neste programa é rigoroso e a correspondente saída imprime a cava final, a reserva (lavrável) total, a parametrização da reserva (por classes de teores e de erros), as características de cada banco de lavra, etc. Com o uso de corridas recursivas o programa pode também definir a evolução diacrônica da cava, resultado altamente útil para decisões de planejamento a longo e médio prazos. Infelizmente, este programa mostrou-se demasiadamente pesado para o trato de enorme quantidade de blocos, mesmo operando-se com computadores de grande porte como o (Burroughs 6.700, CYBER 175 etc). Tentou-se diversos artifícios e simplificações (compactação de variáveis, manipulação de discos, subdivisões do depósito) mas mesmo assim não se sobrepujou o problema de capacidade de memória, custo de corridas e restrições financeiras.

Diversos autores¹⁰ tem comentado os problemas dizendo a respeito à memória e tempo de processamento de computador, no trato de assuntos ligados a otimização rigorosa de cavas. Em virtude de condicionais diversos, decidiu-se pelo uso de outro programa denominado CAVA 2D (mais leve que o anterior) implementado com o ALG, desenvolvido para o caso bidimensional. Este programa otimiza os diversos perfis verticais, determinando as correspondentes configurações ótimas e o benefício total. Calcula também outras configurações sub-ótimas e a passagem do procedimento 2D para 3D é feito com base em programação dinâmica, conjugado a processos heurísticos de ajustes, conciliando-se os taludes conforme requerido.

Vale a pena mencionar algumas feições especiais do programa CAVA 2D. Ele é capaz de manejar ângulos de taludes não só variável com a direção mas também com a profundidade do depósito, para quaisquer tamanhos de blocos adotados. As entradas e saídas dos dois programas mencionados são basicamente as mesmas porém o segundo requer muito menos memória e é muitíssimo mais rápido. O desenvolvimento da dia-crônica da lavra até se atingir a cava final foi feito "manumaticamente" (uso conjunto de esforços manuais e automáticos), equilibrando-se concomitantemente as produções a céu aberto e subterrânea. O modelo foi também concebido tal forma a considerar vazios resultantes de velhos "shrinkages" abandonados. Todos os blocos pertencentes a cava e dotados de teores acima do valor marginal foram considerados minério.

Diversas partes do depósito Uruguai foram submetidas a ambos os programas de otimização 2D e 3D e os resultados obtidos, se não coincidentes, foram muito próximos, concluindo-se pela satisfatoriedade do procedimento adotado. Os resultados obtidos via procedimentos automáticos foram também comparados contra resultados de projetos de cava feitos por métodos estritamente manuais (levados a cabo por profissionais experientes e usando-se o mesmo inventário mineral) e as discrepâncias observadas no benefício global foi da ordem de 10 a 20%.

Os resultados da otimização da cava da Mina Uruguai estão apresentados na tabela 2. As vantagens de se considerar como minério aqueles blocos gravados com teores superiores ao teor mínimo podem ser notados pelo valor mais alto da função benefício observado na segunda coluna da mencionada tabela. Esta é também a melhor decisão sob o ponto de vista da conservação dos bens minerais.

A parametrização das reservas lavráveis é mostrada na figura. 8.

3.3.3. Algumas Observações sobre Planejamento Mineiro Suportado por Métodos Automáticos

19) O valor de um depósito mineral não depende apenas da sua riqueza intrínseca, mas também do conhecimento que adquirimos de sua

natureza. A construção do banco de dados suportada por métodos automáticos permite a rápida atualização e pleno uso das informações de maneiras extensiva e intensiva. Acrescenta-se que as teorias geostatísticas e de pesquisa operacional permitem um conhecimento mais profundo do depósito mineral e as respostas do mesmo a estímulos de caráter tecnológico e econômico.

29) Teorias matemáticas novas e mais avançadas tais como krigagem (que envolve fastidiosos cálculos de inversões matriciais), técnicas de otimização (envolvendo amplos trabalhos de cálculo combinatório) etc. somente podem ser implementados na prática se suportadas por pertinente cálculo automatizado. É ainda de se esperar a curto ou médio espaço de tempo profundas melhorias nos procedimentos de planejamento mineiro suportadas por novos desenvolvimentos teóricos (avanços na Geoestatística não linear, na Teoria de Otimização de Processos etc), bem como, pela evolução dos recursos computacionais.

39) À medida que novas informações são incorporadas ao banco de dados do depósito, variogramas mais robustos (globais e locais) podem (e devem) ser obtidos. Em decorrência obtem-se também melhores modelos estruturais do depósito e o inventário mineral aproxima-se cada vez mais da realidade. Conseqüentemente estes fatos são melhores planos mineiros. As mudanças ocorrentes nos ambientes tecnológico e econômico (flutuações no preço dos metais, custos, alterações nas recuperações metalúrgicas etc) deverão também ser prontamente integrados no sistema, sendo que, procedimentos automáticos permitirão o rápido exame de novas situações, indicando as decisões a serem tomadas. Em decorrência do exposto, deduz-se a conveniência em se proceder projetos de cavas finais otimizantes, suportadas por cálculo automático, em bases mais ou menos regular (v.g. bienalmente).

49) As diversas partes do depósito são normalmente conhecidas com diferente precisão. Com base nos resultados de krigagem e contando com a ajuda de programas pertinentes, é possível desenhar automaticamente, para cada banco as curvas de isoteores e isovariâncias (isoerros).

59) Foi demonstrado ^{5,8,11,15} que as variâncias de krigagem dependem apenas da posição das amostras e do modelo variográfico do depósito.

Assim, técnicas de simulação de krigagem (krigagem em branco) podem ser de enorme ajuda para o projeto acurado de novas campanhas de sondagem que normalmente são implementadas para atender necessidades de planejamento a médio prazo.

69) A decisão final de enviar um bloco a planta metalúrgica ou a pilha de estéril, deve ser tomada com base nos últimos resultados dos teores amostrais e da variografia local. Esta última estimativa eventualmente pode ser feita com auxílio da técnica de variância de estimação que pode ser facilmente implementada em campo com auxílio de um micro computador ou mesmo com uma calculadora de bolso.

70) Em virtude da configuração geométrica das reservas da Mina Uruguai, a cava correspondente a otimização lavra a céu aberto é aquela que se refere à otimização do conjunto céu aberto/subterrânea (estimada por tentativas) encontram-se muito próximas. Desta maneira, decidiu-se implementar o ALG ao invés de se tentar otimizar o sistema global que é uma tarefa muito mais difícil.

4. CONCLUSOES

Os estudos geoestatísticos e os planejamentos mineiros e operacionais, para as Minas de Camaquã, suportados por métodos automáticos tiveram os seguintes efeitos:

1º) Redução do tempo requerido para a realização do trabalho, liberando recursos humanos para outras atividades produtivas e especializadas. Os erros humanos foram também reduzidos e os custos minimizados.

2º) A realização dos trabalhos de geoestatística e planejamento mineiro do modo como foram concebidos e conduzidos, resultou em uma redução das interfaces entre a geologia de minas, planejamento mineiro e produção.

3º) A automação implantada permite uma rápida atualização dos dados e modelos. Talvez o maior benefício da mesma seja o rápido exame de inúmeras alternativas suportado pelos últimos dados. Os procedimentos automatizados coloca a disposição da gerência inúmeras e importantes informações anteriormente inexistentes.

4º) Com certeza os procedimentos adotados estão contribuindo para o aumento da lucratividade da empresa e conservação dos recursos minerais.

5. AGRADECIMENTOS

autor deseja agradecer seus colegas da CBC e PAA envolvidos no Pro
o Expansão Camaquã, especialmente os Eng^{os} J.C. Gual e G. Liu que
boraram em todas as fases do projeto. O autor deseja também agra
o Eng^o J. Valente pela supervisão de todos os trabalhos refe-
a Geoestatística e Mineração e o Prof. J.Q. Rogado pela con-
a dispensada. Agradece-se também os Eng^{os} W.R. Mader e J.F.
s por sugestões no preparo deste texto, bem como a revisão fi
texto contudo não seria publicado não fosse a permissão da
a qual foi muito apreciada.

QUADRO 1 : RESERVA GEOLÓGICA DO DEPÓSITO URUGUAI

CLASSES DE ERROS INDIVIDUAIS DE KRIGAGEM	RESERVA GEOLÓGICA 21847 BLOCOS		TEOR MÉDIO (% Cu)	VARIÂNCIA DE KRIGAGEM DA MÉDIA (% Cu) ²	ERRO DE KRIGAGEM DA MÉDIA (%)
	MINÉRIO "IN SITU" %	COBRE CONTIDO			
0% - 20%	0,06	1,29	5,94	0,207	4,247
20% - 50%	0,79	9,16	3,21	0,365	2,862
> 50%	99,15	89,55	0,25	0,600	4,210
TOTAL	100,00	100,00	0,28	0,598	3,732

QUADRO 2 : RESERVAS OTIMIZADAS NA MINA URUGUAI

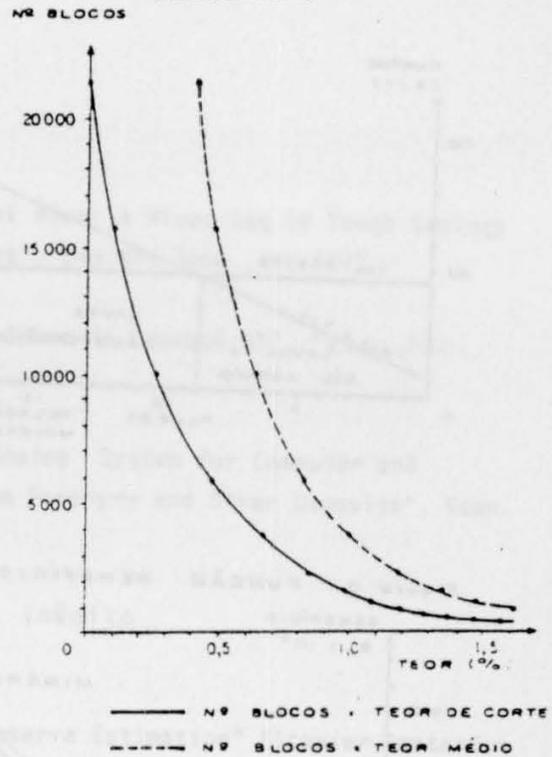
TONELAGEM A SER DESMONTADA	119,8 MI	119,8 MI
TONELAGEM DE ESTÉRIL	104,2 MI	102,1 MI
TONELAGEM DE MINÉRIO	15,6 MI	17,7 MI
TEOR DE CORTE OU TEOR MÍNIMO	0,33 % Cu	0,28 % Cu
TEOR MÉDIO DE MINÉRIO	0,83 % Cu	0,76 % Cu
RELAÇÃO ESTÉRIL/ MINÉRIO	6,68 / 1	5,95 / 1
BENEFÍCIO TOTAL	4 090 x 10 ⁶	4 122,9 x 10 ⁶
COBRE CONTIDO	129,5 KI	135,0 KI

OBS. NA PRIMEIRA COLUNA A DECISÃO ENTRE MINÉRIO E ESTÉRIL FOI SUPORTADA PELO TEOR DE CORTE (0,33 % Cu) ENQUANTO QUE NA SEGUNDA, A DECISÃO BASEOU-SE NO TEOR MÍNIMO (0,28 % Cu) A DECISÃO FUNDAMENTADA NO TEOR MÍNIMO É MELHOR SOB OS PONTOS DE VISTA TANTO ECONÔMICO, QUANTO DE CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

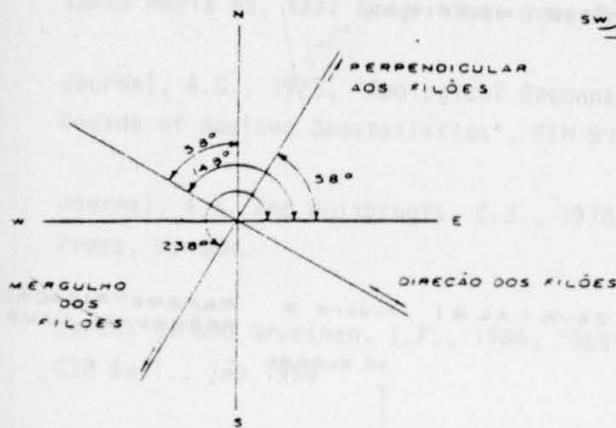
Figura 1: LOCAÇÃO DAS MINAS DE CAMAQUÃ



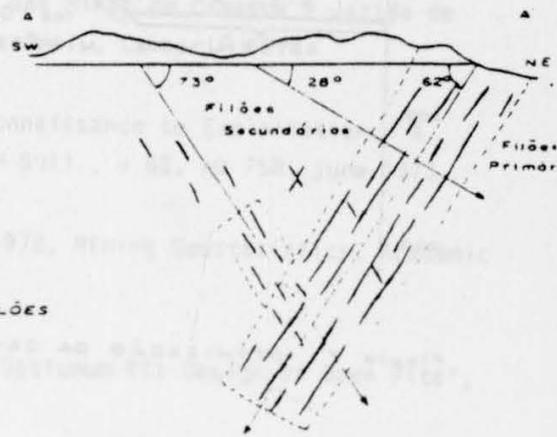
Figura 3: PARAMETRIZAÇÃO DAS RESERVAS GEOLÓGICAS



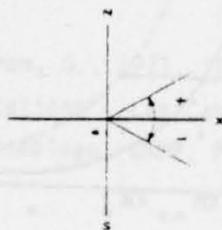
(a) DIREÇÕES PREFERENCIAIS



(b) ESKOCO DO DEPÓSITO



(c) CONVENÇÃO DE AZIMUTES



(d) ANÁLISE VARIOGRÁFICA DOS FILÕES PRINCIPAIS (MODELO ESFÉRICO)

$$f(h) = C \left[1.5 \frac{h}{a} - 0.5 \frac{h^3}{a^3} \right]$$

DIREÇÃO	ALCANCE em m	VARIÂNCIA C (%Cu) ²
148° 0'	35	0,8754
238° 62'	25	0,8754
58° 28'	5	0,8754

Figura 4: OPÇÃO CÉU ABERTO/SUBTERRÂNEA Figura 6: OPÇÕES DE LAVRA

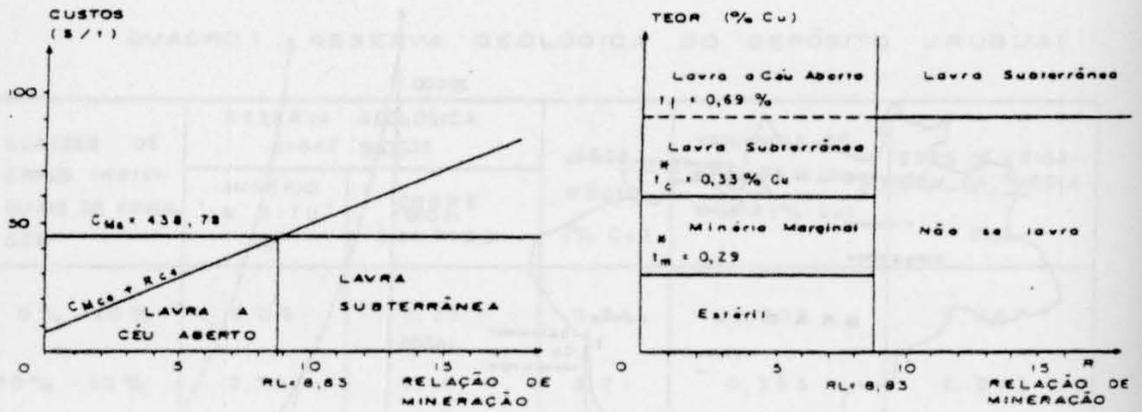


Figura 5 FUNÇÃO BENEFÍCIO

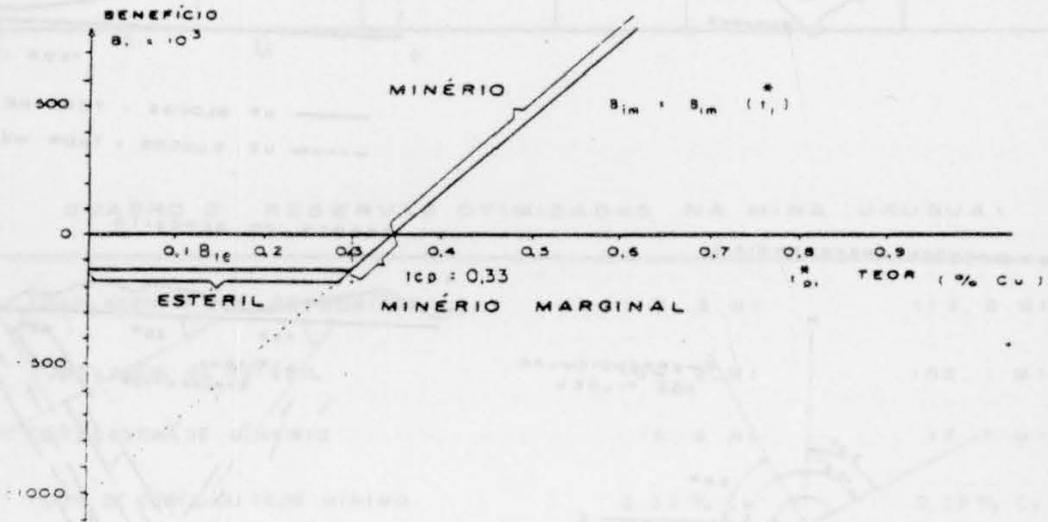
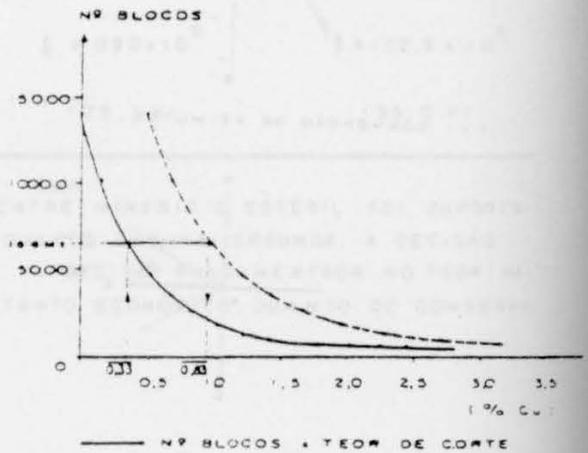
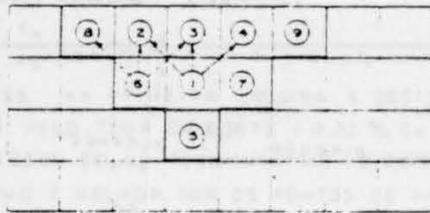


Figura 7 OTIMIZAÇÃO DA CAVA (ALG) Figura 8 PARAMETRIZAÇÃO DAS RESERVAS LAVRÁVEIS



REFERÊNCIAS

1. Anonino , 1977, "Sweden's Stekenjokk Mine: A Mixed Bag of Tough Geology and Good Mining and Milling Practices", Eng.Min.Jour.,dec.1977.
2. Bettencourt, J.S., 1972, "A Mina de Cobre de Camaquã RS", Tesc. DSc, Inst. Geociências USP, São Paulo.
3. Blanchet, P.H. and Goodwin, C.I., "Geolog System for Computer and Manual Analysis of Geologic Data from Porphyry and Other Deposits", Econ. Geol., Vol. 67, 1972, pp 796-813.
4. CBC, 1982, Report on Camaquã Mines , Inédito Porto Alegre.
5. David, M, 1977,"Geostatistical Ore Reserve Estimation" Elsevier,Amsterdam
6. Gonzalez, M. and Teixeira, G., 1980, Considerações sobre a Estratigrafia e Ambiente de Sedimentação de Região das Minas de Camaquã e Jazida de Santa Maria RS, XXXI Congr. Soc. Bras.Geol., Camboriú SC.
7. Journel, A.G., 1975, "Geological Reconnaissance to Exploitation - A Decade of Applied Geostatistics", CIM Bull., v 68, nº 758, june 1975.
8. Journel, A.G. and Huijbregts, C.J., 1978, Mining Geostatistics, Academic Press, London.
9. Lerch, H. and Grossman, I.F., 1964, "Optimum Pit Design of Open Pits", CIM Bull., jan.1964
10. Kim, Y.C., 1978, "Ultimate Pit Limit Design Methodologies Using Computer Models - The State of Art", Min. Eng., vol.30, Nº 10. oct.1978.
11. Matheron, G., 1971, "The Theory of Regionalized Variables and its Applications", Les Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau, ENMP, Paris.

12. Pana, M.T., 1965, "The Simulation Approach to Open Pit Design", 5 th APCOM, Univ. of Arizona, Tucson.
13. Popoff, C.C., 1966 "Computing Reserves of Mineral Deposits: Principles and Conventional Methods" IC 82.82, USBM, Washington D.C.
14. United Nations, "Econ. and Social Council, Committee on Natural Resources, Fourth Section, Tokyo, 24 March, 4 April 1975, Item 4 (b) of Provisional Agenda.
15. Valente, J., 1982. "Geomatemática. Lições de Geoestatística", 8 vol., Fundação Gorceix, Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto.

PAINEL SOBRE INFORMÁTICA EM MINERAÇÃO

Adm . Manoel Ambrósio de Oliveira
CVRD - Itabira

Eng9. Cícero Caporalli
Paulo Abib Engenharia S/A

Eng9. Antonio Carlos Girodo
Paulo Abib Engenharia S/A

PROCESSAMENTO DE DADOS NUMA EMPRESA DE MINERAÇÃO

Manoel Ambrósio de Oliveira *

O Centro de Processamento de Dados da CVRD se localiza no Porto de Tubarão, na cidade de Vitória/ES.

Em Itabira/MG, Belo Horizonte/MG e Rio de Janeiro/RJ estão instalados centros de processamento de dados (CPD's) satélites.

Nestes centros temos terminais RJE (REMOTE JOB ENTRY) e terminais de vídeo.

Em São Paulo temos apenas um terminal de vídeo com uma impressora de caracteres para consultas ao Sistema de Materiais.

No Laboratório de Pesquisas, localizado no KM 14 Rodovia 262 (perto de Belo Horizonte), temos um terminal de vídeo e uma impressora para impressão de pequenos relatórios.

Instalamos em junho/84 em Timbopeba (Mariana/MG) um quarto CPD satélite e, no final de 1984, o quinto e sexto em Carajás/PA e São Luiz/MA.

No CPD Central (Vitória/ES) são desenvolvidos e mantidos os sistemas institucionais (Folha de Pagamento, Contabilidade, Ações, etc.) e os sistemas operacionais dos órgãos da empresa sediados em Vitória (Estrada, Porto e Usinas de Pelotização).

* gerente do Centro de Processamento de Dados da CVRD/Itabira, MG.

Nos CPD's satélites são preparados os dados para entrada dos sistemas institucionais e operacionais, assim como o desenvolvimento e manutenção dos sistemas operacionais de sua área de influência.

Os satélites são ligados ao de Tubarão por sistema de telecomunicações próprios ou da Rede Nacional.

O satélite de Itabira utiliza os dois sistemas próprios (micro ondas e um cabo coaxial de novecentos canais lançado para controle de tráfego da Estrada de Ferro Vitória a Minas).

No CPD Central estão instalados dois computadores IBM 4341 com 16 Mbytes de memória total e um IBM 4381 com 16 Mbytes, trabalhando um com os sistemas em batch e o outro com os sistemas online, sendo um back-up do outro.

Em Itabira temos um computador de processo da FOX BORO (FOX 1) na Usina de Concentração de Conceição, e micro para automação de escritório.

Além destes equipamentos, existem outros como o de Controle de Tráfego na Estrada de Ferro Vitória a Minas, no Pátio de Seleção de Vagões e nas Usinas de Pelotização, além de mais 24 micros nas Superintendências e Diretorias para automação de escritório.

HISTÓRIA DO PROCESSAMENTO DE DADOS NA CVRD

Neste documentário mostramos desde a criação do CPD até a atualidade da informática na empresa.

HISTÓRICO DO PROCESSAMENTO DE DADOS EM ITABIRA

1972 - Primeiro Terminal Remoto e Perfuração de Cartões.

Instalado um Terminal Remoto (RJE) modelo 2777 da

IBM com uma impressora de 300 linhas por minuto e três máquinas de digitar e conferir cartões, modelos 029 da IBM.

. 1975 - Gravação de Dados em Disketes e Transmissão.

Instaladas três máquinas de gravação e conferência de dados em discos flexíveis modelo IBM 3742 com dois teclados, e uma máquina IBM modelo 3741 com um teclado que, além de fazer os serviços das 3742, transmite os dados dos discos flexíveis gravados para o CPD de Vitória/ES.

. 1976 - Primeiros Cinco Terminais de Vídeo (Consultas do Sistema de Material)

Instalados os cinco primeiros terminais de vídeo no Almojarifado Central e na Divisão de Administração de Material para consultas ao Banco de Dados de Material.

. 1978 - Início da Programação Via Três Terminais de Vídeo. (1a. Versão ROSCOE)

Com estes terminais, agilizamos a programação de softwares aplicativos, pois, a partir daí os programadores puderam digitar, compilar e testar seus programas sem necessitar dos serviços da Digitação e Operação.

. 1980 - Criação do Departamento de Engenharia Industrial.

Até então a área de processamento de dados era subordinada ao Departamento de Apoio Operacional, passando então de um departamento que cuidava da administração de pessoal, material, finanças, custos, orçamento e contabilidade, para outro com funções na área de métodos, sistemas e PPC de Manutenção.

Com esta alteração, surgiu a expansão da informática em Itabira, pois, começou a ser gerenciada por técnicos da área.

. 1981

a) Novas instalações do Centro de Processamento de

Dados em Itabira.

Construímos uma instalação com 112 m contendo piso falso, ar condicionado central e um sistema de alarme automático contra incêndio ligado via cabo com o Corpo de Bombeiros da Empresa.

b) Transferência de Uso do Terminal Remoto para Impressora Remota e Instalação da 2a. Unidade.

Por causa da baixa disponibilidade das impressoras (mais de oito anos em operação) e a dificuldade de reposição de peças (a IBM descontinuou este terminal), trouxemos do CPD do Rio de Janeiro um segundo terminal 2777 e, logo após retiramos de operação os dois, passando a operar os sistemas com um terminal de vídeo IBM modelo 3277 e as duas impressoras velhas IBM modelo 2203.

c) Ampliação da Rede para 25 Terminais

Colocamos terminais nos principais pontos de consulta do Banco de Dados de Materiais e de Entrada de Dados dos Sistemas Operacionais.

d) Início da Entrada de Dados/Execução por Usuários (2a. Versão ROSCOE/IMS)

Com a disponibilidade de terminais nas áreas, com a 2a. versão do software ROSCOE e modificações no Sistema de Material, iniciamos a descentralização da entrada de dados e oferecemos a informação para apoio a decisão em tempo aceitável.

Passamos a entrar com os dados do Sistema de Material pelos próprios almoxarifados.

. 1982

a) Expansão da Rede para 33 Terminais e 6 Impressoras Escravas.

Em 1982 expandimos um pouco mais a área de atendimento com terminais remotos.

b) Introdução da Linguagem Mini-BASIC para Usuários.

(Cálculo na Tela)

Iniciamos o treinamento com supervisores de áreas e gerentes no BASIC, plantando a semente do "CENTRO DE INFORMAÇÕES".

No entanto, o Mini-BASIC possuía deficiências com relação a impressão e arquivos.

. 1983

a) Desenvolvimento pela SUMIN dos Primeiros Sistemas com Resposta em Tempo Real (Simbiose RPF/PLI)

Por não termos um software mais adequado para desenvolvimento de sistemas com resposta em tempo real, usamos uma simbiose de RPF com PLI simulando uma linguagem para esta finalidade.

Atualmente, começamos a desenvolver o Sistema de Produção da Superintendência em IMS, apesar das dificuldades e do tempo necessário para desenvolvimento de aplicativos neste software.

· Seria de nossa preferência um software como o MUNPS.

b) Introdução da Linguagem VS-BASIC para Usuários (Cálculo, Arquivo e Impressão)

Com o VS-BASIC bem melhor que o Mini-BASIC, treinamos cerca de duzentos supervisores de área e gerentes, aperfeiçoando assim o uso da linguagem pelos usuários.

. 1984

a) Implantação de quatro terminais de vídeo SCOPUS no Prédio da Administração Central da Superintendência, para consulta ao Sistema de Pessoal On-line e outros aplicativos.

b) Substituição das velhas impressoras IBM 2203 por duas DIGILAB de 300 linhas por minuto.

- c) Nova versão do ROSCOE.
. 1985
- a) Instalação de um micro para automação de escritório, um para Laboratório, e três no Despacho de Caminhões.
- b) Instalação de 35 Terminais e 9 Impressoras de Caracteres.
- c) Instalação dos Software SAS, RAMIS II e GDDM.

BENEFÍCIOS DA COMPUTAÇÃO DESCENTRALIZADA

- . Distribuição de informação às áreas operacionais.
- . Melhoria do gerenciamento por decisão com resposta às consultas em tempo real.
- . Racionalização da mão-de-obra e uso de equipamentos de informações para apoio às decisões.
- . Diminuição de tempos ociosos e contratação de serviços externos.
- . Eliminação de compras através de uma defasagem menor na atualização do Banco de Dados de Material.
- . Redução dos níveis de estoques pela maior confiança no Sistema de Material.
- . Melhoria do nível de qualidade do minério, com a facilidade de se estudar mais de uma opção de lavra.
- . Acréscimo de vida útil de equipamentos e subconjuntos ocasionado por planos mais eficientes.
- . Correto dimensionamento de frotas, tendo condições de simular mais planos.
- . Eliminação de multas contratuais, pagando os fornecedores pontualmente e/ou entregando o minério no prazo estipulado.

. Obtenção de descontos no pagamento antecipado de faturas por um controle de contas a pagar rígido.

. Gerenciamento dos afastamentos de funcionários pela Medicina do Trabalho, diminuindo assim o absentismo.

DISTRIBUIÇÃO DOS TERMINAIS NAS ÁREAS

. CAUE

Possuimos terminais nas seguintes localizações:

01 - Transporte Pesado e Controle de Qualidade da Mina

01 - Oficina de Manutenção da Britagem

01 - Manutenção Elétrica da Concentração

01 - Manutenção Mecânica da Concentração

01 - Hospital

01 - Laboratório

01 - Programação de Manutenção (PPC da Oficina)

01 - Oficina de Motores

01 - Oficina Elétrica de Equipamentos Móveis

01 - Oficina Pneumática

01 - Almoxarifado Central (Alx. 22)

02 - Central de Entrada de Dados de Material

01 - Documentação de Materiais

01 - Codificação de Materiais

01 - Aprovisionamento de Materiais

01 - Diligenciamento de Materiais

01 - Pedido e BG's de Materiais

01 - Central de Controle de Qualidade (Escritório)

01 - Programação de Manutenção (Escritório)

01 - Operação do CPD

01 - Aplicação do CPD

03 - Para utilização dos usuários no CPD (Público)

- 02 - Para o desenvolvimento de software aplicativos
(Programadores)

. CONCEIÇÃO

- 01 - Manutenção Elétrica da Concentração
- 01 - Manutenção Mecânica da Concentração
- 01 - Almoxarifado Central
- 01 - Programação de Manutenção (PPC da Oficina)
- 02 - Para o desenvolvimento de softwares aplicativos.
(Programadores)

. AREÃO

- 01 - Setor de Pessoal
- 01 - Superintendência
- 01 - Setor de Custos
- 01 - Setor de Benefícios

. TIMBOPEBA

- 01 - Adm. de Material
- 01 - Almoxarifado e Oficina de Equipamentos Móveis
- 01 - Manutenção de Britagem
- 01 - Operação do CPD
- 01 - Escritório Central
(Público)

TERMINAIS A SEREM INSTALADOS EM 1985

CENTRALIZADA

- Controle Qualidade Usina (Concentração)
- Lubrificação (Usina de Concentração)
- Manutenção (Concentração)
- Manutenção Elétrica Usina Cauê (Concentração)
- Escritório Centralizada (Sala 31)
- Escritório Centralizada (Sala 75)

- Escritório Centralizado (Sala HP)
- Transporte Leve Centralizada
- Transporte Leve Centralizada
- Laboratório Central (Cauê)
- Escritório ALX
- Almoxarifado 21 - Material Leve
- Almoxarifado 21 - Material Pesado
- Almoxarifado 21 - EPI
- Almoxarifado 28
- Centro de Treinamento
- Supervisão Rede Água e Ar
- Supervisão Of. Equipamentos Míveis
- Programação Mecânica Campo (Transp. Pesado)
- Oficina Programação e Apoio (Cauê)
- Ferramentaria Centralizada

. CONCEIÇÃO (Escritório antes da Pêra)

- Escritório GITAM
- Escritório DEGEM
- Escritório DEGEM
- Almoxarifado 24
- Sala HP
- Oficina Equipamentos Míveis

. CONCEIÇÃO (Escritório depois da Pêra)

- Controle Qualidade (Concentração)
- Silos e Pátios Of. Mecânica (Concentração)
- Laboratório Conceição
- Manutenção Elétrica Usina - Of. Eletricidade
- Manutenção Conceição
- Programação Mecânica Campo (Transp. Pesado)

. AREÃO

- Gerência de Contrato (Sala 209A)
- Gerência de Contrato (Sala 209A)

TIMBOPEBA

- Controle Qualidade
- Almojarifado
- Laboratório

PRINCIPAIS SISTEMAS IMPLANTADOS

No Quadro I mostramos os principais sistemas institucionais e operacionais nas áreas de Produção, Manutenção e Administração implantados, indicando se a entrada de dados é centralizada (digitada no CPD) ou descentralizada (digitada pelo usuário em seu terminal).

Ainda na última coluna da direita do citado quadro, mostramos se o sistema tem resposta no vídeo.

Dos vinte e nove sistemas, dezessete (58,6%) possuem entrada de dados descentralizada e quatro (13,8%) possuem resposta no vídeo.

PROGRAMAS DE USUÁRIOS FINAIS EM BASIC

No Quadro II temos a relação de programas (39) desenvolvidos em BASIC pelos próprios usuários nas Gerências Gerais de Mineração (GIMIM), Manutenção Elétrica (GIMEM), Apoio Operacional (GIPAM), Manutenção Mecânica (GIMAM) e no Departamento de Engenharia Industrial (DEGEM).

LOCALIZAÇÃO DOS TERMINAIS DE VÍDEO

No Quadro III mostramos a contabilidade de uso dos terminais de vídeo (TV's).

A unidade de medida de utilização dos TV's no Sistema de Material é a "CONSULTA" e nos outros sistemas é o tempo ("HORAS") de utilização.

Um terminal tem grande utilização no Sistema de Material quando há acima de três mil consultas em média no mês, e nos outros sistemas quando o número de horas ligado deste terminal aproxima do número de horas (ligado) do terminal de "Operação do CPD" (primeiro terminal listado no Quadro III).

CORRELAÇÃO ENTRE VOLUME DE INFORMAÇÕES

A DESCENTRALIZAÇÃO DA ENTRADA DE DADOS

O volume de informações cresceu 40% a partir de 1982 e, mesmo assim, reduzimos a contratação externa de digitação, mantivemos a digitação própria, além de ter ocorrido um crescimento substancial da entrada de dados descentralizada.

GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE DIGITAÇÃO PRÓPRIA, CONTRATADA E FEITA PELOS USUÁRIOS

No Gráfico I podemos observar que enquanto a digitação "TOTAL" crescia, a "PRÓPRIA" e a "CONTRATADA" decresciam, dando espaço para que a executada pelos usuários também pudesse crescer.

GANHOS COM A DESCENTRALIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ENTRADA DE DADOS

A descentralização dos serviços motivou inclusive a diminuição do tempo de utilização da Unidade Central do Computa -

dor, ocasionada pelo menor número de erros na entrada de dados feita pelos usuários e, conseqüentemente, na redução do reprocessamento das rotinas de consistência.

GANHOS NO CUSTO DE HARDWARE COM A DESCENTRALIZAÇÃO DA ENTRADA DE DADOS

O custo de hardware apropriado à SUMIM reduziu aproximadamente 20% em 1982, apesar do número de terminais.

PESSOAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS

O pequeno acréscimo de mão-de-obra verificado decorreu de remanejamento internos, havendo somente duas admissões em 1985, conforme demonstrado no Quadro IV.

OBJETIVOS ATUAIS

- . Generalização das aplicações em tempo real.
- . Aperfeiçoamento dos softwares para utilização, tratando outros e melhorando os atuais, podendo haver softwares mais adaptados às aplicações, e não ocorrendo como fazemos atualmente, ou seja, adaptando as aplicações aos que dispomos.
- . Análise técnico-econômica de microcomputadores para casos específicos:

Em 1982, pesquisamos no mercado se alguém já possuía ou poderia construir um micro para entrada de dados de apropriação de mão-de-obra da Oficina de Manutenção (tempos-padrões) e encontramos boa receptividade das empresas RACIMEC e TELEMÁTICA, desde que financiássemos o projeto. Os mesmos não queriam proje -

tar uma máquina para que somente uma ou duas fossem vendidas.

Em 1985 compramos um DATA COLECTOR para testes.

: Descentralização da programação aos usuários (Centro de Informações):

Pretendemos dar maior apoio aos usuários no desenvolvimento de aplicações, amadurecendo ainda mais o nosso Centro de Informações.

. Melhoria na transmissão da dados:

Tínhamos os trechos entre nosso terminal de telecomunicações e as minas de Conceição e Cauê ligados por cabos telefônicos sobrecarregados e com transmissão deficiente.

Em 1985, instalamos microondas nos mesmos.

. CAD/CAM

Atualmente, estamos adquirindo um computador gráfico TEKTRONIX 4125P com impressora gráfica colorida, mesa digitalizadora e um ploter CALCOMP de rolo.

OBS.: As ilustrações citadas no presente texto não nos foram cedidas pelo autor.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIESEL-GERADORES E TERMOELETRICAS LETRA, NA MINERAÇÃO ORIENTE NOVA

Eng. Mário Aderbal Ferraz de Castro

1. INTRODUÇÃO

A Mineração Oriente Nova é uma das empresas líderes em
quanto à extração de cassiterita, na província de São Paulo
de São João del-Rei, produzindo atualmente em torno de 7.000 t de 24,50
tipo em concentrações.

Como a infraestrutura regional ainda é limitada
quanto à geração e distribuição de energia elétrica, as empresas
que ali operam dependem de energia predominantemente
gerada a diesel.

PAINEL SOBRE ENERGIA

Entretanto, a crise de petróleo e a consequente au-
mento de preços de seus derivados, levaram essas empresas a bus-
car fontes alternativas de suprimento de energia, sendo a Minera-
ção Oriente Nova adotando um plano semelhante à Tabela 1 em

Eng. Mário Aderbal Ferraz de Castro
Empresas Brumadinho

Dr. Elio T. Kumoto
CESP

Eng. Luiz Alberto Dias Menezes Filho
Serrana S.A. de Mineração

Engenheiro de Minas pela USP, gerente de planejamento e con-
trole das Empresas Brumadinho

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DIESEL-GERADORES E TERMOELÉTRICAS A LENHA, NA MINERAÇÃO ORIENTE NOVO.

* Eng^o Mário Aderbal Ferraz de Castro

1. INTRODUÇÃO

A Mineração Oriente Novo é uma das Empresas Brumadinho e atua na extração de cassiterita, na província estanífera de Rondônia, produzindo anualmente em torno de 2.000 t de Sn contido em concentrados.

Como a infraestrutura regional ainda é carente quanto à geração e distribuição de energia elétrica, as empresas que ali operam precisam gerar sua própria energia, predominantemente, ainda, através de grupos geradores a diesel.

Contudo, a crise do petróleo e o conseqüente aumento de preços de seus derivados, levaram essas empresas a buscar fontes alternativas de suprimento de energia, tendo a Mineração Oriente Novo adquirido uma usina termoelétrica a lenha em 1980, visando o abastecimento de um de seus setores mineiros.

Essa usina, capaz de gerar uma potência bruta de 1500 Kw (1875 KVA), é aqui comparada economicamente com os grupos geradores a diesel, necessários para gerar a mesma potência, já descontadas as parcelas referentes ao consumo interno da usina e as perdas nas linhas de transmissão.

Para efeito dessa comparação foi adotado um grupo gerador com capacidade para 130 Kw (162,5 KVA), por ser aquele adotado pela Empresa, em suas outras unidades produtivas, nas

* engenheiro de minas pela EPUSP, gerente de planejamento e controle das Empresas Brumadinho.

quais a geração se faz junto aos centros consumidores, e não através de uma central, como no caso da termoelétrica.

2. INVESTIMENTOS

2.1. TERMOELÉTRICA

A usina em questão foi adquirida em regime "turn-key" por 99.000 ORTN.

A esse valor devem ser somados os valores correspondentes às linhas de transmissão, que apresentam um custo de implantação de 241 ORTN/Km. Tendo sido implantados aproximadamente 30 Km de linha, o investimento foi de 7.320 ORTN.

Finalmente, devemos considerar o investimento feito na vila residencial, destinada ao pessoal de operação, e que foi de 3.450 ORTN.

Em resumo:

	ORTN
USINA:	99.000
L.T.:	7.320
VILA:	<u>3.450</u>
TOTAL:	109.770

2.2. GRUPOS GERADORES

Como dissemos anteriormente, a potência gerada pelo grupo gerador considerado é de 132 Kw.

Por outro lado, da potência bruta gerada pela usina termoelétrica, cerca de 15% correspondem a consumo nos próprios equipamentos da usina e perdas de transmissão.

Portanto, a potência líquida gerada pela termoelétrica é da ordem de 1275 Kw, o que significa que seriam

necessários 10 (dez) grupos geradores para gerar uma potência equivalente.

Como os grupos geradores trabalhariam junto aos pontos de consumo e praticamente não utilizam mão de obra de operação, não teríamos investimento em linhas de transmissão, nem em vilas residenciais.

O valor unitário da unidade considerada é de 4.710 ORTN, como no caso da termoelétrica, a preço CIF.

Logo, o investimento total seria de 47.100 ORTN.

2.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS INVESTIMENTOS

a) O investimento na usina termoelétrica é cerca de 1,5 vezes maior.

b) Na termoelétrica, temos um custo de investimento de 73,2 ORTN/Kw instalado; no gerador a diesel, esse valor é de 35,7 ORTN/Kw instalado.

Assim, por Kw instalado, o investimento na termoelétrica passa a ser 1,0 vez maior, como consequência natural do fato de ser uma unidade única (economia de escala).

3. CUSTOS OPERACIONAIS

3.1. TERMOELÉTRICA

Seu custo operacional foi decomposto em 3 parcelas: lenha, mão-de-obra e despesas gerais.

a) Custo da lenha

Em função da oscilação de consumo ao longo do ano (mudanças de frentes de lavra, paradas para manutenção, etc.), optamos por um modelo teórico de cálculo, a par -

tir do consumo de lenha por Kwh gerado, este sim corresponde a um valor médio medido ao longo de 12 meses de operação e correspondente a $0.004219 \text{ m}^3/\text{Kwh}$.

Embora tenhamos duas fontes de suprimento - própria, resultante da preparação de áreas para lavra, e de terceiros - adotamos neste estudo o valor de aquisição de terceiros ($0,48 \text{ ORTN/m}^3$).

Foi considerada, ainda, uma eficiência operacional de 90%.

Assim, o custo de lenha seria:

$$0,004219 \times 1500 \times 24 \times 30 \times 0,9 \times 0,48 = 1.968 \text{ ORTN/mês}$$

b) Custo da mão-de-obra

Corresponde ao pessoal direto de operação (equipe de 19 pessoas e, incluindo encargos sociais, representa um dispêndio de 773 ORTN/mês.

c) Despesas gerais

Foi considerado o custo médio de 12 meses de operação, constituído basicamente por gastos de manutenção e correspondente a 329 ORTN/mês.

Em resumo:

CUSTO	ORTN	%
LENHA	1.968	64
MÃO-DE-OBRA	773	25
DESPESAS GERAIS	<u>329</u>	<u>11</u>
TOTAL	3.070	100

3.2. GRUPOS GERADORES

Ao contrário da termoelétrica, o custo dos grupos

geradores praticamente não apresenta dispêndio com mão-de-obra direta, uma vez que sua operação é executada pelo pessoal das minas.

Dessa forma seu custo decompõe-se em diesel e despesas gerais (mais uma vez representadas quase que exclusivamente por gastos de manutenção).

a) Custo do diesel

Pela mesma razão apontada para a termoelétrica, adotamos um critério teórico de determinação do custo, usando dados de catálogo do equipamento considerado, a partir da composição abaixo de consumo horário de diesel.

TIPO DE UTILIZAÇÃO	% DO TEMPO	CONSUMO (L/H)
100% DE CARGA	85	41,2
75% DE CARGA	10	31,3
EMERGÊNCIA	5	44,2
TOTAL	100	40,4

Portanto, para 10 unidades, com uma eficiência de 90% e considerando 0.0353 ORTN/l de diesel, teremos:

$$10 \times 40,4 \times 24 \times 30 \times 0,9 \times 0,0353 = 9.241 \text{ ORTN/mês}$$

b) Despesas gerais

Os dados operacionais da Empresa indicam que esse valor deve estar em torno de 10% do consumo de diesel, o que nos leva a 924 ORTN/mês.

Em resumo:

CUSTO	ORTN	%
DIESEL	9.241	90
DESPESAS GERAIS	924	10
TOTAL	10.165	100

3.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE OS CUSTOS OPERACIONAIS

a) Observamos que, ao passarmos do sistema por geração a diesel para a termoelétrica, obtemos uma redução no custo de energia da ordem de 70%.

b) Nas minas da Empresa onde a geração é feita a diesel, o custo do diesel é da ordem de 45 a 50% do total, incluindo nesse índice o consumo de equipamentos rodantes, que representa 15% do total da mina.

Assim, o custo de diesel dos equipamentos estacionários representa 38 a 43% do custo total da mina.

Portanto, uma redução de 70% nesse custo, corresponde a uma redução de 27 a 30% no custo total.

4. ECONOMICIDADE

4.1. VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS

a) Termoelétrica: 10 anos

b) Grupo gerador: 8.000 a 10.000 h de operação (-2,0 anos).

4.2. DIFERENCIAL DE INVESTIMENTO

$$109.770 - 47.100 = 62.670 \text{ ORTN}$$

4.3. DIFERENCIAL DE CUSTO OPERACIONAL

$$10.165 - 3.070 = 7.095 \text{ ORTN}$$

4.4. TAXA DE ATRATIVIDADE CONSIDERADA: 25% a.a.

Portanto, o que pretendemos encontrar é o número de meses que, à taxa de retorno considerada, torna o va-

lor presente dos diferenciais de custo equivalente ao diferencial de investimento. Se esse número for maior do que 24 meses, o fluxo financeiro deverá considerar também a necessidade de troca ou recondicionamento do grupo gerador.

Feitos os cálculos, verificamos que o valor presente desejado é alcançado em 10 meses, o que evidencia a economicidade da termo sobre a geração a diesel, no caso em questão.

5. CONSIDERAÇÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

- 5.1. Alguns fatores condicionam a decisão de optar por um ou outro sistema, além daqueles já abordados.

Um deles, é o tempo de implantação da termoelétrica, da ordem de 1,5 anos, contra um prazo de entrega dos grupos geradores praticamente imediato.

Desde que as reservas suportem, o ideal seria iniciar a operação com geração a diesel e, 2 anos depois, passar a operar com termoelétrica.

No caso aqui analisado, tratava-se de uma substituição do sistema de geração, e não de uma implantação.

- 5.2. O valor obtido para o investimento na termoelétrica, 73,2 ORTN/Kw instalado, pode ser diferente para potências diferentes da que aqui foi vista. Além disso, a unidade a que nos referimos não era nova.

Como referência, indicamos 160 a 170 ORTN/Kw instalado, para uma unidade nova, com capacidade de geração de 2.050 Kw. Esse valor não inclui linhas de transmissão nem vila residencial.

ANEXO - DADOS TÉCNICOS DOS EQUIPAMENTOS

A - USINA TERMOELÉTRICA

1. CALDEIRA (BABCOCK E WILCOX)

- Produção de vapor 11.000 Kg/h
- Pressão de trabalho 12 Kg/cm²
- Combustível toras de madeira
(-1,0m x Ø 30 cm)

2. TURBO GERADOR (WHORTHINGTON)

- Capacidade 1.500 Kw
- Tensão de geração 2.400 V/60 Hz

B - GRUPO GERADORES (CAT D3306 T)

- Potência
 - Serviço principal 162 KVA
 - Emergência 187 KVA
- Motor de 6 cilindros em linha
 - Rotação 1.800 RPM
- Gerador síncrono, trifásico
 - Tensões de geração 220/380/440 V
- Fator de potência: 0,8

SUPRIMENTO DE ENERGIA PARA MINAS ISOLADAS

Elio Takashi Kumoto *

RESUMO

O trabalho apresenta diversas alternativas de suprimento de energia, principalmente a elétrica, para minas isoladas.

Os custos e escala de produção de diversos sistemas de geração de eletricidade são apresentados, bem como a metodologia para avaliação e seleção do sistema adequado.

1. Introdução

Nos últimos anos, o setor mineral tem apresentado um grande crescimento, graças a incorporação de novos empreendimentos na fronteira mineral do Brasil, nas regiões norte e centro-oeste.

O suprimento de energia em regiões inóspitas, carentes de infra-estrutura, é um problema que os engenheiros de minas encontrarão com muita frequência, mas que pode ser equacionado com muita eficiência.

* Físico e Economista, Coordenador de Projetos
Departamento de Projetos Especiais - RP
CESP - Companhia Energética de São Paulo

Dependendo do grau de mecanização, o requisito de energia na lavra é normalmente bem menor do que no beneficiamento. Alguns produtos são conhecidamente grandes consumidores de energia, como o cimento, aço e alumínio, os quais utilizam 1,5 e 30 barris equivalentes de petróleo por tonelada de produto, respectivamente (World Bank, 1980), no seu beneficiamento.

Os produtos que agregam grande quantidade de energia e os de baixo valor intrínseco merecem um cuidado especial no estudo de suprimento de energia, pois são mais sensíveis ao aumento de custo da energia ou à seleção inadequada de fontes de energia.

O presente trabalho tem o objetivo de servir como guia para a avaliação de alternativas de suprimento.

2. Metodologia

A figura 1 mostra a metodologia utilizada para a avaliação e seleção de alternativas de suprimento energético para uma mina.

3. Resultados

A partir do projeto técnico, onde se definem os tipos de equipamentos e seus dimensionamentos, realiza-se o levantamento da necessidade de energia, através de uma tabela do tipo mostrado no Quadro 1.

Com o Quadro 1 pode se avaliar como a energia será utilizado no empreendimento mineiro. A Figura 2 mostra as alternativas mais usuais de utilização final e suas fontes primárias de energia.

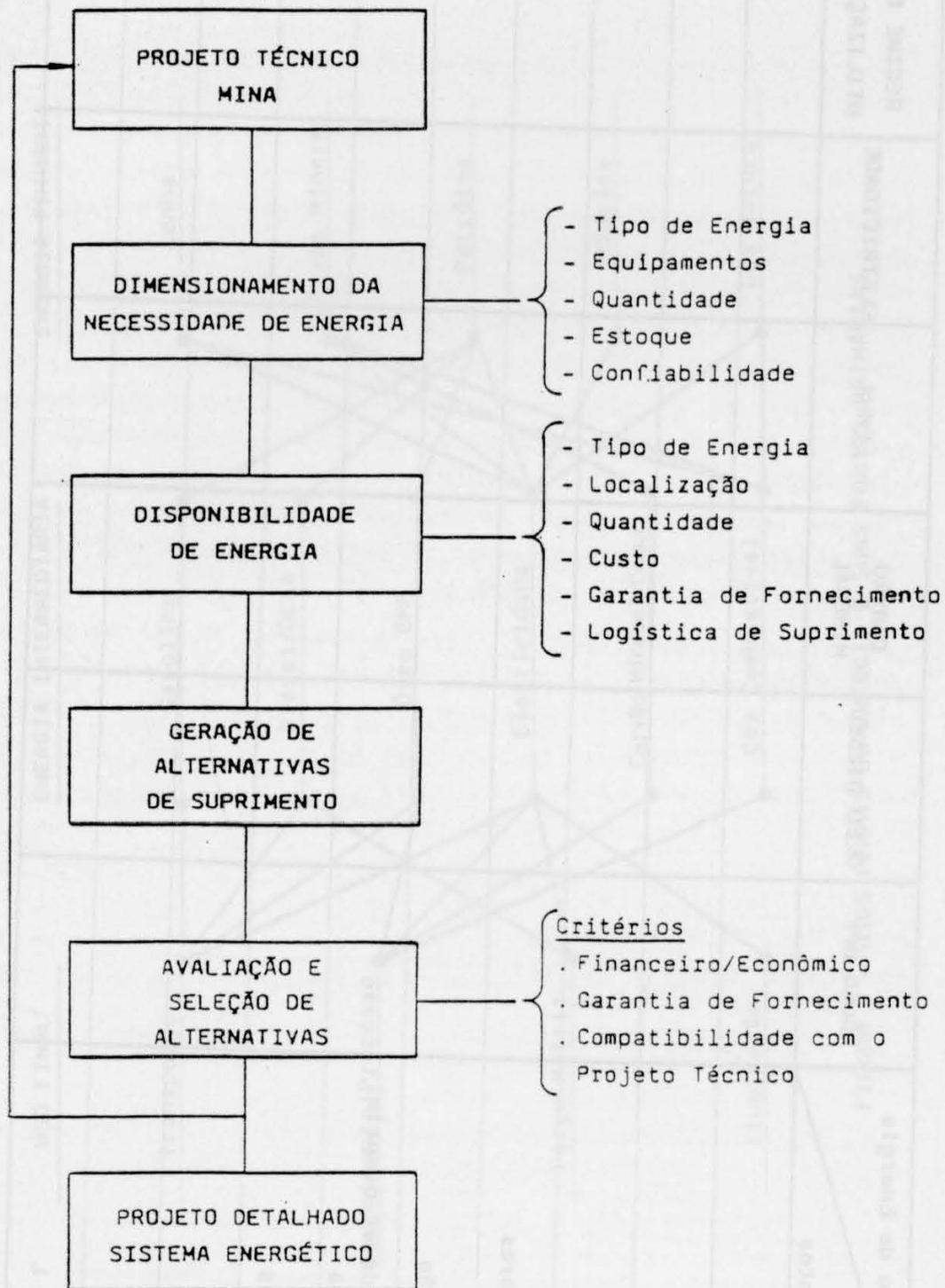


FIGURA 1 - METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE ALTERNATIVAS DE SUPRIMENTO ENERGÉTICO

Tipo de Energia Equipamentos	ÓLEO BPF	ÓLEO DIESEL	CARVÃO MINERAL	LENHA	ELETRICIDADE	REGIME DE UTILIZAÇÃO
Britador						
Esteira						
Bombas						
Ventiladores						
Iluminação						
Central de ar comprimi- do e água						
Caminhões						
TOTAL						

QUADRO 1 - DIMENSIONAMENTO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA FINAL

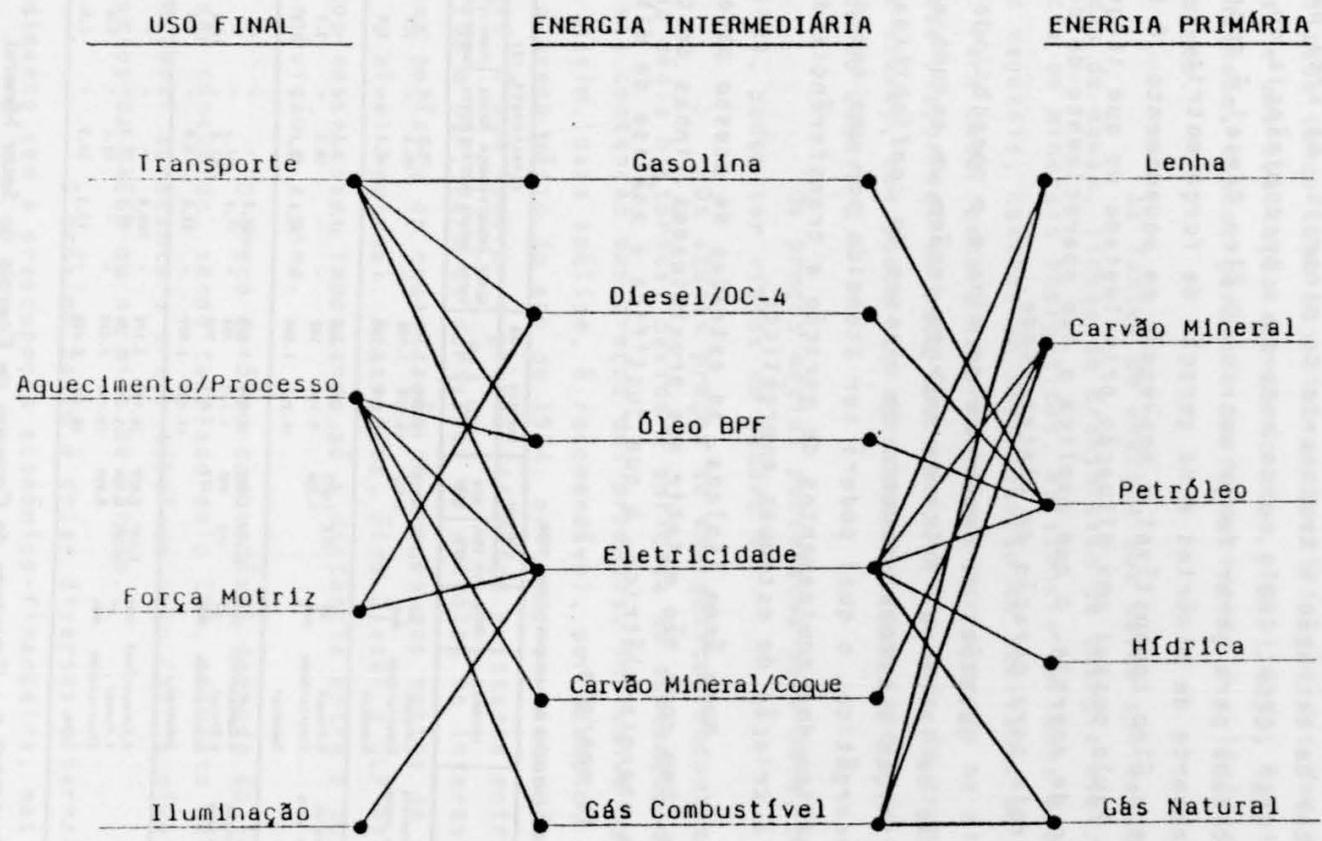


FIGURA 2 - USOS FINAIS DE ENERGIA E SUAS FONTES PRIMÁRIAS

O Quadro 2 mostra a estrutura do uso final de energia no setor de extração e tratamento de minerais, na área de concessão da CESP (CESP, 1981), onde nota-se a predominância do uso da eletricidade para gerar força motriz. O óleo Diesel é empregado no transporte de minérios e na geração de força motriz, enquanto que o óleo combustível é empregado em aquecimento. O Estado de São Paulo possui uma situação privilegiada no que tange a suprimento de energia, o que explica o não aparecimento de consumo de energia para geração de eletricidade.

Questões de segurança na mina e a possibilidade de paralisação de lavra por falta de energia impõem um estudo acerca da definição e estabelecimento de classes de confiabilidade do sistema energético, o qual poderá ser atendido por uma especificação restrita dos equipamentos de geração e transferência de energia e a criação de estoques energéticos.

Numa área isolada, as estradas de acesso podem ser precárias, bem como não existir nas proximidades linhas de transmissão de energia elétrica, o que justifica a análise da disponibilidade de energia.

SETOR 00 - EXTRAÇÃO E TRATAMENTO DE MINERAIS - ÁREA CESP

E A R O	RECURSOS	UNID.	CONSUMO		ENERGIA - 1980		FINALIDADES (%)						
			1º SEM. 1979	ABR 1980	GCal	CEP	GENAÇ. VAPOR	AQUECI-MENTO	FORÇA MOTRIZ	GENAÇ. ELETR.	ILUMI-NAÇÃO	TRANS-PORTE	OUTRAS
21. Extração de minerais para fabricação de adubos	Ó.Diesel	m ³	1.558	1.319	11.904	1.182	-	-	29,3	-	-	70,1	-
	Eletricidade	MWh	-	5.131	16.070	1.488	-	-	96,6	-	3,4	-	-
	Subtotal				27.974	2.590	-	-	68,2	-	2,8	29,8	-
22. Extração de pedras e outros materiais para construção	Ó.Diesel	m ³	723	1.273	11.489	1.864	-	37,7	0,8	-	-	61,5	-
	Eletricidade	MWh	-	1.730	5.418	582	-	-	99,3	-	9,1	-	-
	Subtotal				16.907	1.566	-	25,6	29,7	-	2,9	41,8	-
25. Extração de outros minerais não metálicos	Ó.Combustível	ton	2.141	3.427	36.498	3.379	-	100,8	-	-	-	-	-
	Ó.Diesel	m ³	112	192	1.733	160	-	12,8	62,5	-	-	25,5	-
	Eletricidade	MWh	-	1.173	3.674	348	-	-	81,8	-	18,2	-	-
	Subtotal				41.905	3.879	-	87,6	9,8	-	1,6	1,8	-
TOTAL SETOR 00	Ó.Combustível	ton	2.141	3.427	36.498	3.379	-	100,8	-	-	-	-	-
	Ó.Diesel	m ³	2.385	2.784	25.126	2.326	-	18,1	18,3	-	-	63,8	-
	Eletricidade	MWh	-	8.034	25.162	2.330	-	-	93,2	-	6,8	-	-
	TOTAL				86.786	8.035	-	47,3	32,5	-	2,8	18,2	-

QUADRO 2 - Estrutura do Consumo de Energia do Setor Mineral na Área de Concessão da CESP

A disponibilidade de energia da região deve ser analisada tendo como objetivo a identificação das fontes disponíveis, e uma avaliação acerca do tipo e qualidade, localização, quantidade, custo, garantia de fornecimento e a logística de suprimento.

As fontes de energia que devem ser estudadas são quedas de águas, linhas de transmissão de energia elétrica, ocorrência de minerais energéticos, existência de lenha e/ou resíduos vegetais, centros de distribuição de derivados de petróleo etc. Para cada fonte é importante estimar o preço na mina, a quantidade disponível em cada época do ano e o modo de transporte mais viável, que podem ser apresentados numa tabela do tipo mostrado no Quadro 3.

Os preços médios ponderados pela ORTN, para o ano de 1984, podem ser vistos no Quadro 4.

Os atuais preços de energéticos encontram-se abaixo da média histórica, devido à política de contenção da inflação via contenção dos preços dos produtos, inclusive os energéticos. Assim, para análise, é recomendável, por exemplo, que se use o preço médio do ano de 1984, evitando-se distorções conjunturais. É bom lembrar a grande diferença existente entre os preços FOB e CIF. Para os derivados de petróleo de interesse social, há uma política de equalização de preços nos postos de distribuição, a nível nacional. A gasolina, óleo Diesel e GLP estão enquadrados nesse caso, importando só a distância entre o posto de distribuição e a mina.

O preço do óleo combustível depende do local onde vai ser consumido, sendo tabelado pelo CNP, enquanto que o carvão mineral apresenta o preço tabelado pelo CNP, a nível de entrepostos da CAEEB ou na mina de carvão.

O próximo passo é criar diversas alternativas de atendimento sem a preocupação econômico-financeira, mas cuja viabilidade técnica de execução seja incontestável.

FONTE ENERGÉTICA	PERÍODO	QUANTIDADE	TRANSPORTE	CUSTO MINA
Óleo Diesel				
Óleo BPF				
Gasolina				
Carvão Mineral				
Lenha				
Eletricidade				

QUADRO 3 - DISPONIBILIDADE E CUSTO DE ENERGIA

COMBUSTÍVEIS	ORTN/Gcal	Mills/kWh
ÓLEO BPF	2,220	14
ÓLEO BTE	2,645	17
ÓLEO DIESEL	5,119	33
NAFTA PARA ENERGIA	4,455	28
LENHA *	1,564	10
CARVÃO MINERAL **	0,656	4
BAGAÇO DE CANA ***	0,980	6

* - Cooperativa dos Produtores Agrícolas de São Paulo - CIF

** - CE 4700 SC/FOB - Imituba, sem transporte e sem IUM

*** - Preço de dezembro/84 - CIF região de Ribeirão Preto

Fonte - Agência para Aplicação de Energia

QUADRO 4 - PREÇO MÉDIO ANUAL DE COMBUSTÍVEIS, PONDERADO
PELA ORTN/1984

O suprimento de energia para transporte interno e externo à mina deve ser compatibilizado com o plano de lavra, visando não interferir no funcionamento normal da mina, bem como utilizar ao máximo os equipamentos existentes.

O transporte de óleo Diesel pode ser feito por caminhão, trem ou barcaça que retornem à mina vazios, desde que o trajeto esteja perto de algum posto de revenda.

Já o suprimento de energia elétrica é mais complexo, pois não pode ser estocado. Um resumo das características dos sistemas mais empregados para geração de eletricidade é mostrado no Quadro 5.

A seleção do sistema de geração de eletricidade deve levar em conta a faixa de utilização, o investimento necessário e o custo final da eletricidade, além dos aspectos de confiabilidade e suprimento de combustível.

A faixa de utilização dos sistemas de geração pode ser vista na Figura 3. Num enfoque puramente econômico, é importante estudar o investimento necessário.

A Figura 4 apresenta os investimentos específicos de cada sistema de geração e sua economia de escala. O motogerador a Diesel é o que apresenta o menor investimento para uma ampla faixa de potência. As termelétricas e hidrelétricas de pequeno porte apresentam investimento específico alto devido à pouca oferta de turbinas de pequeno porte no mercado nacional.

O Quadro 6 apresenta os custos de energia elétrica típica, onde pode-se notar o baixo preço da energia comprada de concessionária (na tabela não está inclusa a tarifa de demanda). O custo da eletricidade produzida pelo motogerador a Diesel depende do custo do Diesel, que pode chegar a 50% a mais na mina do que no posto de venda.

A mini hidrelétrica apresenta custos baixos da situação topográfica, sofisticação do sistema de controle etc, não

SISTEMA DE GERAÇÃO	MOTOGERADOR		TERMELÉTRICA		MINI USINA
	Gasolina	Diesel	BPF	Combustível Sólido	HIDRELÉTRICA
<u>Características:</u>					
- Potência	1 - 30 kVA	10 - 400 kVA	1 - 100 MVA	1 - 100 MVA	1200 kW instal. 365 kW firme
- Consumo específico	0,25-0,35 l/kWh	0,22-0,30 l/kWh	0,2 kg/kWh	depende do combustível	-
- Investimento específico (U\$/kW)	300 - 400	100 - 270	200 - 600	800 - 1200	625 instal.
- Vida útil	10.000-20.000 h	40.000 h	10 - 15 anos	10 - 15 anos	30 anos
- Confiabilidade	ALTA	ALTA	ALTA	depende do suprimento de combustível	ALTA

QUADRO 5 - CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

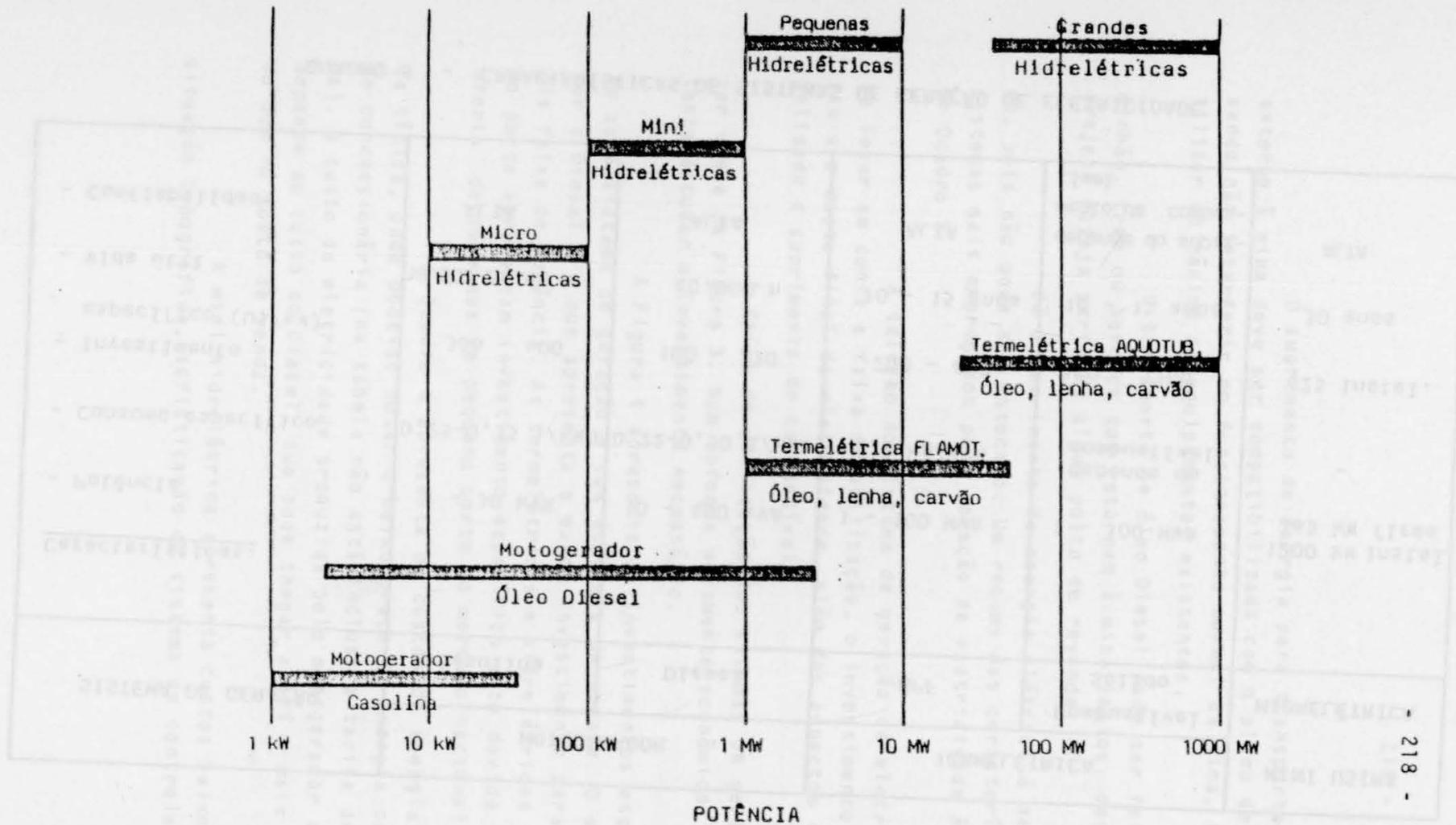


FIGURA 3 - FAIXA DE UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

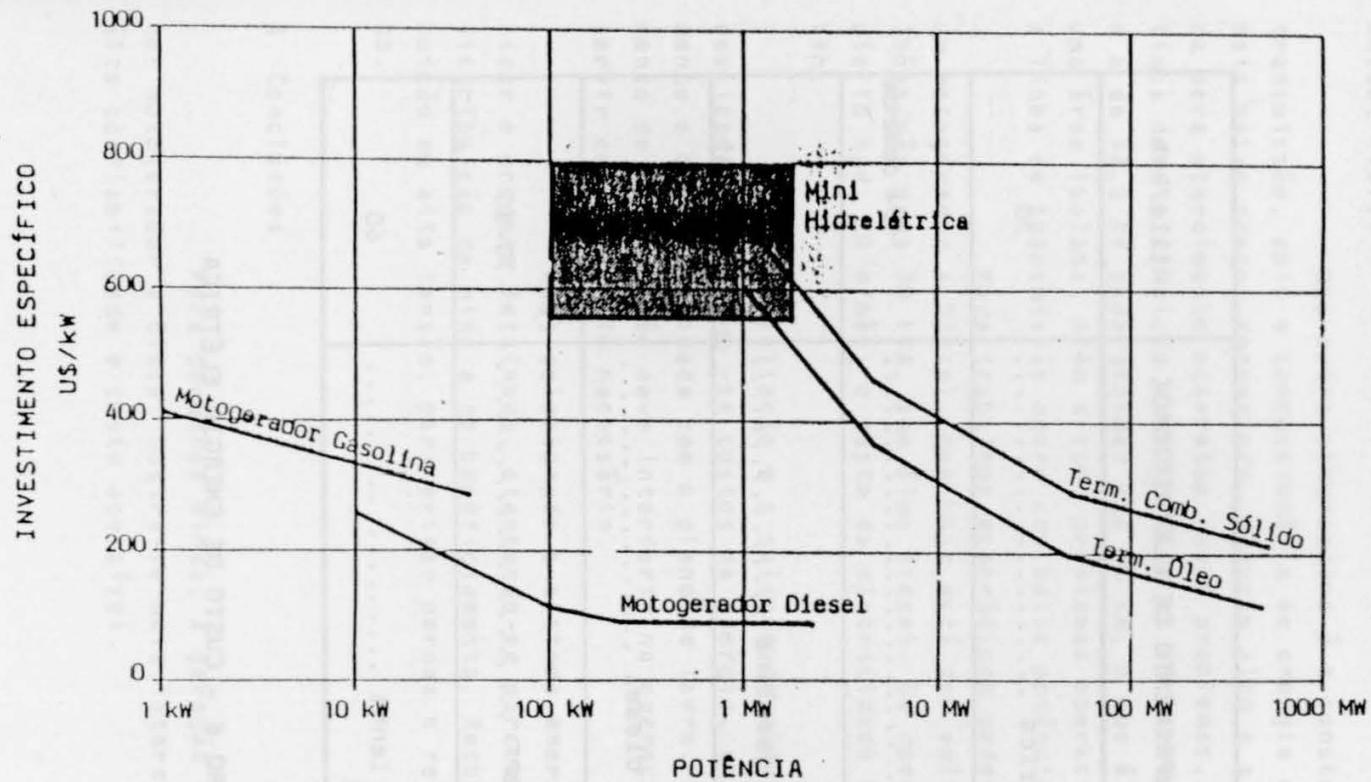


FIGURA 4 - INVESTIMENTOS ESPECÍFICOS PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

SISTEMA DE SUPRIMENTO DE ELETRICIDADE	Mills/kwh
Mini Hidrelétrica	30
Tarifa A4	19+ demanda
Motogerador a gasolina	140
Motogerador a diesel	100-140
Termelétrica BPF	70-90
Termelétrica a lenha	60

QUADRO 6 - CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA

estando disponível em qualquer localidade (Monticeli, 1984 e UNIDO, 1981).

Uma outra alternativa é a construção de linhas de transmissão, pois a concessionária de energia elétrica fornece o mais baixo preço, entretanto, o custo alto e a distância limitada para atendimento acarretam novos problemas, vide Quadro 7. A linha de distribuição de 13,8/13,2 kV só atende num raio de 5 km e a de 42,5 kV pode atender até 40 km, o que é muito pouco para uma área isolada. Além disso, problemas operacionais impedem que a linha de transmissão opere com baixa potência.

Para trabalhos esporádicos pode-se também alugar um motogerador a Diesel, que hoje está por volta de Cr\$ 3 milhões/mês para 30 kVA, sem óleo Diesel. Se operar a máxima potência 10 h/d, 20 d/mês, o custo da eletricidade ficaria em 160 mills/kVh.

A avaliação e a seleção de alternativas devem ser realizadas, comparando-se custos da energia, garantia de fornecimento e compatibilidade com o plano de lavra. O sistema de suprimento de energia não deve interferir na operação da mina, mas servir como um apoio necessário.

Após selecionado o sistema energético, deve-se realizar o projeto detalhado, atentando-se para uma otimização na distribuição na mina e no beneficiamento. Recomenda-se a distribuição em alta tensão, para evitar perdas e reduzir o investimento.

4. Conclusões

Para pequenas minas, a geração de eletricidade por motogerador a Diesel mostra-se mais interessante pela sua alta confiabilidade e custo acessível.

TENSÃO AC (kV)	CUSTO (US\$ 1000/km)	POTÊNCIA (MW)	DISTÂNCIA MÁXIMA (km)	CUSTO ESPECÍFICO (US\$/km x MW)
138	60 (MCM 336) 70-80 Gross Beak	2 x 80	80 - 100	375
230	70 - 80	400	200	175 - 200
345	100 - 120	500	300	200 - 240
500	150	800 - 1000	400	150 - 188

QUADRO 7 - CUSTO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Para médias e grandes empresas, as alternativas a serem consideradas são a mini hidrelétrica e a termelétricidade a combustível sólido, de preferência produzido nas imediações.

Localizando-se a mina a uma distância menor que 40 Km de uma linha de transmissão, a alternativa de construir uma linha de transmissão deve ser analisada.

Desde que haja o potencial hídrico e o seu aproveitamento seja compatível com a duração do empreendimento mineral, a construção de uma mini hidrelétrica é altamente vantajosa.

5. Bibliografia

- CESP - Companhia Energética de São Paulo. Penetração da Eletricidade. Avaliação do Potencial. Área CESP/1981. São Paulo, 1981.
- Monticeli, João J. et alii. "Possibilidade de Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de São Paulo". In: Anais do III Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, 1984.
- United Nations Industrial Development Organization. Chinese Experiences in Small Mini Hydro Power Generation. UNIDO/Is. 284, 1982.
- World Bank. Energy in the Developing Countries. Washington, 1980.

RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E DESENVOLVIMENTO
DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS NO PARQUE INDUSTRIAL
DE JACUPIRANGA

Eng^o Luiz Alberto Dias Menezes Filho *

1. INTRODUÇÃO

A Serrana S.A. de Mineração minera uma jazida de carbonatito apatítico denominada Morro da Minas, situada no Distrito de Cajati, Município de Jacupiranga, SP.

Por meio de lavra a céu aberto, em bancadas, são extraídas atualmente 5.400.000t/ano de minério (que somadas a 2.150.000t/ano de estéril totalizam 7.550.000t/ano "run of mine"), que alimentadas em duas usinas de beneficiamento produzem 605.000 t/ano de concentrado de apatita e 3.500.000t/ano de rejeito carbonático utilizável para a fabricação de cimento ou para uso agrícola como corretivo de acidez de solo (as restantes 1.285.000t / ano são descartadas pelas usinas na forma de "lamas", rejeitos ultra-finos).

Parte do concentrado de apatita é consumida no próprio local pela QUIMBRASIL - Química Industrial Brasileira S.A., empresa coligada da Serrana que opera um complexo de produção de fertilizantes constituído de uma fábrica de ácido sulfúrico com capacidade de 275.000t/ano, uma fábrica de ácido fosfórico com capacidade de 75.000t/ano, unidades de produção de mono-amônio - fosfato (MAP) e de superfosfatos simples e triplo (SSP e TSP) com capacidade de 160.000 e 180.000t/ano, respectivamente, uma

* Engenheiro da Serrana S.A. de Mineração

granuladora com capacidade de 120.000t/ano, e uma fábrica de suplementos minerais para alimentação animal (fosfato bicálcico e outros), com capacidade de 45.000t/ano.

A Serrana também fabrica cimento portland no local, utilizando o rejeito carbonático como matéria-prima, através de um forno via-seca com capacidade de 660.000 t/ano de clínquer.

Trata-se de um complexo industrial de grande porte, e que mereceu desde o início de sua operação intensiva, a partir de 1969, uma constante atenção para com a otimização dos processos produtivos, e em particular com a racionalização do consumo de energia.

2. CONSUMO DE ENERGIA NO PARQUE INDUSTRIAL DE JACUPIRANGA

O consumo de energia no Parque Industrial de Jacupiranga pode ser dividido em três partes principais:

- 2.1. ENERGIA ELÉTRICA, para acionamento de motores industriais e iluminação.
- 2.2. ENERGIA TÉRMICA, para o forno de clinquerização e para as instalações de secagem de apatita e para a granuladora de fertilizantes.
- 2.3. ÓLEO DIESEL, para parte dos equipamentos da mineração e para a frota de veículos e equipamentos leves de apoio às fábricas.

Passaremos a analisar separadamente cada uma dessas partes.

2.1. ENERGIA ELÉTRICA

O consumo previsto para 1985 é de 14.300.000 kwh/mês, assim distribuídos:

Mineração e Beneficiamento de Apatita

. 7.200.000 kwh/mês

Fábrica de Cimento

. 5.300.000 kwh/mês

Complexo de Fertilizantes

. 1.800.000 kwh/mês

Nas 3 unidades tem-se conseguido sistematicamente reduzir o consumo específico de energia elétrica, tanto através de ações isoladas em operações unitárias importantes (em especial nas operações de moagem) como também como resultado de um aumento constante da produtividade, propiciando o aumento do fator de marcha e reduzindo portanto o desperdício causado nas paradas e partidas dos equipamentos bem como reduzindo períodos de operação em vazio.

Na mineração e beneficiamento de apatita tinha-se em 1978 um consumo específico de 228 kwh/t de concentrado de apatita produzida, valor esse que caiu para 173 kwh/t em 1984. Dentre os fatos mais relevantes, pode-se citar:

- introdução de um circuito de remoção da magnetita dentro do circuito de moagem do minério, evitando sua sobre-moagem e reduzindo a carga circulante dos moinhos de 350 para 150%. O consumo de energia na moagem caiu de 5,8 para 4,7 kwh/t.
- como resultado da operação acima, bem como da substituição dos ciclones de classificação convencionais por ciclones de fundo plano, aumentou-se a alimentação horária da usina de 320 para 440 t/h, conseguindo-se com isso redução do consumo específico em praticamente todas as operações unitárias.

Na fábrica de cimento se obteve de 1976 a 1985 uma redução do consumo específico de 140 para 115 kwh/t de cimento, em função de otimizações na moagem de farinha e de cimento e do aumento da capacidade de produção do forno de 1.200 para 2.200 t clínquer/dia.

No complexo de produção de fertilizantes a energia elétrica é um componente de menor importância no custo final, e em sua maior parte é consumida para o bombeamento de líquidos e o acionamento de ventiladores, havendo muito pouca margem para otimizações. Parte do consumo é suprido por um turbo-gerador acionado por vapor gerado na fabricação do ácido sulfúrico (cerca de 800.000 kwh/mês).

2.2. ENERGIA TÉRMICA

Neste ítem se encontram os mais significativos resultados que foram alcançados em Jacupiranga na substituição de derivados de petróleo e na redução de custos industriais.

Fábrica Cimento

A fábrica de cimento consumiu em 1977, 40.892t de óleo combustível, para uma produção naquele ano de 449.260t de cimento. Antes ainda do 2º choque do petróleo concluiu-se que era preciso desenvolver uma alternativa de baixo custo que permitisse a substituição parcial do óleo por carvão ou bio-massa.

A Serrana desenvolveu então um processo simples e pioneiro que consistiu inicialmente na adição de carvão mineral britado a menos de 25mm (tal qual podia ser comprado no mercado, sem necessidade de nenhum processamento posterior) juntamente com a farinha pré-aquecida, na entrada do forno; o investimento é bastante baixo, o prazo de instalação muito curto e a inovação permitiu reduzir em até 30% a energia térmica fornecida via óleo

combustível através do maçarico. O processo foi patenteado, vem sendo comercializado no exterior e foi cedido gratuitamente às demais cimenteiras nacionais, tendo-se constituído na base do protocolo firmado em 1980 entre as cimenteiras, o MIC e o CNP, garantindo até o final de 1981 a substituição de 30% do óleo com combustível consumido na fabricação do cimento, e representando o primeiro grande impulso no consumo de carvão mineral como energético fora dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Em 1981 entrou em operação uma instalação de pulverização de carvão para substituição do óleo combustível no maçarico, e em 1982 o carvão britado foi substituído por bio-massa (lenha picada a menos de 40mm) na combustão secundária. A partir de junho/84 conseguiu-se a substituição total do óleo combustível.

Atualmente o consumo específico de energia térmica é de 875 Kcal/kg de clínquer. Tem-se como meta o médio prazo reduzir este valor para 820 Kcal/kg, através da automação da operação da fábrica.

A partir de 1987 pretende-se substituir cerca de 70% do carvão mineral no maçarico por turfa pulverizada; maiores detalhes sobre esse projeto estão descritos no item 3, mais adiante.

Secagem de Apatita

A instalação de secagem de apatita consumiu em 1979, 2.396t de óleo combustível, para uma produção de 195.000 t de apatita seca. O consumo específico foi de 12 kg óleo/t, ou 125 Kcal/Kg, para uma umidade média de 12% na alimentação de 0 % no produto final.

Em 1980 entrou em operação um gerador de gás quente do tipo grelha móvel, utilizando como combustível carvão mineral com 35% de cinzas, eliminando assim o consumo de óleo combustível. A partir de 1982 o carvão mineral foi substituído por lenha picada, e atualmente o consumo específico é de 120 Kcal/kg.

Complexo de Fertilizantes

A fábrica de ácido fosfórico entrou em operação em 1974, e durante todo aquele ano foi alimentada com apatita seca. No início de 1975 o sistema de alimentação foi adaptado para utilização de apatita com 10 a 12% de umidade, tal qual sai da instalação de desaguamento das usinas de concentração.

Isto representou uma economia anual de 2.700 t/ano de óleo combustível.

A granuladora de fertilizantes e de matérias-primas opera com uma grelha móvel similar à utilizada na secagem de apatita, usando como combustível lenha picada.

Tem-se portanto, no caso da energia térmica, uma substituição total do óleo combustível por carvão mineral e por bio-massa. Isto significa nos níveis de consumo de 1985 uma economia global de 48.000 toneladas anuais de óleo combustível.

2.3. ÓLEO DIESEL

O consumo previsto para 1985 é de 315 m³/mês de óleo diesel, assim distribuído :

Mineração:

Compressores	21 m ³ /mês
Perfuratriz Roc 810	5 m ³ /mês
Pás-carregadeiras	29 m ³ /mês
Tratores	25 m ³ /mês
Caminhões Fora de Estrada	65 m ³ /mês
Equipamentos de Terceiros	60 m ³ /mês
Sub-Total - Mineração	205 m ³ /mês

Equipamentos Auxiliares das Fábricas (pás-carregadeiras, guindastes, caminhões leves)

Frota própria	62 m ³ /mês
Equipamentos de Terceiros	48 m ³ /mês
Consumo Total de Óleo Diesel no PIJ	110 m ³ /mês

Este item é o mais preocupante, por não haver até o momento nenhum combustível alternativo disponível em quantidade e custos econômicos.

Desde o início das operações em larga escala em 1969 a mina da Serrana já dispunha de um índice de eletrificação bastante elevado. Até 1974 as duas escavadeiras elétricas Bucyrus 718 atendiam a 100% do carregamento de minério, e eram as duas únicas máquinas elétricas desse modelo entre as cerca de 70 existentes no Brasil. Ao mesmo tempo 65% do ar comprimido era fornecido por compressores elétricos. A partir daí os trabalhos de mineração sofreram rápida expansão, iniciando-se também a remoção de estéril, e tanto no carregamento como na perfuração temos hoje 50% dos equipamentos movidos a energia elétrica, e o restante a diesel, condição essa indispensável para que se possa ter a necessária flexibilidade para a execução do "blending" do minério de várias frentes de lavra.

O problema tende a se agravar no futuro com o aprofundamento das operações, obrigando os caminhões a longos percursos ascendentes, o que aumentará o consumo específico de óleo diesel.

As alternativas que estão sendo estudadas são a produção de metano a partir de cana-de-açúcar, para utilização nos motores diesel que teriam de ser adaptados para o consumo misto metano/diesel, bem como a mudança futura do britador primário para o interior do "pit", com o transporte de material britado até a britagem secundária através de transportadores de correia.

3. DESENVOLVIMENTO DE FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVAS

Após o início da utilização do carvão mineral na fábrica de cimento em 1978 a Serrana considerou que não deveria ficar na dependência dos subsídios que na época tornavam muito a tratativa sua utilização, mas que certamente a médio prazo poderiam ser reduzidos ou até mesmo eliminados.

Devido à elevada incidência da energia térmica no custo final do cimento, a Serrana decidiu iniciar um programa de desenvolvimento de fontes próprias de energia; três alternativas foram selecionadas: carvão mineral, turfa e bio-massa.

O carvão mineral continua sendo estudado, inclusive a tecnologia de seu beneficiamento, porém até o momento não foi concretizada nenhuma negociação que envolva a participação da Serrana em algum empreendimento de mineração de carvão.

No caso da turfa e da bio-massa, por outro lado, foi demonstrada a viabilidade técnica e econômica de sua produção nas proximidades do PIJ, e os projetos já se encontram em fase de implantação.

3.1. TURFA

A Serrana localizou jazidas de turfa em 1981 no município de Iguape, S.P., a uma distância média de 75Km do Parque Industrial de Jacupiranga. Até o momento já foi medida uma reserva de 7,8 milhões de toneladas de turfa base seca, com 5% de cinzas e poder calorífico superior de 5150 Kcal/kg.

Foram contratados serviços de consultoria para a definição das alternativas de lavra, bem como efetuadas visitas a turfeiras na Finlândia e na Irlanda. Entre os três métodos de lavra possíveis, lavra ã úmido, lavra a seco com produção de tur

fa pulverizada e lavra a seco com produção de turfa extrudada , optou-se por este último método, e foi então implantado um campo piloto de produção, numa área de 1 hectare, para a definição dos parâmetros operacionais dos equipamentos, fornecendo subsídios para o projeto da futura lavra industrial.

O processo de preparação da turfeira consiste nas seguintes etapas:

- 1^a - abertura da estrada de acesso, trabalho bastante difícil devido às características pantanosas da área, requerendo a estivagem da base da estrada com toras de madeira.
- 2^a - abertura dos canais principais e secundários de drenagem ; são utilizados para os canais principais retro-escavadeiras convencionais, andando sobre estivas, e para os secundários uma valetadeira importada da Finlândia, tracionada por um trator agrícola equipado com esteira larga e com super-redução.
- 3^a - desmatamento completo da área.
- 4^a - "fresagem" do topo da turfeira, que consiste na trituração de raízes e de tocos através de um equipamento especial ("fresadora") importado da Finlândia.
- 5^a - extrusão da turfa, efetuada com extrusora importada tracionada por trator agrícola; a turfa in situ, antes da abertura dos canais de drenagem contém cerca de 90% de umidade ; quando esta umidade se reduziu para cerca de 70% é que se inicia a operação de extrusão; a extrusora consiste em um disco com canecas acopladas, que corta e extrai a turfa de uma profundidade de 30cm abaixo da superfície do terreno, e a comprime contra um cilindro transversal superior, através do qual ela é descarregada lateralmente sobre o solo.

6^a - depositada no solo, a turfa seca naturalmente ao sol; periodicamente os extrudados são revirados por um equipamento especial importado ("revolvedora") e quando atingem cerca de 40 a 45% de umidade são amontoados por um equipamento especial importado ("enleiradeira") e posteriormente retomados por outro equipamento especial ("carregadeira"), tracionado por trator agrícola, que os carrega em reboques especiais, também acionados por tratores agrícolas, que os transportam finalmente para as áreas de estocagem ao lado da estrada principal.

7^a - antes de se iniciar o novo ciclo de extrusão, a superfície da turfeira é nivelada por meio de um outro equipamento importado, a "niveladora", tracionada por trator agrícola.

O campo piloto se encontra em operação desde junho de 1983, já tendo sido produzida uma quantidade de turfa extrudada suficiente para a execução de testes industriais de queima no gerador de gás quente da secagem de apatita e na combustão secundária da fábrica de cimento. Estes comprovaram a viabilidade técnica e econômica da utilização da turfa extrudada com 40% da umidade nessas condições, a custo inferior ao obtido com o carvão mineral.

Foram também efetuados testes em escala piloto de secagem, pulverização e queima de turfa, que demonstraram a viabilidade de utilização de turfa seca e pulverizada substituindo parcialmente o carvão no maçarico da fábrica de cimento.

Está sendo concluído o projeto da lavra industrial, que numa primeira etapa produzirá turfa suficiente para a substituição de até 70% do carvão no maçarico. Quando entrar em operação a instalação de secagem e pulverização de turfa, juntamente com a mineração, no início de 1987, a fábrica de cimento da Serana será pioneira em todo o mundo na utilização desse combustí-

vel como energético principal.

A mineração será conduzida com todos os cuidados para garantir a preservação do meio ambiente; após a conclusão da lavra a área ficará drenada, e deverá apresentar excelentes características para o aproveitamento agrícola, requerendo apenas uma calagem para a correção da acidez do solo. Está sendo efetuado um estudo, por uma equipe de especialistas da FEALQ, das espécies encontradas na mata nativa, e será preparado um canteiro de mudas das espécies da maior interesse, o que permitirá eventualmente no futuro o reflorestamento da área.

3.2. MADEIRA

A Serrana iniciou em 1982 a implantação de um projeto de reflorestamento com fins energéticos.

Após testes com inúmeras espécies, optou-se pelo eucalpto "urophylla", já tendo sido até o momento plantados 1.900 hectares, sendo a meta atingir um total de 7.100 hectares até o final de 1989.

As condições de solo e clima na região são muito favoráveis ao desenvolvimento das árvores, tendo sido obtidos até o momento excelentes rendimentos (crescimento da ordem de 40 estéreos/hectare/ano).

A matriz energética desenvolvida para o PIJ prevê a utilização da madeira picada na combustão secundária da fábrica de cimento e nos geradores de gás quente da secagem de apatita e da granuladora de NPK, chegando a um pico de consumo de 280.000 GCal/ano (correspondentes a cerca de 112.000t/ano de madeira). A turfa seca e pulverizada responderá por cerca de 70% do consumo do maçarico da fábrica de cimento, podendo nessas condições atingir o pico de 500.000 GCal/ano, ou seja, cerca de 90.000t/ano de turfa base seca. O restante do consumo, 215.000

GCal/ano, será suprido com carvão mineral.

O projeto de reflorestamento da Serrana está sendo considerado um modelo na região em termos de preservação do meio ambiente; estão sendo desenvolvidos criadouros de animais silvestres em áreas reflorestadas contíguas a matas nativas preservadas, visando a acostumá-los à sobrevivência nas florestas plantadas. Estão também sendo desenvolvidos projetos de piscicultura com fins sociais.

4. CONCLUSÃO

A Serrana vem desenvolvendo com amplo sucesso um programa de racionalização do consumo de energia e de desenvolvimento de fontes energéticas alternativas para o suprimento das necessidades do Parque Industrial de Jacupiranga.

Além de significativos resultados de redução do consumo de energia elétrica na fabricação de apatita e de cimento, foi desenvolvido um processo pioneiro de combustão de combustível sólidos na zona de alimentação do forno de cimento, processo este que se constituiu na base do protocolo assinado entre a indústria cimenteira, o CNP e o MIC em 1980, comprometendo-se a reduzir em 30% o consumo de óleo combustível até o final de 1981.

Em 1980 iniciou-se a substituição do óleo combustível por carvão pulverizado no maçarico, tendo-se alcançado a substituição total em meados de 1984.

Desde 1975 eliminou-se a secagem de apatita para a fabricação de ácido fosfórico, e a partir de 1981 substituiu-se completamente o óleo combustível na secagem de apatita destinada à fabricação de super-fosfatos, primeiramente por carvão mineral e posteriormente por lenha picada.

Em 1985 entrou em operação uma granuladora de NPK já utilizando gerador de gás quente operando com lenha picada.

O consumo de energia térmica de todas essas instalações requeria em 1985 a queima de cerca de 48.000 toneladas de óleo combustível.

A política energética da Serrana tem também como prioridade o desenvolvimento de fontes alternativas regionais, para minimizar o consumo de energia proveniente de fontes distantes, que representa também evasão de divisas por provocar consumo de derivados de petróleo no seu transporte.

Estão em desenvolvimento dois importantes projetos, de reflorestamento no município de Jacupiranga e de mineração de turfa em Iguape, que quando completados, no final desta década, suprirão cerca de 78% do consumo de energia térmica do PIJ, o restante sendo suprido com carvão mineral, representando no total um consumo de 995.000 GCal/ano, que requeria a utilização de 106.990 t/ano de óleo combustível.

CONDICIONES VEGETALES QUE NORMAN E REGULAN.

AS CONDIÇÕES VEGETAIS, OU, SELO MENOS DE SUAS CARACTERÍSTICAS DO MEIO AMBIENTE, SÃO DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA PARA A PREVENÇÃO E EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADA E, PORTANTO, PARA A FORMAÇÃO DE TURFAS.

III - PROJETO TURFA

III.-1. O QUE É A TURFA E CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO

É O PRIMEIRO TERMO DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, SENDO RESULTANTE DO ACÚMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA DE ORIGEM VEGETAL EM AMBIENTE POUCO OXIGENADO.

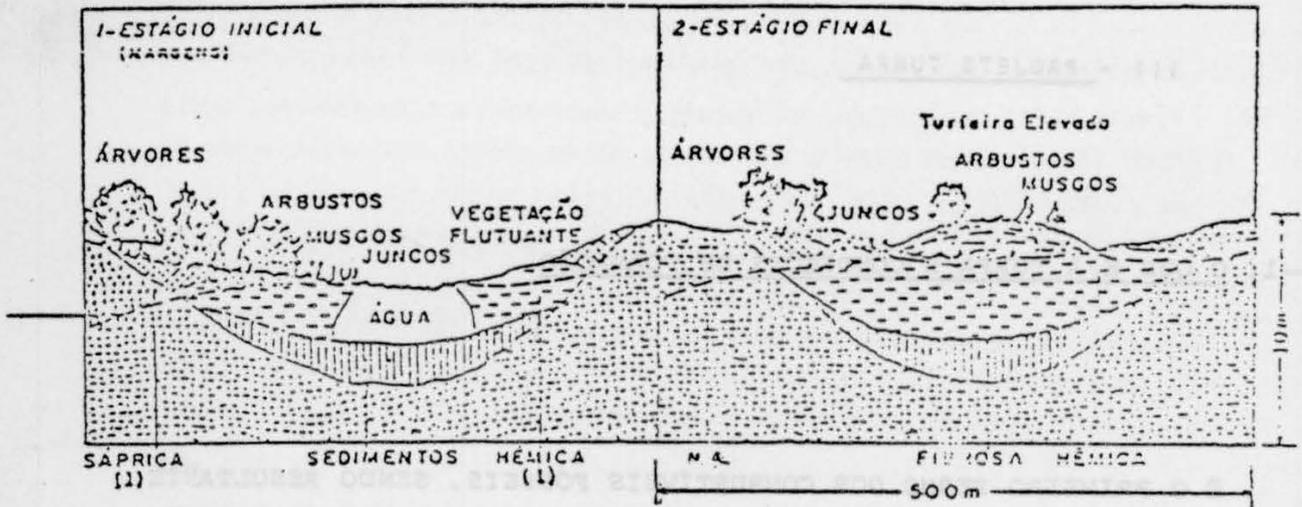
DESSA FORMA, OS PÂNTANOS, BREJOS, BANHADOS E PEQUENOS LAGOS OFERECEM, EM GERAL, CONDIÇÕES APROPRIADAS PARA A FORMAÇÃO DE TURFEIRAS, RESULTANTES DA ACUMULAÇÃO DE INÚMERAS GERAÇÕES DE ESPÉCIMES VEGETAIS QUE MORREM E SUBMERGEM.

AS CONDIÇÕES REDUTORAS, OU, PELO MENOS DE BAIXA OXIGENAÇÃO DO MEIO AQUOSO, SÃO DE FUNDAMENTAL IMPORTÂNCIA PARA A PRESERVAÇÃO E EVOLUÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADA E, PORTANTO, PARA A FORMAÇÃO DE TURFEIRAS.



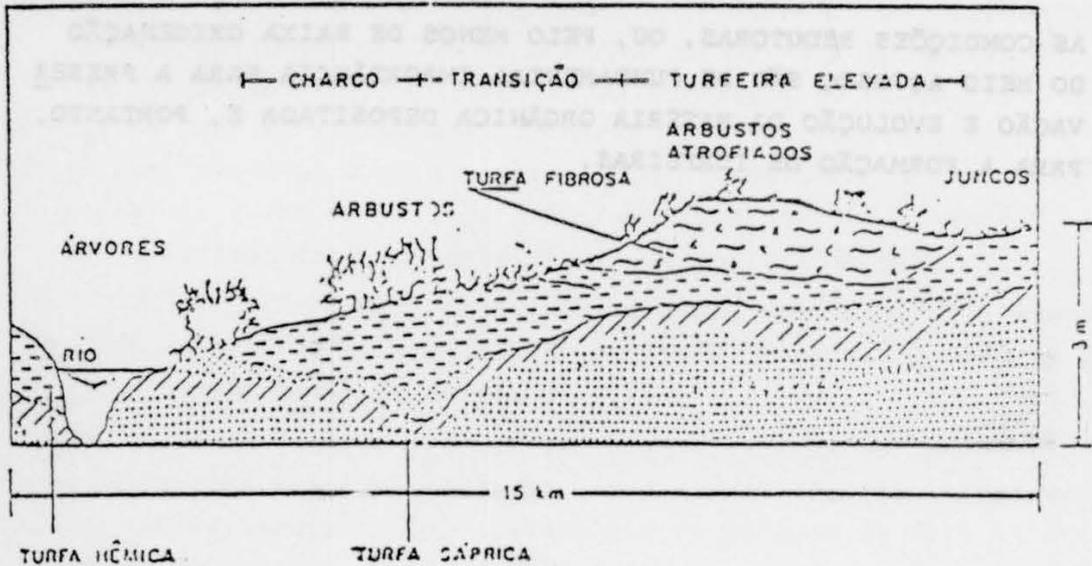
III- 2. PROCESSO DE PREENCHIMENTO DE LAGOAS NA FORMAÇÃO DE TURFEIRAS
NO ESTADO DE MINNESOTA, E.U.A.

PROCESSO EM LAGOAS



PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TURFEIRAS EM ÁREA DE INUNDAÇÃO

PROCESSO EM ÁREA DE INUNDAÇÃO



III - 3. USOS E APLICAÇÕES DA TURFA

- FONTES ENERGÉTICAS ALTERNATIVA

- . CALDEIRAS INDUSTRIAIS
- . USINAS TERMOELÉTRICAS
- . ETC...

- GASEIFICAÇÃO OU LIQUEFAÇÃO

- . OBTENÇÃO DE COMBUSTÍVEIS MAIS NOBRES
- . OBTENÇÃO DE SUB-PRODUTOS

- MOÍDA OU BRIQUETADA PARA AQUECIMENTOS

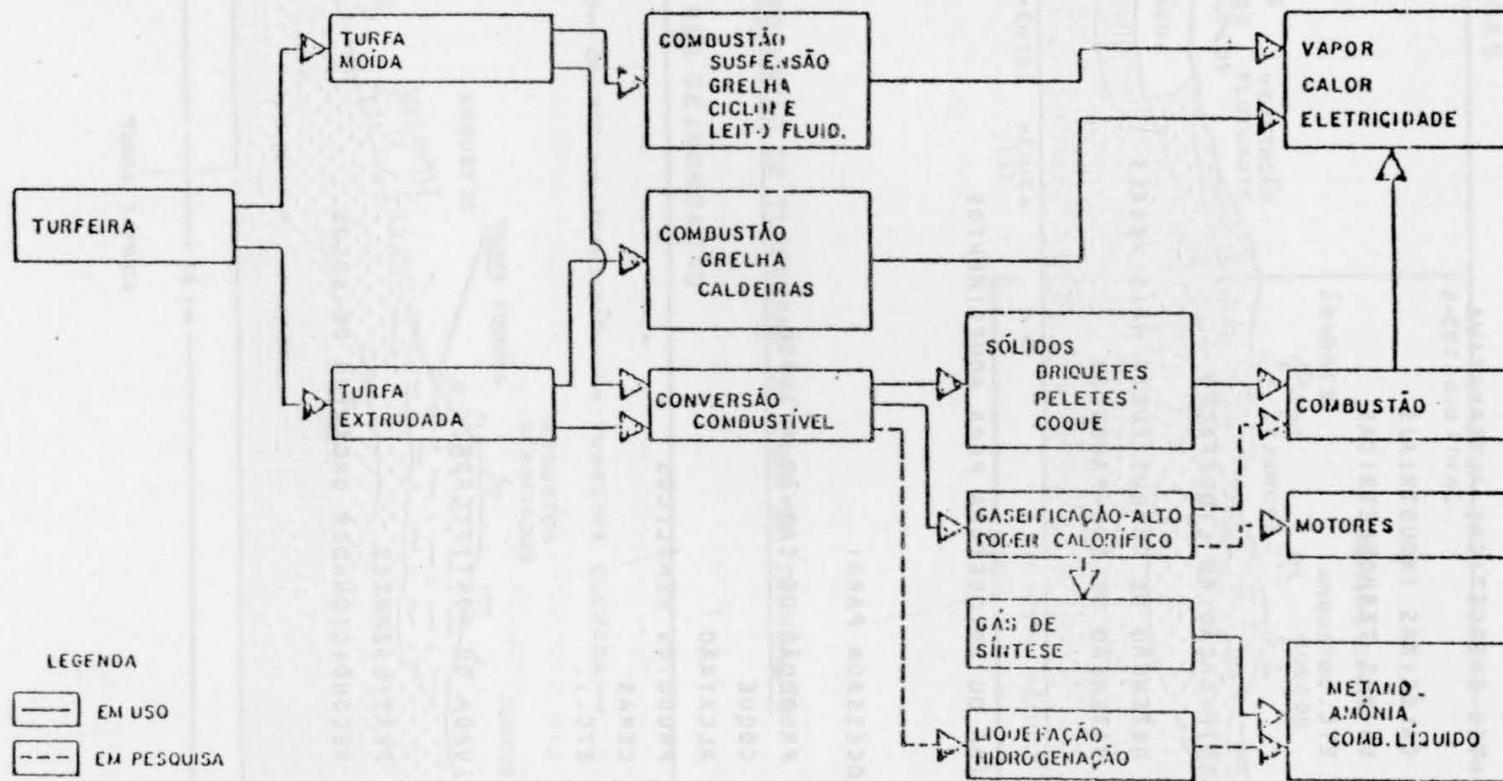
- PROCESSADA PARA:

- . PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO
- . COQUE
- . ALCATRÃO
- . PRODUTOS FENÓLICOS
- . CERAS
- . ETC...

- ATIVADA OU FORTIFICADA

- . FERTILIZANTES
- . RECONDICIONADOR ORGÂNICO DE SOLOS

ALTERNATIVAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA TURFA E CARVÃO MINERAL



111 - 4. RESERVAS MUNDIAIS ESTIMADAS DE TURFA

PAIS	TONELAGEM (10 ⁹)
Únião Soviética	162,5** (1)
Canadá	98,0 (2)
Estados Unidos	120,3 (3)
Finlândia	18,0 (1)
Suécia	9,0 (1)
Polônia	6,0 (1)
Alemanha (Oriental e Ocidental)	7,0 (1)
Irlanda	5,0 (1)
Indonésia	2,5 (1)
Noruega	2,0 (1)
Outros	4,6 (1)

- 1. FONTE: SUONINEN
- 2. FONTE: TIBBEHC
- 3. FONTE: FARNHAM

III - 5. PRODUÇÃO DE TURFA NOS PRINCIPAIS PAÍSES PRODUTORES

PRODUÇÃO DE TURFA COMBUSTÍVEL E SEU CRESCIMENTO
(1000 T/A, 40% DE CONTEÚDO DE UMIDADE)

<u>PAÍS</u>	<u>1950</u>	<u>1960</u>	<u>1975</u>	<u>1980</u>
CHINA				800
FINLÂNDIA	300	200	500	3.100
IRLANDA	300	1.500	3.500	5.600
SUÉCIA	100	100	-	-
URSS	45.000	53.600	70.000	80.000
OUTROS*	1.000	500	300	400
TOTAIS	46.700	55.900	74.000	90.000

* ESTIMATIVAS

PRODUÇÃO ATUAL DE TURFA ENERGÉTICA E DE TURFA PARA USO NA
HORTICULTURA (1980)

(1000 T/A, 40% DE CONTEÚDO DE UMIDADE)

<u>PAÍS</u>	<u>COMBUSTÍVEL</u>	<u>HORTICULTURA</u>	<u>TOTAL</u>
CANADÁ	0	490	490
CHINA	800	1.390	2.100
TCHECOSLOVÁQUIA	0	270	270
RFA	250	2.000	2.250
FINLÂNDIA	3.100	500	3.600
FRANÇA	50	100	150
RDA	0	170	170
GRÃ-BRETANHA	N/A	170	170
IRLANDA	5.570	380	5.950
POLÔNIA	0	280	280
SUÉCIA	0	270	270
URSS	80.000	120.000	200.000
E.U.A.	0	800	800
OUTROS	100	2.900	3.000
TOTAIS	90.000	130.000	220.000

FONTE: ITS (INTERNATIONAL PEAT SOCIETY) 1983

III - 6. CUSTOS ENERGÉTICOS DA TURFA

OS CUSTOS DE PRODUÇÃO OU PREÇO DE VENDA DA TURFA, APRESENTAM VARIAÇÕES BASTANTE GRANDES DE PAÍS PARA PAÍS E MESMO ENTRE REGIÕES DE UM MESMO PAÍS.

CUSTO/PREÇOS DE TURFA NO MUNDO (CIF) (T.C./50%UMIDADE)

PAÍS	INFORMAÇÃO FORNECIDA POR	CUSTO/PREÇO (US\$/T)	PODER CALORÍFICO (KCAL/KG)
IRLANDA	BORD NA MONA	8 a 10	2050
FINLÂNDIA	TURVERUUKI, VAPO	13 a 17	2300
RÚSSIA	MINISTRY OF FUEL INDUSTRY	3 a 6 (FOB)	2500
SUÉCIA	STATE POWER BOARD	9 a 14	2000
	SVENSKA TORV	19 a 33	2000
CANADÁ	HYDRO - QUEBEC	18 a 35	2450
	DEPT. OF ENERGY RESOURCES	10 a 12	2450
MÉDIA	(MÉDIA ARITMÉTICA) =	13 a 20	2250
EQUIVALENTE ÓLEO COMBUSTÍVEL BPF		54 a 83	9300

OU SEJA, A VALORES JAN/84: 1080 CR\$/US\$

ÓLEO BPF = 200.000 Cr\$/T (=185 US\$/T)

TURFA PRODUÇÃO = 60.000 Cr\$/T EQUIV.BPF (= 56 US\$/T)

TURFA VENDA = 90.100 Cr\$/T EQUIV.BPF (= 83 US\$/T)

RAIO DE INFLUÊNCIAS = 100 Km - ESTIMATIVAS PARA BRASIL

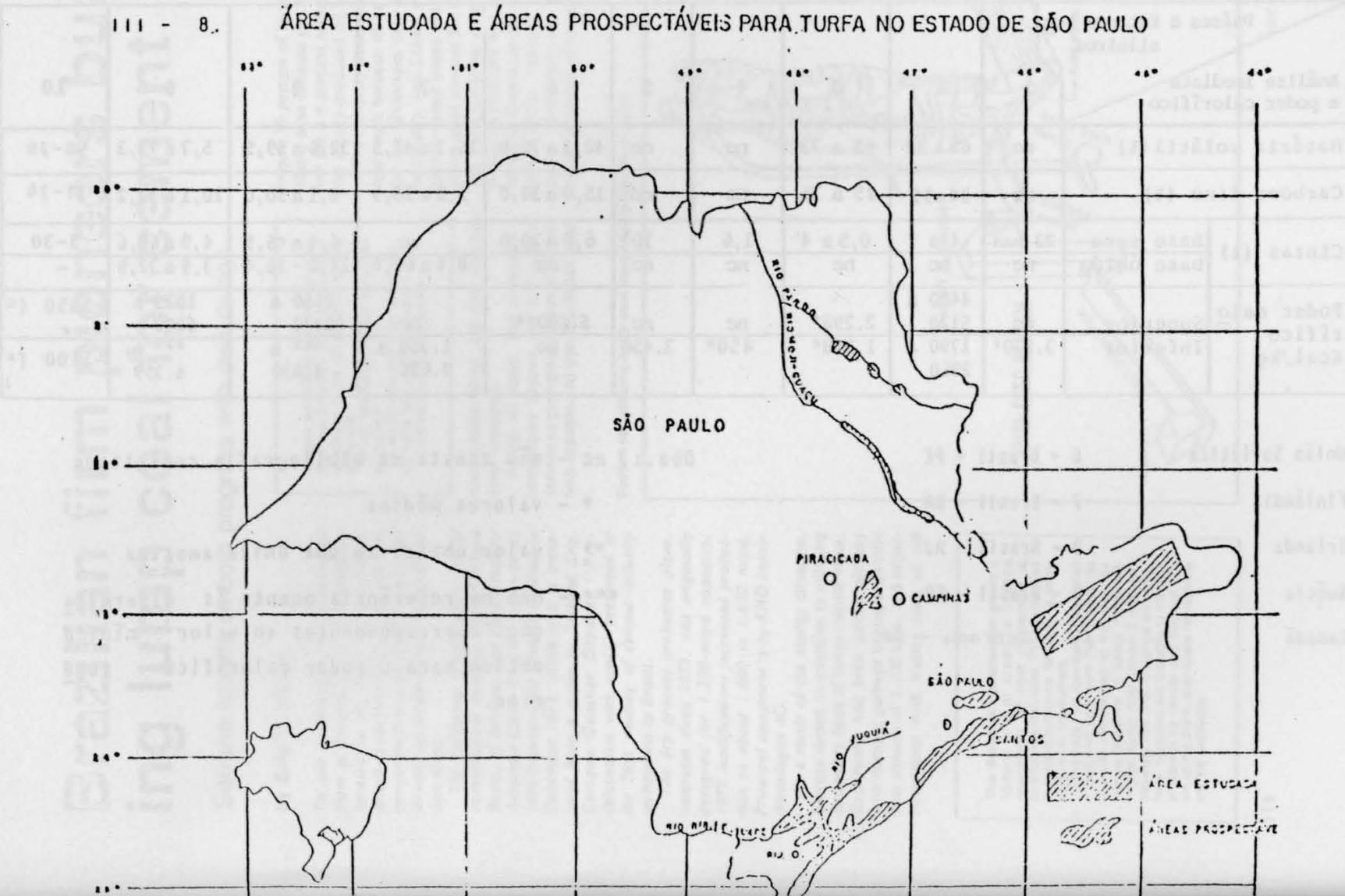
FONTE: ITS-IRLANDA

III - 7. TRABALHOS JÁ EXECUTADOS PELA SERRANA

- . LEVANTAMENTO COMPLETO SOBRE A TURFA NO VALE DO RIBEIRA (OBSERVAÇÃO DE CAMPO).
- . LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAFÉTRICO DAS ÁREAS POTENCIAIS, CAMINHAMENTO DE CAMPO E SELEÇÃO DE ÁREAS.
- . PESQUISAS PIONEIRAS ATRAVÉS DE SONDADEM DE TRADO NAS ÁREAS PRÉ-SELECIONADAS:
 - . TOTAL DE FUROS EXECUTADOS > 550 FUROS
 - . METRAGEM TOTAL PERFURADA > 3.000 M
 - . PROFUNDIDADE MÉDIA DE FUROS - 4,0 M
 - . Nº DE AMOSTRA ANALISADAS > 600 AMOSTRAS
- . ANÁLISE FÍSICAS, QUÍMICAS E DE CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICAS
- . PEDIDO DE PESQUISAS AO DNPM. (JÁ DEFERIDOS) PARA AQUISIÇÃO DE DIREITOS MINERÁRIOS (PESQUISA DE LAVRA) DE ACORDO COM O CÓDIGO DE MINERAÇÃO.
- . IMPLANTADO CAMPO PILOTO (10 HECTARES) CONSTANDO DE ACESSO À ÁREA, EXECUÇÃO DE DRENAGEM MODULAR, INSTALAÇÃO DE PLUVIOMETROS, EVAPORÍMETRO, MEDIDORES DE LENÇOL FREÁTICO, COMPACTAÇÃO E RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO, AVALIAÇÃO PEDOLÓGICA DO SOLO, AVALIAÇÃO DAS FLORESTAS ETC...
- . INICIADA A LAVRA PILOTO: LAVRADA EM 1983. - 2000 M³ DE TURFA E EXECUTADO TESTES INDUSTRIAL DE SECAGEM (EMPILAMENTO E EXTRUDAGEM) E TESTE DE QUEIMA NA FÁBRICA DE CIMENTO PIJ.
- . PEDIDO AO DNPM DE LAVRA EXPERIMENTAL CONTÍNUA EM ÁREA DE 100 HA.
- . AQUISIÇÃO EQUIPAMENTOS DA FINLÂNDIA
- . PROJETO DE PRÉ-VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA EM ELABORAÇÃO.

111 - 8.

ÁREA ESTUDADA E ÁREAS PROSPECTÁVEIS PARA TURFA NO ESTADO DE SÃO PAULO



111-9 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DA SERRANA COM TURFEIRAS DE OUTROS PAÍSES

ALORES MÉDIOS E FAIXAS DE VARIAÇÃO DE RESULTADOS DE ANÁLISES IMEDIATAS E DETERMINAÇÕES DE PODER CALORÍFICO, EM TURFAS DE VÁRIAS PROCEDÊNCIAS

Países e Estados brasileiros		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Análise imediata e poder calorífico											
Matéria volátil (%)		nc	65 a 71	63 a 73	nc	nc	40,0 a 70,0	16,7 a 41,5	32,0 a 59,5	5,7 a 73,3	50-70
Carbono fixo (%)		nc	30 a 35	25 a 35	nc	nc	15,0 a 30,0	5,8 a 28,9	8,1 a 50,0	20,1 a 33,2	31-34
Cinzas (%)	Base seca	23 max	4 a 7	0,5 a 4	1,6	10*	6,0 a 20,0	nc	6,4 a 46,5	4,9 a 66,6	5-30
	base úmida	nc	nc	nc	nc	nc	nc	8,4 a 66,8	14,8 - 16,4	3,9 a 32,9	-
Poder calorífico Kcal/kg	Superior	nc	4400 a 5120	2.298*	nc	nc	6.600**	nc	2650 a 5320	1823 a 6000	~5350 (*)
	Inferior	3.200*	1790 a 2860	1.848*	450*	2.450	nc	1.350 a 3.680	*** a 4.030	*** a 4.359	~5100 (*)

- União Soviética 6 - Brasil - PE
- Finlândia 7 - Brasil - BA
- Irlanda 8 - Brasil - RJ
- Suécia 9 - Brasil - SP
- Canadá 10 - Serrana - SP

Obs.: nc - não consta da bibliografia consultada

* - valores médios

** valor obtido em uma única amostra

*** - não há referência quanto às determinações correspondentes ao valor mínimo obtido para o poder calorífico superior.

Brazilian firm pioneers burning lump coal for cement

Serrana reports smooth progress with own design

by Enid W. Stearn

To our knowledge, the Jacupiranga plant of Serrana S.A. de Mineração—located in the state of São Paulo, Brazil—is the first and perhaps the only cement facility in the world to burn coal directly—as it comes from the beneficiation plant.

The following article grew out of conversations between Paulo Wiltgen Rosat, of Serrana, and Rock Products Associate Editor Enid W. Stearn at the 14th International Cement Seminar in December 1978. Much of it is translated from a paper by Serrana Eng. Enrique Gunther Drewes, "Pre-calcination with coal," presented at the 26th meeting of cement industry technicians in Brazil.

The dry process preheater plant, onstream since 1973, was originally designed for 1,200-mtpd capacity; 1977 modifications increased production to about 1,600 to 1,650 mtpd. Principal equipment is by KHD Industrieanlagen AG.

As a result of the energy situation, Serrana turned its attention to utilizing secondary fuels of lower caloric value. Experience had been gained already with burning garbage having a specific heat content of 2,100 kcal, and experimentation with wastes such as old

Recent word from Serrana indicates that the Brazilian plant's operation continues to be successful. Here is evidence:

- kiln operating stability continues to improve;
- life of refractory brick in the burning zone has been extended;
- production has increased.

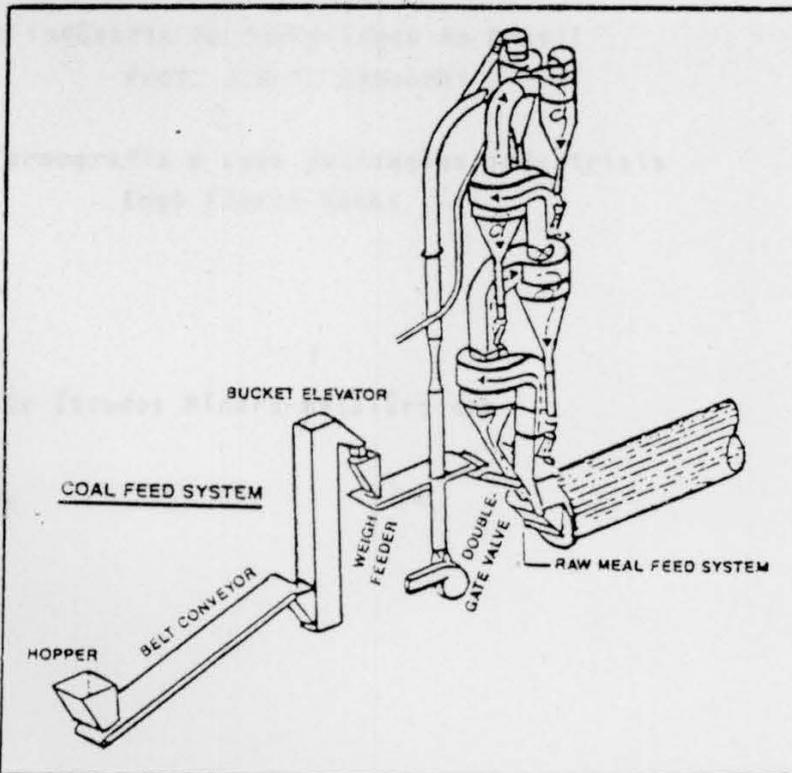
tires, plastic scrap, and peat also had been attempted.

Rising oil costs, and eventually a compulsory deposit, led fuel costs to assume an ever-greater share of production expense. At present, Brazil must

import 80 percent of its oil; some problems arise because the Arabian product has a 4 percent sulfur content and the locally-produced oil is paraffined.

The company decided to investigate coal, both because of its location and for the advantages of working with a reasonably well-known material. Personnel visited mines and beneficiating plants in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina. After analysis, an option on principle was made for coal from Rio Grande do Sul because of its lower sulfur content, since many plants, particularly dry process, can suffer problems of excess "gypsum"

System for utilizing lump coal designed by Serrana of Brazil.



The Brazilian government grants a special line of credit to finance equipment for coal conversion at special interest rates. This credit, plus a subsidized price for coal, is available to all consumers.

Originally, the low-sulfur (less than 1 percent) coal from Rio Grande do Sul was transported to the plant by rail—a distance of about 1,000 km. Higher-sulfur coal (about 3 percent) traveled half that distance by truck. Now, supplies are brought to the port of Santos by vessel and trucked 230 km to the plant; eventually rail service will be available.

OUTRAS PUBLICAÇÕES DO CENTRO MORAES RÊGO

Geologia e Metalurgia em revista - SET/OUT - 1979

Ciclo de Palestras: Nióbio: Perspectivas no Brasil e no Mundo
Prof. Renato Papaléo

Alternativas Energéticas: soluções regionais
Prof. Carlos Dias Brosch

O engenheiro como administrador
Prof. Emílio Wainer

Aplicação do vácuo na metalurgia extrativa
Engº Katsujiro Susaki

A indústria de ferro ligas no Brasil
Prof. J.D.T. Capocchi

Termografia e suas aplicações industriais
Engº Florin Nacht

Anais da XXII Semana de Estudos Mínero-Metalúrgicos

Cilindros de laminação

Extrusão de alumínio