

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA

8E8E8

METAMORFISMO
Dept. de Geologia

LAVRA DE MINAS III

01066

LAVRAS ESPECIAIS

8E8E8

Prof. JOAQUIM MAIA

Os quadros seguintes dão as produções estimadas e os custos / de operações diretos.

Os custos da Marion 183-M, pá ou de arrasto, eram, aproximadamente de \$390.000, nos Estados Unidos Unidos, na fábrica. Em ambos os casos, a área de deposição foi considerada plana, sem levar em conta possíveis aumentos por variações das curvas de nível exteriores ou por balanceamento da caçamba de arrasto.

PRODUÇÕES ESTIMADAS		
	Pá	Arrasto
Tamanho da caçamba, j.c.	7	7
Fator de caçamba, %	70	65
Escavação no banco, j.c.	4,9	4,6
Ciclo, em segundos	55	60
Ciclos por hora	65	60
Produção por hora, no banco, j.c.	319	276
Eficiência operacional, %	85	85
Produção por hora, efetiva, no banco, j.c.	271	235

CUSTOS DIRETOS DE OPERAÇÃO		
	Pá	Arrasto
Operador, por hora	\$4.00	\$4.00
Lubrificador, por hora	3.00	3.00
Óleo combustível, a \$0,15 por galão	4.50	4.50
Óleo lubrificante	0.50	0.50
Manutenção (todas as fases)	6.77	5.17
Custo total por hora	\$18.77	\$17.17
Custo por j.c. no banco	\$0.069	\$0.073

Com pá escavadora Marion 5561, lança de 36m, caçamba de 43j.c. (custo de cerca de \$2 milhões), teríamos possibilidade de descapear/banco de 16,8m de altura, fasquia de 15m de largura, sobre berma livre de 9m. Com escavadora de arrasto Marion 7.800, de 35j.c, mesmo custo, lança de 66m (alcance de 63,3m, a 12m da crista do banco - / contra alcance de 34,8m da pá considerada), poderíamos ter banco de 24,9m de altura e fasquiamento de 24m de largura, mantidos os demais dados das figuras.

- nos a capacidade de carregamento eficiente de uma pá escavadora / que a de uma escavadora de arrasto;
- 5) na aplicação da pá, a maior parte do material é carregada em uma área diretamente em frente da unidade e despejada dentro de raio relativamente curto; daí o ciclo operacional ser geralmente, menor para a pá escavadora; a diferença torna-se mais apreciável quando se empregam escavadoras de arrasto de longa lança ou quando em ca-
peamentos espessos;
 - 6) conquanto a locação em superfície próxima da original seja uma vantagem da escavadora de arrasto, acarreta também inconvenientes, como a posição da pá no tópo de um corpo mineral não é controlada pela topografia original, possíveis ineficientes e dispendiosas preparações dos bancos de trabalho são eliminadas;
 - 7) o custo de metro cúbico de capeamento removido resulta, nessas condições, menor com uma pá escavadora que com uma escavadora de arrasto;
 - 8) em compensação, o maior alcance e raio de despêjo de uma escavadora de arrasto permitem a remoção de capeamentos mais espessos, para o mesmo capital envolvido, consideráveis maiores profundidades de capeamento podem ser removidas; isto torna aproveitável cortes que seriam anti-econômicos para operação com pá escavadora;
 - 9) a escavadora de arrasto é mais versátil e mais facilmente manobrável.
 - 10) a locação na superfície do terreno elimina, de imediato, certos / problemas: deslizamentos nos bancos ou no despêjo não bicqueiam / ou impedem sua operação; água apresenta pequena dificuldade, pois / o escoamento é facilmente controlável, em relação ao do interior / das cavas; variações na configuração do tópo dos corpos minerais / podem ser facilmente ajustadas pela escavadora de arrasto e é de pouca importância se o corpo apresenta "lançamentos" (pitches) lo-
calizados e corridas, pois o plano geral de operações pode ser a-
daptado para essas variáveis e seus efeitos nas larguras requeri-
das para cortes ou área de deposição;
 - 11) se necessário, a escavadora de arrasto pode abater certa percenta-
gem do capeamento; conquanto não seja isso um procedimento opera-
cional normal, pode ser empregado vantajosamente;
 - 12) para abrir uma nova mina, pode ser necessário começar com o corte de uma "caixa", neste caso, a locação e alcance da escavadora de arrasto podem ser eficientemente utilizados;
 - 13) quando o corte final ou última fase do descapeamento é atingida,

Equip. Co. produz a Michigan 675, de 24 j.c., 1.270 HP, transporte de 650t/hora a 220m de distância (com 160m a 17%), podendo carregar caminhões de 200t na base de 2.500t/hora - dois motores diesel, custo de \$350.000; a Caterpillar 988 tem caçambas nas duas extremidades; a Tere rex tem caçambas de 9 a 18 j.c. Uso de correntes nos pneus tem elevado sua duração de 700/750 horas para 3.500/4.000 (mais caras que os pneus, devem ser reparadas a cada 200 horas e viradas após 1.700/horas, com redução no custo horário de pneus de \$9,90 para \$6,10). Para caçambas até 10 j.c., os caminhões são limitados a 50t.

Raspadores-transportadores, usualia em descapeamentos, tem aplicações limitadas em minério. Só nos casos em que ele é bastante frouxo e lavrado em bancos de pequena altura e apreciável berma, como no pirocloro da Cia. Brasileira de Mineração e Metalurgia (Araxá). Tem atingido grandes tamanhos, até 120 j.c. (com 4 rodas motoras, 2.750HP, 10 pneus de 51 x 36, contrôle individual das rodas). Uma nova técnica consiste no emprêgo de dois raspadores, atuando juntos na fase de carregamento e isoladamente no transporte (twin-hitch principle).

Tratores com lâminas são empregados em desmonte de capeamentos ou mesmo de minério frouxo, com transporte limitado, de uns 50m. Isso ocorre, principalmente em corpos megulhantes - até de 60° -, despejando em uma "praça" e com ulterior carregamento por carregadeiras de pneus, como na bauxita da Alcominas, em Pocos de Caldas. O maior trator, até 1971, é o Allis-Chalmers HD-41, da classe de 50t (peso de 101.500 lbs., motor Cummins VT-1710C, com potência de 524HP na roda, / pneus de 44 x 45 e 38 horas, velocidade até 10,5 km/hora, custo de \$147.000 com lâmina, movimentando 18m³ por passe, em nível, é 29m³ em caída de 25° - W.M., aço 70).

Escarificadoras- simples, duplos, triplos, de ângulo ajustável e também em bordos de lâminas - são, por vezes, empregados para afrouxamento do material, substituindo vantajosamente a necessidade de furação e explosivos ou aumentando a produtividade das carregadoras (raspadores-transportadores, pás carregadoras, carregadeiras de pneus), / lanhando o terreno até profundidade de 1,32m por passe. Podem acarretar economia de 30 a 50% no custo de afrouxamento dos terrenos, mesmo em rochas relativamente duras, com emprêgo de máquinas possantes. A produtividade atinge 350m³ por hora em xistos. A aplicabilidade pode ser avaliada pela velocidade da propagação de ondas sísmicas no terreno considerado, pois quanto mais dura a rocha maior é a velocidade da propagação. No quadro seguinte, estão indicadas as possibilidades, em função de tipos de rochas e equipamentos escarificadores,

gnaiesses, granitos, quartzitos e saibros, quando utilizados "in natura" para o preparo de agregados, pedra de talhe ou argamassa, e não se destinem, como matéria-prima, à indústria de transformação".

"Classe VII - Substâncias minerais industriais, não incluídas nas classes precedentes, anfíbolos, areias de fundição, argilas refratárias, andalusita, agalmatolitos, asbestos, ardósias, anidrita, antofilita, bentonitas, barita, boratos, calcários, calcários coralíneos, calcita, caulim, celestita, cianita, conchas calcárias, córindon, crisotila, diatomitos, dolomitos, diamantes industriais, dumortierita, enxôfre, estreocianita, esteatitos, feldspatos, filitos, fluórita, gesso, grafita, granada, hidrargilita, leucita, leucofilito, magnesita, mármore, micas, ocres, pinguita, pirita, pirofilita, quartzo, quartzito, silimanita, sais de bromo, sais de iôdo, salgema, saponito, sílex, taíco, tremolita, tripolito, vermiculita, wollastonita" (art. 8º)

Estabelece que: "Tratando-se de substância mineral de destinação múltipla, sua classificação resultará da aplicação predominante, que terá em vista a quantidade ou o seu valor econômico" (art. 7º, § 2º). Aduz que "o Licenciamento dependerá de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais, de inscrição do contribuinte no órgão próprio do Ministério da Fazenda e de registro da licença, acompanhada da planta da respectiva área, no Departamento Nacional da Produção Mineral" (art. 11, parágrafo único).

É fácil verificar que pouco sobrou para a Classe II e regime de Licenciamento.

Técnicamente, as pedreiras poderão ser subterrâneas ou a céu aberto, predominando largamente estas últimas, por motivos óbvios, em face do valor do material. Num ou noutro caso, a lavra é análoga de minérios, convenientemente adaptada para o tamanho desejado para o material desmontado ou por requisitos especiais, quanto a se evitarem blocos fraturados, etc. Nos métodos de lavra subterrânea, foram estudados os empregados para pedreiras, comumente de "câmaras e pilares" ou "salões e pilares", com abandono parcial da jazida.

B) LAVRA - A céu aberto, a lavra é comumente por bancos, em flanco/ ou em cava. Conquanto haja uma tendência para o uso de bancos / mais altos - por economia de acessos - isso deve ser evitado, por questão de segurança e de economia de desmonte. Como na lavra de minérios, são de 9 a 15 m de altura, dependendo da conciliação com o equipamento empregado, que não atinge o vulto dos usados com minérios. Usualmente, até 5 j.c., com caminhões até 20 ton. É claro, porém, que frequentemente a altura dos bancos é condicionada pela topografia local e pela cota escolhida para o plano de operação, ou planos de operações, pois, comumente, prefere-se fragmentar o material desmontado em uma instalação local de britação e fazer o transporte, com correias transportadoras, para silos de carregamento. A intercalação de leitos indesejáveis pode influenciar a altura dos bancos. Com emprego de furos estreitos, a altura dos bancos se limita, geralmente, a uns 6m.

Em formações muito mergulhantes e com proeminentes planos de aleitamento, a face de desmonte é avançada em ângulo reto com a direção do corpo. Identicamente, em casos de camadas paralelas,

No caso de furos largos, de 4 1/2" a 9" de diâmetro, usam-se perfuratrizes rotativas ou de percussão, furo-a-baixo. A furação é, geralmente, "alongada" (não balanceada), com espaçamentos maiores que os "pesos" ou "afastamentos", como 5 x 7m, 4,2 x 6m, etc. Em casos de frentes muito altas, com 20 até 45m, e desejando-se pedras grossas (para enrocamentos, etc), emprega-se, frequentemente, o desmonte por coiotes (galerias de 4" x 5", com travessa de entrada/ de comprimento menor que a altura da face, enchidas com explosivos e embuchada a travessa com sacos de areia) ou com material da escavação das galerias).

Métodos especiais ocorrem, propriamente, para obtenção de blocos grandes, não fraturados. Em rochas duras, são feitos furos de 3" a 4" de diâmetro, perfeitamente alinhados e quase justapostos, graças ao emprego de perfuratrizes pesadas, montadas em barras. O intervalo de 2" a 3", entre os furos é quebrado, com brocas especiais, liberando a face do bloco. Podem ser empregados, em casos favoráveis, explosivos, para "pré-seccionamento" ou "prefendilhamento" (pre-splitting), com furos de 1 1/2" a 4" de diâmetro, espaçados de 0,3 a 0,45m ou, com os de maior diâmetro, até 0,6 a 1,2 m (cf. Dupont, "Manual para Uso de Explosivos", 1969, pg. 565).

Em alguns casos de calcários brandos, rochas fosfatadas, etc são empregadas "rafadeiras", para corte quase completo do bloco (fa-

UNIVERSIDADE FEDERAL DE DURO PRETO

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA

□□□□

AMAT
Depo Técnico

01067

LAVRA DE MINAS III

□□□□

Prof. JOAQUIM MAIA

XXXX
XXXX
XXXX
XXXXXX
-- 1972 --

=X=X=X=X=X=

=X=X=X=X=X=X=

=X=X=X=X=X=

Prof. OSMAR DE OLIVEIRA JUNIOR

ANEXO : Métodos sísmicos, métodos térmicos, métodos de radioatividade e sondas de raios X.

CURSO DE LAVRA DE MINAS III

=X=X=X=X=X=X=

01060

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

DA

FACULDADE FEDERAL DE MINAS E METALURGIA

Métodos Sísmicos

A Base criou um aparelho para subter-
rãir as explosões submarinas, na utilização dos métodos
sísmicos. O antigo sistema era caro, consumia muito

tempo e prejudicava a vida marinha. O novo aparelho
(criado pelo Base Production Research, associada da Humble
Oil and Refining Co.) tem forma de canhão e emite, sob a

água, impulsos sonoros que são refletidos pelas camadas
submarinas e captados por geofones. Os resultados são a

naïssados por computadores IBM 36/360. O novo aparelho
não é prejudicial à vida marinha, fornece melhores infor-

mações - até profundidades de 6.000 m - e reduz o custo
de cada detonação de \$ 15 para 1 cent. Imprega mistura

de oxigênio e propano, detonada por uma descarga elétrica.
Ao redor da câmara de combustão há uma mangue de borracha

que reduz a violência do impacto na água. Quatro uni-
dades de sonda sísmica são rebocadas, a 10 m de profundida-

des. de e detonadas, sucessivamente, com intervalos de 8 segun-

Métodos térmicos

Na Inglaterra, alugam-se helicópte-
ros (70 libras, por hora, em 1972) munidos de câmara de

luz infravermelha, para inspecionar cabos de eletricidade,
falhas, vazamento de gás, pragas nas vegetações, poluição

fluvial, etc. Os aparelhos são providos de termogra-
fos aéreos, concebidos pela Bank and Management Aviation

Ltd, e um receptor especial de televisao, (XXXXXXXXXXXXXX)
que mostra na tela as áreas brilhantes a que cor-
respondem os locais quentes captados pela câmara. Desde

modo são detectados os pontos de maior calor, quando sobre
redes de energia elétrica, trilhões de ferrovias, encastamen-

tos, etc. Vazamentos e obstruções em canos subterrâ-
ciais são revelados por procedimentos mudança na temperatura

do solo, ao redor dos canos.

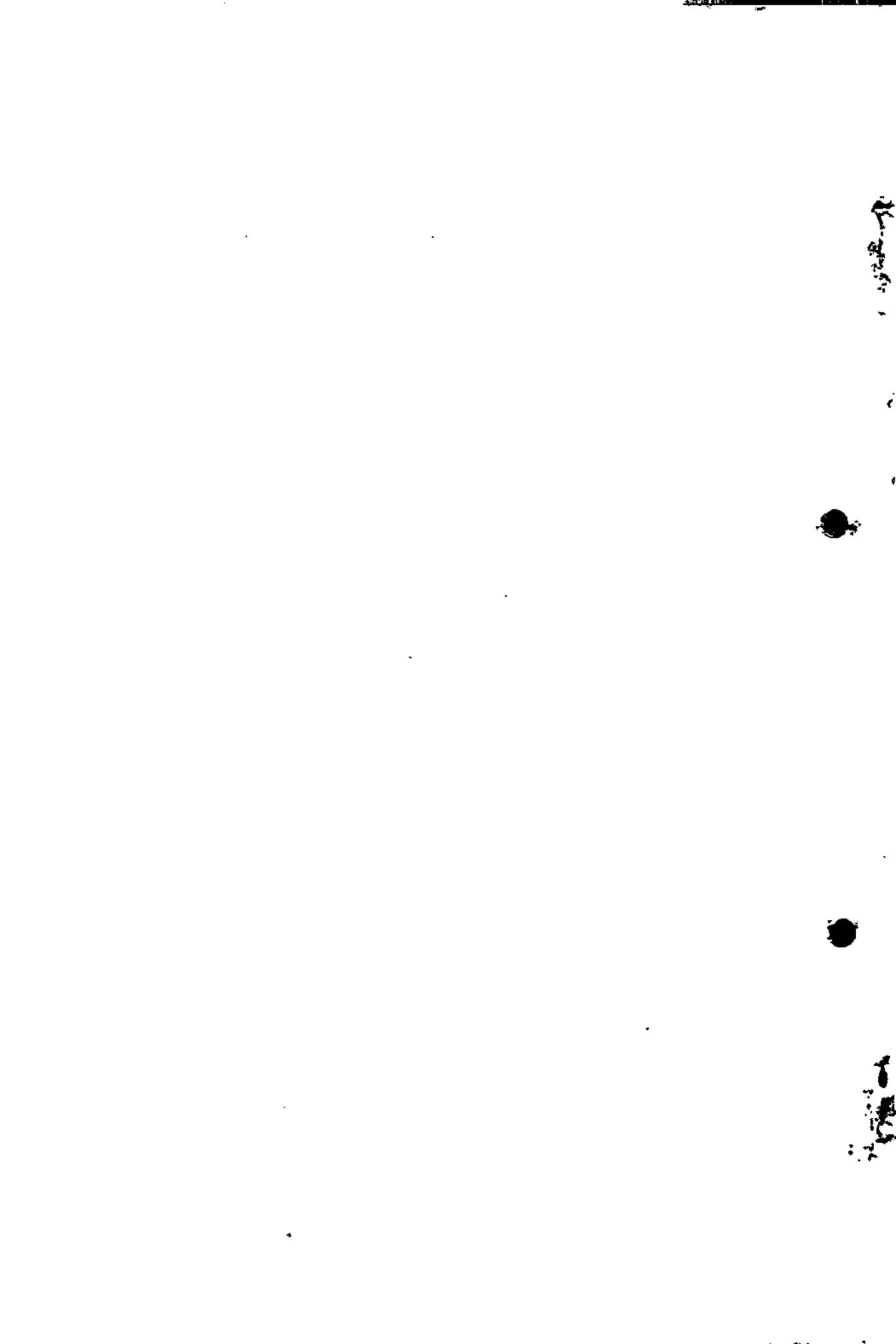
2) Termômetros sensíveis a luz infravermelha são empregados
para medir temperaturas nas rochas. A diferença de

60 locais, antes que tenha de ser trazido à superfície para recarregar as baterias e remover a câmara de filmagem (out. 1967, Comp. Air Magazine).

Sondas de Raios X Em 1971, a Eke Instruments (Lill. ada ao grupo Pye, de Cambridge) lançou uma "sonda de raios X", para detectar estanho. Possivelmente, pode ser adaptada para cobre, chumbo ou outros metais. Baseia-se na espectroscopia da fluorescência de raios X, utilizando feixe de radiação de alta energia. O equipamento é compacto e pode ser transportado em qualquer reboque, puxado na superfície ou em galerias subterrâneas. O cabeçote da "sonda" pode ser deslido em furos de 2" de diâmetro e funciona em condições secas ou úmidas. A leitura eletrônica indica 0,1% de estanho em 30 segundos.

Até recentemente, a espectroscopia de fluorescência dependia de métodos de derivação para obtenção de suficiente resolução. Câmaras de ionização, detectores de cintilação e contadores se revelaram, inadequados para boa discriminação das raios de elementos de baixo número atômico. O advento de detectores de estado sólido, especialmente os que empregam silício com pensado com lítio e dispositivos eletrônicos de baixa audição, trouxeram suficiente resolução para as raios dos elementos adjacentes leves (como carbono e hidrogênio, potássio e sódio). Surgiram, então, modernas detectores espectrométricos de dispersão de energia. Muitos trabalham com radiostótopos e empregam Si (Li) como detectores.

Qualquer sistema, o detector é basicamente um pequeno cristal de silício, especialmente processado com bombardeamento por íons de lítio através de sua rede, para compensar impurezas elétricas. A fonte de radiação é constituída geralmente por radiostótopos, possibilitando analisadores de fluorescência mais simples, mais baratos e mais portáteis que aqueles que utilizam outras fontes de radiação. A seleção do conveniente radiostótopo oferece diversas alternativas. (Re)



de trabalho e material (cabos, soldagens, dentes, etc).

Verifica-se a diminuição do custo operacional unitário com máquinas maiores,

Não se podem, entretanto, simplesmente comparar preços de pás e escavadoras de arrasto, pois as tarefas executadas - profundidade/da escavação, remoção efetuada, etc. - são muito diversas. Os dados refletem aplicabilidades e respectivos custos.

O eixo de giro - "linha de centro" ou "center line" - deve corresponder a uma distância tal da beirada do banco que a base da escavadora tenha firme apoio, sem estar sujeita a cair. Usualmente, 1 a 3 m, conforme o material. Esse eixo de giro é centrado com a base da escavadora, mas não com sua cabina. A largura da berma deve possibilitar o giro completo da cabina, conforme dimensões da máquina, contidas nos respectivos catálogos. Uma escavadora de arrasto ambulante assenta sobre base circular, com menor carga unitária no terreno que a de esteiras, maior estabilidade e mais adequada a terrenos irregulares. Contudo, raramente pode dispensar um certo nivelamento efetuado com trator, na abertura do acesso.

Além dos custos diretos mencionados, há os indiretos de depreciação da escavadora, cujos valores e vida útil devem ser conhecidos, além dos de transporte até ao local, descarga, montagem, etc. Para as pás escavadoras, considera-se uma vida de 5 anos (10.000 horas efetivas) para as pequenas, de menos de 1 j.c; 6 anos (12.000 horas) para as de 1 a 1,5 j.c; 8 anos (16.000 horas) para as de 2 a 6 j.c; 10 a 15 anos (20.000 a 30.000 horas) para as maiores. Com escavadoras de arrasto, podemos tomar 5 anos para as inferiores a 1 j.c, 9 anos para as de 1 a 1,5 j.c, 12 anos para as de 2 a 6 j.c e 15 a 20 anos para as maiores. A amortização envolve não apenas os custos iniciais como também juros desejados e acréscimo para armazenagens, etc (uns 6% anuais). É comum uma depreciação gradativa, dupla no primeiro ano e sucessivamente menor nos seguintes, encidindo sobre o valor residual.

Obviamente, uma escavadora de roda de alcatruzes possibilita escavações mais profundas e remoções muito maiores, especialmente se associada com correias transportadoras auxiliares montadas em esteiras e tórres próprias. Mas o material deve ser mais brando, no máximo correspondente a um calcário frouxo, para que não haja grandes trópidações na lança e excessivo desgaste e manutenção.

considerados proporcionais ao diâmetro da coroa (e não à área do furo). Tomando por base a resistência do esmagamento da rocha "in situ", temos o seguinte quadro para pressões médias usadas.

	Resistência		Pressão média usual	
	lb/pol ²	kg/cm ²	lb/pol.diam.	kg/cm ² diam.
Calcário macio, friável	5000-10000	350-700	1500-2000	270-360
Calcário compacto	15000-25000	1050-1750	2500-3500	450-630
Granito	20000-40000	1400-2800	3000-5000	540-900
Dolerito	25000-50000	1750-3500	3500-6000	630-1080

O número de rotações por minuto depende, entre outros fatores, da tenacidade da rocha e do diâmetro da coroa. Geralmente, são usados os números mais baixos do quadro seguinte, só aumentados quando a rocha local permitir.

	Velocidade periférica		Rotações por minuto		
	ft/pés/min.	m./min.	Coroa 6"	Coroa 8"	Coroa 12"
Rochas macias	300-600	90-180	190-380	144-240	95-190
Rochas médias	200-300	60-90	127-190	96-144	64-95
Rochas duras	100-200	30-60	63-127	48-96	32-64
Rochas muito duras	80-120	24-36	51-76	39-58	25-38

pressões de 10.000 a 90.000 lbs, com pesos de 13.000 a 150.000 libras
 tados pela pressão máxima permitível para a coroa usada). São usadas
 taxa na máquina, do tipo de montagem - esteira ou pneus - e são limitadas
 peso máximo e a pressão máxima exercível dependem de uma apropriada
 pectivos catálogos, bem como o número máximo de rotações possível (o
 A pressão possível com cada perfuratriz é fornecida nos res-

que se limitam a 4 ou 8 km/hora.
 tes, etc, pois se deslocam com maior velocidade do que as de esteira,
 alta de grande mobilidade, com pneus muito afastados, diversas tren-
 quando deslocadas. São empregadas as de pneus quando se neces-
 nadas em terrenos duros e não requerem abaixamento do mastro em de-
 triz usada. Perfuratrizes de esteiras são mais estáveis, podem ser
 rendimento. Mas isso depende da extensão de alimentação da perfura-
 de furção deve corresponder a um número inteiro de hastes, para bom
 1 1/2" de diâmetro, 480 kg para 9m de comprimento. A profundidade /
 63,5 kg para as de 3 m de comprimento, atingindo 223 kg para as de
 3 1/2" a 6" e até 9m nas maiores, com pesos individuais de 22,3 a
 5" a 1 1/2", 6" e 7 1/2", para furos mais largos. O comprimento e
 de hastes é, geralmente, de 2 3/8" a 3 1/2", podendo atingir 4 1/2"
 do boa coleta de testemunhas do terreno furado. O diâmetro externo
 contra-corrente (água subindo pelo interior da haste), possibilitam
 ser corrente de água para a limpeza, às vezes, usa-se o sistema de
 ou aglomerável. Com material muito molhado ou pegajoso, deve-se us-
 querida pode atingir 6.500 pés por minuto para material muito pesado
 volume se refere as condições normais de ar livre). A velocidade re-
 to, pelo compressor (seja qual for a pressão, obviamente, pois que o
 pés por minuto e (cfm) o número de pés cúbicos fornecidos, por minu-
 tes, em polegadas, \bar{V} a velocidade da corrente de ar ascendente, em /
 turo, em polegadas (sensivelmente o da coroa), \bar{d} o diâmetro das has-
 nas quais, \bar{V} áreas livres (em polegadas quadradas), \bar{d} o diâmetro de

$$V = \frac{(cfm) \times 144}{A}$$

$$V = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 0,7854(D^2 - d^2)$$

de ser obtida em gráficos ou calculada, facilmente, pelas fórmulas
 e do espaço anular livre entre a parede do furo e a haste usada. Po-
 sor de 40 psi. A velocidade depende, naturalmente, do volume de ar
 do, segundo se vê na tabela anterior. Geralmente emprega-se compres-
 deve ser de 3.000 pés/minuto ou mais, conforme o material considera-
 A velocidade de ar, necessário à limpeza do furo em execução,

De modo geral, o consumo de ar é proporcional à pressão absoluta (manométrica + 14,7 libras) e a penetração à potência $3/2$ da pressão.

Havia cogitação de pressões até 300 psi, para furos de mais de $6 \frac{1}{4}$ ", mas houve um certo retrocesso, pelo excessivo desgaste e despesas de ar comprimido. Perfuratrizes de $4 \frac{1}{4}$ " podem trabalhar com coroas de $4 \frac{3}{4}$ ", 5", $5 \frac{1}{4}$ ", mas para bons resultados, a coroa deve ser do menor tamanho que assegure adequada limpeza do furo.

Para índice comparativos das penetrações em diversos terrenos, temos tomando como 1 o granito maciço:

silex, andesito duro-0,4; dolerito-0,37; ardósia dura-0,5; quartzito ferruginoso; diorito-0,55; quartzo fraturado-0,82; arenitos duros-1,0; pórfiro alterado-1,25; arenito médio-1,9; arenito macio-2,3.

Com diferentes perfuratrizes adequadas ao serviço, o custo por metro furado é sensivelmente o mesmo, para os diversos diâmetros. Daí a tendência para furos largos, baixando o custo de furação por tonelada desmontada. Os "pêso" e espacamentos dos furos são, comumente, tais que a área de influência é proporcional à área do furo. Nestas condições, seria mais econômico o emprego de furos largos. Contudo, isto pode acarretar fragmentos muito grandes, com redução da produtividade das carregadoras, chãos irregulares (com grande gasto de pneus), etc, impondo conciliações que podem conduzir a furos mais estreitos - pois o "fator de carregamento" (explosivo

Nos valores registrados por Nikirk, o "fator serviço" está incluído, em cada categoria, como o "boom". A tabela vai de 0,33 a 6,5 j.c. (1j.c. equivale a 0,765m³) - ("Princípios Básicos de Terraplenagem", Caterpillar do Brasil S.A., 2ª ed.).

- A maior escavadora atual é a Marion 6360, usada em descapecamento de carvão, na Southwestern Illinois Coal Corp., com capacidade de 152 m³, lança de 190' (58m). Com capacidade de 140 t, capacidade de 215' (65,5 m), pesa 12.650 t métricas (incluindo as rodas), 1000 HP, alcance de 47 m de altura e 73 m de distância, podendo mover 13.000 t/hora. - Das escavadoras de arrasto, a maior é a "Big 74" ambulante (Walking dragline), da Bucyrus-Erie, trabalhando para a Power Co., em Zanesville, Ohio, para descapear 150 milhões de toneladas de carvão. Custou \$24 milhões, tem capacidade de 220 m³ (pesa 100 t, vaz. 230 t), lança de 310' (95 m), podendo remover material a uma taxa de 18.000 m³ em um minuto escava 300 t métricas (18.000 por hora), gira 180° e pesa. Em serviço contínuo, atinge 425.000 t diárias. Para 200 t métricas, tem altura de 25m (68 m até ao topo da lança), 420' de comprimento e sapatas de 20 m de comprimento por 6 m de largura. Trabalha com 1 operador, 1 lubrificador e 1 tratorista auxiliar. Pode escavar a 56m de profundidade, tem largura de 46m e cabina com 42m p.l. e 12m de altura, aerada por 28.000 m³ de ar filtrado e pressurizado, por minuto. Desde setembro de 1968, a Bucyrus tem planeado para outra que é o dobro desta, usando cabo de 5" de diâmetro e dentes de comprimento...

Naturalmente, são exemplos extremos. As maiores escavadoras dos Estados Unidos são ainda de 15 a 25 jardas cúbicas de capacidade para estas maiores, pelo aumento dos canais de desmonte. Os pesquisadores russos, o máximo de produção para uma largura para largura da capacidade 11 vezes o tamanho da tração de desmonte. Mas, se o custo de furação é considerável, para obter essa fragmentação, o custo corre para relação 6,5.

A maior escavadora de rodas de alcatruzes e o "Big 74" pesa de 8.200t, produção de 8.750m³ por hora, trabalhando cavando 20m abaixo do piso e 50m acima, com capacidade de 170 t. A menor pesa 57t, com produção de 300m³ por hora. O diâmetro externo da roda chega a 16m. São, portanto, pela relação dos litros por alcatruz para a produção de 170 t abaixo do piso, em metros, e altura de desmonte. At 170 t x 6,5 (esta com roda de 4,2m de diâmetro e...

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA

.....

LAVRA DE MINAS JLI

METAMAT
Deptº Técnico

01068

LAVRA DE MINAS A CÉU ABERTO

.....

Prof. JOAQUIM MAIA

PONTO 2.6 - MÉTODOS DE LAVRA A CÉU ABERTO - Vantagens, aplicabilidade, plano geral - Classificação dos métodos.

A) GENERALIDADES - A lavra a céu aberto (open-cut mining, open pits, open casts, surface mining, stripping, etc), como seu nome indica, compreende todos os serviços de aproveitamento de material útil / da jazida executados na superfície ou em aberturas amplas, não re cobertas por rocha. É a contraposição à lavra subterrânea, efe- tuada no seio dos terrenos. Envolve casos de aproveitamento de material subterrâneo, mediante remoção dos terrenos que o capeiam ou de simples aberturas, através dessas terrenos, pelas quais o material interessante é extraído, sem direto acesso humano às su- as jazidas. Como exemplos: petróleo, gases combustíveis, sais so lúveis, materiais de baixo ponto de fusão ou possíveis de serem/ mantidos em suspensão (caulim).

Estima-se que 80% do valor da produção mineral de todo / o mundo provenham de minas a céu aberto. Mesmo sem computar o pe tróleo e gases combustíveis, uns 70% se originam de lavra a céu/ aberto, ao contrário do que ocorria antigamente. Isso decorre, / inevitavelmente, da possibilidade, que oferece, de emprego de / grandes equipamentos e de mineração de grandes áreas, com substan- cial baixa do custo unitário do material manuseado. A atual pro- dução mineral mundial deve orçar por 12 bilhões de toneladas, com valor de \$ 78 bilhões; uns 28% correspondem a minerais metálicos, 62% a energéticos (42% sólidos e 20% fluidos) e 10% a materiais estruturais. Dos 2,5 bilhões de toneladas de minerais metálicos do mundo ocidental (excluídos os países socialistas), cerca de / 2,2 bilhões correspondem a 22 principais metais e 90% dessa to- nelagem é produzida em apenas 1040 minas; 50% se originam de 159 minas, com produção individual superior a 3 milhões de toneladas anuais, das quais 128 são a céu aberto e somente 31 subterrâneas ("Min.Mag", jun. 71).

Produção anual	Subterr. Céu aberto	
<150.000 ton	6.000	2
150.000 a 300.000	289	138
300.000 a 1.000.000	125	73
1.000.000 a 3.000.000	145	111
>3.000.000	31	128

Pelo quadro acima, observa-se que a maior proporção de minas a céu aberto ocorre nas de produções individuais superiores a 3 milhões de toneladas curtas por ano. Das 1040 minas que respondem por 90% da produção total desses 22 principais metais, 590 são subterrâneas e 450 a céu aberto. Mas estas respondem por cerca de 65% da produção total considerada.

Naturalmente, a proporção varia conforme o país considerado. Nos Estados Unidos, a proporção total da produção mineral atinge 90% para as minas a céu aberto (EM/J, 1969), havendo (incluindo pedreiras, areia, cascalho e combustíveis) 18.000 minas superficiais para 1500 minas subterrâneas. No Brasil, essa proporção deve ser idêntica ou maior, considerada a acentuada predominância de minérios de ferro, manganês, alumínio, estanho, nióbio, calcários, dolomitas, sal gema, apatita, gesso, amianto, xilita, diamantes, berilo, etc.

No que concerne ao carvão, para uma produção, em 1970, de 585 milhões de toneladas curtas, nos Estados Unidos, 368 milhões (63%) correspondem a minas subterrâneas, com emprego de 106.000 trabalhadores e produtividade de 15 ton por homem-turno. No Brasil, com camadas de carvão inferiores a 2 m de potência, há lavra superficial para capeamentos inferiores a 15 m, no Rio Grande do Sul, ao passo que em Santa Catarina (onde ocorrem 5 camadas: Bonito, Ponte Alta, Irapuá, Barro Branco e Treviso), 30 m é considerado o limite econômico em Siderópolis (C.S.N.), of "Public. Esp. nº 8", do D.N.P.M. 1969, contra relação de 30:1, usual nos Estados Unidos. Trabalham a céu aberto, Candiota, Carbonífera Treviso e Siderópolis.

Um exemplo récorde está em Nikopol (Rússia), onde minério de manganês, com relação ponderal de 35:1, de capeamento para minério, é lavrado a céu aberto (W.M., nov. 67).

Malgrado as profundas alterações ocorridas na lavra subterrânea, no último decênio, e a crescente preocupação contra poluições, preservação e recuperação do solo para outras utilizações, necessidade de lavrar sob cidades, estradas, lagos e rios, etc., o United States Bureau of Mines diz ser necessária substancial modificação dos procedimentos da lavra subterrânea, para que possa reflorescer, reduzindo seus custos unitários a um terço dos atuais e aumentando grandemente o ritmo da produção. Grandes progressos têm ocorrido, com novas concepções de desenvolvimentos e métodos de lavra, crescente emprego de equipamentos mecânicos de vulto, produtividades equivalentes ou superiores às de muitas minas a céu aberto, mas sem

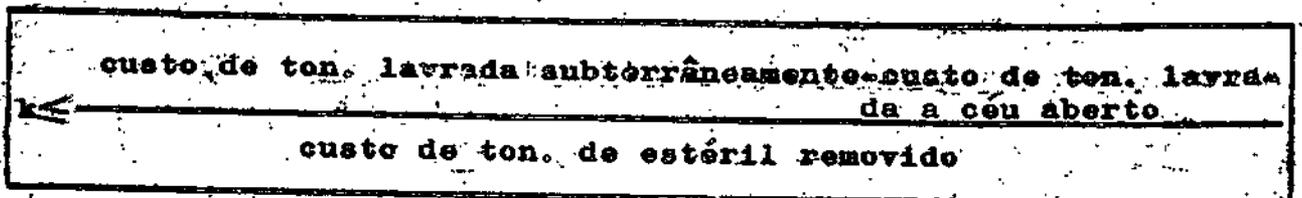
tão drásticas reduções dos custos unitários. Em 1970, a "Washington's Land Reclamation Act" estatuíu que não seria dada autorização para lavar uma área, se não pudesse ser adequadamente recuperada, a juízo das autoridades administrativas, provocando acres discussões dos mineradores que observaram que os diques de rejeitos e despejos de estéril são estruturas engenheiras - e que como tal, devem ser consignadas, além de que, em mais de um século, as minas americanas não disturbaram 1% da superfície da federação norte-americana, parecendo que os 99% restantes seriam amplamente suficientes para os usos não mineiros ... ("American Min. Congress Journ.", fev. 1971).

X:~X:~X:~X:~X:~X

B) APLICABILIDADE - Jazidas aflorantes, jazidas de capeamento reduzido (aumentam os economicamente lavráveis, graças a novos equipamentos e métodos), jazidas atingíveis em encostas, jazidas lavráveis por furos de sondas.

Genêricamente:

- a) vieiros aflorantes - estreitos ou possantes - até limites compatíveis com a econômica manutenção dos taludes impostos pela segurança dos serviços;
- b) camadas horizontais ou pouco inclinadas - de pequeno capeamento, se estreitas; se potentes, quando recobertas por solo ou rocha cuja remoção, seja mais econômica que a lavra subterrânea, isto é, até uma relação/tal que, como visto no Ponto 1.2 (superficial mais conveniente que subterrânea):



Este limite dependerá, também, do valor fornecido por cada tonelada do minério, pois que a "relação econômica de descapamento" (break-even stripping ratio) não deve ultrapassar o limite econômico de utilização do material valioso, isto é

$$RE = \frac{V_1 - (C_1 + L_1)}{C'_1}$$

Sendo: "RE" a relação econômica; V_1 o valor final fornecido por uma tonelada do material útil; C_1 o custo total, por tonelada do material útil, até produção do valor final; L_1 o lucro desejado, por tonelada do material útil; C'_1 o custo total, por tonelada de estéril, removida e levada ao botafora. (Ponto 1.2, anexo, item 5).

c) maciços - que possam ser economicamente lavráveis por bancos, em flanco ou em cavas, o que ocorre frequentemente até certa profundidade (ver exemplo de Crcighton Canadá, lavrada inicialmente a céu aberto e, depois, subterraneamente em profundidade); muitos corpos só/ podem ser parcialmente lavrados a céu aberto, impondo lavra subterrânea em partes profundas (pelas altas despesas que seriam acarretadas com as aberturas mantendo taludes seguros), no aproveitamento de apófises laterais, em trêchos em que deve ser preservada a superfície, etc

d) jazidas profundas - lavráveis por furos de sonda (petróleo, gases combustíveis, sais solúveis com capeamentos difíceis de serem atravessados, enxofre, etc).

X:X:X:X:X:X:X:X

C) VANTAGENS - Geralmente, as de ordem econômica, decorrentes do emprego de grandes equipamentos. (barateando os custos unitários), desnecessidade de segurança do céu de mina (madeiramento, cavilamento, enchimento, abatimento), facilidade de supervisão dos trabalhos, etc., além de melhor higiene e iluminação, mais flexibilidade de produção, menor poluição do minério extraído, equipamentos/ mais variáveis e adequados, menores problemas de esgotamento, etc.

DESVANTAGENS - mobilizações superficiais (com a lavra e botafora com restrições até absolutas, como nos casos de cidades, mar, lagos, rios, terrenos muito caros, etc); despesas com remoção, transporte, deposição e manutenção dos capeamentos; interferências climáticas (chuvas, neve, insolação intensa, ventos - limitando, por vezes o período de trabalho de lavra). Conforme foi mencionado, há acentuada preocupação em se evitar poluição e destruição de bens naturais, encorajando-se o ressurgimento da lavra subterrânea. A Academia Nacional de Ciência e Engenharia, dos Estados Unidos, recomendou que o governo despendesse \$200 milhões para incentivar no

vos métodos de escavação, promovendo o acesso a jazidas profundas, atualmente fora do alcance humano, provendo uma "terceira dimensão" para a expansão urbana. Para uma lavra subterrânea a baixo custo e com rapidez três vezes maior que a atual, devem / ser solucionados problemas de aberturas em rochas duras, manuseio subterrâneo de materiais, determinação antecipada das condições geológicas subterrâneas, suporte dos terrenos, medidas das tensões nas rochas, etc. ("Rapid Excavation: Significance, Needs, Opportunities", 1968)

A necessidade de restauração do solo requer que se faculte a drenagem natural dos terrenos, que se possibilite uma agricultura natural e livre tráfego de máquinas e veículos. Isso impõe: prévia remoção do rególito, nivelação de rejeitos e capeamentos, recolocação do rególito, restauração ou retificação das correntes de água preexistentes. Os serviços devem ser mecanizados e empreendidos no ciclo normal da lavra. Na Inglaterra, o minerador de ferro paga um fundo especial de 2,25 pence, para esse fim e o Tesouro Nacional contribui com 0,75 penny, por tonelada extraída (respectivamente, 61,29 e 60,43, ao câmbio de 613,74 por libra, vigente em outubro de 1971). Alguns diapositivos podem mostrar excelentes restaurações obtidas. No Canadá, a té plantações de trigo foram feitas sobre antigos rejeitos, ficando-os e evitando poluição por poeiras.

X: X: X: X: X: X: X: X: X: X

- D) PLANO GERAL - A lavra convencional a céu aberto comporta algumas, ou tôdas, operações adiante mencionadas, que devem ser consideradas no planejamento global dos serviços (cf. Peele, 3-11).
- 1) Desbravamento - desmatamento (clearing) e destocamento (grubbing) com emprêgo de tratores com lâmina (bulldozers) ou em trabalho / conjugada, arrastando fortes correntes com pesadas bolas; queima, explosão e puxada dos tócos e raízes; uso de tratores com escarificadores (rippers).
 - 2) Descapamento (stripping) - Prévio ou simultâneo com os desmonte de minério, mantendo suficiente decalagem para não interferir / com este. É executado por uma ou diversas tiras e tem relevante importância quanto à sua execução e sistemática deposição do material removido. Geralmente é mecânico, efetuado com escavadoras, escavadoras de arraste, escavadoras de roda de alcatruzes, escavadoras

- transportadoras (scrappers) conjugadas ou não com /
escarificadores, mais raramente, com raspadores de/
cabos (slushers) ou suspensos (tipo Sanermann), esca-
vadeiras de rodas, etc. As vêzes é hidráulico; ra-
ramente, manual. Pode impor prévio afrouxamento /
com explosivos; após furação, o que o encarece e li-
mita.
- 3) Drenagem protetora - Anterior ou posterior ao desca-
peamento. Pode ser executada mecanicamente, com má-
quinas próprias para abrir valêtas - valetadeiras /
(ditchers), de diversos tipos - ou, mesmo, com esca-
vadoras, retro-escavadoras, tratores, raspadores de
cabos, etc. ou com explosivos (como trincheiras). Po-
dem ser necessários bicâmes, bombas, drenos, etc. De-
verá ser adaptada e mantida durante tóda a evolução
das operações de lavra, por vêzes implicando na exe-
cução de bicâmes sôbre as frentes de desmonte, para
derivação das águas. A drenagem de águas pluviais/
ou de infiltração nas cavas requer diversas capta-/
ções, depósitos e bombamentos, comumente com está-
gios .
- 4) Desmonte - O desmonte do material útil pode ser ma-
nual, hidráulico, mecânico ou com explosivos (sim-
ples afrouxamento, após furação ou, mesmo, desmonte
total, em material muito resistente para escavação/
mecânica). Usam-se os equipamentos conhecidos do es-
tudo de "Lavra de Minas II". Em caso de espessuras (u
elevadas, são feitos vários bancos, com adequação de
envolvimento e desmonte sistemático, atendendo-se/
ao tipo de transporte e ao equipamento de desmonte
aplicado.
- 5) Carregamento - Pode ser manual ou mecânico. As vê-
zes, não ocorre, o material desmontado sendo carrea-
do hidráulicamente ou descendo, por gravidade, para
"fúnis" inferiores (glory holes).
- 6) Transporte - Manual, hidráulico ou mecânico (carr^(s)
nhos de mão, carrocinhas, vagonetas, vagões em trem,
caminhões, correias transportadoras quase sempre re-
querendo britação junto às frentes de desmonte, a me-
nos de material naturalmente fino ou desmonte com /
escavadora de roda de alcatruzes tubulações com pol

...
...
...
...
...

pa grossa (pipe-lines), raramente diretamente em barcos ou navios. Às vezes, o transporte é parcialmente subterrâneo (como no caso de "funis", ou em algumas cavas profundas, como da Anaconda, nas quais os caminhões descem pelos acessos, despejam em um funil-chute, há britação subterrânea e o minério britado sobe, em correia transportadora, até à superfície, para ser despejado em chutes e carregado em trens que o levam para navios).

- 7) Despêjo e compactação - Ocorrem com o material removido do desmontamento em intercalações pobres ou estéréis do corpo da jazida. Os botaforas são devidamente controladas, nivelados com tratores e compactados com "pés de carneiro", rolos compressores, etc.
- 8) Restauração - Refação das condições, para utilização superficial, incluída urbanização.

XXXXXXXXXXXX

FATORES ECONÔMICOS - Devem ser consideradas as intrínsecas - pertinentes ao serviço e condições climáticas locais (job) - e as referentes a organização e execução dos serviços (management), de ordem material e humana: tipo e condições dos equipamentos, eficiência dos trabalhadores e dos controles, reservas de equipamentos, oficinas de manutenção e de apoio, etc.

XXXXXXXXXXXX

CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS

- a - Lavra por bancos - 1) em encosta ou flanco
2) em cava
- b - Lavra de plácemes a céu aberto
- c - Lavra de petróleo e gases combustíveis
- d - Lavras especiais (saís solúveis, suspensóides, enxofre pelo processo Frasch, etc)

carregamento manual
hidráulico
carregamento mecânico
tipos das carregadoras

Nota - Pedreiras a céu aberto podem constituir caso particular da "lavra por bancos", ou implicar métodos especiais (pedras de

talhe, de diferentes durezas). Há também, lavras especiais para xistos betuminosos, com destilação "in situ" por energia elétrica ou explosivos nucleares, carvões ordinários ou turfas (obtenção de monóxido de carbono, por ignição sufocada), lixiviação química ou bacteriana de minerais, etc.

PONTO 2.6.1 - LAVRA POR BANCOS - Em flanco ou em cavas. Altura e traçado dos bancos. Colocação com o equipamento - Descapamento, desenvolvimento dos acessos - Deposição dos rejeitos. Sistema de funis. Aplicações.

A) GENERALIDADES - A lavra convencional a céu aberto pode ocorrer com jazidas atingidas em encostas ou por grandes aberturas, abaixo do terreno normal, através do qual se faz o escoamento do material útil desmontado. No primeiro caso, temos lavra em flanco ou em encosta. No segundo, temos lavra em cava, em fossa ou em poço, designações dessa abertura. Em inglês, o termo pit é usado genericamente, para qualquer mina a céu aberto, seja em flanco ou em cava.

Corpos de grande espessura, por questão de desmonte e manuseio do material e de segurança das frentes de trabalho requerem, comumente, uma divisão em tiras horizontais, trabalhadas defasadamente. Essas tiras constituem os bancos (benches), apresentando uma longa face de desmonte, vertical ou desaprumo inferior a 30°, e uma plataforma sensivelmente horizontal, denominada berma. Essa berma é o plano de trabalho, para o desmonte da frente, manuseio do material desmontado do banco, circulação de pessoal e veículos, locação de valistas de escoamento e proteção para eventuais desmoronamentos do banco. No caso de furação para explosões, a berma serve ao banco inferior à mesma, para a execução dos furos. Há alguma divergência, entre diversos autores, se a berma de um determinado banco é a da sua parte inferior ou da superior. Conforme o defasamento da lavra dos diversos bancos, essas bermas terão largura maior ou menor, podendo atingir centenas de metros, em caso de lavras em flanco, como no Cauê e na Ilícomi (Amapá). Em cavas, essa largura é limitada, procedendo-se a um avanço simultâneo ou mais regular dos diversos bancos. Deve ser suficiente para a circulação dos veículos transportadores e para operação das carregadoras; a largura deve, também, ser

tal que o explodimento de uma face de desmonte não encubra os trilhos ou a pista de rolamento da berma inferior nem solape os da própria berma. Comumente, varia de 6 a 25 m, com um mínimo eficiente da ordem de 10m. A altura do banco e a largura da berma devem ser tais que o talude geral, considerados todos os bancos mantenha o valor desejado. Assim, sendo h a altura do banco e i' o talude da sua face de desmonte (ângulo com o plano horizontal), i o talude geral da lavra, a largura mínima da berma, L seria

$$L = h \left(\frac{1}{\text{tg } i} - \frac{1}{\text{tg } i'} \right)$$



Comumente, poucos bancos são lavrados simultaneamente (o que possibilita concentrações de equipamentos, disposição de maiores larguras para prévia execução de furos para explosões, maiores explosões simultâneas, menor número de veículos transportadores, melhor supervisão, etc), mas há casos em que os bancos devem ser previamente executados. As cristas (constituídas pela interseção da face de desmonte com as hermas superiores) devem estar em um plano que faça um ângulo com o horizontal inferior ao de deslizamento natural do terreno ("angle of slide" - pouco maior que o ângulo de repouso angle of rest). Esse ângulo formado é dito talude de lavra (de flanco ou de cava - "pit slope"). Naturalmente, ele é menor que o "ângulo de inclinação" ou talude de cada banco (bank ou bench slope).

O talude de lavra é um elemento de extraordinária importância, não só pela sua influência na segurança dos serviços como / por determinar os limites superficiais de uma cava, influenciando a economicidade da lavra e a profundidade economicamente atingível, como foi visto no Ponto 1.2 - Anexo 5. Não é um fator apenas local, / condicionado à topografia, natureza do material, seu comportamento ao intemperismo, profundidade atingida, impregnação de água, etc. / mas susceptível de apreciáveis variações numa mesma mina e numa mes-

ma formação, pela ocorrência de fraturas, intercalações, planos de aleitamento, dobramentos, efeitos de explosões, etc. É assunto / que tem merecido inúmeros estudos (em 1969, a AIME e o "Imperial Col lege Rock Mechanics Projects", de Londres, publicaram o livro "KWIC Index", em 2 volumes, com uma coletânea de artigos de mais de 600 re vistas). Observa-se que muitos colapsos ocorreram porque antigamen te se baseavam em taludes tradicionais de 45°, tendo em conta cavas até 150 e 200 m de profundidade, ao passo que hoje muitas são mais / profundas, requerendo um cuidadoso planejamento. Tradicionalmente, consideravam-se cavas rasas as de 15 a 30 m de profundidade, profun das as de 30 a 60 m e muito profundas as de 60 a 150 m. O mais im portante aspecto da estabilidade dos taludes é executá-los seguros / e econômicos. Mas, juntas e fraturas das rochas tornam as machas / rochosas em entidades individualizadas, e não simples solo ou massa homogênea. Para uma idéia dos efeitos práticos da variação dos ta ludes, observa-se que um cône de 150 m de profundidade, com talude / de 45°, requer desmonte de cêrca de 14 milhões de toneladas de rocha. Dentro dos taludes normais, 20° a 70°, a massa a ser removida da ca va, aproximadamente, dobra, para cada 10° de diminuição do talude / (de 50° para 40°, passaria de 10 milhões para 20 milhões de tonela das). O significado econômico dessa variação dependerá da proporção de minério na cava considerada, tendo já sido visto que esta propor ção diminui acentuadamente para uma constante espessura do capeamen to. A adoção de um particular talude máximo final será de capital / importância, não só no limite final da lavra, como também na escala inicial de operações para cada projeto (EM/J, ago. 70). Isso res tringe, ou cerceia totalmente, as chances de "errar", ou de se faze rem variações experimentais...

Já em 1965, em tese apresentada no "Congresso de Minera ção e Metalurgia", em Melbourne, foi demonstrado que se considerásse mos uma cava cônica, com 150 m de profundidade e base de 60 m de diâ metro, poderíamos fazer uma economia de 4,1 milhões de metros cúbicos de desmonte, passando de um talude de 45° para 65° (6,4 milhões / para 2,3 milhões de toneladas). A um custo de \$0,98 por m³, repre sentaria uma diferença de cêrca de \$4 milhões. Considerados bancos de 9 m de altura e instalados tirantes de aço, de 4,2 m de compri mento e 1 3/8" de diâmetro, a cada 3,6 m ao longo de cada berma, pre cisariamos de 2.083 tirantes. Ao custo de \$85 por tirante instala do, a despesa seria de \$177.000. Donde um lucro final de \$3.823.000

Infelizmente, ainda são muito pequenos os conhecimentos para previsões perfeitamente seguras dos taludes. Limitam-se mais,

a dispositivos de segurança, possibilitando medidas locais e previsões de deslizamentos, tais como o Kekometro, eletro magnético, da "England's National Physical Laboratory", para medidas acuradas de distâncias, indicando os deslocamentos das rochas. Há diversos / outros aparelhos, desenvolvidos pelo U.S.B.M e "The Slope Indicator Co", genêricamente designados como "extensômetros", tais como para instalações de múltiplas disposições com até 8 instrumentos / em 300 m de extensão. Sistemas "continuous monitoring dynamic", com princípios sísmicos, estão em experimentação em minas de galena de Idaho, Anaconda, Chuquicamata, etc. A Kennecott iniciou um programa de estudo de fôrças de deslizamento, em Nevada, para avaliação do efeito de certos fatores na estabilidade de taludes. A técnica RQD (rock quality designatin) e isogramas de contorno de áreas deslizantes têm sido empregados como efetivo controle de análise / ~~XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX~~ das estabilidades. Foi dramaticamente comprovada, em fevereiro de 1969, em Chuquicamata, prevendo um deslizamento de 45 milhões de toneladas. Foram providos acessos alternativos, antes que ocorresse, evitando uma paralisação mínima de / 2 semanas para a mina, além do risco de danos dos equipamentos e de acidentes pessoais; a mina foi fechada por 65 horas, 52 horas antes, por medida de precaução e 13 depois, para segurança contra / novos deslizamentos. Diversos taludes têm sido consolidados com pulverização de materiais de revestimento.

Mais comumente, o talude de lavra fica entre 35° e 50° ($\text{tg } i = 0,7$ a $1,2$) e os taludes ou declividades dos bancos entre / 72° e 90° ($\text{tg } i' = 3$ a \dots), isto é, côrca de 3 m na vertical para 1 na horizontal, até face vertical. Em terrenos muito fracos, os taludes são menores. É frequente serem menores no capeamento que no minério. Mas, por vêzes, ocorre o contrário, por haver maiores pressões nas partes mais profundas (na Mina de Toquepala, como foi visto, sobe 1 m para cada 1,33 m, no capeamento - 36°53' - e 1 m para cada 2 m, no minério - 26°34').

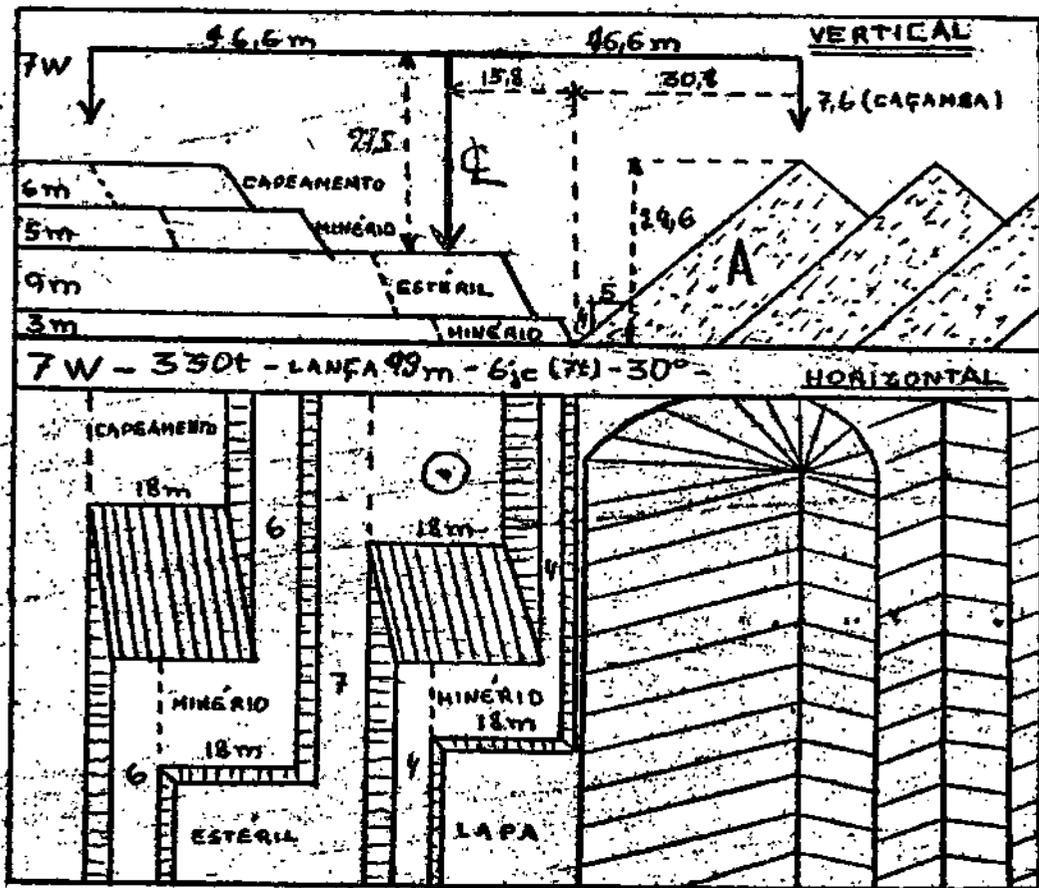
B) BANCOS - Se a jazida não é grande espessura, pode ser trabalhada em um único banco. É o caso usual de minas de carvão, cujas camadas são geralmente inferiores a 15 m de espessura. Em minas metálicas, bancos até 75 m de altura já foram lavrados, mas isso constitui prática desaconselhável e perigosa, sendo preferível substituí-los por diversos bancos, menores. O número de níveis, em uma mina subterrânea, e o de bancos, em lavra a céu aberto, possuem uma correlação econômica semelhante. Cada banco requer estradas ou trilhos que devem ser deslocados à medida que os sucessivos recortes /

são desmontados e cada banco pode requerer furação e explosões. / Quanto menor o banco, maior será o número de mudanças das perfurativas, com perda de tempo útil e encarecimento do manuseio de ferramentas, explosivos, etc. Além da espessura total da jazida, possivelmente o principal fator, inúmeros outros influenciarão a determinação da altura de cada banco: o carater físico do material, condições climáticas, métodos de furação, explosão e comportamento da rocha, produção diária visada, tipos de equipamentos de carregamento em conjugação com o de transporte, área da propriedade mineira, topografia local e traçado de acesso, manutenção de taludes, etc. As vezes, a necessidade de lavar separadamente diversos tipos de minérios ou de diferentes teores, visto que seleção com equipamentos mecânicos é difícil e limitada.

Em minas de ferro, a altura fica, comumente, entre 6 m e 15 m; nas de cobre entre 9 e 20 m; em calcários, atinge até 60 m. A prática de cada região é, também, fator influenciante, por refletir considerações de ordem econômica, quanto à furação, consumo de explosivos, preço da mão de obra, etc. Assim, na Europa eram preferidos bancos de 15 a 30 m de altura, embora a tendência seja para acompanhar a norte americana, baixando essa altura para 9 a 15 m. Alturas menores ocorrem em lavra manual e jazidas de pouca potência. Conquanto, logicamente, os equipamentos devam ser selecionados em função das produções e do plano de lavra estabelecido, não é raro/ que aproveitamento de equipamentos pré-existentes ou disponíveis afete o estabelecimento das alturas dos bancos. Assim, se uma escavadora não possui suficiente alcance para limpar pedras soltas no alto da face de desmonte, é possível que banco mais baixo seja escolhido. Observe-se, também, que quanto mais altos são os bancos de lavra em encosta, menor será o transporte médio por tonelada produzida (por serem menores os acessos requeridos, para um dado greide), ao passo que ocorre o contrário no caso de lavra em cavas. No caso de lavra de carvão, é comum a ocorrência de apenas um banco, ou alguns bancos, para a remoção do capeamento, e de um banco para o desmonte do carvão. Neste caso, também é frequente que o material do capeamento seja diretamente depositado no local onde o carvão já foi extraído, por escavadoras ou escavadoras de arrasto de grande / alcance de lança, sem mais transporte. Nas minas de vários bancos isso é difícil ou quase sempre impossível, implicando transportes, / por vezes muito longos e onerosos, desse material, até local adequado para o botafóra. Contudo, há também, casos, e sempre preferíveis, em que o material estéril é diretamente depositado nos trechos já lavrados, seja pelas próprias escavadoras ou mediante veículos /

transportadores, correias, etc. É questão pendente da quantidade desse material, de seu empolamento e das condições topográficas favoráveis.

Há casos de lavra de corpos de diferentes espessuras, simultaneamente ou não, refletindo-se em bancos de alturas variáveis, como no exemplo figurado (no qual o estéril é também colocado diretamente no trecho já lavrado).



É necessário determinar, com precisão, o empolamento do material depositado e o seu talude (comumente da ordem de 4:3 - vertical para horizontal). A área A, na figura, deve corresponder à do estéril desmontado e empolado, com o talude de deposição exigido.

O traçado dos bancos corresponde à interseção do corpo da jazida pelos planos horizontais das bermas. Consequentemente, as larguras das bermas poderiam sofrer variações, decorrentes das variações das paredes do corpo. Se este possui grande espessura ou se há conveniência da manutenção da largura, como no caso dos pêlos diretos de capeamentos ou estéril intermediário, são possíveis retificações. Há casos, mesmo, em que os bancos são retos, em

extensões apreciáveis.

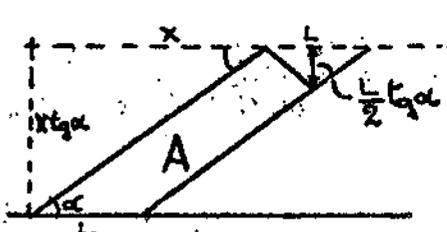
Em cavas, o traçado poderá ser condicionado pelo sistema de acessos. Estes são, comumente, locados na lapa, no sentido / do maior eixo da jazida. O talude geral é por vêzes diminuído à medida que a cava aumenta em profundidade e se alarga. É, também, evidente a influência do alcance e da altura da lança da escavadora na possível largura máxima da berma, quando se faz a deposição direta do estéril nos trêchos já lavrados, uma vêz que este material, em polado e com um talude requerido, deve ser empilhado, em extensões / correspondentes aos trêchos lavrados, como se observa na figura mencionada. No caso, sendo L a largura da berma (e também a do afastamento das cristas das pilhas, para a escavadora não se deslocar / transversalmente na berma), X o real alcance máximo horizontal da lança, K a soma das alturas de rejeitos (com os respectivos empolamentos), A a área da faixa de deposição, α o ângulo de talude, teríamos:

$$A = L \left(X \operatorname{tg} \alpha - \frac{\operatorname{tg} \alpha}{4} L \right) = L \operatorname{tg} \alpha \left(X - \frac{L}{4} \right). \text{ No caso, } \operatorname{tg} \alpha = 0,8.$$

$$KL \leq 0,8 L \left(X - \frac{L}{4} \right) \quad K \leq 0,8 \left(X - \frac{L}{4} \right) \quad \bullet \quad \underline{L \leq 4X - 5K}$$

com a condição suplementar de que a altura livre de despejo (da ponta lança ao piso de despejo, menos a altura da caçamba e seus engates) H, seja maior que 0,8X.

No caso, há a considerar que X é reduzido pela distância do centro da escavadora ao bordo do banco inferior de minério / (15,8 m), ficando com o valor 30,8 m.



Para empolamento de 25% do capeamento e 45% da intermediária, teríamos $K = 20,55$ (isto é, $6 \times 1,25 + 9 \times 1,45$).

$$L \leq 4 \times 30,8 - 5 \times 20,55 = 20,45 \text{ (máximo)}$$

L foi tomado de 18 m, possibilitando maiores capeamentos

Bancos mais altos oferecem vantagens de menos acessos, menos bermas a serem mantidas, maiores concentrações de equipamentos e transportes, etc. Contudo, conforme foi observado, a situação tem condicionamentos impostos pelo método e equipamentos de desmonte e de carregamento.

C) LAVRA MANUAL - Aplicável, apenas, a pequenas ocorrências ou, ocasionalmente, em certos trêchos. Geralmente decorre de falta de capital, salários baixos, mão de obra abundante. Pode, também; ocorrer em contingências de ordem social, para fornecer em prêgos, em vez de simples subsídios financeiros individuais. A aplicação localizada pode ser justificável em ocorrências erráticas, isoladas ou muito seletivas.

Os bancos são de baixa altura, compatível com o tipo de desmonte empregado e com o fornecimento de blocos manuseáveis. Raramente ultrapassam 3 m. As bermas têm largura mínima necessária para pistas de rolamento (ou trilhos), trânsito de pessoal e equipamentos e segurança dos serviços (impedir que o material esboraçado do banco a ultrapasse e desça para os bancos inferiores). O mínimo é de uns 3m - sendo, frequentemente, maior.

O desmonte é feito com picarêtas, anxadões, alavancas/ou explosivos (furação manual ou com martelotes - raramente com perfuratrizes em carrêtas ou jumbos),

O carregamento é executado com pás, forçados ou por despejo direto nos veículos transportadores. O transporte é feito por carrinhos de mão, pequenas gôndolas, vagonetas, caçambas, caminhões, diretamente para o engenho ou embarque ou, mais comumente, para chutes intermediários (onde veículos maiores são carregados), para planos inclinados, por cabos aéreos, etc. - É usual concentrar o transporte principal em uma ou poucas bermas, fazendo-se transferência do minério desmontado nas outras, através de "bicas" ou de "chutes superficiais" (caídas de minério, associadas ou não).

D) LAVRA HIDRÁULICA - É rara. Mais aplicada em pláceres ou no descapecamento, quando as condições são favoráveis. Como foi visto no Ponto 1.3, de "Lavra de Minas II", o desmonte hidráulico é utilizável em "terrenos não muito duros ou consolidados, aproveitada a ação dinâmica da água, associada ao seu poder carreante. O material desmontado é transportado para pontos mais baixos, onde se deposita. O método implica disponibilidade de quantida-

das avultadas de água, de ocorrência de declividades suficientes (para pressão da água, e para escoamento do material carregado) e disposição de locais apropriados para a deposição do material removido.

Em terrenos frouxos, podem ser usadas "trincheiras inclinadas", com água contínua ou descargas intermitentes ("boom" ou o sistema de "corte de bancos" ("bank-water"). Mais usual, entretanto, é o uso de jatos hidráulicos, com água sob forte pressão, através de bocais especiais (hidráulicking), montados em gigantes ou monitores. Parte do material é desagregada pelo impacto direto do jato e parte pela queda das frentes de desmonte, acarretada por solapamento, mediante a abertura de uma / ranhura inferior, pelo jato de água. A água se escoa por valêtas, previamente abertas, conduzindo o material a um bicâme que vai ter ao ponto de despejo. Os detalhes operacionais, como disposição das frentes e dos equipamentos, variam com as condições locais. Geralmente, a frente é sensivelmente vertical e só dividida em bancos quando de alturas superiores a uns 35 m.

Conquanto pareça simples, o método tem rígidas limitações, condicionadas por amplo suprimento de água, disponibilidade de declives e de locais de deposição, etc. Acresce que, em caso de descapamento, não deve interferir com as demais operações de desmonte do material útil, o que requer toda o descapamento prévio ou, pelo menos, uma grande decalagem. A quantidade de água necessária é grande e depende mais do volume necessário para o carregamento do material, nas valêtas e bicâmes, que da exigida pelos jatos. Quanto a esta, a pressão é mais importante que o volume, de um modo geral. Para material frouxo, / pressões de 25 a 30 m de água podem ser suficientes, mas 60 a 200 m são requeridas para serviços eficientes, mesmo porque os gigantes devem ser mantidos a razoável distância das frentes, para proteção contra bruscos desabamentos. Pressão inferior a 60 m é considerada fraca, para eficiente serviço. A exigência de pressões elevadas requer canos fortes e pesados, firmemente / ancorados. Não se dispondo de alturas estáticas suficientes, a pressão terá de ser obtida com bombas, comumente centrífugas, de 2 ou 3 estágios, até 10" ou 12" de descarga, capacidade de 200 a 300 litros por segundo, motores de 250 a 300 HP. Os encanamentos chegam a 12" de diâmetro e algumas centenas de metros, necessitando de uma "caixa de tomada de água" (penstock), válvulas de purga de ar e de distribuição, reservatórios de acumulação (para

não se perder água e evitar bruscos choques de Brialé quando se fecha o monitor), etc. Os monitores são, geralmente, semi-automáticos, com controles manuais, montados em patins (tremó de aço), como o tipo Inteligiant.

A operação consta, geralmente, do abatimento da frente, mediante seu solapamento por uma ranhura ou "rafa", na base. Evita-se o arredondamento da face, pois a manutenção retangular / faculta tirar partido das arestas de canto. Frentes estreitas / tornam-se perigosas. O corte é mais rápido com incidência oblíqua do jato de água e este deve ser desviado quando a frente está se abatendo, para que o material não seja projetado com muita força e ricocheteie sobre o monitor. A altura da face é tanta quanta possível no serviço, atingindo, por vezes, 50 e 60 m, embora a segurança aconselhe uso de bancos não superiores a uns / 30 m. Os fragmentos superiores a umas 15", não arrastados pela água, são removidos com guindastes de longa lança, situados junto aos monitores, ou, intermitentemente, acumulados com tratores de lâmina (bulldozers). Se possível, são quebrados, com "pêras cadentes", a malho ou com explosivos, para ulterior transporte / direto por água. Se são encontradas grande massas duras durante o desmonte de uma frente, elas são desmontadas com explosivos, comumente pelo método de Coiotes, (galerias cheias com explosivos).

As produções obtidas são elevadas. Um bocal de 8", com 1700 litros por segundo, desmonta cerca de 600 m³ por hora. O processo é barato e rápido, para descapeamento de jazidas. Requer pouca gente (comumente, um mecânico, um encarregado e dois / homens, em cada gigante). Vários gigantes menores poderão ser mais eficientes que um grande. A eficiência quanto ao desmonte, depende de muitos fatores (natureza do material, altura da frente, modo de trabalhar, etc) e, geralmente, é comparada pelo número de jardas cúbicas desmontadas em 24 horas por uma "pedregada mineira" de água (vazão de 1,5 pé cúbico por minuto, ou seja / 0,708 litro por segundo). Alcança 1 a 4,5 em cascalho e até 5 ou 6, em material fino.

O consumo de água pode ser calculado pela fórmula geral: produto da seção do bocal pela velocidade. Esta corresponde / à raiz quadrada da altura dinâmica da água (altura estática menos perdas de carga) multiplicada por um fator de correção k.

A vazão é, portanto, proporcional ao quadrado do diâmetro do bocal e à raiz quadrada da pressão da água. Em verdade, temos que $v = k' \sqrt{2gh} = k \sqrt{h}$, onde $k = k' \sqrt{2g}$. k' é da ordem de 0,9 a 0,94.

$$Q = a.k\sqrt{h}$$

Temos, portanto:

$$v = \sqrt{k} \sqrt{h} = k' \sqrt{2gh} = k' \sqrt{2 \times 9,81} = k' \times 4,43 \sqrt{h}$$

ou, para $k' = 0,9$ a $0,94$

$$v = (3,987 \text{ a } 4,164) \sqrt{h} \approx 4\sqrt{h} \quad (\text{em metros/segundo})$$

Conseqüentemente, a velocidade do jato atingirá 20 m/seg; para $h=25$ m; 28,4 m/seg para $h = 50$ m; 40 m/seg para $h = 100$ m; 49 m/seg para $h = 150$ m; 56,6 m/seg para $h = 200$ m

Para diâmetro do bocal, em polegadas, D , a vazão, em litros por segundo, será:

$$Q = (2,02 \text{ a } 2,11) D^2 \sqrt{h}$$

Os monitores trabalham com bocais de 2" a 10" e pesam 180 kg(Nº1) a 1.100 kg(Nº9), tendo entrada de 7" a 18", respectivamente.

E) LAVRA MECANIZADA - É, naturalmente, a mais usual. Varia muito, segundo o tipo de equipamento usado, natureza, comportamento e situação do corpo lavrado, ritmo da produção, etc.

Comporta remoção de grandes capeamentos, lavra de jazidas vultosas, altas produções, custos unitários baratos (variando inversamente, com o porte das máquinas e a escala da produção) aproveitamento de corpos de menor teor, etc. Mas, requer grandes investimentos iniciais, cuidadosa organização e manutenção / (para boa utilização da capacidade da maquinaria), evitar paradas e atrasos e, comumente, descapeamentos grandes.

Em TWINBUTES, perto de Tucson, Arizona, a Anaconda empreendeu, de 1966 a 1970, um descapeamento de mais de 236 milhões de toneladas, para lavar minério de cobre, com profundidade de 180 m para a cava inicial (prevendo-se atingir até 1000 m), produção diária de 200 mil ton e anual de 80 mil ton; de cobre eletrolítico. O descapeamento aluvionar foi feito com raspadores-transportadores a uso de correias transportadoras de 2,5 km de extensão, 1,5 m de largura, elevação de 38 m, 5 motores de 1.250 HP, capacidade de 150 mil ton/dia, descarregando

em chutes que alimentavam caminhões de 85 t; também, transporte hidráulico foi utilizado em larga escala. A mina BINGHAM CANYON, da Kennecott Copper, em Utah, chegou a movimentar 415.370 t métricas em um dia (das quais, 298.500 transportadas por 125 caminhões), num recorde mundial de produção diária.

Os acessos dos bancos são condicionados pelo meio de transporte usado: para trens, as rampas se limitam a 2% a 4%; para caminhões chegam até 15%, mas, usualmente, até 8% (em 1968, a média, nos Estados Unidos, era de 6,2%, com a maioria entre 5 e 7%; dos caminhões, 51% tinham mais de 5 anos de uso; 46% eram de capacidade de 45 t ou mais; nas grandes minas, 39% eram de 70t ou mais e 13% de 100t ou mais, a utilização era de 75 a 85% e o ciclo médio de 5,5 km. E/M.J., jan.69). Correias transportadoras até 18% (32%), planos inclinados com esquipês e, mesmo, poços ou elevação vertical, em casos especiais. Em geral, estradas de ferro só são empregadas em grandes minas, grandes produções e transportes de mais de 5 km, embora o aumento da capacidade dos caminhões torne cada vez maior essa distância econômica. Assim, a partir de 1937, o emprêgo de caminhões cresceu no Mesabi Range, atingindo 50% do total transportado em minas a céu aberto, em 1945, e 70% em 1958, malgrado os progressos verificados com locomotivas diesel e elétricas, vagões e remoção das linhas. Esse número continuou a crescer e os caminhões são o meio de transporte ainda mais favorecido. Mas numa de fosfato, Monsató, Heney (Idaho) era usado, em 1970, um "trailer" triplo, puxados por tratores, com ciclo de 50 km (cada "trailer" com capacidade de 210 t, peso de 110t, largura de 3 m, em estrada privada de 9,6 m de largura, velocidade até 73 km/hora); a mina Captain (Illinois) empregava jamanta de 240t de carvão, com tratores de roda de 1000 HP, em cada extremidade.

Básicamente, admite-se que os limites máximos de eficiente transporte são de: 5% para trilhos; 15% para caminhões; 22% para raspadores de rodas; 30% para correias transportadoras; 60% para esquipês em planos inclinados; 90% para transporte vertical. Algumas combinações são, por vezes, utilizadas e devem ser conside

radas em um projeto, bem como as condições futuras.

Nas lavras mecanizadas, os taludes de encapamento são, usualmente, de 30° a 45°. As vezes menores outras vezes maiores, até 70°. A altura dos bancos raramente atinge ou ultrapassa 20 m, e sua declividade, mais usual, é de 3:1 - (72°). Com furos de pequenos diâmetros, a altura se limita a 6 ou 9m.

Escavadoras - Já foram estudadas, em "Lavra de Minas II Ponto 1.5.1. É claro que existe sempre uma influência recíproca entre os tipos e tamanhos das escavadoras e a altura dos bancos. Sabe-se, também, que a capacidade do caminhão não deve ser inferior a 4 caçambadas da escavadora, algo mais sendo possível, em número de caçambadas, para transportes bem longos.

Para um cálculo preliminar de escavadora comum, podemos admitir, com bom fator operacional, 60 a 80 caçambadas por hora, com caçamba de 1 j.c.; 60 para as até 2,5 j.c.; 50 para as maiores. Ou adotar a seguinte / marcha, mais precisa:

- a) capacidade básica - 1
- b) fator de caçamba (empolamento e enchimento) - 0,7
- c) desmonte no banco (a x b) - 0,7 j.c

Ranto 2.6.2 - LAVRA DE PLÁCERES - Fatores influenciantes. Classificação dos métodos. Desmonte manual, hidráulico e mecânico. Utilização de bicas de solo, calhas concentradoras, raspadores, gigantes hidráulicos, escavadoras de pá e de arrasto, batalões e dragas - Aplicações e limitações.

1) GENERALIDADES (Peale, 10-539; Young, 450)

Pláceres - designação genérica de jazidas eluvionares, coluvionares e aluvionares. Formadas por concentração mecânica (por vazes, são impropriamente designadas como pláceres algumas concentrações residuais, formadas pela remoção de materiais por intemperismo e acumulação de resíduo útil insolúvel). Forma muito variável, dependendo das condições estruturais do local de deposição, do modo de deposição e de alterações subsequentes. Eólicos, de corrente aquosa ou marinhos.

Elúvios são de material relativamente anguloso ("gorgulho" / ou "pedra brava"). Alúvios são mais comuns, formados em leitos de rios (geralmente, em locais de menor gradiente, partes internas das curvas, trêchos de maior largura, riflados, etc., nos quais diminui a velocidade da água corrente). Para um dado material rolado, o tamanho é inversamente proporcional ao transporte sofrido e à violência da corrente. Alguns pláceres são soterrados, por uma posterior elevação dos leitos, por subsidência ou por derrame de lavas, havendo aluviões com mais de 100 m abaixo da superfície. Há, também, pláceres elevados (devidos à formação em terraços estruturais, em antigos leitos ou em grandes enchentes), denominados "grupiaras". Os formados pouco acima do leito do rio, em enchentes, são chamados "taboleiros" e os que ocorrem em depressões do leito, "marmitas" ou "caldeirões", contendo a "pedra/pânca" aos garimpeiros ou falcadores.

Comumente, há nos pláceres zonas mais ricas, constituindo as "faixas de concentração" ou "faixas compensadoras" (pay streaks), anteriormente chamadas "itaipavas". Tem forma muito regular, regida por diversos fatores de difícil determinação; saliências do leito rochoso, evolução do leito do rio, partes internas de confluências, etc. Há, também, variações de teores em profundidade, condicionadas pelo leito rochoso (bed rock), comumente mais rico, quando alterado, ou em suas fendas, pela ocorrência de camadas de aluvião pouco permeável, etc.

Os pláceres marinhos ou de praias são formados pela ação concentradora das ondas, sobre material proveniente de rios, da erosão de terraços submarinos ou terrestres, da erosão de rochas, etc. Podem ser de ouro, ilmenita, magnetita, monazita, zircônio, diamantes,

granadas, quartzo, etc. No Espírito Santo, há pláceres de monazita (com cério e 6% de óxido de tório). De ouro, ficou célebre o de Nome (Alasca), ocorrente em faixa de 60 m de largura por 2,5 m de espessura, com alguns bancos até a 20 m acima do mar, e cuja produção excedeu 75 t de ouro. De diamantes, há o exemplo clássico de Namaqualand (África do Sul), terraços a 6 a 65 m acima do mar, extensão superior a 300 km e com até 5 km de largura; descoberto em 1927, produziu mais / de \$ 50 milhões em 1928, tendo a produção de ser drasticamente reduzida, por decreto governamental, para evitar debache no mercado mundial de diamantes; provavelmente, era originário do Rio Orange.

Minerais mais importantes em pláceres: ouro, platina, cassiterita, monazita, columbita, ilmenita, zircão, diamante, safira, rubi e outras gemas, prata, bismuto, cobre, paládio, cinábrio, monazita, fosfatos, etc.

As pesquisas são orientadas, especialmente, para os locais de mais favoráveis concentrações, isto é, "faixas de enriquecimento": locais de menor velocidade da corrente, selas do leito rochoso, recarte por intrusivas, seqüências de afloramentos de minérios ou protominérios, etc. A espessura útil é variável: frequentemente, há um / único aleitamento no qual se encontram bolsões isolados, com maior / concentração de valores; em outros casos, poderá haver diversos horizontes pagáveis. A parte profunda, constituída pela leito rochoso / mais ou menos alterado é favorável a acumulação de valores e deve ser investigada até se atingir rocha firme. Na pesquisa por sondagens, é importante a determinação dos teores nas diversas profundidades do alúvio, mesmo que todo o material venha a ser globalmente lavrado. Essas sondagens, comumente com sonda Empire, Worf Conrad ou de percussão em tubulação, requerem cuidadosa disposição, interpretação e correções (cf. artigo "Sondagem de Aluviões - Método de Contrôlo e Correções", / Rev. Escola de Minas, julho 1952; "Core Control in Alluvial Drilling", E/M:J, jul. 34; "Alluvial Valuation", Min. Mag., jan. 47). Alúvios / glaciais raramente são econômicos. Para depósitos auríferos, os gradientes mais favoráveis são de 0,5%, podendo atingir 1% e, excepcionalmente, até 2%. Leito rochoso de perfil regular é sempre favorável para a lavra. Há casos de ocorrências de grandes pepitas de ouro (64,5 kg e outra de 50 kg, em Vitória, Austrália; 3,5 kg em Itajubatiba, Paraíba), mas, comumente o ouro ocorre em pequenos fragmentos, "pintas"; há casos de "2.000 pintas (colozs) por 1 g", isto é, 245 / pintas para 1 mg - que, com relação forma de 1/6, equivale a pinta de 42 micra de diâmetro, entre 325 e 400 mesh; são de difícil recupera-

ção por amalgamação, § 1 ouro corresponde a 0,8886706 g.

Extensas camadas de areia costumam serem estereis, ou, no máximo, "pin-gadas" (spotted), isto é, com ocorrências de alguns buchos.

2) SELEÇÃO DO MÉTODO DE LAVRA - Além de fatores de disponibilidade de capitais, localização, clima, etc. é afetada pelos volumes dos pláce-res, teores, distribuição dos valores, profundidades, granulação do material, presença de matações, cementações, disponibilidade local de água, etc.

3) MÉTODOS DE LAVRA - Geralmente são associados ao beneficiamento do material, "in loco", pois envolvendo o manuseio de grandes volumes de baixo valor unitário, não possibilitariam, economicamente, longos transportes e tratamentos elaborados (requerendo instalações muito grandes e caras). A recuperação baixa (usualmente, inferior a 50% ou 60%, no caso de ouro) é compensada pela quantidade produzida, graças à grande quantidade de material tratada. Em casos especiais, obtém-se um concentrado primário, remetido para melhor apuração em instalações centrais, fixas ou deslocáveis, com transporte usual por tubulações, em polpas grossas.

Há grande flexibilidade de métodos, dependendo primordialmente dos volumes globais a serem manuseados, de modo a assegurar a amortização dos investimentos e os custos envolvidos. De modo geral, quanto maiores os equipamentos mecânicos, menores são os custos operacionais unitários do material lavrado e tratado, e, portanto, menores os teores econômicos necessários. Mas, há outros fatores influenciadores, como foi visto.

Os métodos são classificados em:

- a) Manuais - com "bicâmes de solo" ou "calhas concentradoras"; com pa-leamento, com transporte por veículos manuais ou animais, etc;
- b) hidráulicos - com desmonte hidráulico e emprêgo de "bicâmes de solo" ou "calhas concentradoras";
- c) mecânicos - com desmonte por raspadores de cabos, escavadoras, es-cavadoras de arrasto, dragas (de alcatruzes, de concha, de sucção); tratamento por "calhas concentradoras" em instalações móveis (terrenas, em batelões, na draga).

"Escavadoras de arrasto" com batelões têm custo operacional 50% /

mais elevado que draga de alcatruzes" (que corresponde, comumente, a 0,07 a 0,17 g de ouro por m³ manuseado). Uma "escavadora de arrasto" de 2,5 i.c. de caçamba, custa cêrca de \$ 180.000 e sua instalação de tratamento \$200.000; uma de 5 i.c. custa \$350.000 e sua estação de tratamento \$300.000. A primeira trata, por mês, cêrca de 25.000 m³ (atingindo 90 a 130 m³/hora). Uma "draga de alcatruzes", com 60 a 80 alcatruzes de 3^o cub. cada, trata 50.000 m³ por mês; uma de 6^o cub., 120.000 a 200.000 m³ por mês; uma de 15^o cub., 300.000 a 370.000 m³ / por mês; profundidade de alcance: 6 a 20 m.

Manuais - Pioneiros. Pequenos e ricos, estreitos e capalhados, locais remotos - Paleamento em "calhas" e "calha" é construída em recorte do leito rochoso, na parte mais a jusante do depósito; aumentada, à medida que escavação progride, em tira de 3,5 a 4,5 m de largura. Desintegração pela água fluindo sobre o riflado. Desdobramento paralelo para novas tiras. "Bicâme de solo" já é conhecido.

"Calhas" - Caixa com grelha ou chapa com crivos na parte superior (1", 1/2" até 1/4") - Seccõess de 3,5 m, pregadas ou imbricadas. Largura de 10" a 6', profundidade de 1' a 4'. Riflado por hastes longitudinais, transversais blocos de madeira, seixos, cantoneiras (2" x 2" afastadas 3"), antiagem (protegida por tela de metal expandido). Intenso desgaste. Para ouro, calhas rasas e largas; greide usual de 1^o para 2^o (4,16%), podendo variar de 2 a 12%. Ex: 1' de largura, 6" a 7" de água, caída 4,16%, 130 litros por minuto, 50 a 100 m³ de saucalho por 24 horas; 12" a 14" de largo, 8" de água, caída de 6,2 %, 300 litros por minuto, 120 a 240 m³ por 24 horas. Comprimento total: 10 a 20 m, nas pequenas - 60 a 90 m nos maiores.

Auxílios com carrinhos, vagonetas, raspadores, etc.

Hidráulicos - conhecidos gigantes. Elevadores hidráulicos

Mecânicos - Pás escavadoras. Desvantagens - Escavadoras de arrasto. Batelões de pontões, Calhas, jigues, Condições de trabalho. Dragas de alcatruzes, de concha e de sucção.

Lavra subterrânea (drift mining).

PONTO 2.6-4 - LAVRA DE PETRÓLEO - Ocorrência e métodos antigos. Métodos de extração: fluência natural, elevação gasosa e intermitente, bombeamento com hastes aspirantes, bombas hidráulicas e elétricas. / Princípios gerais: manutenção de pressão e teorias. Explosão de poços

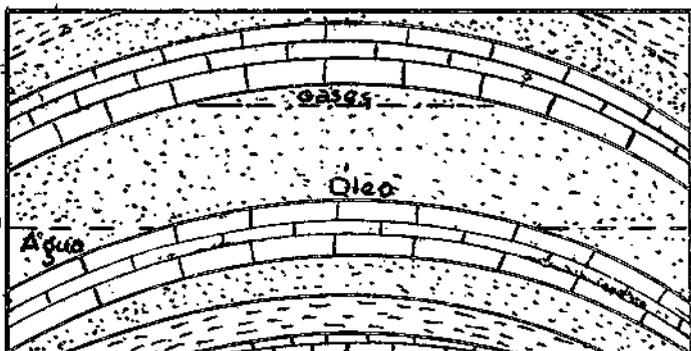
e repreensão.

1) GENERALIDADES

Sabe-se que para existência de um depósito econômico de petróleo são necessários: 1) camadas de origem, das quais o petróleo migrou; 2) suficiente relevo estrutural, para formação de captações ou alçapões naturais de acumulação; 3) um corpo poroso (areia, calcário e, em poucos casos serpentina porosa), com suficiente espessura e porosidade, para formar o necessário depósito.

O petróleo forma-se em gôtas. Sob a pressão hidrostática dos terrenos, elas migram. Atingindo um alçapão natural, com terrenos superiores e inferiores impermeáveis, o petróleo aí se deposita, com gases na parte de cima e também inclusos no petróleo, e água nas partes inferiores, constituindo um "sêlo" que impede o refluxo descendente do óleo, agora sob forte pressão. Esta água pode decorrer um prévio acúmulo, no depósito, do qual foi deslocada pelo óleo e gases, ou tê-los acompanhado na migração. As estruturas favoráveis às acumulações são anticlinais, domos, monoclinais, lentes, áreas falhadas e desconformidades. Falhas podem produzir desconformidades que barrem a migração do óleo e gases, pela elevação ou descida de terrenos impermeáveis; caso típico ocorre nos bordos de domos salinos, com deformação das encaixantes e constituição de favoráveis locais de deposição. Nas pesquisas geofísicas, procura-se determinar as estruturas favoráveis, mediante judiciosa interpretação dos dados colhidos.

Conforme a sua locação, um furo de sonda pode acusar apenas gases, óleo ou água salgada, na estrutura considerada.



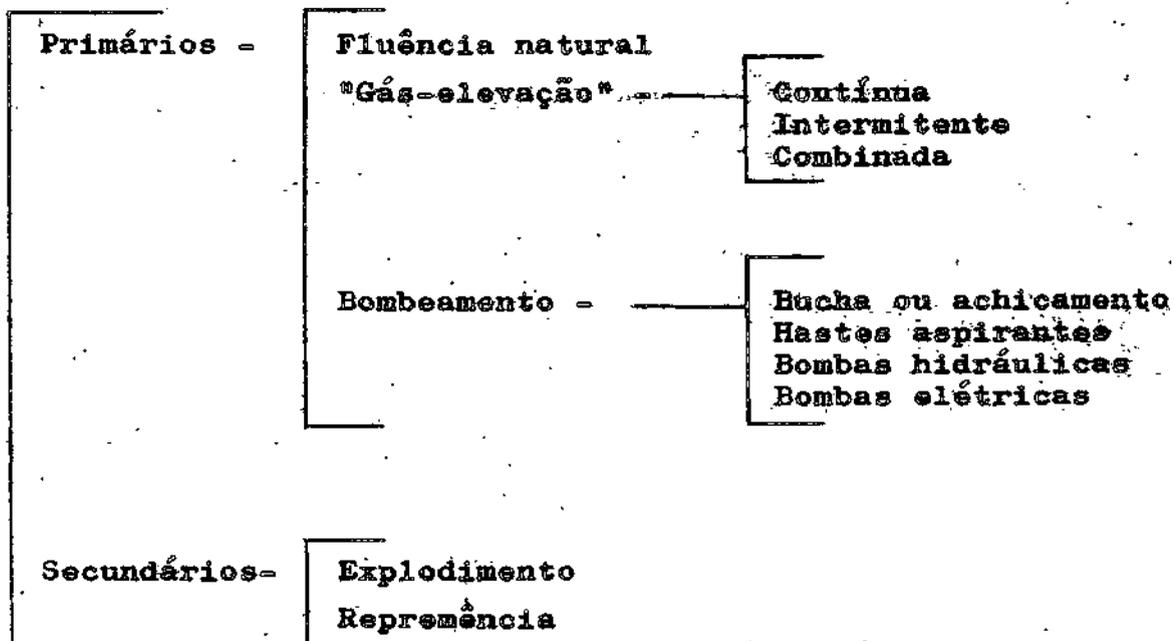
Pressão - Nesses reservatórios, o óleo e os gases encontram-se usualmente sob pressão, sensivelmente igual à hidrostática. Mas há casos /

em que ela é maior ou menor. As pressões devem ser medidas no fundo do furo, para evitar a influência da perda de carga com a fluência a través das tubulações. O óleo sob pressão contém, geralmente, gases em solução, em quantidade que depende do carácter do óleo e da

pressão a que está submetido. Os óleos/densos, comumente, podem reter mais gases. O "óleo saturado" contém todo o gás que pode ser dissolvido, na pressão reinante no reservatório e qualquer excesso de gás / ficará livre, no alto do reservatório. O "óleo sub. saturado" contém menos gás que o possível, na pressão em que se encontra. Conforme a profundidade considerada e o tipo de óleo, a quantidade de gás dissolvido varia. Para uma pressão de 1000 psi (cêrca de 680 atmosferas ou 700 m de água), a relação volumétrica do gás dissolvido é comumente / de 20 a 85:1 de óleo.

Quando um depósito é perfurado, o óleo sobe no furo até altura correspondente à pressão do reservatório, conquanto que o gás a cima da coluna de óleo possa escapar da cabeça da tubulação. Se há suficiente gás associado com o óleo, este fluirá naturalmente do furo, até que a pressão do reservatório tenha declinado a um ponto em que o gás contido não mais possa elevar o óleo até à superfície. Então, o óleo fluirá em golfadas e, finalmente, cessará de todo. Em depósitos profundos, o conteúdo de gás parece crescer suficientemente para manter mais rápida fluência que nos poços rasos. Depois que cessa a fluência natural, devem ser providos meios artificiais para elevar o óleo.

2) MÉTODOS DE EXTRAÇÃO



Métodos primitivos - A extração de petróleo por mineração subterrânea já foi usada e, esporadicamente, era utilizada até há poucos anos em Pechelbron (Alsacia, França).

Abertos poços ou túneis, atingindo os estratos oleíferos, o óleo era coletado ou escumado de poços de água subterrâneas. Em alguns casos, eram abertas galerias e o próprio arenito impregnado de óleo era extraído, transportado em carros para a superfície e aí tratada. Em outros casos, executavam-se pequenos furos, nas galerias ou nos próprios poços, para drenagem do óleo e de gases. Tais procedimentos foram usados na Rumânia (profundidade até 250 m), em Nacodoches (Texas - poços de seção de 1,8 x 2,1 m, com 67 m de profundidade), no Canadá, na Rússia, na Alemanha (Wietze), etc.

Em Pechelbron, de 520.000 barris anuais, 230.000 eram obtidos por lavra subterrânea. Havia 3 minas no distrito, com 6 poços de 150 a 235 m de altura e cerca de 150 km de galerias. Do total de óleo, 43% provinham de drenagem nos leitos petrolíferos, 40% de areias extraídas e lavadas e 17% de furos superficiais.

No processo Ranney, a partir do poço de acesso eram abertas travessas, a intervalos regulares, acima ou abaixo do arenito oleífero. A partir dessas travessas, eram feitos furos e neles introduzidos tubos, através dos quais o óleo fluía para um depósito central, subterrâneo. Através de outros furos, fazia-se injeção de ar comprimido ou gás, para forçar o escoamento de óleo. Do depósito central, o óleo era bombeado para a superfície.

A) Fluência natural - A fluência natural do óleo, através de furos / de sondas, convenientemente localizados e revestidos, constitui o método ideal de extração do petróleo e dos gases combustíveis. Procura-se obtê-la tão dilatadamente quanto possível, mas, sobretudo, de modo a fornecer a maior extração global possível para o depósito considerado.

Depende, porém, da quantidade de gás associado ao óleo, da profundidade do depósito, da pressão no reservatório e do diâmetro da tubulação de escoamento.

a) Se a quantidade de gás associado é suficientemente grande e pode automaticamente ajustar-se à quantidade de óleo que penetra no fundo do furo, a fluência natural pode ser prolongar por toda a vida do poço. Há casos conhecidos, mas são relativamente poucos. Comumente, a quantidade de gases declina, até que o

poço deixa de fluir ou "morre". Então, meios artificiais de e
levar o óleo fazem-se necessários.

- b) A profundidade do furo até ao depósito é um importante fator/
na duração da fluência natural, pois uma certa quantidade de
trabalho terá de ser despendida para cada metro de elevação do
óleo. Em igualdade dos demais fatores, quanto mais profundo o
furo, maior será a quantidade de gás requerida para elevar um
dado volume de óleo. Para uma dada pressão de fluência e es-/
tando a tubulação fornecendo óleo no seu ritmo mais eficaz, quanto maior o diâmetro da tubulação, menos gás será requerido
para elevar um barril de óleo. Na pag 44-04, de Peele, há uma
tabela que mostra o trabalho desenvolvido para um gás perfeito
quando se expandindo isotermicamente de uma dada pressão mano-
métrica até à pressão atmosférica. Assim, a expansão de 100
libras por polegada quadrada (7 kg/cm^2) forneceria 4.349 pés-
libras de trabalho (600 kg-m), ao passo que pressão de 1000 psi
(70 kg/cm^2) daria 8.964 pés-libras (1230 kg-m), com $PV = K$.
O gás associado não é um gás perfeito, nem a expansão é isotér-
mica, mas há uma sensível relação, possibilitando uma medida /
de eficiência bem acurada. Para expansão adiabática, o envol-
tório teria de ser perfeitamente isolante e teríamos $PV^n = K,$
com n igual a 1,406 no caso de ar seco.
- c) A pressão no reservatório depende da quantidade e pressão do /
gás associado com o óleo, da atividade de sucção de água com /
óleo, do grau de compactação da formação do reservatório (à me-
didada que óleo e gás são removidos) e da eficácia de retornar /
algum fluido ao reservatório (gás, água ou óleo). A pressão /
de fluência do óleo para o reservatório declina gradativamente,
até que o gás associado ao óleo não tenha suficiente energia /
para elevá-lo à superfície. Ela poderá ser, parcial ou total-
mente mantida pela água, sob ^{pressão} hidrostática, nas extremidades do
depósito, tendendo a forçar o óleo para o furo. Quando um fu-
ro é executado, algum óleo e gás se encaminham para ele, bai-
xando a pressão nas faces do reservatório e mais óleo
a ele se encaminha, até que se estabelece um equilíbrio entre/
a pressão do reservatório e a necessária a de fluência do óleo
pela tubulação extratora.
- d) A produção desejada de óleo rege a maneira de conduzir a opera-
ção: para máxima produção, o poço é largamente aberto na super-
fície e a contrapressão na saída é mantida no mínimo possível.

Se há suficiente gás associado para manter alta vazão, esta é feita através da "coluna de água" (casing). Mas, por vezes, a areia no fundo do furo é frouxa e pode eventualmente penetrar no mesmo, obstruindo-o. Nestes casos, poderá ser preciso estrangular a corrente, fechando parcialmente a válvula de descarga na superfície ou inserindo um niplo redutor (choke, bean, flow-nipple) na linha de descarga ou, ainda, pelo emprego de "tubulação" (tubing) de diâmetro adequado à vazão desejada.

Durante anos de recessão da produção, alguns engenheiros chegaram à conclusão que a restrição da vazão aumenta a recuperação final de óleo, especialmente se ocorre uma forte atuação da água do depósito. Alegavam que uma correta restrição ajustaria o avanço da água para manter a pressão no reservatório, arrastando gradativamente o óleo para os furos e assim mantendo a fluência natural por prazo mais dilatado. Alguns também crêem que, sob restrição, as relações gás-óleo são mantidas no mínimo, assim tendendo a conservar maiores pressões no reservatório que quando os furos estão produzindo na capacidade máxima; mas foi observado, em vários campos, que a vazão à máxima capacidade não aumentou, mas antes reduziu a relação gás-óleo. A questão é controvertida.

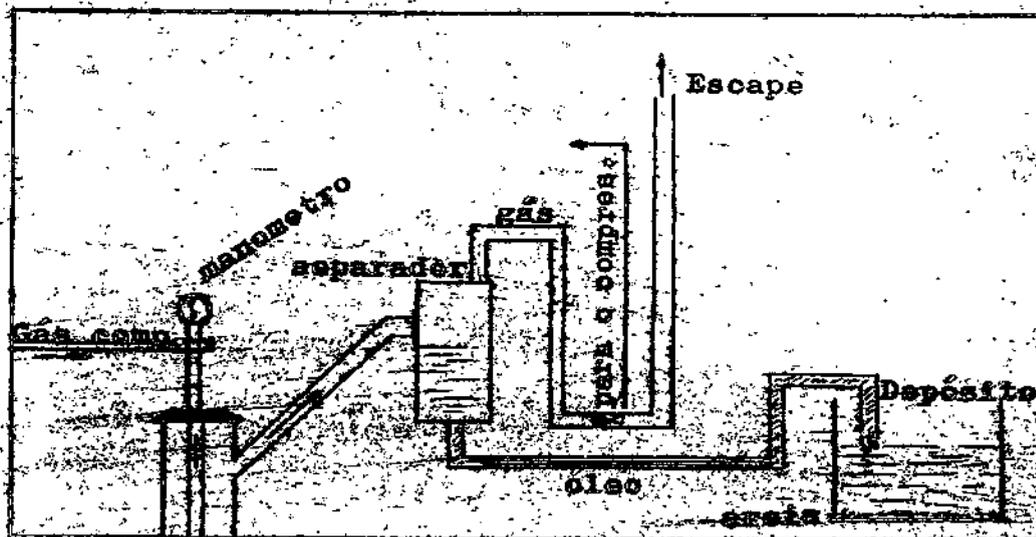
A restrição é válida se há conveniência de reduzir a produção num determinado período ou quando há ativa atuação da água, seguindo o óleo sem perda de pressão e, assim, mantendo-o no óleo e no gás do reservatório. Isso aumenta a fluência natural possível e que é o mais barato método de produção.

A pressão no reservatório também pode ser mantida, até certo grau, pela injeção de fluido (gás, água, óleo), em volume equivalente ao removido.

O método mais usual é introduzir gás pelos furos mais altos da estrutura, forçando o óleo para os mais baixos; o gás produzido com o óleo é separado, comprimido e retornado pelos furos.

Óleo ou água podem ser injetados através dos furos mais baixos da estrutura, forçando o óleo do depósito para os furos mais elevados. Na Pérsia, óleo cru pesado (deixado após extração de gasolina contida) era injetado no reservatório. Em muitos campos (Colúmbia, Perú, Sumatra, Texas, etc), grande parte do gás produzido era retornada; em Sugarland (Texas), de 289 pés cúbicos de gás por barril extraído de óleo, 255 eram retornados (88,4%); em Raccoon Bend (Texas), de 1516 eram injetados 782 (51,5%).

B) "Gás-elevação" contínua - É o método que se segue ao de "fluência natural", quando esta cessa. Seu princípio é idêntico ao dela, bem como ao de "ar-elevação" (air-lift) para elevar água. A "tubulação" é instalada na "coluna de água" (casing) e injeta-se gás ou ar, sob pressão, para elevar o óleo, seja através da "tubulação" ou do intervalo entre ela e a "coluna de água". Esta é de canos de $5\frac{1}{2}$ " a $9\frac{5}{8}$ " (diâmetro externo) e a "tubulação de ca-/
nos" de 1 " a 4 ", conforme profundidade menor ou maior. A quantidade de óleo dependerá da profundidade do furo, da pressão no fundo, do diâmetro da coluna de saída e da densidade do óleo, para um dado volume do fluido elevador. Ou, inversamente, teremos de injetar um determinado volume do gás para cada barril de óleo a ser elevado. Em Peele, pg. 44-06, há uma relação de volumes de gás necessários, em diversos campos (incluindo o injetado e o associado com óleo). O esquema da instalação superficial é o indicado na figura.



A vazão de óleo, em barris por dia, B , é dada aproximadamente pela seguinte fórmula empírica:

$$B^n = \frac{P}{C}$$

sendo P a pressão no fundo do furo (em psi) e C e n constantes, dependentes dos diâmetros da "tubulação" e da "coluna de água" e do tipo do óleo.

O gás para elevação pode ser fornecido por grandes centrais, por pequenas centrais ou por poços individuais; as últimas são mais satisfatórias, se a pressão e volume são suficientes.

O fluxo efetivo de gás necessário, em m^3 /hora, é dado por ...
 $Q = Q_s V$, sendo Q_s o consumo por m^3 de óleo elevado e V a vazão de óleo, em m^3 /hora. Temos:

$$Q_s = \frac{HD}{C \cdot \log\left(\frac{S + 10,3}{10,3}\right)}$$

sendo: H a altura total de elevação (acima do nível dinâmico do óleo no furo), S a submergência / (profundidade abaixo do nível di-

nâmico do óleo), C uma constante que depende da "relação de submergência" e D a densidade do óleo.

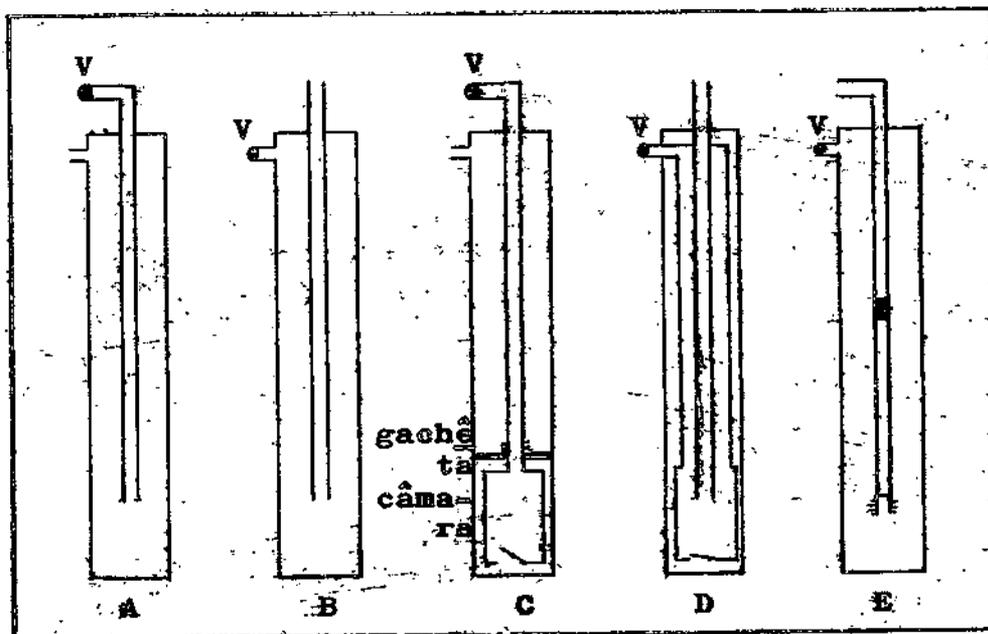
Para $\frac{S}{H} = 0,6$, temos $C = 10$; para $\frac{S}{H} = 1$, temos $C = 12,3$; para $\frac{S}{H} = 2$, teremos $C = 14,3$; para $\frac{S}{H} = 3$, virá $C = 14,8$ (cf. "Extração de Água pelo Sistema Air-Lift", folheto ADH 6359-10, da Atlas Copco). A submergência é condicionada pela pressão do compressor, pois esta deve ser, em kg/cm^2 , superior ou igual a $0,1 S$ (515 psi para $S = 350$ m, pois $M = \frac{S}{10} = 35 kg/cm^2 = 515 psi$). A tubulação de descarga do óleo deve oferecer velocidade de escoamento de 1,5 a 4,5 m/segundo (mais altas para $\frac{S}{H}$ baixas), não devendo exceder de 10m/seg na parte alta, onde é maior.

"Valvulas de reação" (kick-off valves) são empregadas para demorar a "gás-elevação" se a pressão superior à do gás introduzido. São inseridas nas ligações dos canos da "tubulação" de extração, a intervalos de cerca de 100 m, com a superior próxima do nível estático do óleo no furo. Quando a pressão da coluna fluida excede a da coluna de gás, em uma regulada quantidade, a válvula abre-se e permite a penetração de gás na coluna líquida, iniciando a "gás-elevação" e diminuindo a pressão exercida na válvula, que então se fecha. O gás é admitido na válvula inferior e o líquido é elevado; o processo continua até atingir o fundo, quando todas as válvulas estão fechadas e o óleo flui pela ação do gás entrando na parte inferior da "tubulação".

- C) "Gás-elevação" intermitente - Se não é mais possível a "gás-elevação" contínua, poderá ser empregável a intermitente, com extração do petróleo por golfadas. Comporta diversas modalidades.
- A) Gás admitido intermitente por válvula na superfície (controlada manual ou mecânicamente), através da "tubulação".
- B) Idem, com gás circulando entre a "tubulação" e a "coluna de água".
- C) Sistema Clark - Há uma câmara na parte inferior da "tubulação".

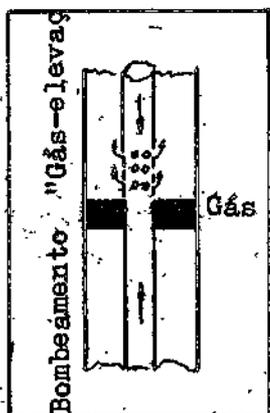
provida de válvula no fundo; acima da câmara, há uma gachêta/vedando o intervalo entre a "tubulação" e a "coluna de água". O gás é admitido intermitentemente pela "tubulação", fechando a válvula inferior da câmara e deslocando o óleo aí contido. Este passa por furos da "tubulação", acima da gachêta, e é elevado para a superfície, entre a "tubulação" e a "coluna de água". Interrompido o gás, o óleo penetra na câmara pela abertura da sua válvula inferior.

- D) Há duas colunas de canos, concêntricas, dentro da "coluna de água"; a exterior tem câmara com válvula, que se fecha quando o gás é admitido pelo intervalo entre essas duas colunas; o gás eleva o óleo pelo interior da coluna central.
- E) Sistema Hughes - A "tubulação" é perfeitamente alisada no seu interior; um êmbolo, provido de válvula, bem ajustado com a "tubulação", desce, pelo seu peso, na "tubulação"; enquanto o petróleo atravessa a sua válvula central e passa para cima do êmbolo; atingida a parte inferior, perfurada, da "tubulação", um esbarro fecha a válvula do êmbolo; o gás é admitido entre a "tubulação" e a "coluna de água", passa pelos furos do final da "tubulação" e eleva o êmbolo, com a sua carga superior de óleo.



Os dispositivos da válvula de intermitência são vários: mecanismo de relógio atuando válvulas de diafragma; cilindro com água, que é deslocada por ar comprimido, de um lado para outro em compartimentos extremos, fazendo o cilindro inclinar e abrir a válvula piloto, atuando outra válvula de diafragma, na tubulação de gás (o número de deslocamentos é regulável pela válvula existente entre os dois compartimentos do cilindro); etc.

D) "Gás-elevação" combinada - Neste método, há uma combinação de "gás-elevação" com um dos tipos de bombeamento (hastes aspirantes, / bombas hidráulicas ou bomba elétrica). O bombeamento é feito na parte do fundo do furo (em altura de 30 a 300 m), passando o óleo através da "tubulação", até a sua seção superior (separada da inferior por uma gachêta, entre a "tubulação" e a "coluna de água"). O óleo sai aí por furos da "tubulação" e é elevado até a superfície por gases que entram através da "tubulação". Isso possibilita menor elevação simples pelo gás, com menor consumo deste e menores pressões para sua compressão. A elevação com bomba pode ultrapassar a altura usual de até 300 m.



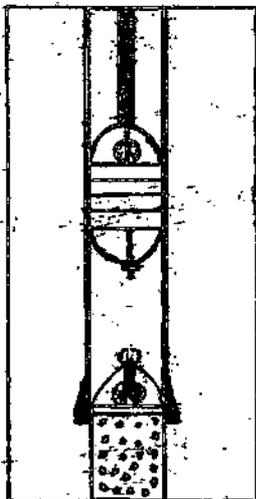
No caso de bombeamento por hastes aspirantes, estas passam por dentro da parte superior da "tubulação", circulando o gás no espaço livre. No de bombas hidráulicas, o tubo alimentador do fluido para a bomba passa pela parte superior da "tubulação", no seu centro, e o gás circula pelo anel entre ele e a "tubulação".

E) Achicamento - O método de achicamento (swabbing) é por vezes empregado para elevar óleo no interregno entre a cessação da fluência natural e o do equipamento do poço para elevação artificial. Uma bucha de borracha, bem justa, dentro de uma gaiola de arame/na extremidade de cabo de aço é descida no óleo, tanto quanto se

ja possível para uma carga que o guincho de suspensão possa seguramente elevar. O óleo passa através de uma válvula de esbarro/ na bucha, quando esta é descida. A válvula fecha e a borracha / se expande contra a "tubulação" ou "coluna de água", fazendo um selo bem estanque, quando a bucha é suspensa. A parte superior/ da bucha tem uma conexão de junta de pino com as hautes de fura- ção, para prover bastante peso para descer rapidamente a bucha e mergulhá-la no óleo. O método foi largamente empregado no campo de Borvslaw, na Polônia, para profundidade de 1500 m. Presença de areia dificulta a operação, forçando a diminuir a quantidade de óleo, a fim de manter um peso compatível, e evitar acidente / de engavetamento da bucha.

Se o óleo tem muita areia, usa-se às vêzes o método de balde- amento (bailing), como na Rumânia. É semelhante ao da limpeza dos furos de sondas por percussão. O "balde" ou "bomba" consiste de 3 a 12 m de cano, de diâmetro que permita livre passagem pela / "coluna de água" e escapamento do gás entre esta e o "balde". Há uma válvula tipo lança no fundo do "balde", através da qual pas- sa o óleo quando o "balde" é descido e que se fecha quando é su- bido. Os "baldes" têm geralmente, diâmetro de 4" até 14". O cus- to de cabos encarece muito a operação, além de exigir guinchos/ potentes.

- F) Bombeamento por hastes aspirantes - Constitui o mais antigo e ge- neralizado método de elevação artificial do óleo, respondendo por 60% a 75% de toda a sua produção mundial, embora as tensões nas / hastes aumentem em quase proporção geométrica com o crescimento / da profundidade. Mesmo a quase 2000 m, chegam a produções de 300 a 500 barris diários.



As hastes possuem um barrilete ôco, na ex- tremidade inferior da coluna, servindo de êmbolo, com válvula de esfera na sua par- te superior. Na extremidade inferior da "tubulação de óleo" há um chupador, com / válvula de esfera (possível de ser retira- da, por roscamento na parte inferior do/ êmbolo, a fim de ser consertada). Cada / haste tem 9 m, com diâmetro de cerca de 1". O curso alternativo é de 60 a 75 cm, com/ 20 a 30 pancadas por minuto. O êmbolo é

estanque com a "tubulação", graças a arruelas intermediárias de couro.

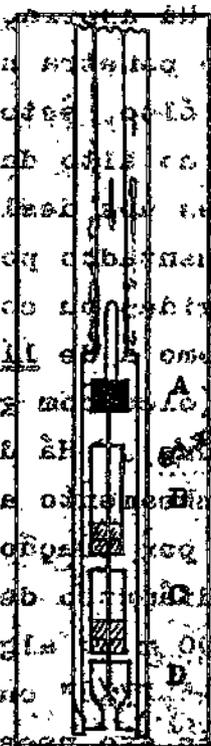
O conjunto de hastes é operado na superfície, por um "balancim" ou outro dispositivo. No curso descendente, a válvula do êmbolo se abre e o óleo passa para cima dêle, enquanto a válvula do chupador é fechada. Quando as hastes sobem, a válvula de esfera/do êmbolo fecha-se e o óleo acima dêle é elevado. Há aspiração sob o êmbolo, abre-se a válvula do chupador e o óleo penetra na "tubulação". Quando tôda a "tubulação" está cheia de óleo, êste começa a vazar na superfície, através de um tê roscado no alto da "tubulação", em volumes intermitentes, correspondentes aos deslocados/pelo êmbolo. Vários "balancins" podem ser movimentados por um motor central (pumping jack), através de hastes rígidas ou correntes.

Entrada de areia é muito prejudicial, bem como a de líquidos corrosivos e gases, pela abrasão da "tubulação" (óleo com gás exerce ação lubrificante muito inferior a de óleo puro). Há diversos outros dispositivos de idêntico princípio de bombeamento aspirante e elevante, de modo que a haste trabalha apenas por tração.

As hastes são de aço muito resistente, com diâmetro de 1/2" a 3/4" em furos até uns 300 m e de 1" nos até 2.300 m ou algo mais; Em muito profundos usa-se 1 1/4" até uns 600 e 1", 7/8" ou 3/4" daí para baixo. Cuidados para evitar choques bruscos são necessários. A haste de ligação da coluna com o "balancim" é chamada "haste polida", pelo efeito acarretado pela sua movimentação através da gacheta de vedação no alto da tubulação". A "tubulação" é, usualmente de 2" a 3" de diâmetro (às vezes mais ou, em poços de pouca produção, até de 1 1/2"). Há casos de cursos maiores para o êmbolo, em poços profundos: 0,9 a 3,5 m, com 10 a 25 pancadas por minuto. Dispositivos de movimentação podem ser vistos em Peeler, pg 44-18.

- G) Bombeamento com bombas hidráulicas - Bombas de pistão hidráulico/são por vêzes utilizadas para a elevação do óleo. Geralmente emprega-se a Kobe, que é descida no interior da "tubulação", com diâmetro de 2 1/2" a 4" (interno de 1 7/8" a 3 13/16") ligada na extremidade inferior de uma coluna especial de canos, de 1 1/4" a 2" de diâmetro, denominada "coluna de pressão". É através desta "coluna de pressão" que desce o óleo comprimido motor. A bomba / Kobe é de ação aspirante-calçante, através de um êmbolo atuando / numa câmara, acima de outra de entrada do óleo do furo. Esse êm-

bolo está no mesmo eixo que outro, situado numa câmara mais alta, na qual atua o fluido comprimido na superfície, movimentado através de válvula piloto de 4 vias, alojada na câmara mais alta do conjunto (A). Um conjunto de canais e válvulas de sede, alojados no corpo da unidade, possibilita a entrada e exaustão do fluido motor e do óleo bombeado. Através da válvula piloto A, o fluido é admitido, alternativamente, na parte superior e inferior do pistão em B, movimentando o eixo (a fim de extrair e misturar com o óleo extraído, quando o pistão deslocado para cima, o eixo começa a girar e o pistão da câmara C atua no óleo, como bomba/



aspartato, caçunha, perfurando para a superfície, o pistão espanta a turbulência de óleo. Na superfície, o óleo passa numa câmara de um/ e o filtro onde suficiente óleo filtrado é recolhido ao péço, para atuar como fluido motor. A capacidade de produção de óleo motor é aproximadamente a mesma do óleo produzido pelo péço. Na superfície, o motor atuante é elétrico ou a gás, movimentando uma bomba triplex para a devida compressão do óleo motor da bomba do fundo. A tubulação é verticalmente lançada (contra a pressão de gás) no poço numa separada de apoio na sua parte inferior. A capacidade varia de 100 a 800 barris e curso de 1278 76,20 com comprimento de 290 a 473 mm e número de cursos de 248 a 238 por minuto, com deslocamento de 0,23 a 2,3 litros por curso.

H) **Bombeamento com bomba elétrica centrífuga** - São utilizadas bombas elétricas submersas isoladamente ou em combinação com gás-elevação. A bomba **Roda**, de múltiplos estágios, com eixo ligado diretamente a um motor elétrico alojado em uma câmara inferior, separada da bomba/ por uma seção de proteção. O conjunto é de reduzido diâmetro externo, podendo ser descida na "coluna de água" comum, suspensa na "tubulação" e mergulhada no óleo do furo. Um cabo perfeitamente isolado,

fixado no exterior da "tubulação", estende-se até à superfície, para fornecimento de energia elétrica. A operação é controlada por comutadores na superfície, com vários dispositivos de controle automático. Em alguns tipos, o motor pode ficar acima da bomba, possibilitando melhores produções em poços de muito baixo nível de óleo.

O motor é do tipo de gaiola, de indução, trabalhando a 3.600/ rotações por minuto e cheio com óleo para lubrificação e esfriamento. O protetor, entre o motor e a bomba, contém um pistão com mola, câmara de graxa e câmara de óleo; iguala a pressão interna com a externa e exclui o petróleo do poço do motor. A bomba é constituída por uma montagem vertical de rotores e difusores, em uma carcaça de aço, cuja quantidade, tipo e tamanho são determinados pelo volume de óleo a ser elevado e a altura da elevação. O cabo elétrico é resistente a óleo, armado de fios de aço, resistente à pressão hidrostática e flexível para possibilitar fácil enrolamento.

As bombas Reda são de 7,5 a 100 HP, bombeando 18 a 14.000 barris diários (2.226 m^3 por dia, 1.550 l/min).

I) Explodimento - Cessada a possibilidade de extração do óleo pelos métodos primários, será necessário o emprêgo de explodimento no fundo do furo ou o método de repremência.

O explodimento poderá ser feito com torpêdos de nitroglicerina líquida ou com gelatinas especiais, sensibilizadas para as pressões oncorrentes. Em terreno não muito frouxos, pode-se obter maior superfície para a câmara da base do furo e estrondamento dos estratos oleíferos, facultando mais afluxo de óleo. É uma medida "heroica", pois pode "matar" definitivamente o poço. Só é utilizada em casos especiais.

J) Repremeência (repressuring) - É um método secundário fundamentado nas medidas iniciais que se tomam para manutenção da fluência natural: injeção de ar ou gás comprimido ou de água.

Foi descoberto em 1911, quando ar comprimido foi injetado em um furo em Ohio. Reaberto o furo, após algum tempo, apreciável /

quantidade de óleo foi elevada pelo ar que se escapava. Seguiram-se experiências de injetar gás através de um poço, para que encontrasse seus caminhos, através da formação, até um poço produtor.

Não há um procedimento aplicável a todos casos. Alguns injetam o gás na parte mais baixa, outros na mais elevada da estrutura, outros através de poços especiais dispostos regularmente na área a ser repressada. A abertura de poços especiais permite verificar se uma área foi totalmente esgotada ou se ainda contém suficiente óleo para repressar (testemunhando a areia e o seu grau de saturação por óleo; a porosidade da areia é importante, para determinar se o gás a percolará rapidamente ou não; porosidade uniforme e leitões espessos são favoráveis, mas presença de muita água é desfavorável). Por vezes, são utilizados antigos poros para a injeção de gases, mas em outros casos prefere-se abrir novos poços, para que não haja perdas através dos tubos de revestimento já fatigados. Geralmente os resultados são menos favoráveis em poços mais profundos, pois as recuperações primárias costumam ser maiores nos mais profundos.

Gás comprimido faz menos emulsão se água foi arrastada e assegura um fornecimento de combustível para motores não contaminado por ar e menos sujeito a conter mistura explosivas. Mas, como o ar se dissolve no óleo menos rapidamente que gás, ele pode ter mais poder condutor.

As pressões empregadas variam de 50 a 500 psi, com média de cerca de 200 psi. Pressões mais elevadas (até acima de 3000 psi) são usadas na fase de manutenção da fluência natural. O volume do gás depende de vários fatores, em cada caso particular. Se o reservatório é espesso e se muito gás foi removido na fase de produção, comumente ele deve ser alimentado com grande quantidade de gás antes que algum resultado seja obtido. Se a formação tem baixa permeabilidade, o volume poderá ser menor, mas com maior pressão. Conforme a pressão requerida, os compressores poderão ser de 1, 2 ou 3 estágios. Os custos poderão ser elevados.

O método de injeção de água é menos usual. Geralmente a injeção ocorre por poços sistematicamente dispostos: em linha, abaixo de cada poço; em pontos diversos. Várias condições são requeridas para bom sucesso operatório: formações contínuas, porosidade superior a 7%, permeabilidade uniforme, óleos não emulsionáveis, etc. / inclusive água limpa disponível (cf. Peele, pg 44-23)

FACULDADE FEDERAL DE MINAS E METALURGIA

DA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
AV. ATENAS, 363 - JARDIM SANTA LUZIA
OURO PRETO - MINAS GERAIS

METAMAT
Deptº Técnico

0179

CURSO DE LAVRA III

Alargamentos Abertos com Pilares

Sistemáticos

Notas autorizadas pelo prof. JOAQUIM MAIA.

Da pag. 1 a 29

Reimpressão

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
AV. ATENAS, 363 - JARDIM SANTA LUZIA
OURO PRETO - MINAS GERAIS

1



ALARGAMENTOS ABERTOS COM PILARES SISTEMÁTICOS. (Peele 10-149).

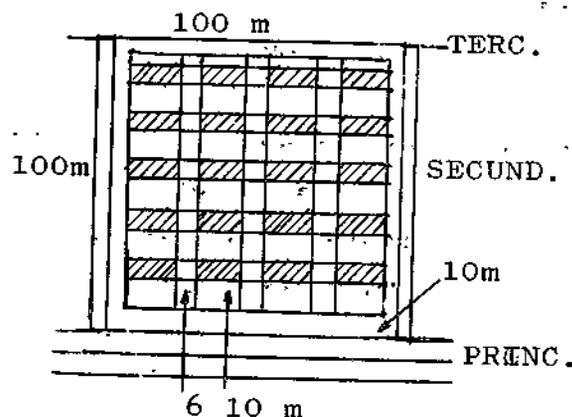
Diversos tipos de lavra poderiam ser enquadrados sob tal de denominação genéricamente "room and pillar methods", em inglês. No caso, consideramos apenas os alargamentos abertos; isto é, não sistemáticamente emadeirados; enchidos ou abatidos. O caso geral de "câmaras e pilares", envolve comumente madeiramento ou abatimento.

A) Aplicabilidade - Material pouco valioso, que justifique economicamente ou "abandono parcial da jazida" nos pilares remanescentes. Se estes pilares são recuperados simultaneamente com a lavra empreendida, não é o caso de "alargamentos abertos", pois requer enchimento coordenados. O caso é de "lavra aberta" se os pilares são abandonados ou são eventualmente, parcial ou totalmente recuperados após a lavra de todo um nível ou bloco. A distinção decorre, fundamentalmente, de que a continuidade da lavra não fica pendente de enchimentos ou abatimentos parciais, isto é, de imediata aplicação de outro "princípio fundamental" embora isto possa ocorrer ulteriormente, ou não, com forme julgado conveniente.

Ao contrário do que diz Peele, não se trata de aplicação de métodos característicos de carvão a minas metálicas ou de material de pouco valor unitários (sal, minério de ferro, etc.), nas minas carvoeiras, a execução de "câmara e pilares" é associada à sistemática recuperação dos pilares com enchimento ou abatimento do céu coordenadamente com a abertura de novas câmaras. Não ocorre então "abandono de pilares" de carvão: a lavra é condicionada pela sequência controlada, da recuperação dos pilares, e inicialmente deixados pela limitação dos vãos livres e não com a intenção de abandono.

Jazidas pouco inclinadas, teor e comportamento regulares, grandes áreas. Minério de pouco valor, abundante. Céu, chão e minério fortes.

B) Desenvolvimento - Geralmente, simples: acesso, conexão e centrais de transporte no próprio corpo, regularmente dispostas, traçando os blocos. As principais podem ser múltiplas.



C) Lavra - Processa-se por "alargamentos-cabeceiras", perpendiculares a uma das centrais, com a largura possível no minério, e por outros "alargamentos-cabeceiras", em ângulo reto com os primeiros, deixando os pilares (retangulares ou quadrados) necessários. Geralmente, as centrais são protegidas por pilares fortes. Exemplos típicos são minas de sal (Peele 10-149), minério de ferro na Lorena (lavra altamente mecanizada, com excepcional produtividade de 33t/homem-terno e 55t/homem-terno subterrâneo, mas com posterior recuperação dos pilares e abatimento do céu),

Em minérios espessos, o "alargamento-cabeceira" pode ser aberto em bancos, por exemplo, 6m de largura, banco inferior a 3,5m e depois o superior, de 4 a 5m de altura.

Se existentes trilhos, são levados até junto às frentes. Material médio, como sal, fosfatos, etc., podem ser "rafeados" e com carregamento mecânico.

MÉTODOS DE SALÕES E PILARES - (Peele 10-175) - Em casos especiais, muito raros atualmente, empregam-se escavações muito maiores que as "câmaras" e com pilares largos, no chamado "método de salões e pilares". Esses "salões" eram lavrados pelo método descendente, pelo de funil subterrâneo ou por método ascendente, de recalque ou com jogos retangulares (não aberto, neste caso). Em alguns casos, os "salões" eram cheios (recaindo em método de enchimento, se contemporâneo com a lavra).

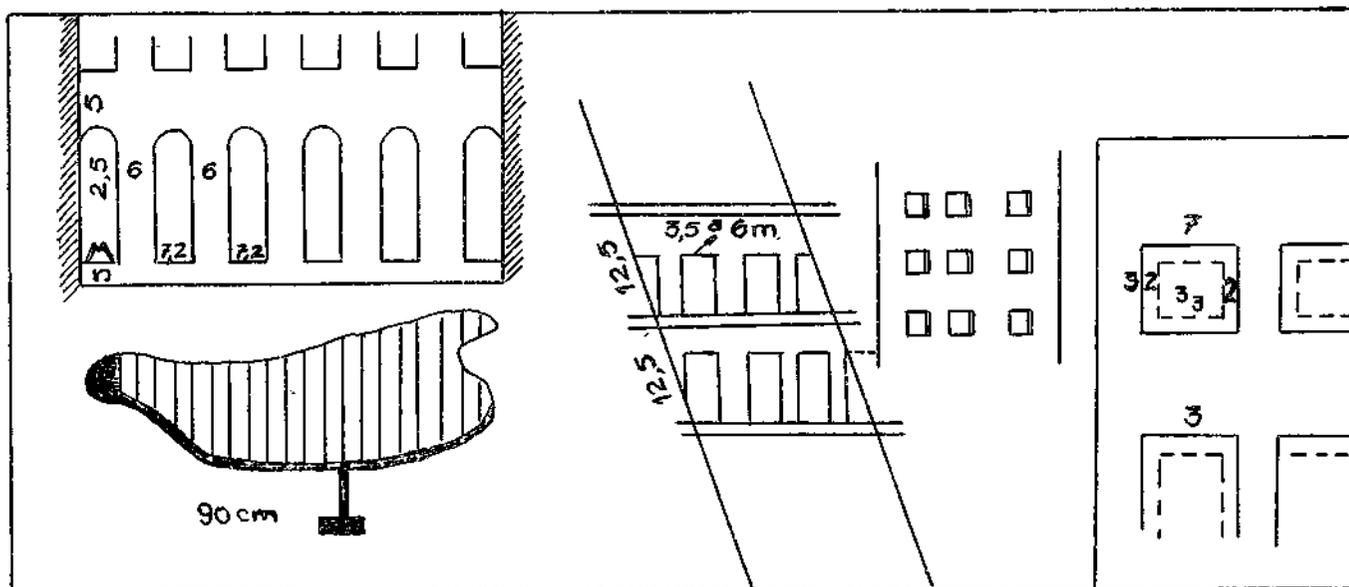
No caso típico, havia uma série de grandes alargamentos, separados por pilares verticais e horizontais (plataformas); abandonados, (pillar and stall). É considerado obsoleto para minas metálicas, com emprêgo reduzido em sal, ardósias, folhelhos, etc., material de pouco valor.

Aplicável em maciços, vieiros e camadas muito potentes, de material e encaixantes fortes, material de pouco ^{calor}ve sem seletividade.

Exemplos: Tilly Foster Mine (magnetita em gneiss); salões por "recalque, com travessa em madeira, no meio de cada salão, para acesso e transporte retirado o minério, os pilares eram abandonados, tendo falhado as tentativas de recuperação mediante enchimento dos salões;

Rio Tinto (pirita com até 3% de cobre); posteriormente lavrada por "enchimento, com frente horizontal"; possuía "níveis", a cada 25 m, sub-níveis de 12,5m, pôço vertical na lapa; (jazida formada por lentes, no contato pórfiro folhelho ou em fraturas, 350m a 2.000m de extensão, 12 a 75m de espessura e 150m a 550m de extensão em profundidade) a lavra era efetuada por cabeceiras e travessas, geralmente de 3 x 3m (em alguns casos, de 6 x 6m), com pilares de 7 x 7 m de secção, corres-

pondendo-se na vertical; as galerias eram avançadas em bancos, quando a frente era mais alta; posteriormente e conforme a resistência local do minério, as galerias eram alargadas e alteadas, chegando a salões de 7m de largura e 9m de altura (pilares ficavam com 3 x 3m, de secção e o patamar do sub-nível com 3,5m de espessura), mas, em condições médias, os salões atingiam 4 a 5,5m de largura por 6,5m a 7,5m de altura (pilares com 5 x 5m ou 4 x 4m, patamar de 5 a 6m); a recuperação oscilava, pois, entre 33% a 73%.



PONTO 2.4-2 - ALARGAMENTO EM MADEIRADOS - Métodos, desenvolvimento e lavra - Aplicações.

Segundo Charles Mitke, compreendem:

- a) Alargamentos esteiados (stulled ou proped stopes)
- b) Alargamentos com jogos retangulares (square-set stopes).

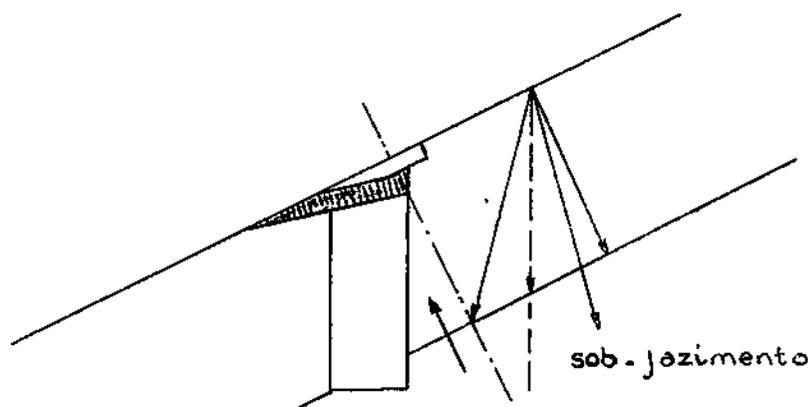
No primeiro caso, a sistemática colocação dos esteios (também chamados escoras, pontaletes ou estais), ou de baterias de esteios, fogueiras ou gaiolas, decorre de imposição do céu de mina ou da necessidade de prover suportes para os furadores, em mergulhos acentuados.

Não há diferença grande dos "métodos de alargamentos abertos" excluído o fato de que os esteios não são ocasionais, mas sistematicamente dispostos e impostos. Feita a "abertura do alargamento", a distância entre os esteios e a frente do desmonte é mantida entre 2m e 3m. Efetuado um desmonte, novos esteios são colocados.

Os esteios são de secção circular, de 8" a 24" de diâmetro, (20 a 60cm), usualmente espaçados de 1m a 1,5m, raramente até 2 ou 2,5 m e, ocasionalmente, com menos ou até justapostos. Entre os esteios, é feito um "estivamento" ou "faxinamento" com paus roliços de 4" a 6" (10 a 15 cm) de diâmetro ou com pranchões, de 2" a 3" de espessura. Sobre

essa paliçada, deixa-se 1m a 1,5m de minério desmontado, para protegê-la dos fogos.

A parte inferior do esteio é "falquejada", para se apoiar em um "sóco" ou patim, cortado a malho no chão, horizontal, com 1" a 2" de altura; em rochas fortes e até 6" ou 8" em chão fraco, após remoção de pedras soltas. A parte superior é esquadrejada e apoiada em um pequeno pranchão, de 2" a 3" de espessura, calçado com cunhas para dar "apêrto", denominado "testeira".

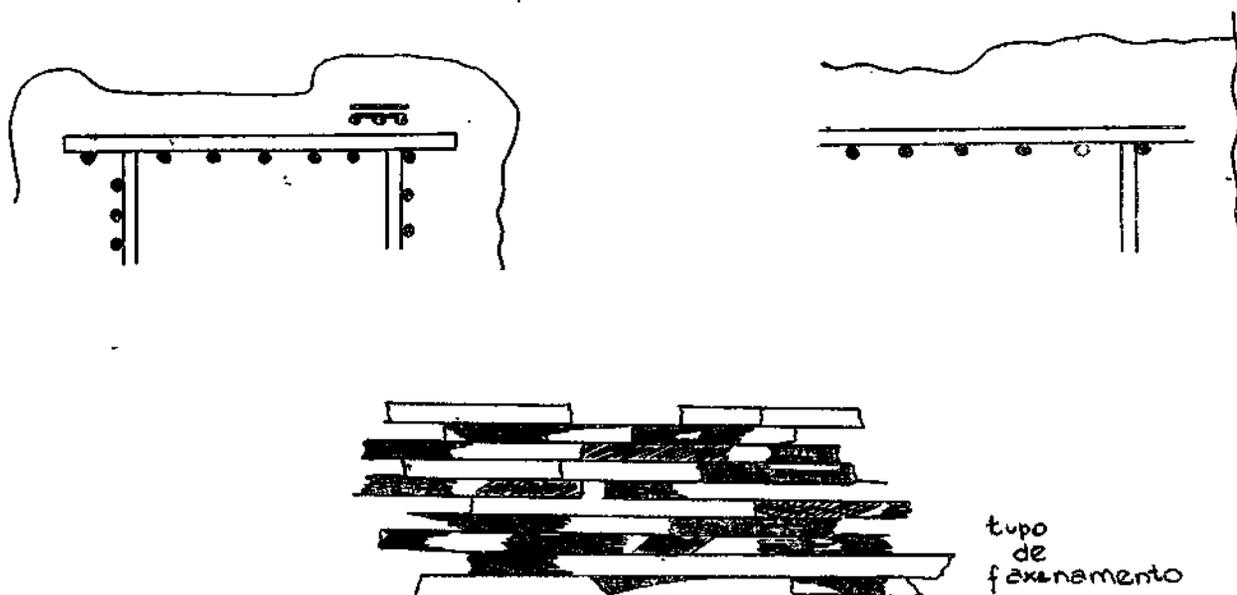


O esteio não é assentado perpendicularmente às paredes, mas fazendo um pequeno ângulo com elas, denominado "ângulo de sub-jazimento" (angle in underlie ou undersetting), a fim de não ser tombado por movimento tangencial do céu da mina. Esse ângulo fica, usualmente, entre a perpendicular às paredes e a bissetriz do ângulo formado por ela e uma vertical. W. Sanders indica o valor, para o ângulo de sub-jazimento, de $i/4$, sendo i o ângulo (portanto), ou melhor, sendo i o mergulho (portanto, metade do ângulo entre a bissetriz referida e a perpendicular).

T. Johson aconselha 10° para i entre 60° e 90° e $i/8$ para mergulhos inferiores a 60° . Assim, para mergulho de 60° , teríamos sub-jazimento de 15° segundo Sanders e de 10° segundo Johson; para 80° , teríamos 20° , segundo Sanders e 10° , segundo Johson; para 40° , daria 10° , segundo Sanders e 5° , segundo Johson (cf. Peele 10-161).

Considerações análogas se aplicam as baterias de esteios, fogueiras e gaiolas, embora saibamos que estas duas últimas não são apropriadas para mergulhos fortes e que devem ser travadas por esteios.

Aplicações: Cf. Peele 10-165



Esteios foram grandemente substituídos por "macacos hidráulicos", em minas de carvão e similares, por "macacos mecânicos", por cavilhas, vigas cavilhadas, etc.

Métodos de estruturas retangulares - (square-set method ou Nevada square-set sistem) - Peele 10-197.

Quando as aberturas são muito altas para econômica utilização de esteios (fogueiras, gaiolas) ou de área que requeira uma sustentação mais forte, empregam-se as "estruturas retangulares", conhecidas "Lavra II". Chegou a ser um método standard na lavra de grandes corpos, nos E.E. U.U.. Mas, pelo elevado custo das madeiras, foi substituído pelos métodos de recalque, enchimento e abatimento. Seu emprego foi reduzido a casos especiais e com minérios de alto valor:

- 1- quando as condições do terreno requerem sustentação cerrada do minério ou das paredes - como em terrenos macios ou em terrenos mais duros que esfoliam ou se lamelam;
- 2- como auxiliar, em métodos de recuperação de pilares;
- 3- em trechos isolados, altos.

As estruturas retangulares não fornecem suporte permanente: a madeira apodrece ou esmaga-se sob a pressão de extensas áreas lavradas (o desmoronamento pode produzir tensões de fadiga em blocos adjacentes, tornando sua lavra difícil e cara); um completo enchimento dos alargamentos lavrados por esse método poderá ser imposto pela necessidade de preservar os terrenos superiores ou por minérios fracos que requeiram completo e imediato suporte das frentes de desmonte superiores. Se a subsidência é possível, algum método de abatimento é usualmente

mais barato e preferível; se esteios ou gaiolas suportam as frentes, en-
chimento comum é preferível.

Vantagens:-

- 1- eficiência, quando adequadamente usado, para lavar quase todos os tipos de minério;
- 2- flexibilidade (alargamentos podem ser expandidos ou reduzidos à vontade; expansões irregulares podem ser seguidas nas encaixantes; diques ou nervos podem ser deixados sem lavar; galerias de prospecção podem ser empreendidas em qualquer pavimento);
- 3- segurança (desde que a área aberta possa ser ajustada à sua resistência);
- 4- facilidade de triagem nos alargamentos;
- 5- facilidade do manuseio do minério e de suporte dos trabalhadores, nos alargamentos;
- 6- boa ventilação;
- 7- as paredes dos antigos alargamentos podem ser lavradas, se desejado.

Desvantagens:-

- 1- alto custo (muita madeira de boa qualidade e aparelhadas);
- 2- perigo de incêndio (principalmente em alargamentos não en-
chidos).

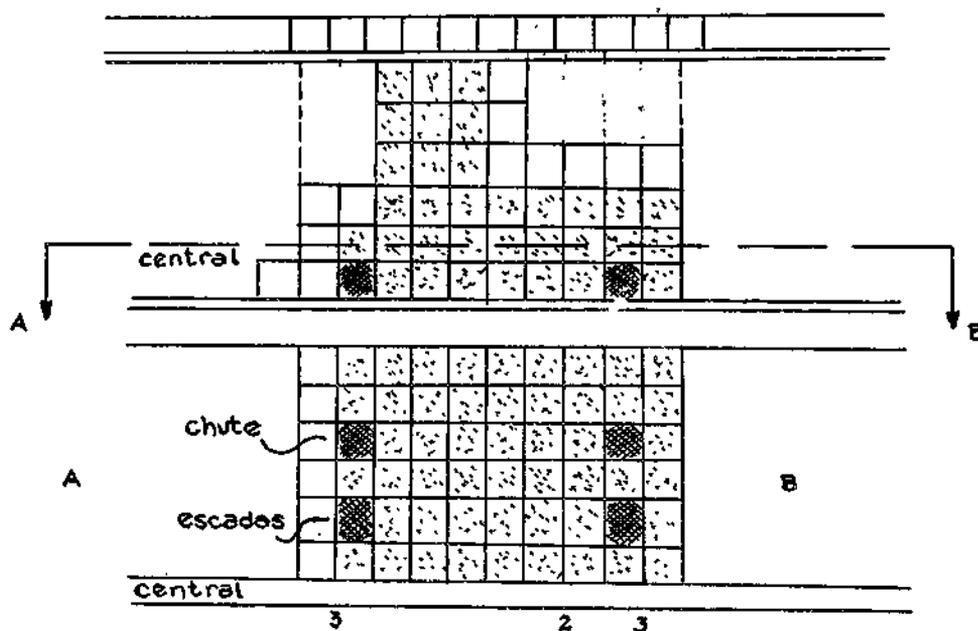
Para minorar estas condições, há tendência para uso de madei-
ras roliças, de qualidade inferior, tamanhos menores, movimentação das
madeiras por guinchos, mais descuidada execução, etc.

LAVRA - Os alargamentos executados por sucessivas pequenas es-
cavações, cada uma em madeira antes de iniciar a seguinte. As estru-
turas retangulares contíguas suportam-se mutuamente, formando uma contínua
estrutura horizontal de patamares (sill floor), no nível da "central de
transporte" ou mais elevados. O primeiro jogo de cada novo pavimento é
dito "jogo de subida" (raise set), composto de quatro postes, dois cha-
péus e duas travessas. O seguinte, em cada pavimento, é chamado "jogo
guia" (lead set), requerendo dois postes, dois chapéus e uma travessa -
ou dois postes, um chapéu e duas travessas. Os diversos pavimentos, a
cima do patamar ou térreo, são ditos "primeiro andar", "segundo andar",
etc. O mais alto é chamado andar de lavra e o imediatamente inferior
andar de paleamento (shoveling floor). Os postes têm, geralmente 2,1m
de altura e distam 1,5 a 1,8m de centro a centro, tanto no sentido dos
chapéus como no das travessas.

Geralmente os chapéus são mais fortes que as travessas, cuja função é manter os postes em posição (girts). Em vieiros, os chapéus (caps) têm, geralmente, sua maior dimensão perpendicular à direção do corpo (em maciços, segundo a direção de maiores compressões);

Pranchões são dispostos entre chapéus ou travessas nos andares de lavra e de paleamento, servindo de soalho para trabalhadores. Os postes têm secção de 8 x 8" a 12 x 12"; os chapéus têm mesma secção e as travessas 7 x 8" a 10 x 12". A disposição é de "postes contra postes" (post butting) ou de "chapéu contra chapéu" (cap butting), esta sendo mais usada, por apresentar mais elasticidade e menores deformações, embora a primeira ofereça maior resistência às pressões verticais. Há inúmeras modalidades de aparelhagem das justas, mais difícil nos paus roliços (cf. Peele 10-215 a 219).

O desenvolvimento para os alargamentos é variável: há uma central na lapa ou no minério; em corpos potentes pode haver uma rede de centrais e de travessas; pelo menos uma subida, até o nível superior, é usual, para ventilação de cada alargamento e descida de madeira e enchimento. Em grandes corpos fracos, há usualmente divisão em blocos, lavrados alternadamente ou em sequência (blocos menores, enchidos). Os blocos são geralmente, lavrados ascendentemente.



Os alargamentos podem ser levados com frente estagiada, horizontal, em domo, corrido ou mesmo vertical (vieiros inclinados, partindo da capa para a lapa). Em casos especiais (recuperação de pilares),

o alargamento pode ser descendente com jogos montados de cima para baixo e suportados por vigas em balanço (apoiadas nos lados não lavrados), por contraventos ou tirantes de suspensão (cf. Peele 10-211). O minério desmontado pode ser enchido em carros e levado aos chutes constituídos ou ser puxado por raspadores. Em outros casos, fazem-se caídas com pranchões, conduzindo aos chutes, como troncos de pirâmide. Há casos de jogos retangulares reforçados com vigas em diagonal ou mesmo de treliças triangulares em uma das faces do jogo (cf. Peele 10-231).

PONTO 2.4-3 - ALARGAMENTOS CHEIOS - Métodos, desenvolvimento e lavra - Aplicações e enchimento posterior.

Como visto, suporte para paredes e homens - e ocasionalmente, da frente é provido por estéril, dito "enchimento" (filling ou gob), constituindo parte integral do método de lavra. Excetuado o método de travessas", o emprego de madeira é ocasional, para suporte provisório.

Geralmente, o corpo é desmontado em pequenas seções, total ou parcialmente enchidas antes que as partes adjacentes sejam lavradas. Comumente, os alargamentos são ascendentes, com frente horizontal, estagiada ou corrida, mantendo-se o enchimento sensivelmente paralelo à face de desmonte e próximo dela.

Chutes emadeirados ou passagens são mantidos no enchimento, para descida do minério ou acesso de homens e equipamentos. O intervalo entre a face de desmonte e o enchimento é regulado pelas condições locais. A origem e deposição de enchimento foram vistas no estudo do princípio fundamental.

MÉTODOS - Alargamentos cheios. a) Enchimento imediato:-

- 1)- Corte e enchimento (cut and fill) - corte horizontal
 - corte corrido ou inclinado
 - corte estagiado
- 2)- Desmonte seletivo (resuing)
- 3)- Método de travessas (cross-cut) - tiras ascendentes
 - tiras descendentes.

b) Enchimento posterior:- (complementando alargamento aberto ou emadeirado).

Considerações gerais:- acarreta mais despesas unitárias que alargamentos abertos, mas, comumente, melhores recuperações, mais segurança, muita seletividade (minérios com buchos ou de paredes irregulares) sendo necessário em casos que imponham pronto suporte do céu (para se-

gurança ou evitar poluição).

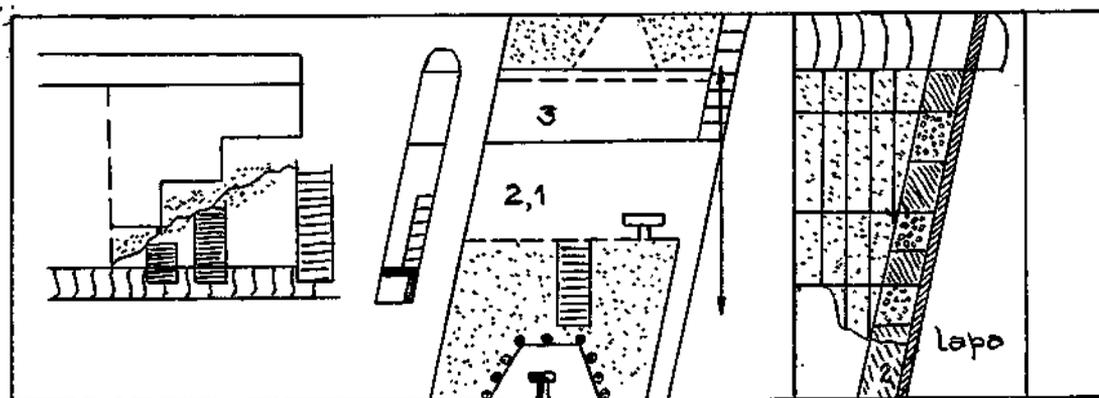
Se há necessidade de triagem, frente horizontal se impõe.

Método de corte e enchimento - (Peele, 10-238).

a) Aplicabilidade - corpos de forte mergulho, minério forte (potência até 5 ou 6m), encaixantes fracas ou fortes.

b) Desenvolvimento - como em lavra de alargamentos abertos ascendentes, de média potência. Necessárias subidas, para descer enchimento no alargamento ("passagens de enchimento", quando este provém de fora, devem ser contínuas, através dos diversos níveis).

c) Lavra - semelhante à de alargamentos abertos ascendentes. Chutes em madeira, a cada 6 a 15m, são prolongados no enchimento. São mantidas "passagens de homens", semelhante aos chutes, com escadas separadas ou em um compartimento de chutes duplos. Passagens auxiliares são estabelecidas nas extremidades do alargamento. O enchimento pode provir do local ou de fora, por subidas apropriadas. Escoramentos ocasionais da frente são possíveis, com esteios.



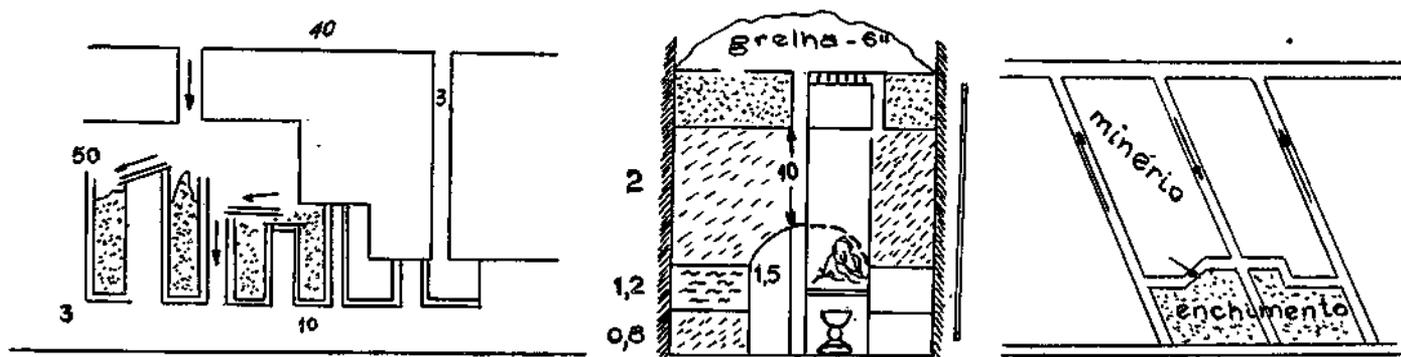
Em minérios fortes, potências maiores são lavráveis: as centrais ficam no corpo, com chutes para o minério; descida para enchimento externo são providas, junto à lapa, com interrupções e chutes nas alturas sucessivamente atingidas; plataforma de uns 3m é preservada, sob o nível superior enchido; carros ou raspadores são usados, para distribuir o enchimento ou para levar o minério aos chutes.

Esporadicamente, o corpo é lavrado por tiras descendentes: abre-se descida na lapa, sendo diversas tiras atingidas por pequenas travessas, baixas; as tiras são escoradas com jogos, apoiados em vigas longitudinais e com coalhos para sustentar os enchimentos (em alguns casos, lajes de concreto de escórias, vergalhões de aço e telas metálicas).

Alargamentos corridos fornecem caídas do minério e do enchimento, exigindo menos chutes e geralmente menor custo; mas, frentes ho-

rizontais são melhores para os trabalhos de furação, e de mais fácil regulação e flexibilidade de avanço e enchimento localizado, bem como mais fácil triagem de fragmentos grossos e abandono de nervos, maior facilidade de redução de extensões, embocamento de galerias de exploração ou de fornecimento de enchimento local.

Exemplos: Almaden (Espanha) - níveis a 50m, blocos de 40m de extensão, subidas feitas com plataformas Atlas (completadas em um mês, com 3m de diâmetro para ventilação, introdução de enchimento, acesso de canos de ar e água, homens e material - furo central de 3", guincho no nível superior, gaiolas Jora suspensas, quatro furos de pilão estrangeiros, mais quatro furos auxiliares, mais quatro aliviadores e 8 terminadores). Centrais de 3m de altura e 4,5m a 6m de largura, furadas com martetele e pernas de alimentação. Carros de 1t, carros carregadores, locomotivas de baterias. Centrais alargadas e elevadas para 5,5m de altura - revestidas com concreto e pedra seca. Passagem de minério com blocos duplos de concreto, espaçados de 10m. Chutes tipo "Chinaman".



Minério e enchimentos são movimentados, no alargamento, por pequenos transportadores. Sobre o enchimento, provido de fora, coloca-se uma pequena camada de areia, afim de permitir melhor recuperação de cinábrio fino desmontado.

Shakanai - (Hokuroku - Japão) - as tiras são lavradas descendentemente, com escoramento do céu, das paredes (estas com telas, cavilhas e testeiras), os raspadores puxados, ou melhor, puxando para chutes. Mas, corresponde a alargamentos abertos. Mas, em Uchinotai, cada câmara aberta é assoalhada com laje de concreto de escória (reforçado com vergalhões longitudinais e telas metálicas) e enchida com escória. A tira inferior e porta essa laje com jogos de madeira provisórios, até ser enchida, da mesma forma. As paredes laterais são protegidas por tela e cavilhamento, como no caso anterior, se necessário.

Morro Velho - alargamento ascendente, enchidos com material

provido do exterior ou da mina, com 3 subidas para cada bloco, a meia declividade. O minério é subido pelas duas rampas laterais e o enchimento descido pela rampa do meio.

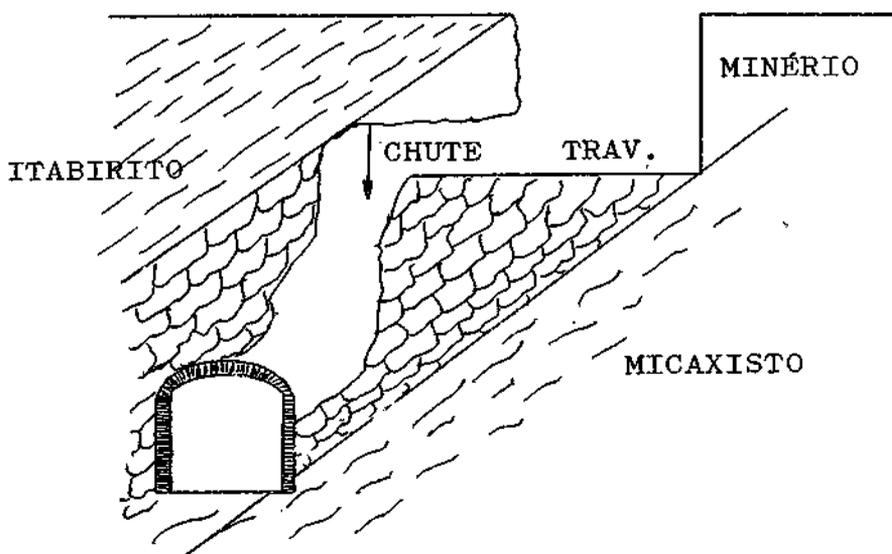
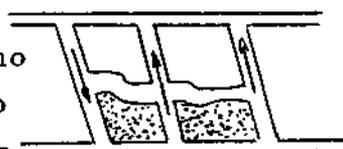
Em outra variante, o minério sobe pela rampa do meio e por uma das laterais. O enchimento desce pela outra e também pela do meio. As cachoeiras avançam, portanto, no mesmo sentido lateral e não em sentidos contrários como no caso anterior. O método tem sido substituído pelo ^{de} recalque, com enchimento ulterior.

Enchimento parcial - era bastante empregado outrora, mas tornou-se caro ou ocasional, pelo encarecimento da mão de obra. Em túneis, para mento de paredes (enchidas com fino), etc. Passagem de Mariana foi um exemplo típico. Persiste em "gigantes", para recuperação de pilares, "reações" para sustentação de furadores túneis em vias nos terrenos abatidos, etc.

Na África do Sul, empregam-se "queijos" de concreto pré-moldados, para pilares artificiais, ou pilares de concreto (com "macacos" na parte superior).

Na Índia usaram blocos de granito ou de basalto, aparelhados.

Fig. no
espaço
na pag-
10.



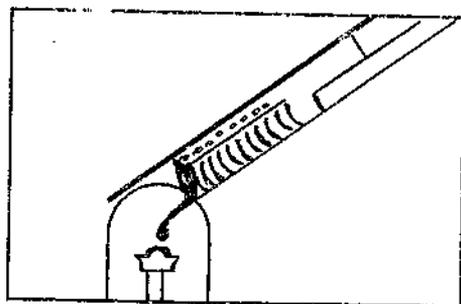
Método de desmonte seletivo ou de reprocessamento (resuing ou strip ping) - Peele 10-245.

É um caso particular do método de corte e enchimento", aplicável a vieiros muito estreitos e de forte mergulho, ou à lavra de "faixas ricas".

Requer, que além de forte mergulho e valioso, o material possua uma "goiva", que o separe distintamente da encaixante.

Lavra - aberta uma "central" abrangendo o minério e devidamente protegida, procede-se a uma lavra ascendente, com frente horizontal, de espessura tão estreita quanto possível, sobre a faixa de minério rico. Esse material é usado como enchimento do alargamento e constroem-se

chutes emadeirados e "passagens" nos extremos do bloco. Esses chutes são afastados de 5 a 15m. Recobre-se o enchimento com tábuas e desmonta-se, então, a parte rica, descapeada, paleando-se e transportando-a para os chutes. Alcançada a altura da parte pobre, aumenta-se os chutes e volta-se a desmontá-la, utilizando-a como enchimento, entre os chutes.



As alternativas para a lavra de tal veio seriam:

- 1)- lavar o conjunto e fazer a melhor triagem possível no a alargamento, o que forneceria minério mais poluído e de menor teor.
- 2)- desmontar o minério rico antes de lavar a espessura necessária (difícil).
- 3)- abrir o alargamento na lapa e desmontar, depois, o céu do minério.

Exemplos: Lavras de lentes de minério de tungstênio, com espessura de 20 a 25cm, extensão de 24m, mergulho de 70°, em vieiros de fissura em granito - acesso por poço inclinado de 2 compartimentos, níveis de 15 a 30m, chutes a cada 7,5 a 9m, o plano inclinado ficava na lapa, 12m' das lentes; a espessura do alargamento era 1,2 a 1,8m e o excesso de enchimento descarregado nos chutes e removido; produtividade: 0,4t/homem - -terno total.

Método de travessas (cross-cut method, Peele 10-258)

a) Aplicabilidade - vieiros potentes ou maciços, com minérios de paredes fracas. Minério lavrado por tiras horizontais, em ordem ascendente ou descendente, em painéis estreitos, cada um enchido antes de lavar o contíguo.

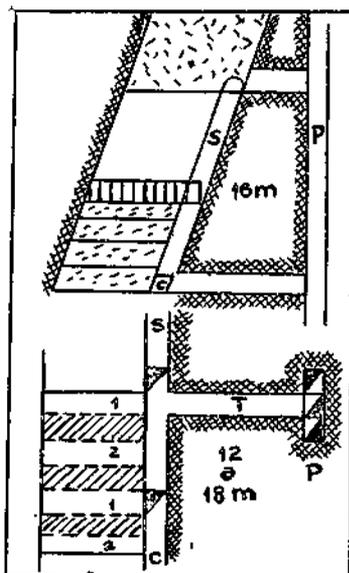
b) Desenvolvimento - acesso e conexões. Níveis de 15 a 20m. Centrais no contato inferior, com subidas até o nível superior a cada 12 ou 20m.

c) Lavra - cada bloco, com uma subida, é lavrado por painéis em travessas, com a largura possível e emadeirados. Lateralmente revestidos por pranchões e depois enchidos.

Enchimento desce, pela subida, do nível superior. Ordem dos

paineis variável, como indicado, por exemplo.

Lavrada uma tira de bloco, pode-se levantar a central e empreender a lavra da tira superior, despejando o minério em carros na central do nível. Outros blocos são, idênticamente, lavrados e enchidos. A partir da terceira tira, a subida em madeira servirá para a descida do minério para a central do nível, e na sua parte superior, para entrada do enchimento (proveniente do nível superior). As centrais dessas tiras já lavradas são enchidas também. Em cada painel ou câmara, o minério.



Em cada painel ou câmara, o minério desmontado é paleado em canos. Em alguns casos, as sucessivas travessas são lavradas em ordem contínua, possibilitando triagem e jogada do estéril na vizinha, se não for necessário imediato enchimento.

As travessas têm 1,8 a 2,4m de altura e 1,8 a 3m de largura (ou quanto o minério o permita). A lavra é frontal e, naturalmente, mais fácil nas posteriores à primeira travessa ou nas tiras superiores. A lavra da última tira requer cuidados, a menos que o enchimento do nível superior esteja consolidado. Lavra descendente requer soalhos e vigas longitudinais sob os jogos de madeira. Raramente os níveis comportam mais de 10 tiras: usualmente 5 a 8; pois, o enchimento não é muito compactado e cede um pouco, pelo peso do minério acima. Há diversas variantes, com travessas em outras direções, centrais de transportes múltiplas (contornando o corpo e com ligações), lavra descendente (como indicada em corte e enchimento), etc.

ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ
ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ ℓ

PONTO 2.4-4 - ALARGAMENTOS ABATIDOS - Métodos, desenvolvimento e lavra - Aplicações

Métodos: abatimento do céu; abatimento parcial do minério; abatimento em bloco.

Método de abatimento do céu (top slicing, Peele 10-297).

Compreende as seguintes modalidades:

- a) fasquiamento com jogos (drift slicing)
- b) " " esteios (prop slicing)
- c) " " estruturas retangulares (square-set slicing)
- d) " " câmaras (top slicing by rooms)
- e) " " inclinado (inclined top slicing).

a)- Aplicabilidade - Os métodos de abatimento (caving methods), senso estrito, são aqueles em que o minério é solapado e depois, quebrado por seu próprio peso ou pelo peso das rochas sobrejacentes. Mas, por hábito, são também assim considerados aqueles que envolvem abatimento do material sobrejacente de uma jazida, como parte sistemática e essencial da lavra, em bora todo o minério seja praticamente, desmontado por furação e explosão. As condições gerais para os métodos de abatimento são: 1)- trabalhos de larga escala; 2)- corpos de grande área horizontal (vieiros largos, camadas espessas, maciços - capeados por terrenos glaciais a rochas firmes); 3)- minério fraco ou, se duro, completamente fraturado; 4)- jazidas de mineral barato ou minérios de baixo teor, nas quais perda de minério ou contaminação com estéril seja menos séria que para minérios de elevado teor.

Requisitos comuns a todos métodos de abatimento: 1)- O capeamento deve abater e descer, à medida que o minério subjacente é removido (capeamento que fique pendente e depois caia bruscamente sobre consideráveis áreas e muito perigoso); 2)- subsidência superficial não deve afetar propriedades valiosas nem fazer perigoso o trabalho subterrâneo. São indesejáveis: jazidas planas e finas, corpos pequenos e de elevado teor ou de forma muito irregular; corpos com muito estéril, que deva ser separado subterrâneamente; corpos contendo minerais que devam ser tratados separadamente.

Especificamente, para abatimento do céu: céu e minério fracos; preferíveis corpos que possibilitem alargamentos com lados verticais ou de grande mergulho (vieiros com mergulho inferior a 60° acarretam despesas suplementares, pela extensão do "colchão" em cada tira, com dificuldade maiores em paredes mais fortes e menores mergulhos).

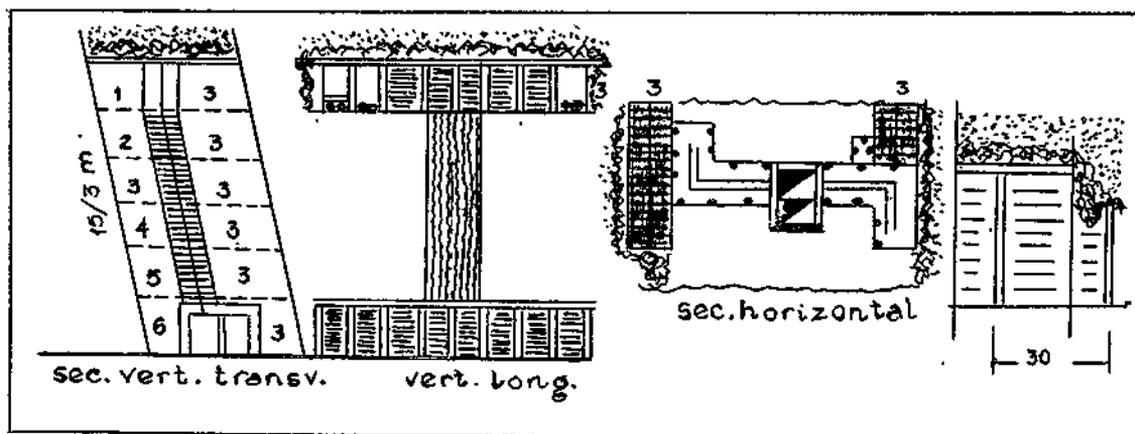
Vantagens: 1) possibilita lavra em terrenos muito pesados para econômica utilização de estruturas retangulares; 2) comumente requer menos madeira que o método de jogos retangulares e madeira mais ordinária, mais fácil

de assentar e sem aparelhamento tão complicado; 3) economiza custo de enchimento; 4)- requer menos trabalhadores especializados; 5)- possibilita melhor recuperação de finos ricos; 6)- possibilita interrupções ocasionais.

Desvantagens: - 1)- menos flexível; 2)- desmorte frontal (usualmente mais caro que ascendente); 3)- requer mais desenvolvimento para cada bloco; 4)- o desmorte é concentrado no topo do corpo, sem possibilitar abertura simultânea dos níveis inferiores (não produz a desejada tonelagem, em corpos de pequena área); 4)- custo de transporte do madeiramento usualmente maior que nos métodos de jogos retangulares.

b) Desenvolvimento - varia muito, conforme a secção horizontal do corpo. Poços devem ser locados de modo a não serem afetados pelo abatimento. Níveis, usualmente, a 15 a 30m, com transporte mecânico concentrado em 30 a 90m, verticalmente. Central única ou em rede de cabeceiras e travessas. Subidas convenientemente locadas, comumente a intervalos de 15 a 30m (por vezes, com dois compartimentos). Quando as tiras tem 3,6 m ou mais e o minério é suficientemente forte, "sub-níveis" não emmadeirados, de uns 2m de altura, podem ser usados, gradativamente (em verdade, "cabeceiras" das tiras).

c) Lavra - Tiras horizontais, em ordem descendente, a partir do topo da jazida. Cada tira é lavrada em pequenas secções, e o céu abatido antes de lavar a adjacente. A lavra é em récuo para o ponto de entrada.



Se necessário, as galerias das tiras são abertas pelo "método de empurrão". Essas galerias têm, usualmente, 2,1 m de altura por 2,5m de largura e são seguradas por jogos e faxinamento. Após lavradas, cada travessa é assoalhada, com três vigas longitudinais e pranchões, tendo aqueles diâmetro de 3" a 8". O minério é paleado em carros de 700 a 1.000 kg e despejado nos chutes. Os jogos das travessas são explodidos e irão contribuir para formar o "colchão" ou "tapete" (mat), sob

o estéril que o acompanha na descida. As travessas numa tira inferior podem ser empreendidas desde que sua execução não interfira com a lavra da tira superior, antes que esta esteja terminada. As cabeceiras' de cada tira são chamadas, impròpriamente, de subníveis e designadas por numerosos sucessivos.

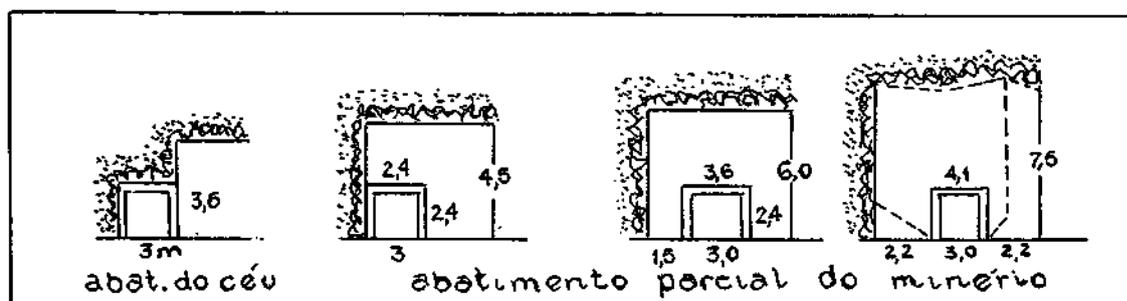
Os detalhes executivos variam muito. A variação do modo de escozamento das tiras conduz às modalidades de fasquiamento por jogos, esteios' estruturas retangulares (mais elevadas, com tiras mais espessas).

Quando as escavações são mais largas, temos o fasquiamento por câmaras. Se as tiras são inclinadas, o que facilita a descida de minério por raspadores, temos o fasquiamento inclinado. O carregamento pode ser mecânico, com raspadores ou carros carregadores. Em alguns casos as tiras são radiais, com centro nos chutes subidos, para facilitar o emprego de raspadores. As travessas têm, usualmente, 3 a 3,6 m de altura por 3m de largura, os jogos são de madeira roliça de 6" a 10", os pranchões são de 2" x 10" e comprimento de 3m a 4,5m. Ventilação deficiente. Extração de 90 a 95%, se o "colchão" se abate prontamente e fica sólido' no tópo da tira.

£ £ £ £ £ £ £ £
£ £ £ £ £ £

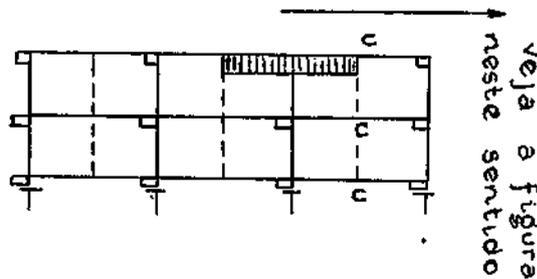
Método de abatimento parcial minério (top-slicing with partial ore caving, sub-drift caving, sub-level slicing? slicing and caving, sub-bing Peele 10-324).

O método é semelhante ao de "abatimento do céu", com tiras lavradas descendentemente e abatimento do material superior, à medida que se remove o inferior. Contudo, as tiras têm, usualmente, 4,5 a 7,5 m de altura (contra 3 a 3,6m, naquele), com um teto de 2,0 a 4,0 m de minério entre os jogos e o "colchão", removido em retirada, para os acessos locais. A figura indica essa diferença fundamental.

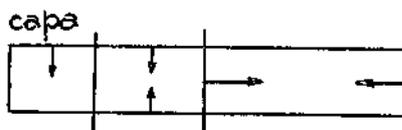


a) Aplicabilidade - Grandes corpos moderadamente macios ou moderadamente firmes, capeados por terreno que abata prontamente mas em fragmentos grossos, formando um domo temporariamente autosuportável sobre pequenas aberturas (condição não necessária nem desejável em método de abatimento do céu).

b) Desenvolvimento - semelhante ao do céu. O intervalo de níveis é maior: 22 a 60m, pois o minério é mais forte e as tiras são mais altas. Podem ocorrer subníveis. Centrais simples ou múltiplas (conforme a potência do corpo), com travessas convenientes, intervaladas de 15 a 30m. Subidas emadeiradas, com intervalo de 10 a 15m, de duplo compartimento (chute e passagem); algumas vezes ramificadas, como no caso de método de lavra aberta por subníveis. As cabeceiras emadeiradas de cada tira têm comprimento da ordem de 30m, podendo ser múltiplas (partindo das subidas) e com várias travessas que delimitam os blocos adequados à lavra. O desenvolvimento nas tiras é feito gradativamente, à medida que começam a ser lavradas, e partindo de jogos adequados, deixados na execução das subidas prévias. O intervalo dessas cabeceiras é o correspondente à altura das tiras, isto é, 4,5 a 7,5m, excepcionalmente atingindo até 15m.

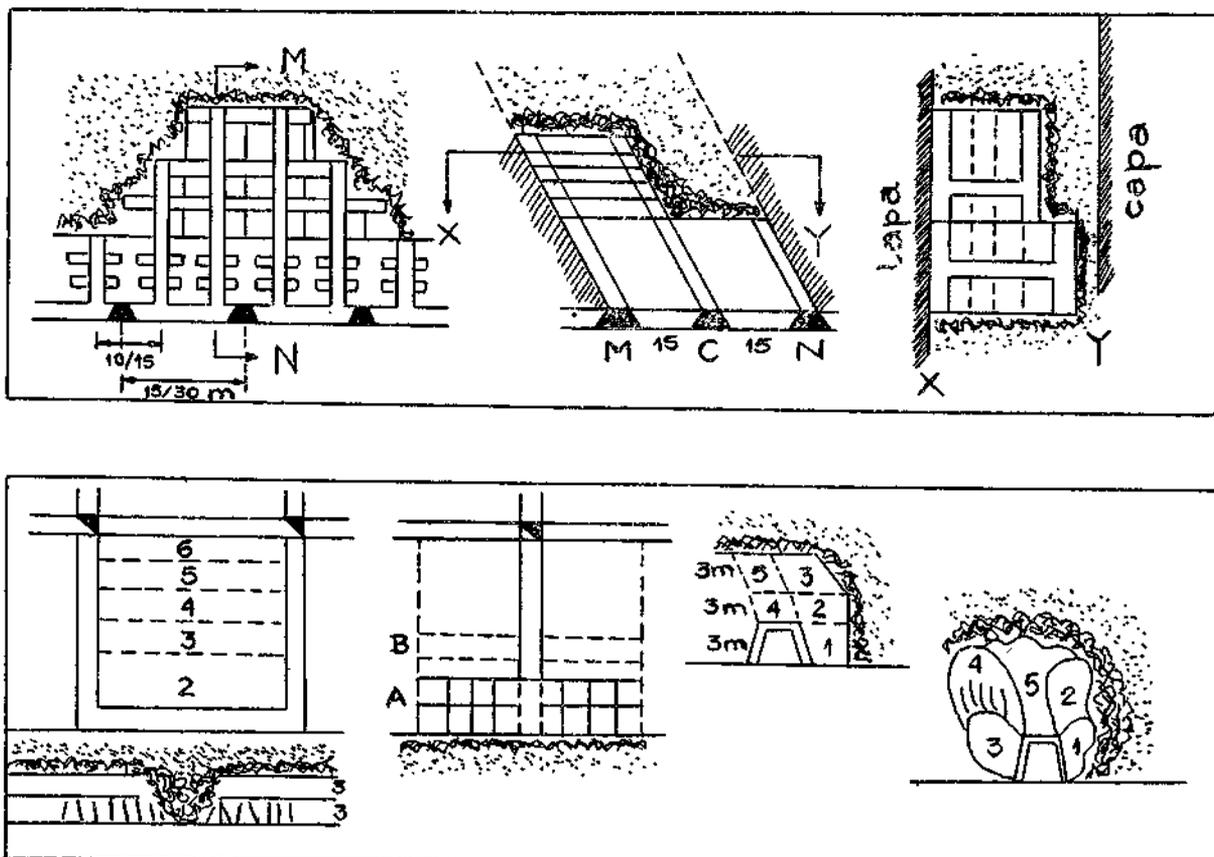


c) Lavra - O tópo do corpo é lavrado por abatimento do céu, até lavar espessura razoável do colchão.



Depois, procede-se com o método, com desmonte sempre em retirada: da capa para a lapa, das duas paredes para o centro ou em direção paralela à direção (dos extremos para o centro). Cada bloco limitado pelas tiras é lavrado em painéis, a partir das cabeceiras ou travessas dessa tira, recuando para as subidas, em diversas modalidades, como, por exemplo, a indicada na figura seguinte (em retirada, da capa para a lapa e dos extremos para o centro). Cada subida serve à metade dos blocos contíguos, por cabeceiras e travessas. Cada bloco é desmontado por painéis longitudinais (paralelos à direção do corpo). O minério des-

montado é carregado em carros de 500 a 1.000 kg (manual ou mecânica-mente) ou puxado com raspadores, para as subidas em madeiradas. Pequenas quantidades de estéril podem ser separadas e deixadas nas tiras' (usando-se, neste caso, assoalho).



As figuras indicam variações na sucessão da lavra dos blocos e na do desmonte, em volta das aberturas executadas. Com ou sem emprego de furação e explosão, conforme a necessidade.

Emprega-se, madeira ordinária e os jogos não são recuperados. Ventilação, geralmente, auxiliada com aspiradores ou sopradores e tubulação de fora ou de plásticos. Recuperação entre 80% e 95% e minério mais poluído que no "método de abatimento do céu". Mas o consumo de madeira e o custo de desmonte são menores e há maior produção diária, para mesma área horizontal do corpo. O contrôle do abtimento é pior. Se o minério é muito fraco, o método de abatimento do céu é preferível.

Método de abatimento em bloco - (block caving, Peele 10-339)

Blocos, de até 180m de altura, são solapados, fraturam-se e abatem-se, controladamente, pela gradual remoção do material abatido. A extensão lateral do abatimento é regulada por prévio enfraquecimento dos limites do bloco (mediante estreitos alargamentos de recalque ou pela superposição de diversas galerias nesses limites).

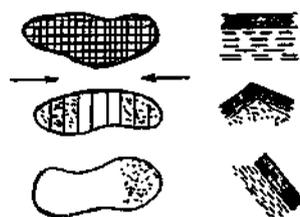
a) Aplicabilidade - Além das gerais aos métodos de abatimento (serviços em grande escala, grande área horizontal, minério fraco ou muito fraco).

rado, teor fraco, capeamento abatível, possível subsidência superficial não relatividade), o método requer: a)- não haver excessiva diluição por abatimento das encaixantes laterais (maciços ou vieiros com mais de 65° de mergulho); b)- possibilidade de liberação lateral (se economicamente factível); c)- limites regulares do corpo; d)- corpos moderadamente macios ou moderadamente duros; e)- grande disponibilidade inicial de capital.

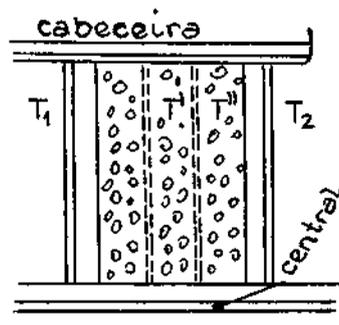
Vantagens: - É seguro e o de mais baixo custo por tonelada (pouco desenvolvimento relativo, pouca furação, explosivos e madeiras); produção centralizada; boa ventilação.

Desvantagens - Desenvolvimento demorado e implicando grandes despesas iniciais; manutenção cara das galerias de extração e com interferência nos transportes; pouca flexibilidade de produção, não possibilitando interrupções; recuperação, às vezes, baixa; pouca flexibilidade alteração do método, uma vez iniciado.

Modalidades - 1)- Divisão horizontal em blocos (quadrados ou retangulares, extraídos uniformemente em toda área para manter um plano de contacto horizontal entre o minério e o estéril que o acompanha usualmente, 45 x 45m de secção, para cada bloco).



2)- Divisão horizontal em painéis (longitudinais ou transversais, extraídos em retirada, mantendo o plano de contacto inclinado; dimensões conforme a extensão ou a largura, respectivamente, usualmente, de uns 20x60m) Global (sem divisão horizontal definida em blocos ou painéis; a extração se processa à uma parede para outra, mantendo o plano de contacto inclinado a vertical).



Lavra - Muito variável. No sistema primitivo, PEWABIC, usavam-se níveis com intervalo de 30 a 40 m, blocos de 70m de extensão e em toda largura do corpo (cêrca de 60m); uma central era feita na lapa, a uns 6 m do corpo e dela partiam travessas limitando bloco, usualmente, mais duas travessas; equidistantes entre todas, eram feitas; uma cabeceira junto à capa era executada, para facilitar a ventilação; nas travessas extremas eram abertas subidas, a cada 15m (até uns 6m abaixo do nível superior) reunidas no seu topo por novas travessas, dessas travessas superiores eram empreendidos alargamentos descendentes, com 2,5m de largura, abrindo todos os dois lados laterais do bloco (a menos dos 6m deixados no topo); enquanto isto, era tocado um alargamento frontal, com 2,1 m de altura, em toda base do bloco, deixando fortes pilares ao lado das travessas extremas e fracos pilares, espaçados, para sustentar o mi-

nério; os pilares eram furados e explodidos por secções; o bloco abatia-se, levando semanas para assentar 2,1m, depois do que a massa abatida continuava a "trabalhar" e a esmagar-se; em 6 a 8 meses, 80% do material atravessava um crivo de 3"; depois do material estar suficientemente fragmentado, abriam-se travessas emmadeiradas, no lugar das duas travessas centrais, anteriores (processo de empurrão), com pequenas cabeceiras até aos lados do bloco, com intervalos de uns 8m; no final dessas cabeceiras, colocavam-se chapas e paleava-se o minério em carros; quando aparecia o estéril, abatiam-se uns dois jogos e continuava-se a extração o minério remanescente entre cabeceiras sucessivas era recuperado por novas cabeceiras intermediárias; finalmente, era extraído o minério entre as duas travessas.

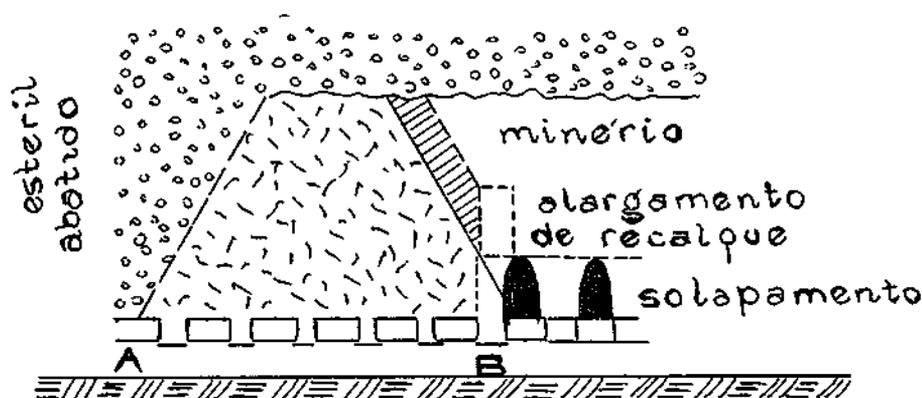
Na prática mais moderna, começa-se por um desenvolvimento inferior de chutes verticais, ou subidas, chutes ramificados (como no caso do método de subníveis), nível de grêlha, etc, seguidos de um subnível de solapamento, com os pilares abatidos. São "métodos de abatimento em bloco através de chutes" (block-caving into chutes). O desenvolvimento é adaptado à forma do corpo e modalidade do método utilizado. Em alguns casos, são usadas travessas ou cabeceiras, em diversos níveis para recolhimento do minério abatido por "carregadoras de rodas" (descidas por rampas helicoidais) e que despejam o minério em "passagens de minério", no fundo das quais são britados e depois levados, por correias transportadoras, a "esquipes" com chutes Kimberley. O abatimento é sempre rigidamente controlado, pelos "ângulos de retirada".

São desejáveis blocos altos, para diminuir o desenvolvimento e material explodido por tonelada produzida; mas isso é condicionado pela espessura do corpo, seu mergulho, caráter do minério e do capeamento (ver TAB. 51, Peele, 10-340). O uso de colchão na parte superior, é raro.

A extração obtida é fundada em "expectativa", com base no tipo do corpo, teores, variantes do método, etc. É feito um cuidadoso controle e registro nos chutes, para manter a subsidência geral sob controle. É altamente importante o afastamento entre os diversos chutes, bem como a configuração destes.

O plano de contacto é mantido inclinado, entre 30° e 70° (se horizontal, requeria uma grande área para transporte no nível, para uma dada produção, com forte inversão de capital nos desenvolvimentos exigidos; se vertical, daria mínimo peso nas centrais, mas forte poluição do minério intermediário, terá escolha influenciada pelo terreno, modalidade de abatimento, espessura dos pilares entre os chutes, tipo de capeamento, produção requerida, extensão da área de "retirada", etc). Essa inclinação é o chamado "ângulo de retirada".

Grandes minas subterrâneas de cobre, etc., são lavradas por este método.



APLICAÇÃO:-

CD = 6/15m

CBA = 30° a 90° (DÂB deve ser mantido igual).

AB - direção de retirada.

Alarg. de recalque para aliviar tensões no minério adjacente.

DC - não deve ser nulo.

HUMBOLDTMINE (ângulo de retirada de 60° a 70°)

(Morenci, Arizona).

2.5 - MÉTODOS DE LAVRA SUBTERRÂNEA EM MINAS CARVOEIROS - Requisitos especiais. Desenvolvimento duplo, triplo e quádruplo - Limitações de níveis. Subníveis, tiras - Blocos e painéis - Classificação.

a) Considerações gerais - Jazidas menos variadas que as metálicas. Geralmente, camadas pouco inclinadas e como tal lavradas (exceções: antracito da Pensilvânia - mergulhantes, dobradas, falhadas; há diversas outras - França, Bélgica, etc. - também falhadas, potentes e mergulhantes cujos métodos de lavra se assemelham aos das minas metálicas) - Imposições especiais pertinentes à ventilação e menor produção de finos. Os princípios fundamentais são os mesmos: abandono parcial (geralmente com recuperação dos pilares), enchimento e abatimento do céu. A grande área horizontal e requisitos de ventilação influenciam muito os desenvolvimentos.

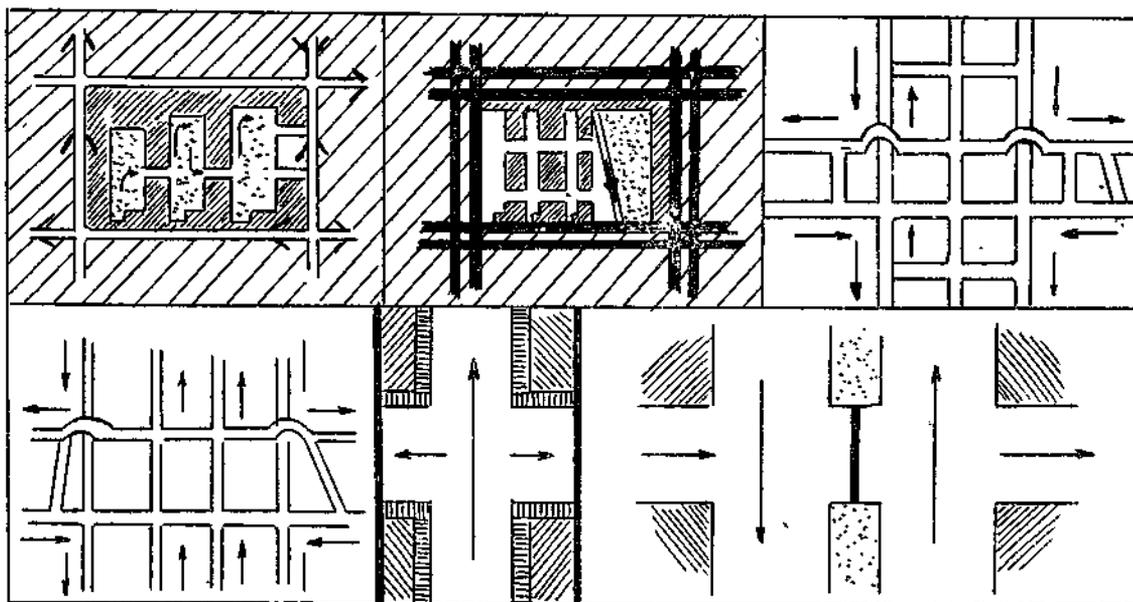
b) Desenvolvimento - Acesso, geralmente, por poços verticais gêmeos. Conexões e estações amplas.

As "centrais de transporte" são ditas, em inglês, "entricks", "headinas", "roads" (nas minas betuminosas) e "gangroays" (nas antracitosas). As "galerias de ventilação", são denominadas "airways", "air courses", "monkey keys".

No Brasil, com entradas comumente por túneis, as principais vias são di-

tas "mestras reais", as secundárias, paralelas "mestras" e as perpendiculares a elas "cruzeiros".

Em minas de médio vulto, raramente as galerias são SIMPLES, podendo ser controladamente, usadas como via de transporte e de ventilação (usam-se portões reguladores, septos nas câmaras de lavra, etc), pois um abatimento do céu da galeria pode impedir a ventilação de toda uma zona da mina.



Podem ser DUPLAS, partindo das vias de acesso: uma se destina à entrada de ar e transporte e a outra à saída do ar viciado. Ligam-se por pequenas travessas, ditas "quebra-vãos" (breakthroughs), devidamente vedadas, por enchimento ou portões, à medida das necessidades. Desas "vias mestras" partem as centrais secundárias, "cruzeiros", comumente, também duplas e com "quebra-vãos". Desses "cruzeiros" é que partem as "câmaras" de lavra, de um ou de ambos lados. O sistema oferece boa segurança, em caso de acidentes, separação de ventilação e independência de desenvolvimento.

As vezes, as vias principais são TRÍPLAS, como em minas muito grisuosas, quando uma via única não é suficiente para saída do ar poluído e gases despreendidos, ou quando o céu de mina não permite a execução de uma galeria com dupla via de transporte. Neste último caso, a galeria central é usada para saída do ar e as duas laterais servem ao transporte e à entrada de ar. Se as galerias são QUÁDRUPLAS, facilitam completa independência da ventilação em duas seções da mina. Duas servem como via de acesso do ar e transporte - ou uma apenas para entrada de ar e outra para transporte e duas para retôrno do ar. O sistema é bom para transporte por cabo rojante ou largas correias. Se não houver "quebra-vãos" en

tre os dois pares de vias, a independência das duas secções da mina é total, podendo resistir até a explosões ocasionais em uma delas. O caso de QUÍNTUPLAS é raro: uma galeria é usada para acesso, duas para transporte e duas para retôrno do ar e gases.

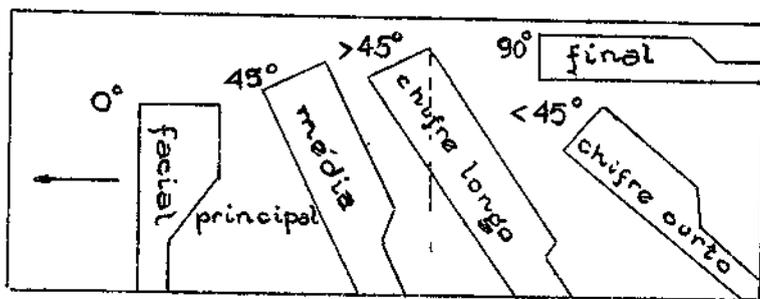
A distância entre as galerias é, usualmente, de 10 a 20m, centro a centro (ficando um pilar central de 7 a 17 m, se as galerias são de 3m de largura). As distancias maiores correspondem às centrais principais ("mestras reais"). O "cruzeiros" (com pilares de 7m) são fechados após à extração da área a que servem. Os "quebra-vãos" são fechados, à medida que as galerias progridem, por portões duplos, muros ou enchimento total. A distancia entre os sistemas de galerias "mestras" ou "cruzeiros" depende do tamanho dos blocos e do modo de lavrar. O comprimento de cada "câmara" é condicionado pelo comportamento do céu de mina, do chão, dos pilares de carvão, do sistema de transporte, usado e pelas necessidades da ventilação. Comumente, o comprimento atinge 90 a 100m (dando uns 110 a 120 m) para as galerias adjacentes, em lavra unilateral). Se a lavra é feita para ambos os lados do "cruzeiros", a distancia desses, centro a centro, atingiria 223 m a 233 m (110 a 120 m para o bloco, com os pilares de proteção, mais 3 m para uma galeria, mais 3,5 m para metade do pilar entre as duas galerias do "cruzeiro").

A área transversal de cada galeria é, geralmente, condicionada pelos requisitos da ventilação (volume a ser circulado, limite de velocidade, perímetro, regularidade, etc), podendo ser influenciada pelo método de transporte usado, gabarito dos carros, etc. Em "terrenos pesados" o custo de manutenção poderá impor galerias estreitas. Em camadas pouco potentes (que imponham desmonte do chão ou do teto, para razoável altura) ou nas que possuam intercalações estéreis, as galerias podem ser feitas com largura superior à necessária, digamos, até uns 5 ou 6m é, depois, estreitadas para 2 ou 3 m, pela construção de "muros" em um dos lados ("flanco", rib), em ambos, ou no centro (constituindo uma parede que torna a galeria dupla). A locação e direção das galerias são condicionadas pelo acesso, tamanho e forma do corpo, sistema de lavra, mergulho do corpo, ocorrência de água, clivagem ao carvão (cleat), etc. Geralmente, as "mestras reais" dividem o corpo ao meio e, para favorecer o transporte e a drenagem, estão segundo o mergulho (em pequenas inclinações). Os "cruzeiros" ficariam segundo a direção ou com pequena ascensão (0,5%). Em jazidas betuminosas, a clivagem pode alterar essa disposição, de modo que as "câmaras" tenham sua face de avanço paralelas a um dos planos de clivagem. O alinhamento das galerias, seu perímetro e seu greide devem ser uniformes pois curvas aumentam a resistência ao rolamento dos carros, desgaste do material rodante e trilhos, prejudicam a ventilação, etc. Para manter

"cruzeiros" com 0,5% até 1,5%, em favor da carga, faz-se algum recorte do chão ou do céu, enchem-se depressões locais, formam pequeno ângulo com a direção da camada, etc.

As "câmaras e pilares", usualmente são em ângulo reto com os "cruzeiros", em um ou em ambos os lados deles. As entradas das "camara" ("gargalos" - necks) têm uns 2,5m de largura e, depois de uns 3 a 10 m de extensão (destinados à constituição de pilares de proteção do "cruz o") alargam-se na "câmara": usualmente, 24", isto é, 7,2m, nos Estados Unidos. Esses "gargalos" podem ser simples, em um dos lados ou no centro da "câmara", ou duplos, nos dois extremos (comumente, em "camadas" mais largas, nas quais o entulho de estéreis é depositado no eixo longitudinal da "câmara", em continuação ao carvão que separa os dois "gargalos"). Contudo, às vezes, as "câmaras" são enviesadas, oblíquas aos "cruzeiros" (com desvantagem de formarem pilares com quinas agudas, mas para melhor aproveitamento das clivagens principais do carvão).

No desmonte do carvão, a influencia da clivagem é muito importante. Comumente, há duas mais acentuadas em ângulo reto, sendo uma mais importante, mais regular e mais nítida. Se a frente da câmara é levada paralela à clivagem principal, é dita FÁCIAL (face on): é a mais usual, se as condições a permitem, fornecendo mais carvão grosso.



Se a frente é conduzida paralela à clivagem secundária, menos regular, mais curta e perpendicular à principal, temos a frente ou lavra FINAL (end on), fornecendo menos carvão grosso, usada quando há muita pressão do céu ou muito grisú (faz uma "sangria", diminuindo a eventualidade de "projeções bruscas" - out burts). Como intermediárias nas qualidades, temos a MÉDIA (half-on, a 45° da clivagem principal), a CHIFRE LONGO (long horn, cuja face faz ângulo superior a 45° com a clivagem principal) e a CHIFRE CURTO (short horn, com face a ângulo menor que 45° com a clivagem principal, usada no caso de clivagens secundárias pronunciadas e imposição de suportes, em frentes largas).

Em camadas de forte mergulho, geralmente as galerias são duplas e os "quebra-vãos" são subidas, que servem como chutes. Portanto, as "galerias de pessoal" (gangways) e as "galerias de ventilação" (air-ways) ficam em diferentes níveis. As de pessoal ou de transporte têm

comumente, 2,1 por 3,0 a 3,6m (com transporte mecânico, a altura pode ser inferior a 2,1m, isto é, uns 60cm acima da altura do transportador). As de ventilação são, comumente, de secção quadrada, de 1,8 x 1,8m, ou mais, se necessário. A separação dessas galerias é, geralmente, de 9m medida segundo o mergulho, e, em camadas muito potentes podem acompanhar paredes opostas.

A distancia entre dois sistemas de galerias duplas atinge 90 a 100m segundo o mergulho. Um pilar (chain pillar) de 6 a 15m é preservado entre as "câmaras" e a galeria mais próxima. Em alguns casos, a galeria de ventilação fica na lapa, no mesmo plano que a de transporte mas perde-se a junção de chutes para os "quebra-vãos".

c)- Métodos de lavra:- Conforme se trate de jazidas estreitas a médias ou de jazidas potentes, temos diferentes classificações.

1) <u>JAZIDAS MÉDIAS</u>	a) <u>Abandono de pilares</u>	1) <u>Método dos pilares</u>	<u>Pilares e galerias</u>
	b) <u>Com abatimento do céu</u>		<u>Paineis longos</u> - traçado frances
			" ingles
			" alemão.

	2) <u>Método de "longwall"</u>	- <u>Em avanço</u>	
		<u>Em retirada</u>	
c) <u>Com enchimento</u>	1) <u>Métodos de grandes talhes</u>	<u>Em direção</u>	Em avanço
		<u>Em mergulho</u>	Em retirada
			Ascendente
			Descendente
		<u>Em meia declividade</u>	

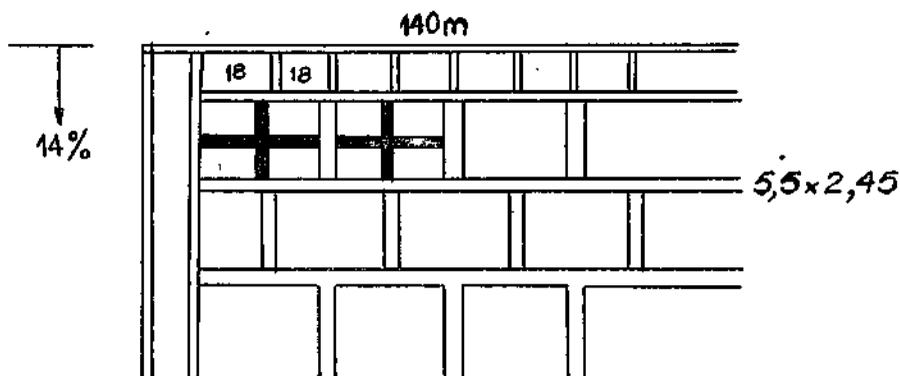
2) Métodos de recortes

2) <u>JAZIDAS POTENTES</u>	a) <u>Com abatimento</u>	1) <u>Método de desmonte em toda potencia</u>
		2) <u>Método de desmonte em tiras inclinadas</u>
		3) <u>Método de desmonte em tiras horizontais</u>
	b) <u>Com enchimento</u>	1) <u>Método por tiras inclinadas</u>
		2) <u>Método por tiras horizontais</u>

PONTO 2.5-1 - ABANDONO DE PILARES - Limitações - Exemplos

- a) Limitações - Antieconômico (pelo valor do carvão e seu barato desmonte, pela política de "conservação"). Só em caso de imposição, para evitar qualquer subsidência. É uma lavra predatória.
- b) Exemplos - Nas hulheiras submarinas de Whitchaven (em Cumberland, costa ocidental da Inglaterra, com mais de 2 km sob o Mar da Irlanda, à profundidade de 240 m de capa). Camada com 3,2 m de potencia, mergulho de 14%. Desenvolvimento prévio por galerias conjugadas, de 2,6 m de largura por 2,45 m de altura, com pilar intermediário de 11m e "quebra-vãos" espaçados de 18m - limitando painéis de 140 m de extensão e dimensão variável, no sentido do mergulho, conforme as condições locais.

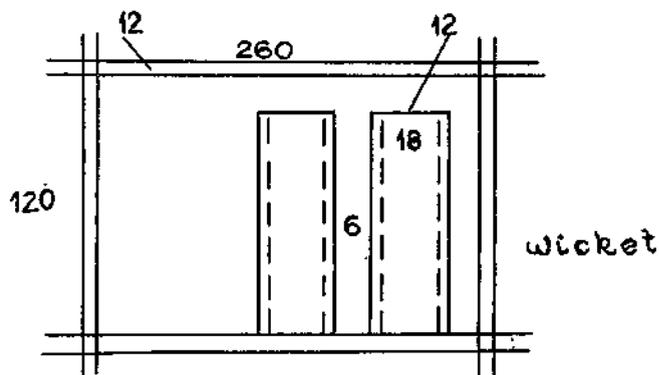
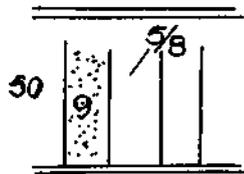
Cada painel é objeto de novas divisões, em pilares quadrados de 18 m de lado, por cabeceiras de lavra de 5,5 m de largura e 2,45 m de altura (abandonando-se uma "coroa" de carvão de 0,75 m de espessura, para proteção do céu ruim). A partir do extremo de lavra, cada um desses pilares é recortado por duas galerias, em ângulo reto, com 5,5 de largura, ficando pilares abandonados, de 7m de lado.



Em cada frente, de 5,5 m, eram usados 2 desmontadores, produzindo cada um 2 ton em 6 horas.

Ventilação complicada e deficiente, com numerosos tabiques, remuos e acumulações de grisú.

Gales do Norte ("Wicket System") - com camadas 2 a 3 m de potencia, pouco grisuosas. Eram usadas "mestras" e "cruzeiros" duplos, com "entre-vão" de 12m e "quebra-vãos" a cada 24m; "cruzeiros" a 120 m com extensão de 260 m; em retirada, faziam-se "câmaras" de 18m de largura, separadas por pilares longos de 6m de largura; com os rejeitos faziam-se muros junto às faces dos pilares, mantendo galerias para circulação do ar, transporte, etc; no alto das "câmaras" era preservado pilar de 12m; várias frentes eram, defasadamente, lavradas.



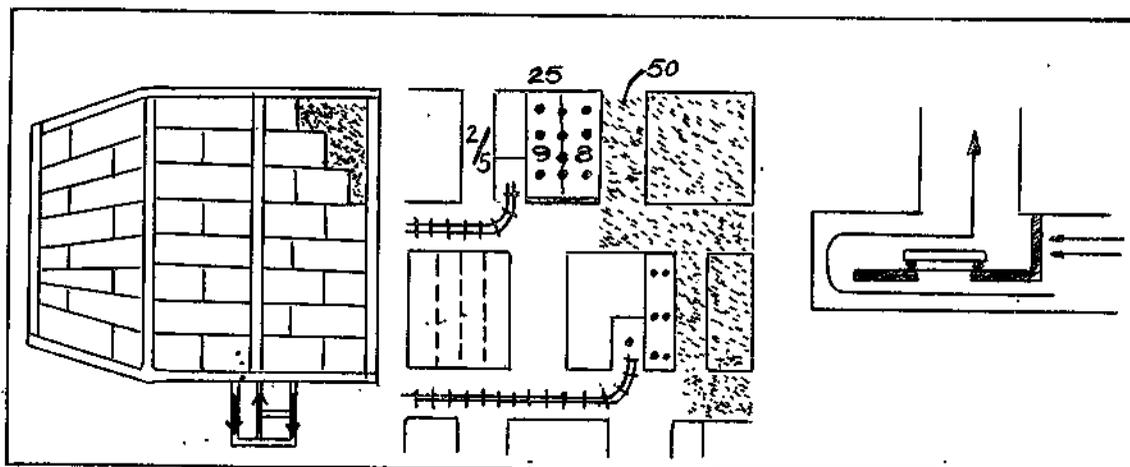
Antracito da Pensilvânia - Apresenta-se em 3 a 20 camadas com potencia usual de 2 a 4m e, excepcionalmente, até 15 ou 20 m. São duros, assim como as encaixantes, com dobras e falhas.

A camada era dividida por "mestras" duplas, em direção, com andares de 50m. Cada andar era desmontado por subidas de 9m de largura, deixando pilares de 5 a 8m de largura (semelhante a "câmaras e pilares", das hu lheiras locais), variando as condições conforme o mergulho, por vezes muito forte. Ressalvadas passagens laterais, para homens e ventilação; as câmaras eram enchidas com antracito desmontado, esvaziado à medida das necessidades (como no método de "recalque"). A recuperação era de 55 a 60% e o método econômico, por ausência de sustentação e baixo custo de transporte. A produtividade era de 5 a 8 ton por desmontador, para potencia de 2 a 4 m.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

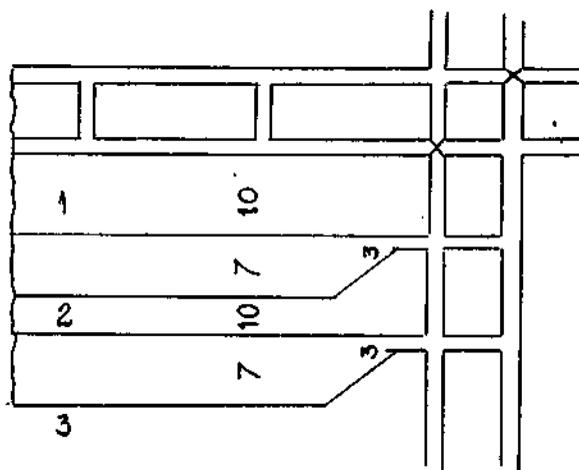
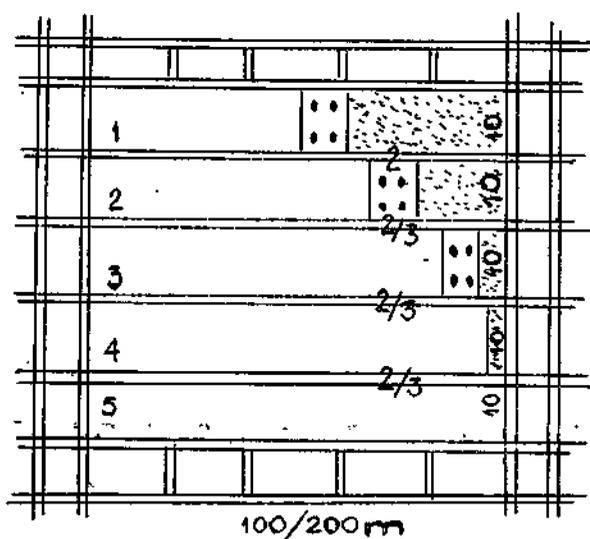
PONTO 2.5-2 - MÉTODOS DE ABATIMENTO - Jazidas médias (pilares e galerias paineis longos, "longwall"). Jazidas potentes (frente total, tiras inclinadas, tiras horizontais) - Aplicações.

A) PILARES E GALERIAS - Blocos são divididos por galerias, deixando pilares retangulares. Estes são desmontados em retirada, a partir da extremidade do bloco. A jazida é dividida em secções, ou distritos, distintos, desmontando-se cada uma a partir das partes mais altas. Cada bloco mede 25 x 25 m ou 50 m segundo o mergulho, até 60 x 120 m. As galerias têm 2 a 5 m de largura e cada secção atinge 200 a 300 m, segundo a direção. Os blocos (ditos pilares) são desmontados por paineis ou faquias contíguas, segundo o mergulho, com até 10 m de largura. Empregam-se esteios, cuja retirada produz o abatimento do céu (em caso de queda brusca, sacrifica-se um septo de carvão, para proteção). As galerias e pilares podem ser a meia declividade, se o mergulho é mais forte. O sistema oferece grande flexibilidade de produção, mas fadiga muito o combustível friável, produzindo finos. A ventilação é complicada, por tantas galerias.



B) PAINÉIS LONGOS - Para atenuar os esforços que fadigam o carvão dos pilares e produzem finos, no método anterior, fazem-se paineis muito longos. Comumente segundo a direção da camada, raramente segundo o mergulho e, excepcionalmente a meia declividade. Há três tipos de traçado ou desenvolvimento:

- 1)- Frances - em céus medíocres; galerias de 2 a 3 m de largura, paineis de 100 a 200 m de comprimento (limitados por planos inclinados) com 10 m de largura, 5 a 6 paineis por sub-andar; ventilação deficiente na preparação, não são usados em minas grisuosas;
- 2)- Ingles - (long-work) - em teto e carvão sólidos; galerias de largura semelhante à dos paineis com "gargalos" junto aos planos inclinados limitantes; paineis até 1.600 m de comprimento, com largura de 10 m (galerias limitadas a 7m), atingindo, excepcionalmente, até 280 m, em camadas horizontais e com sub-traçado de galerias e pilares.
- 3)- Alemão - em céus de grande pressão ou carvões grisuosos; galerias de 2 a 3 m de largura, ligadas por quebra-vãos nos paineis (a 20 ou 40 m, feitos por galerias subidas ou por grossos furos de sonda) paineis com 150 a 300 m de comprimento, 10 a 15 m de largura, 5 ou 6 paineis por sub-andar.



L-19.2

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA
DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

--- 666 ---

CURSO DE LAVRA DE MINAS III
DISPOSIÇÕES DO CÓDIGO DE MINERAÇÃO
PRECEITOS LEGAIS

MÉTAMAT
Deptº Técnico

--- 666 ---

01071

Prof. JOAQUIM MAIA

--- 666 ---

Qualquer alteração estatutária deverá ser submetida à aprovação do Ministério de Minas e Energia e, após aprovada, ser registrada naquele Departamento. Se imbuída para a modificação da razão social, dependerá de novo Alvará de autorização para funcionar como Empresa de Mineração. (art. 81 e art. 82)

O requerimento de autorização de lavra será dirigido ao Ministro de Minas e Energia, pelo titular de pesquisa ou pelo seu sucessor (mas só Empresa de Mineração).

Deverá ser instruído com os seguintes elementos de informação e prova (art. 38):

I- Certidão de registro no "Departamento Nacional do Registro do Comércio" da entidade (autorizada a funcionar como "Empresa de Mineração").

II- Designação das substâncias minerais a lavrar (com indicação do Alvará de Pesquisa outorgado e de aprovação do respectivo Relatório).

III- Denominação e descrição da localização do campo pretendido para a lavra (relacionando-o, com precisão, aos vales dos rios, córregos constantes de mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão e estradas de ferro e rodovias, ou ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação; suas confrontações com autorizações de pesquisa e concessões de lavra vizinhas, se houver; indicação do Distrito, Comarca e Estado; nome e residência dos proprietários do solo ou posseiros).

IV- Definição gráfica da área pretendida (delimitada por figura geométrica formada por segmentos de retas, com orientação N-S e L-W

PONTO 2.1. PRECITOS LEGAIS DISPOSIÇÕES DO

CÓDIGO DE MINERAÇÃO: conceito, habilitação, requerimento, plano, concessão, obrigações, direitos, sanções.

O "Código de Mineração" (Decreto-lei nº 227, de 28-2-67, regulamentado pelo Decreto nº 62934, de 2-7-68) e que diz competir à União "administrar" os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais (art. 1º), trata da lavra no Capítulo III, arts. 36 a 58 ("Avulso nº 93" e "Publicação Especial nº 6", do DNPM).

Técnicamente, LAVRA é o conjunto de operações necessárias à extração industrial das substâncias minerais, ou fósseis, de uma jazida. Requer que o corpo tenha sido provado ser uma jazida e esteja convenientemente desenvolvido. No "conjunto de operações", estão compreendidos os serviços de segurança, ventilação, esgotamento, etc, necessários à extração normal das substâncias e à preservação para sua continuidade.

Mas, o estatuto legal define, no art. 36:

"Entende-se por lavra o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis, que contiver, até o beneficiamento das mesmas."

É óbvia a impropriedade técnica de considerar "beneficiamento" como lavra, bem como falar em "operações coordenadas", que é o caso de "método de lavra" e não, apenas, "lavra". A finalidade de isentar o beneficiamento de outras tributações poderia ser melhor alcançada com um simples parágrafo, em que se dissesse que "para efeitos de tributações, o beneficiamento das substâncias extraídas fica compreendido na lavra". O antigo "Código de Minas" era mais correto, ao dizer, "entendido por lavra o conjunto de operações necessárias à extração indus-

as moradias e suas condições de habitabilidade, para todos que residam no local da mineração (?);
 g) As instalações de captação e proteção das fontes, adução, distribuição e utilização da água, para as jazidas da Classe VIII (águas minerais)

O dimensionamento das instalações e equipamentos, deve ser condizente com a produção justificada no memorial explicativo e apresentar previsão das ampliações futuras (art. 40)

O requerimento de autorização, numerado e registrado cronologicamente no DNPM, será juntado ao processo que autorizou a pesquisa. Ao interessado será fornecido recibo com as indicações do protocolo e menção dos documentos apresentados. Quando necessário cumprimento de exigências, para melhor instrução do processo, o requerente terá prazo de 60 dias para satisfazê-las, podendo o prazo ser prorrogado até igual período, a juízo do Diretor Geral do DNPM (art. 41).

A autorização será recusada se a lavra for considerada prejudicial ao bem público (2) ou comprometer interesses que superem a utilidade da exploração industrial, a juízo do Governador. Neste último caso, o pesquisador terá direito a receber do Governo a indenização das despesas feitas com os trabalhos de pesquisa, uma vez que a lavra não seja aprovada pelo Relatório (art. 42).

A concessão de lavra terá por título um decreto assinado pelo Presidente da República, que será transcrito em livro próprio do DNPM (art. 43).

O titular da concessão de lavra requererá ao DNPM a posse da jazida, dentro de 90 dias, a contar da data de publicação do respectivo decreto no Diário Oficial da União, e pagará uma "taxa de emolumentos" correspondente a 5 (cinco) salários mínimos, recolhida ao Banco do Brasil, a conta "Fundo Nacional de Mineração - Arte Disponível".

A data da imissão em posse da jazida será fixada pelo DNPM, depois de recebido o requerimento, dela tomando o conhecimento o interessado por ofício e por publicação de edital no "Diário Oficial". O interessado fica obri-

Quando o melhor conhecimento da jazida, obtido durante os trabalhos de lavra, justificar mudanças no plano de aproveitamento economico, ou as condições do mercado exigirem modificações na escala de produção, o concessionário deverá propor as necessárias alterações ao DNPM, para exame e eventual aprovação de novo plano - art. 51

III - Extrair somente as substâncias minerais indicadas no decreto de concessão.

IV - Comunicar imediatamente ao DNPM o descobrimento de qualquer outra substância mineral não incluída no decreto de concessão.

V - Para aproveitamento dessas substâncias se será necessário aditamento de título de lavra - art. 47, parágrafo único).

VI - Executar os trabalhos de minerações com observância das normas regulamentares.

VII - Confiar, obrigatoriamente, a direção dos trabalhos de lavra a técnico legalmente habilitado ao exercício da profissão.

VIII - Não dificultar ou impossibilitar, por lavra ambiciosa, o aproveitamento ulterior da jazida.

(Considera-se ambiciosa, a lavra conduzida sem observância do plano pre-estabelecido ou efetuada de modo a impossibilitar o ulterior aproveitamento econômico da jazida - art. 48. Poderiam tais planos serem aprovados ?!)

IX - Responder pelos danos e prejuizos a terceiros que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra.

X - Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local.

XI - Evitar o extrair das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuizos aos vizinhos.

XII - Evitar poluição do ar ou da água, que possa resultar dos trabalhos de Mineração.

XIII - Proteger e conservar as fontes, bem como utilizar as águas, segundo os preceitos técnicos, quando se tratar de lavra das jazidas da Classe VIII (águas minerais).

XIV - Tomar as providências indicadas pela fiscalização dos órgãos federais.

XV - Não suspender os trabalhos de lavra sem prévia

Investimentos feitos na mina e nos trabalhos de pesquisa.
VI - Balanço anual da empresa. (art. 50)

Alienação ou gravação - Subsistirá a concessão quanto aos direitos obrigações, limitações e efeitos dela decorrentes quando o concessionário a alienar ou gravar, na forma da lei.

Os atos de alienação ou oneração só terão validade depois de averbados no Livro de Registro das Concessões de Lavra.

A concessão de lavra é indivisível e somente transmissível a quem for capaz de exercê-la de acordo com as disposições do "Código de Mineração". (Art. 55 e parágrafo)

As dívidas e gravames constituídos sobre a concessão resolvem-se com a extinção desta, restando a ação pessoal contra o devedor. Os credores não têm ação alguma contra o novo titular da concessão extinta, salvo se esta, por qualquer motivo, voltar ao domínio do primitivo concessionário devedor (Art. 56)

No curso de qualquer medida judicial não poderá haver em bargo ou sequestro que resulte em interrupção dos trabalhos de lavra (Art. 57) (?)

Grupamento mineiro - Várias concessões de lavra de um mesmo titular e da mesma substância mineral, em área de um mesmo jazimento ou zona mineralizada, poderão ser reunidas em uma só unidade de mineração, sob a denominação de Grupamento Mineiro, a critério do DNPM.

O concessionário de um Grupamento Mineiro, a juízo do DNPM, poderá concentrar as atividades da lavra em uma ou algumas das concessões agrupadas, contanto que a intensidade da lavra seja compatível com a importância da reserva total das jazidas agrupadas. (Art. 53)

Consórcio de mineração - Os titulares de concessões de minas próximas ou vizinhas, abertas ou situadas sobre o mesmo jazimento ou zona mineralizada, poderão obter permissão para formação de um Consórcio de Mineração, mediante Decreto do Governo Federal, objetivando incrementar a produtividade da extração ou a sua capacidade.

Do requerimento pedindo constituição devem constar memorial justificativo dos benefícios resultantes da formação do Consórcio, indicação dos recursos econômicos e financeiros de que disporá, minuta do Estatuto do Consórcio, plano de trabalhos e enumeração das providências e favores que esperam merecer do Poder Público. A nova entidade ficará sujeita a condições fixadas em Caderno

Outros casos estariam sujeitos a impostos de industrialização e de circulação de mercadorias (qualquer operação que modifique a natureza ou a finalidade da substância mineral ou à aperfeiçoar para o consumo, inclusive polimento, lapidação e serragem - a menos que esta última envolva o simples desdobramento de blocos de mármore ou de granito). O assunto tem provocado inúmeras ações judiciais e está estabelecida no Decreto nº 66.694, de 11.6.70.

O valor tributável é o do preço FOB, o de venda para carvão, o valor industrial, etc., conforme o caso (Art. 7º), segundo atíquotas fixadas no Art. 7º do Decreto nº 66.694 - Capítulo V e alteradas em 1971.

Outro Decreto-lei de 25.3.70, permite que as empresas deduzam, como custo ou escargo, na determinação do lucro real, para efeito do imposto de renda, uma quota de exaustão, equivalente a 20% da receita bruta auferida nos dez primeiros anos de exploração (é facultada dedução maior, em cada exercício, desde que a soma das deduções realizadas até o exercício em causa não ultrapasse 20% da receita bruta auferida desde o início da exploração; a dedução em exercícios subsequentes do período inicial de 10 anos, deve observar o limite global de 20% da receita auferida nos 10 primeiros anos; a dedução das quotas de amortização e de depreciação, nos termos dos arts 57 e 58 da Lei nº 4.506, de 30.11.64; a quota de exaustão deverá ser incorporada ao capital social, sem pagamento de Imposto Renda, quer da pessoa jurídica ou dos acionistas, num prazo de 12 meses após sua constituição).

Também há possibilidades de obtenção de isenções afandegárias para equipamentos sem similar nacional que tiver de ser importado para lavra ou beneficiamento, recentemente regulamentada.

(Bibliografia principal - atualmente :

"Código de Mineração e Legislação Correlativa" Publicação Especial nº 6, do DNPM;

"Como Obter Autorização de Pesquisa, Concessão de Lavra de jazida Mineral e Autorização para Funcionar Como Empresa de Mineração" - Avulso 95, do DNPM.

Decreto-Lei nº 1.038, de 21.10.69

Decreto-Lei nº , de 25.03.70

Decreto nº 66.694 , de 11.06.70 ("Diário Oficial de 15.06.70")

"Como Obter Autorização Para Exploração de Fontes Hídricas minerais", Avulso 14, DNPM- 1967)

"Código de Mineração-Lei e Regulamentação (Dep. de Imprensa Oficial, 1969).

METAMAT
Dept° Técnico

01072

LAVRA A CÉU ABERTO

Prof. José Maurício Neto

: : :

DIVISÃO

A lavra a céu aberto compreende os seguintes capítulos:

- I - Desmonte por bancos;
- II - lavra com escavadoras de arrasto;
- III - Métodos para pláceres.

INTRODUÇÃO

A lavra a céu aberto, em confronto com a lavra subterrânea, apresenta as seguintes vantagens: Custo mais baixo; utilização racional e mais eficaz dos explosivos; facilita a fiscalização e a aplicação de métodos de arranque mecânico; melhores condições de trabalho no que se refere a iluminação e ventilação; menores riscos de acidentes; não exige escoramento; maior produção; melhor aproveitamento da mão de obra; Poderemos apresentar também algumas desvantagens tais como: remoção de grandes quantidades de rejeito; expor o pessoal e máquinas às chuvas, poeiras e a neve; limitar o trabalho até profundidades moderadas.

O método é aplicado principalmente em aluviões, eluviões, pláceres em geral, depósitos aflorantes de grande potência, depósitos subterrâneos de pequeno recobrimento. Em alguns casos é aplicável o método até uma certa profundidade e depois passa-se a um método de lavra subterrânea. E, comumente, fácil utilizar os métodos de lavra subterrânea, partindo de lavra a céu aberto.

UTILIZAÇÃO NO BRASIL

A lavra a céu aberto, nos últimos anos, vem tomando um grande impulso em nossa pátria. Sua aplicação é geralmente, bastante facilitada pelas condições geológicas e topográficas de nossas jazidas. Enquanto que em outras regiões as principais jazidas lavradas por este método estão em terrenos mais planos exigindo grandes aberturas; no nosso país geralmente elas estão situadas em montanhas, possibilitando uma lavra de encosta bastante facilitada.

Dentre as principais jazidas lavradas a céu aberto, poderíamos citar as grandes minas de minério de ferro de Minas Gerais como: Casa de Pedra, Cauê, Conceição, Dois Córregos, Andrade, Motuca, Águas Claras, Maquiné etc.

Também são lavradas por este método minas de manganês, cassiterita, bauxita, calcário, aluviões auríferos, etc.

timo grupo são incluídas as lavras completamente mecanizadas.
Estudaremos os dois primeiros grupos conjuntamente

a) - LAVRA RUDIMENTAR

Campos de aplicação: 1) em pequenas jazidas, onde a tonelagem total não garante um investimento maior e nem permite um eficiente emprego de máquinas pesadas;
2) - em jazidas onde a forma, localização e outros fatores entre os quais mineralização irregular e necessidade de lavra seletiva;
3) - em trabalhos em grande escala onde a mão de obra é barata;
4) - nas aberturas iniciais de grandes minas, quando ainda não comporta as máquinas pesadas, etc.

PLANOS DE TRABALHO:

As frentes são conduzidas em bancos planos, com largura suficiente para dois caminhões e possibilidade de manobra, bem como para recolher as rochas soltas da frente. A largura mínima é de 3 metros.

A função é manual ou com perfuratrizes pequenas, martelêtes por exemplo. Os bancos podem ser de 8 ou 10 metros de altura e às vezes, são subdivididos em banquetes de 1 ou 2 metros.

A lavra deve ser iniciada de cima para baixo, segundo a direção geral da camada.

O minério é paleado ou garfado para eliminar finos, lançado em carros, vagões, caçambas de Brook ou skips para pedra na base dos bancos.

O transporte é feito na maioria dos casos por caminhões.

EXCAVAÇÕES PROFUNDAS DE PEQUENA ÁREA

Requerem aparelhos para levantar. A plataforma das máquinas pode ser construída sobre uma das paredes da excavação. Os carros servem para mergulhos menores de 30°, acima dos quais skips são melhores. Poços podem ser aprofundados perto da excavação e comunicados com ela por travessas.

b) - LAVRA MECANIZADA

Campos de aplicação: 1) na remoção do capeamento para carvão, minério de ferro, manganes, fosfatos, etc. os quais são depois lavrados por outros métodos a céu aberto; as escavadoras são utilizadas somente na limpeza;

2) - desmonte e lavra de depósitos de grande área e tonelagem, os quais são bastante uniformes em caráter, que permanecem perto da superfície e que podem ser ou não cobertos por capeamento.

Generalidades - Os métodos de lavra mecanizados com a utilização de escavadoras, tratores, perfuratrizes de grande porte, caminhões pesados, etc. implicam grandes despesas de capital para equipamento e limpezas preliminares, por isso eles são limitados a trabalho em grandes depósitos, suficientes para restituir o capital inicial mais os juros durante a vida da mina; devidamente aplicadas, produzem grandes quantidades de minério a baixo custo.

O caráter geral da lavra mecanizada parece simples, porém boa direção, atenção dos detalhes e um trabalho sistemático são necessários. Forma e posição do minério devem ser antes determinados, para concluir inteligentemente segundo o aproximado plano de lavra, permitindo um traçado para os caminhões com as mínimas demoras e grandes manuseio de material pelas escavadoras, manutenção e reparo dos caminhões são de grande importância. A manutenção preventiva das máquinas e veículos é fundamental. Como o custo unitário de um dado equipamento varia inversamente com a produção, não seria possível permitir paralizações e demoras imprevistas na operação.

EXPLOÇÃO

o carregamento dos furos é calculado com o emprêgo da seguinte fórmula que vamos deduzir:

Sendo E o espaçamento entre furos; A a distância do furo a té a frente livre afastamento; P a profundidade, temos o volume desmontado:

$$V = E \times A \times P$$

a rocha sendo de densidade ρ , a massa ou "pêso"

$$p = E \times A \times P \times \rho = V \rho$$

e, a quantidade de explosivo $Q = V \rho \alpha$ onde α é o fator de carga, quantidade de explosivos para deslocar uma tonelada.

Esta fórmula geralmente pode ser tabelada.

EXEMPLOS:

finalmente apresentamos esquemas e cortes das diversas modalidades comuns de lavra a céu aberto, desenhos que por si só são explicativos.

:::

CAPÍTULO II

Lavra a céu aberto com escavadora de arrasto.

Generalidades:

Para detalhes completos de escavadoras de arrasto, veja seções 26 e 27 - Peele.

As vantagens principais da escavadora de arrasto sobre as pás mecânicas, no material apropriado são:

a) - pode cavar mais profundo abaixo de seu próprio nível; profundidade máxima de 20 a 25 pés para pequenas máquinas com 50 pés de lança e 85 a 125 pés para aquelas com 185 a 200 pés de lança;

b) - pode descarregar numa altura maior; a altura máxima de basculação acima da base da máquina, em ângulos de lança de 25 a 40°, é de 25 pés para as menores a 100 pés para as maiores; a medida para a maioria das escavadoras é de 30 a 40 pés, com lanças de 65 a 110 pés;

c) - maior alcance de escavação e basculação; máximo raio de basculação ou giro, em posição mais baixa da lança, pode ligeiramente, exceder o comprimento da lança, mas é usualmente, 5 a 10 pés menor do que o comprimento da lança das escavadeiras de tamanho médio o raio máximo de escavação excede o raio de basculação de 13 a 15 pés nas menores e de 50 a 70 pés nas maiores, e depende sobretudo da perícia do operador no despêjo da caçamba; esta distância acrescentada é de 1/3 a 1/2 da altura de basculação.

Comparado com os "shovels" (pás mecânicas), as principais deficiências das escavadoras são:

O decapeamento hidráulico neste local economiza um investimento inicial considerável.

Desvantagens, quando comparada com o trabalho das pás mecânicas:

- a) - o rejeito deve ser limpo completamente, pelo menos sobre uma área grande, antes do começo da lavra;
- b) - o equipamento é menos útil na lavra subsequente;
- c) - as operações param em um clima muito frio.

MÉTODO DOS FUNIS -

Generalidades: A figura 6 mostra o método dos funis em um veio largo.

A cabeceira D está a 50 a 100 pés abaixo da superfície. O minério em torno de cada subida é rolado para ela, formando um poço de forma afunilada F, e é carregado através de depósitos com chutes nos carros no nível D.

Estes poços são GLORY HOLLES, MILLS ou MILLIHOLLES, e o método é chamado de MILLING em alguns locais, como nas jazidas de Ferro do Lago Superior.

Os lados dos funis são conservados bem inclinados para que o minério role para as subidas. O solo é aberto pelo método descendente; as faces podem ser levadas em bancos, por conveniência na colocação das perfuratrizes. Quando o minério desmontado deixar de rolar, devido à pouca inclinação da parede do funil, um novo corte tem início na subida.

O desmonte não sistemático do solo pode resultar em inclinações bem acentuadas, tornando difícil e perigosa ao trabalho.

Nos serviços com paredes inclinadas os furadores são suportados por cortas e cinturão de segurança; martelotes são praticamente, as únicas perfuratrizes usadas para tais condições.

Funis adjacentes interceptam-se quando são aprofundados. As cristas que permanecem entre os funis quando o nível é alcançado podem ser lavradas através de subidas feitas nelas, ou elas podem ser mineradas manualmente. As subidas são muitas vezes obstruídas, causando prejuízos dispendiosos. Grelhas de madeiras ou de velhos trilhos ficam, muitas vezes, perto do alto das subidas, com a finalidade de segurar os matacoes para serem quebrados.

O intervalo próprio entre as subidas depende de suas alturas da forma e tamanho da jazida e o ângulo no qual o minério quebrado rolará. As subidas são espaçadas tanto quanto balançar seu 1º custo o custo de remoção do minério, nas cristas entre os funis.

As subidas de 30 a 50 pés de altura dão menos confusão na obstrução do que as mais altas.

LIMITAÇÕES:

O método dos funis pode ser adaptado a maçoços ou camadas espessas. O minério rolaria em inclinações moderadas e não acumulariam nas subidas. Mau tempo retarda, seriamente, o trabalho. Minério úmido e a água trazem dificuldades nas subidas; neve e gelo tornam o serviço, nas inclinações acentuadas, muito perigoso.

A água de superfície deve ser conservada do lado de fora através de valas.

O serviço é perigoso em veios, a menos que as paredes sejam fortes, matacoes penhados são divididos antes de se tornarem inacessíveis, mas seu perigo sempre limita a profundidade dos funis.

Este perigo e a dificuldade de construir subidas são as principais desvantagens.

A grande vantagem é o sortimento do manuseio e transporte barato, em conexão com o desmonte barato comum aos serviços a céu aberto,

dendo dos comprimentos das lanças do mergulho das caçambas.

O volume manuseado por uma grande cortadeira de 30 jardas cúbicas é de 1.250 jardas cúbicas por hora.

O carvão descoberto é explodido e carregado por pequenas caçambas nos caminhões ou carros RR.

A figura 692 (página 10-466) Peele mostra a posição das máquinas numa operação denominada "Tandem Stripping" usando uma Pá mecânica com uma escavadora; os guindastes de ambos se apoiam no carvão exposto. O serviço avança no sentido da flecha: a Pá mecânica E removendo o bloco C, cujo cume foi, previamente, esbancado pela escavadora D. A escavadora faz bancos no corte B, preparando-o para o próximo ataque da Pá mecânica; o material é terra, argila ou folhelho.

As duas máquinas manuseiam, aproximadamente, igual quantidade de capeamento. O que é retirado pela escavadora é amontoado em F, atrás e acima de G que foi empilhado pela Pá mecânica. A escavadora tem caçamba de mais de 14 jardas cúbicas com 160 pés de lança. Capeamento de 90 pés de altura tem sido bem manuseiado.

: : :

A rampa requerida deve ser muitas vezes ser criada artificialmente, pela escavação debaixo do bicamente ou pela montagem dos mesmos, sobre cavaletes. (Fig. 11) A elevação do bicamente é barata fácil; e muitas vezes o único meio de obter a altura de queda (dump room). As tricheiras na bedrock facilitam a operação mas são mais caras se profundas ou em rocha dura.

No Alasca, a lama e o cascalho superficial são primeiramente removidos por bicames de solo; a zona de enriquecimento, raramente com mais de 1,5 a 1,8 metros de espessura é então trabalhada por bancos; onde a rampa não permite o trabalho com bicames de solo; o cascalho estéril que muitas vezes se sobrepõem a zona enriquecida, é removido com pequenos carros ou raspadores; somente o cascalho rico é passado pelo bicamente.

BICAMES, RIFLES, GRADIENTES, AGUA, LIMPEZA (Veja Art. 124, 125 Pele)

Drenagem dos alargamentos - A condição ideal é de que o alargamento venha drenar a si próprio (Fig. 10). Onde a rampa é pequena são geralmente necessárias as construções de barragens, acima e abaixo da área trabalhada; elas são economicamente construídas, de toras, terra de pedras, sacos de areia, ou concreto. (Veja Sec. 43, Art. 16).

PROCEDIMENTO NO TRABALHO DE DESMONTE DE BANCOS

Vária com a altura do banco e com o caráter do cascalho e da bedrock (Tabela 107).

Os paleadores podem atirar a uma altura de 1,8 a 2,4 metros (2,7 metros é o limite); para maiores alturas devem ser construídas plataformas e o cascalho deverá ser paleado para elas, novamente, até alcançar a superfície. Uma média do trabalho humano estimada em alguns anos, no Alasca central deu para tal 5 a 6m³ por tarefa ou turno. O tempo requerido para uma limpeza cuidadosa de uma bedrock cheia de fendas, reduz materialmente a relação entre a paleação e a produção.

LIMITAÇÃO E CUSTO

O método de desmonte em bancos é melhor adaptável a cascalhos superficiais. É simples e não envolve grandes despesas para instalações e pode ser realizado em regiões remotas onde o custo de instalação de escavadoras mecânicas é proibitivo. O método tem a grande vantagem de assegurar uma limpeza clara da bedrock. Os custos de operação variam largamente com os salários e com as tarefas de trabalho; somente os cascalhos ricos podem ser trabalhados com lucro.

CARROS E CARRINHOS DE MÃO PARA O CARREGAMENTO DOS SLICES

A fig. 12 mostra a radiação das linhas férreas para pequenos carros de mina (Sec. 11).

Para se fazer uso destes métodos, a cabeça do bicamente deve estar perto ou no nível da bedrock a qual deve ter um contorno bastante regular. Carrinhos de mão podem ser usados similarmente e sobre trilhos de madeira.

DERRICKS, CABOS AERIOS, PLANOS INCLINADOS, ESCAVADEIRAS MECÂNICAS

Exceto para certos serviços de aplicação da escavadora de arrasto, esse dispositivos são raramente usados. Eles tem sido mecanicamente aprimorados, mas como as operações de custo são altas comparadas com a dragagem, o cascalho deve ser mais rico para assegurar um lucro. Muitas instalações têm falhado financeiramente devido a ignorância das limitações dos diferentes tipos de equipamento.

com alimentadores automáticos na frente do bicamente diminui esta dificuldade, mas isto implica no aumento da cota da cabeça do bicamente e eleva o custo de instalação e operação.

- f) - dificuldades com os pedaços que permanecem no bicamente ou com as instalações de lavagem. Algumas dessas dificuldades tem sido devidas a um impróprio manuseio, mas o item (c), provavelmente o mais importante, é inerente na pá mecânica.

ESCAVADORA DE ARRASTRO

Tem sido recentemente, considerável proeminência em lavra de pláceres, em depósitos de pedra seca e naqueles em que parte ou toda a porção escavada esta debaixo da água. A escavadora de arrastro tem muitas das desvantagens da pá mecânica e também não pode arrancar material duro, manusear facilmente matações e trabalhar sem sucesso sobre uma rocha com superfície irregular. Mas é mais móvel e tem estas distintas vantagens:

a) - tem um maior raio de trabalho e assim menos frequentes movimentos são necessários;

b) - ela permanece sobre a superfície e descarrega a considerável elevação acima de seu carro; assim a rampa para os bicamente pode ser obtida sem um dispositivo separado para elevação, debaixo de condições impossíveis para que uma pá mecânica permaneça sobre a bedrock;

c) - as operações de carregamento, transporte e elevação dos carros, comuns a diversas operações com pá mecânica, são raramente necessárias; a longa lança da escavadora permite a ela um auto-transporte e elevação. A escavadoras de arrastro podem também lavrar áreas pequenas de cascalho solto que não podem dispor de uma instalação para dragas. Ver exemplos em Peele.

ESCAVADORAS MECÂNICAS EM GERAL

Tipos modernos são muitas vezes construídos para operar ora como pás mecânicas, ora como escavadoras de arrastro, por simples alterações do mecanismo; as máquinas full-revolving são mais flexíveis; todos esses tipos móveis tem uma vantagem sobre a caterpillar-montada em terrenos macios. Para o uso de escavadoras de arrastro com floating-washers, veja Art. 129. Para tamanha capacidade, arrancamento, raio de estocagem e elevação com as pás e escavadoras, veja Art. 129. Para lavra de pláceres, são geralmente preferíveis, mergulhadores ou caçambas de menos de 2 jardas cúbicas de capacidade. Para as respectivas vantagens das escavadeiras e pás, veja os parágrafos anteriores.

A tabela 109, fornece os dados sobre 5 operações em pláceres, usando pás mecânicas. S.R. Fox, informa o seguinte sobre as escavadoras:

a) - pequenas e leves pás escavadoras conversíveis com 35 a 40 pés de lança e uma (1) jarda cúbica ou menores caçambas não são satisfatórias para lavra de pláceres; seu curto alcance, frequentemente implica muitas mudanças de lugar e uma caçamba leve não é eficiente para agarrar a profundidades abaixo de 20 pés (6 metros).

b) - Com 60 pés de lança (18 metros) e com um modelo mais pesado de caçamba de 1,5 jardas faz uma melhor eficiência de combinação, a qual pode ter a mesma capacidade como uma draga com cadeia de caçambas de 2 pés cúbicos.

c) - Para estimação, não mais que a metade do valor da capacidade deve ser considerado;

d) - Washer deve ser designado para capacidades 20% maior do que para as escavadoras.

No início de uma nova fonte, água fresca é suprida, e uma salmoura necessariamente fraca é extraída, com rapidez, para alargar as paredes do fundo da cavidade: depois disso, o fluxo é retardado para produzir uma melhor saturação e reduzir o subsequente custo de evaporação. Com as cavidades alargadas, a média de entrega de água saturada pode ser aumentada; a menos que um cobertor de impurezas insolúveis interfira com a solução.

GULF COAST - METODO (Fig. 13 e 14)

Grande salina, fig. 13, de 265 ft de sal no topo e 400 a 500 ft na profundidade total.

O revestimento é vedado acima do estrato aquífero sobrejacente, e a salmoura é extraída por compressão de ar através de um tubo de 4 polegadas que quase alcança o fundo da fonte.

A fig. 14 é típica de fonte profunda em domo trabalhado por produtos alcalinos.

O revestimento é vedado no topo do sal, 670 a 850 ft sob a superfície, e o fare é continuado 600 a 1000 ft para dentro do sal; água fresca é alimentada por um tubo até quase o fundo do ferro, com uma pressão suficiente para elevar a salmoura para a superfície.

"CENTRAL NY METHOD"

O sal é inter-estratificado com folhelho, calcáreo e gipsita, em uma formação laminada (máxima espessura, 470 ft) 800 a 2250 ft sob a superfície.

Um tubo com 10 polegadas é enterrado até o ombasamento, furação até o fundo do sal é continuada com um tubo de 6 polegadas e vedado no nível abaixo de toda superfície aquífera. Um tubo de 3 polegadas é descido no revestimento até próximo o fundo. No começo, a água é bombeada em baixo do tubo de 3 polegadas, e salmoura fraca é elevada; após 6 semanas, a direção do fluxo é invertida. Fig. 15.

Abatimentos são comuns quando uma cavidade alcança 150 ft de diâmetro; em uma camada fina, isto acontece duas vezes por ano, causando o abandono do furo e um novo é construído. Se o caso, comumente folhelho, contém camadas de sal, ligações podem ser abertas entre cavidades adjacentes, depois "air-lifting" ou bombas podem ser adotados.

"LIXIVIAÇÃO DE MINERIO DE COBRE"

A recuperação do cimento de cobre por precepitação de ferro em águas contendo CuSO_4 é uma velha prática em várias regiões, tais águas sendo naturais encontradas em trabalhos subterrâneos, ou água de superfície filtradas através de depósitos minerais.

A aplicação de tais princípios por distribuição artificial de água sobre minério quebrado, é aplicável sob certas condições favoráveis, das quais as mais importantes são:

- a) - presença de sulfetos de ferro em quantidade suficiente para prover o sulfeto férrico como solvente para o cobre;
- b) - geologia estrutural permitindo a água de cobre ser coletada sem excessiva perda, ou ser coletada sem excessivo custo para evitar interferência com mineração em níveis mais baixos;
- c) - minério de característica física que a água possa penetrar nos minerais de cobre sem causar excessiva desintegração ou colapso de minérios fragmentantes;
- d) - adequado suprimento de água, e fragmentos de minério barato.

com vapor ativo. É então, distribuída para as fontes através linhas de tubos de 3 polegadas.

A planta inclui: 63 bombas, vários aparatos mecânicos, 3 compressores de baixa pressão e 5 de alta pressão, com capacidade combinada de 4500 ft. cúbicos de ar livre por minuto, a 1000 lb de pressão, para suprir "air-lifts" e fontes.

FONTES DE OPERAÇÃO

Um revestimento de 10 polegadas é descido através do material inconsolidado e assentado com cimento na çapa da rocha sobre o horizonte de enxôfre.

O ferro é continuado com revestimento de 8 polegadas, sendo este baixado cada 35 ft, perfurados, e assentado com cimento no fundo do ferro.

Um tubo de 4 polegadas assenta ao lado do tubo de 8 polegadas até acima de seu piso. Uma linha de ar com 1,25 polegadas é colocada ao lado do tubo de 4-polegadas a 200 ft acima da profundidade do fundo.

No início água quente é bombeada para baixo, em tubos de 8 e 4 polegadas; o enxôfre fundido acumula até ser elevado, no tubo de 8 polegadas, por pressão hidrostática; a fonte está, então, em condições de ser vedada.

O ar é admitido, primeiro vagarosamente, aumentando gradualmente para igualar as médias de aspiração e fundição.

A temperatura da água deve ser de 320° a 335° F, abaixando para 210° F, se necessário; se a água é muito quente, o enxôfre torna-se viscoso; se não é quente surgem friezas em algum ponto e a fonte pode ser perdida, desde que um bolo sólido de enxôfre é difícil ou impossível de refundir em água quente. Uma fonte normal extrai enxôfre em uma área de 0,5 acre.

Sangria de fontes são distribuídas entre um grupo de produção para aliviar a pressão de largos volumes de água no interior do solo. A temperatura de retorno da água é de 180° a 200° F, é tão impura que é inútil para qualquer fim, exceto para um aquecimento inicial na caldeira de alimentação.

"PURIFICAÇÃO E CARREGAMENTO"

O enxôfre fundido de um grupo de fontes é bombeado através de tubos isolados para uma estação central, onde uma manipulação subsequente inclui:

- a) - eliminação de ar e outros gases em separador especial;
- b) - coleção em um aquecedor de vapor;
- c) - distribuição através de orifício colocado dentro do aquecedor de vapor;

transferência por uma fenda, em submersão uma bomba centrífuga, para a estocagem final.

Em depósitos largos, a quantidade de gás parece aumentar, su ficientemente, mantendo um fluxo mais rápido do que em depósitos estreitos. Logo depois que o fluxo natural cessar, devem ser preparados meios artificiais para extrair o óleo.

Os métodos de extração do petróleo descritos desta maneira, são classificados como primários ou secundários, dependendo, principalmente, da idade do poço e a fase na qual o óleo tem sido extraído.

Estas classes eram, antigamente, mais rigorosamente diferenciadas, porém, agora estar começando a se confundir. Os métodos primários incluem o fluxo natural e métodos diretos de extração, começando com o acq bamento do poço e terminando quando estes métodos não podem mais retirar o óleo, provavelmente, mas devem ser suplementados por métodos secundários de renovação da pressão e pelos métodos, hoje cada vez mais avançados de re cuperação de campos que outrora eram dados por esgotados.

Observação: Não estudaremos aqui os métodos de perfuração de poços, porque são estudados na primeira parte do curso.

2 - Métodos primários de extração -

Fluxo natural - Na maioria dos campos, por um poço terminado, o óleo sairá, naturalmente, o petróleo é surgente, por um período depen dendo da quantidade de gás associado a ele, profundidade do poço, pressão do reservatório e diâmetro do revestimento. Se a quantidade de gás é sufi ciente e, se puder ajustar-se à quantidade de óleo que penetra no furo, o fluxo natural pode continuar durante a vida do poço, este é o caso ideal que ocorre em alguns casos. Usualmente, a quantidade de gás diminui até o fluxo parar ou "morrer", sendo necessários outros meios artificiais para a extração do óleo.

A profundidade do poço é um fator importante na duração do fluxo natural, desde que uma quantidade definida de serviço deve ser feita para cada metro, através do qual o óleo é elevado, por isso para um poço mais profundo, maior quantidade de gás é necessária para extrair um barril de óleo.

Existem tabulas que mostram em pés libra, por exemplo, de ser viço desenvolvido por um gás perfeito, quando expandido isotermicamente de um padrão dado de pressão em atmosferas. (Vide Peele-pag. 44-04-tabela 2).

O gás associado com o óleo não é um gás perfeito, e nem se expande isotermicamente, mas, em cada caso, suas características produzem uma relação definida para a expansão isotermica; por isso, para todo poço, as características observada do fluxo e o seu rendimento, baseadas na teo ria isotermica, dão uma medida da eficiência de elevação bem aproximada du rante o período do fluxo natural. Entre os poços de mesma área de serviço há pequena diferença nos fatores de desvio da compressibilidade sob as con dições do fluxo.

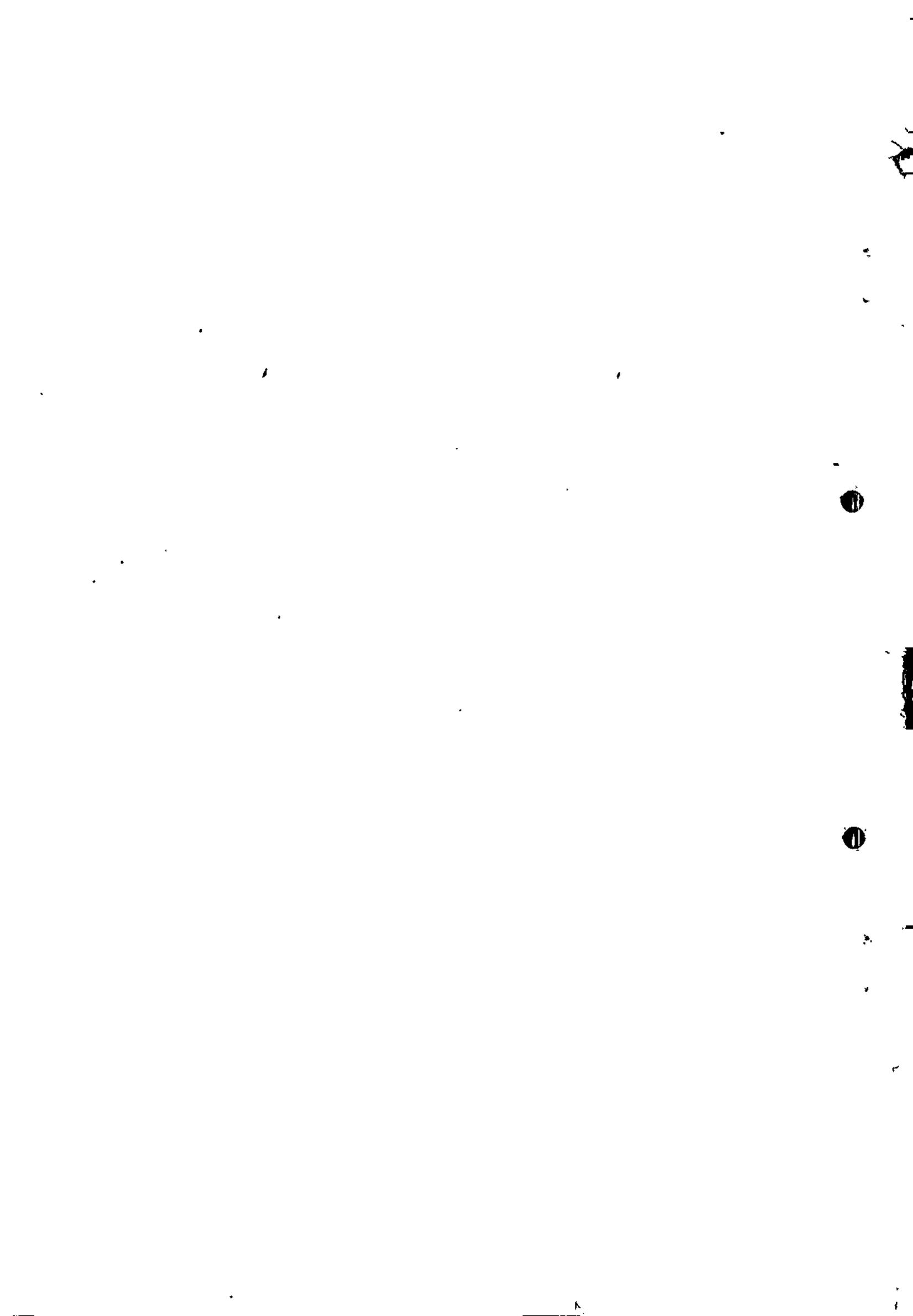
A pressão do fluxo na face arenosa é outro fator importante. Se esta pressão diminui quando o gás associado tem pouca energia para elevar o óleo até a superfície, o fluxo continuo cessa. Há, então, um fluxo intermitente, quando o gás se acumula de momentos em momento no fundo do poço em quantidade suficiente para elevar o óleo acumulado, mas este fluxo é in certo e sujeito a nenhum controle, por isso, nesta ocasião, usam-se meios artificiais para a extração. Porém, a pressão do fluxo pode ser parcial ou totalmente mantida pelo gás associado com o óleo ou pela, nas extremidades do campo, tendendo a dirigir o óleo para o poço.

Em geral, quando o poço é aberto e o fluxo natural começar, há um escape de óleo e gás que estavam no fundo do furo, abaixando a pres são na face arenosa e permitindo que a pressão do reservatório empurre o óleo para o poço; este processo continuando até que a pressão do reservatório seja contrabalançada pela pressão exigida para expulsar o óleo, na mes ma relação do fluxo, através do arenito e do revestimento, descarregando-se em tubulações na superfície.

Assim, um poço em Seminole produzindo com uma pressão do fluxo igual a 200 libras, com 800 pés cúbicos de gás acompanhando o óleo, exige em consumo de 1410 menos 800 ou 610 pés cúbicos de gás por barril de óleo extraído.

Para o bombeamento a gás, a capacidade da tubulação e do revestimento, em dois campos, segue a fórmulas.

$$P = CB^n$$

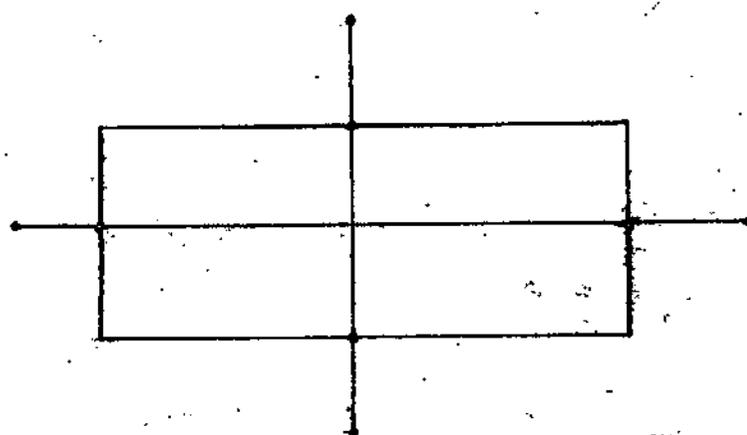


1.5 - ABERTURA DE POÇOS - Orientação, locação e alinhamento - Secção transversal e divisão em compartimentos: critérios, dimensões usuais - Execução / em rochas duras e brandas. Estações e Chutes - Execução em terrenos desmoronantes - Execução em terrenos aquíferos : nível baixo (empurrão, revestimento descendente e sapata cortante) e nível pleno (sapata cortante, caixão pneumático, congelação, cimentação, impermeabilização química, Kind-Chaudron, Honigmann e modernas adaptações) - Organização dos Serviços.

1) - ORIENTAÇÃO, LOCAÇÃO E ALINHAMENTO - Verticais ou inclinados. Importância. Necessidade de precisa topografia.-

Verticais - Secção circular : viga especial, atravessada na boca, rigidamente assentada em dois apoios; no centro da viga há furo, pelo qual passa um fio de prumo, guiado por uma pequena polia; marcado o centro, traça-se o perímetro, com um cordel ou gabarito, a gis. Durante o revestimento, usam-se prumos sobre a curva perimetral e constantes verificações com o prumo central. Empregam-se gabaritos para obtenção da curvatura desejada para o revestimento. De longe / em longe, são feitos aneis básicos de referência, ou novas vigas centrais de prumo. Emprega-se tina de água, para amortecer a oscilação do prumo. - Possível o emprego de equipamentos industriais de laser, de baixo custo (Edmund Scientific, "helium-neom laser", custo de / \$ 100, peso de 2 kg, com raio de 1 mm de diâmetro na origem e desvio inferior a 0,002 de radiano - cf. W.M. nov. 70, pag. 28).

Secção retangular - Usam-se 4 marcos superficiais, para alinhamento dos dois eixos, entre os quais se estendem arames de piano e dos quais pendem prumos em arames de cobre, com os quais são alinhados os

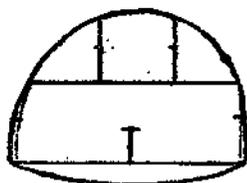


riscos centrais das peças longitudinais e finais dos jogos de revestimento, perfeitamente aparelhados. Cada quadro portador tem seu / alinhamento topograficamente verificado e serve de referência para os inferiores. Novos marcos são feitos no próprio poço, quando atingida grande profundidade e esses marcos são, constantemente, verificados.

x=x=x=x=x=x=x=x=x=x=x=x=x

Inclinados - Emprega-se linha central de estacas, distantes 10 a 15m, com verificação diária, pelos últimos prumos. A inclinação é mantida por estacas laterais, sobre as quais as sapatas ficam a distância determinada do chão (50 a 100 cm). O assentamento das linhas é verificado com nível de bolha e serve de controle. As mudanças de declividade / são concordadas com curvas de raio superior a 30 m.

2) - SECÇÃO TRANSVERSAL - Retangular, poligonal (6 a 24 lados), circular, / elíptica. Excepcionalmente, trapézio curvilíneo (Poço nº 4, em Heinitz, no Sarre)(3 compartimentos de 2, 4 x 1, 8 m, revestimento de 3 fiadas de tijolas).

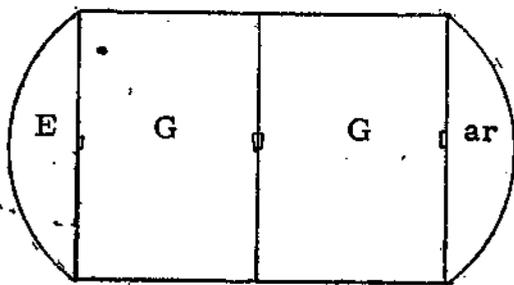
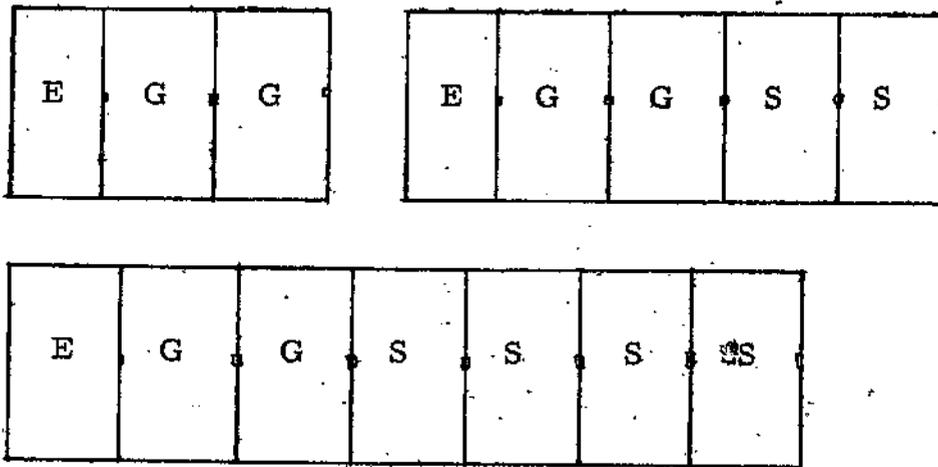


- a) - Retangular - Divide-se naturalmente em compartimentos retangulares, maior capacidade (menos escavação para dada área de extração); revestimento de madeira ou aço; minas metálicas; má resistência, a empuxos do terreno, exigindo peças longitudinais de grande secção, para resistirem à flexão (usa-se o menor lado segundo a direção dos estratos, desfavorável para ventilação; custo de abertura mais caro que a circular; tem sido suplantada por esta, devido a revestimento com concreto. No caso de poço inclinado, o céu é arqueado ou usa-se secção elítica, concretada.
- b) - Quadrada - Rara. Inconvenientes da retangular, sem as vantagens. Execução mais rápida, requer menos madeira, tem menor custo que a retangular. Mas adaptação aos compuxos; acidente em um compartimento tende a afetar toda a secção.
- c) - Circular - A mais generalizada. Máxima resistência aos empuxos. Melhor para ventilação (mínimo perímetro para dada área, sem cantos). Furação mais barata, por unidade de área, por maior eficiência da explosão. Baixo custo de manutenção. Não usando madeira, apresenta menor perigo de incêndios. Desvantagens: menos adaptada à divisão / em compartimentos: possibilita emprego máximo de 2 guinchos de suspensão (portanto, menor capacidade que a retangular), não se adapta à estratificação; acidentes em um compartimento tendem a afetar todos / os outros; esgotamento e ventilação mais difíceis na fase de execução. Era usada nas carvoeiras. Tendência de se generalizar, pela boa adaptação à concretagem e impermeabilização.
- d) - Elíptica ou alongada com curvas (elíptica modificada) Para conciliação de vantagens. Pouco usuais atualmente, embora um grande poço tenha sido iniciado com secção elíptica, em 1969.

3) - DIVISÃO EM COMPARTIMENTOS - Muito variável. Em poços verticais, re-
tangulares ou elípticos, os compartimentos são dispostos em linha e raramen-
te aos pares, como nos de secção circular ou quadrada. Usando "gaiolas" de
extração, a disposição em linha simplifica as estações. Modernamente, têm
sido usadas "gaiolas" em toda largura e compartimentos aos pares para "es-
quipes" (duplos). Em poços inclinados, os compartimentos são em linha (mui-
to raro o caso de duplos superpostos).

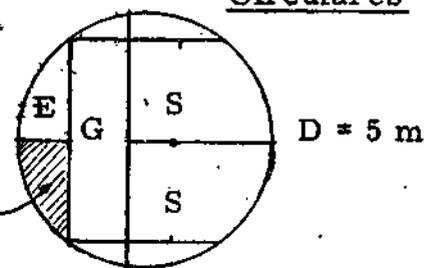
O grande eixo do compartimento deve ser paralelo ao menor lado do poço, /
 para reduzir a distância entre os "divisores" e fortalecer a resistência das /
"peças longitudinais". Geralmente, o número de compartimentos é ímpar,
 para ficar um reservado para escadas, canos, cabos elétricos, etc., e os
 demais trabalharão com extração balanceada. Tipos usuais: (medidas inter-
 nas).

Em linha,

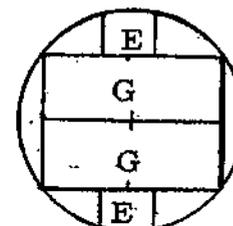
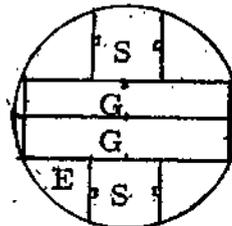
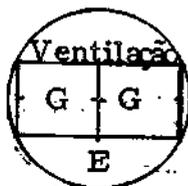
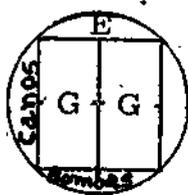
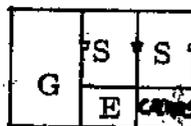
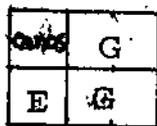


(Jogos: madeira de 15 a 35cm-25)

Circulares



Aos pa-
res



4) - DIMENSÕES - As dimensões da secção transversal são influenciadas por diversos fatores :

- a) - finalidade principal do poço ;
- b) - profundidade ;
- c) - capacidade de extração desejada ;
- d) - quantidade de homens a ser empregado na mina ;
- e) - ventilação a prover ;
- f) - velocidade de içamento ;
- g) - despesas operacionais ;
- h) - capital disponível ;
- i) - meio de extração, isto é, "gaiolas" ou "esquipés" ;
- j) - natureza dos terrenos e necessidade de revestimentos ;
- k) - necessidade de descida de madeiras, equipamentos, etc. -

- Modernamente, poços de içamento têm sido combinados com planos inclinados (nos quais circulam onibus, caminhões, veículos de carregamento, etc.), ou com rampas helicoidais, para essas funções. Outras vezes, com planos inclinados / providos de correias transportadoras.

- Para mínimo custo de execução, a secção pode ser de 1,5 x 1,2 m (me nos dificultaria a boa locação de furos e o trabalho). Em exploração, há casos de circulares com 1 m de diâmetro ou de retangulares com um só compartimento. / A ventilação impõe poços especiais de 1 compartimento ou, pelo menos, 2 compartimentos no poço principal (um deles podendo ser menor e com escadas, canos etc.). separados por material incombustível. Os poços de serviços gerais têm / sua secção condicionada pelos fatores mencionados, especialmente produção diária e profundidade do poço. Como um compartimento é destinado a escadas, etc., poço de 2 compartimentos não facilita "extração balanceada", donde se ser empregado em minas pouco profundas e de pequena produção - nos quais a economia de abertura do poço possa, de certa forma, compensar o encarecimento de energia / para içamento. Nos de 3 compartimentos, como 30% a 50% do tempo e gasto com / movimentação de homens, materiais e equipamentos, há possibilidade de atender - se a extrações moderadas, por vezes, um compartimento é dividido e provido de gaiola pequena, com contrapeso, para serviços auxiliares.



Nos de 4 compartimentos, dois servem à extração balanceada, 1 para / serviços gerais e 1 para escadas e tubulações, - Nos de 5 compartimentos, pode haver 2 gaiolas (com a 40% a 60% do tempo disponível para extração), 2 destinados exclusivamente a extração (gaiolas ou esquipés) e 1 para escadas e tubulações.

O tamanho de cada compartimento de extração depende da secção horizontal da gaiola ou esquipés, com as folgas necessárias. Eram usuais :

- 1) - minas metálicas nos Estados Unidos, para gaiolas e carros de 750 a 1000 kg uteis :

1,5 x 1,2 a 2,1 x 1,5 m ;



- 2) - minas carvoeiras (carros maiores) : 1,8 x 3,0 m a 2,25 x 3,6 m.



A secção aberta no terreno deve ter uns 10 cm de folga para cada lado / das dimensões externas dos jogos de madeira ou aço.- Com revestimen- to de concreto, espessura mínima de 30 cm para este deve ser provida.

Na África do Sul, a secção de cada compartimento era de 1,5 x 1,5 m ; para esquipas de 2t e de 1,8 x 1,8 m, para esquipas de 3t uteis. Para poços de 3 compartimentos (2 com esquipas), segundo Beringer, as seguintes extrações / eram obtidas :

Prof. n	Veloc. m/min.	Horas dia- rias para / extração	Produções diárias	
			Esq. de 2t	Esq. de 3t
150	300	12	1200 t	2000 t
300	600	10	1000	1600
450	750	10	800	1200
600	900	9	700	1080

(cf. "Undergrand Practice in Mining" , pag. 35).

Esses números são algo incongruentes e revelariam muito baixo rendi- mento, embora o autor mencione que só eram atingidos em poços bem construídos e eficientemente trabalhados...

- Poços mais profundos que 900 m requerem maior secção, ~~para boa~~ para boa ventilação de mina. Assim, para poços de 5 compartimentos, ~~usava-se~~ 1,8 x 1,8m por compartimento e, nos de 7 compartimentos, 1,8 x 1,95 m. A 900 m de profundidade, obtenham-se 30.000 a 45000 t mensais, com esquipas de 4 a 6 t uteis e até 60000 a 80000 t com esquipas de 7 a 8 t. — Esses números são excedidos com o atual emprego de grandes esquipas e regulação automática de / carregamentos e acelerações.

- Os norte- americanos empregam gaiolas de varios andares, para car- ros de 4 a 6 t uteis ^{em poços} profundos, bem como esquipas de até 25 t. Na mina de Kloof, na África do Sul, para trabalhar até 3600 m de profundidade (2 poços em série) , são usados esquipas de 17 t e gaiolas de 2 e 3 andares, para extração mensal de 180000 t de minério e até 350000 t entre minério e esteril. O poço principal tem 2050 m, diâmetro interno de 9,6 m. Desses 5000 operários em 3 horas, além de materiais e equipamentos para a lavra. A velocidade é de 1100 m por minuto, / com tambor de 4,9 m de diâmetro por 1,8 m de largura, motor de 6600 HP.

Equipado com 4 esquipas. Externamente, 10,4 m de diâmetro. Executado em 33 meses, por \$ 6 milhões. Há um poço de 7,3 m de diâmetro, 1813 m de profundidade, fornecendo 63000 t diárias de ar.

Também na África do Sul, em President Steyn Gold Mining Co. Ltd., em Orange, está sendo construído um poço de secção elíptica, de 10,2 x 10,95 m, / com 2348 m de profundidade, orçado em \$ 33,6 milhões.

5) - EXECUÇÃO, EM ROCHAS DURAS OU BRANDAS —

FURAÇÃO E ESCORAMENTO — Marteletes ou "sinkers". Drifteres, montados em barras (em secções retangulares), jumbos especiais (com braços / articulados hidraulicamente) descidos e retirados por guincho, através do estrado de proteção, o andaime Galloway ("Galloway Stage", Ponto 24, "Lavra de Minas II"), muito aperfeiçoado nos últimos anos, com vários andares, possibilitando o trabalho simultâneo de furação e de concretagem do revestimento além de provido de dispositivo para carregamento mecânico do material desmontado. - O esquema de furação e os explosivos são adequados ao tipo de rocha e secção do poço (Pontos 1.4-5 e 1.5-2, de "Lavra II"), incluindo o "sistema helicoidal Tampella" ou pilões estraçalhantes com furo largo central.

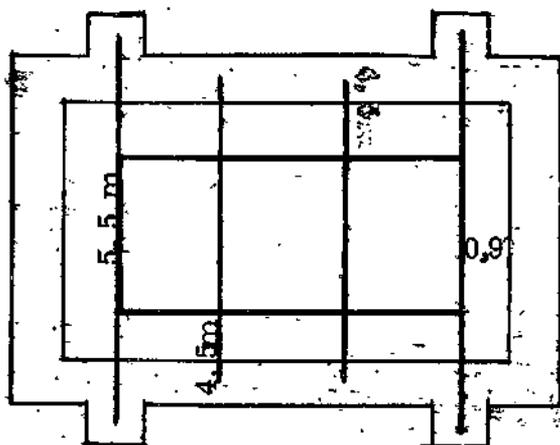
Em rochas médias ou brandas usa-se furação rotativa para secções de até 2,5m de diâmetro, com coroas de múltiplas fresas tipo Davies, atuadas por aparelhagem idêntica a de sondagem rotary. São, especialmente, empregadas / para poços de ventilação, mesmo em terrenos bastante duros e abrasivos (como basaltos, taconitos, quartzitos, etc), se as condições o aconselham. A profundidade é limitada a uns 300m, para coroas de 2,3m, geralmente constituídas por uma fresa-piloto, central, em avanço, e outras no corpo da coroa, dispostas num plano ou em vários planos. Poços até 4,5m de diâmetro têm sido furados, experimentalmente e com profundidade limitada a poucas dezenas de metros. A fresa-piloto é denominada "stinger", em inglês (picador ou ferrão). A compressão / atinge 55.000 lb/pol. quadrada (3.867 kg/cm²) e a velocidade de penetração 2,5m por hora, em rochas médias. Custos de furação podem ser mais baixos e o avanço muito mais rápido que com os métodos convencionais, além de se obterem paredes uniformes, lisas, sem estrondamentos.

- Poços inclinados são furados com drifteres em colunas, sinkers ou / jumbos conforme a inclinação. Podem ser empregadas fresas, mesmo para atividades pequenas de 25° (velocidade de penetração de cêrca de 1m por hora).

Se o terreno superficial é pouco consistente surge um importante problema: atingir rocha firme, para sólida fundação da torre de extração e rígido / suporte da entrada do poço. Se é pouco espesso, pode ser removido, em área / conveniente para evitar depressão local. Ou, então, usa-se processo idêntico / ao do caso de grande espessura (até 50m, em alguns casos): quadros suspensos, desde a boca até a rocha sólida, por tirantes de suspensão; todo o peso é sustido pelo quadro de boca, este é suportado por vigas de aço (às vezes, de madeira, de secção de 16" x 16"), colocadas segundo o menor lado do poço. A questão que se apresenta é

- a) Suportar essas vigas;
- b) evitar corrida do terreno na escavação;
- c) atingir rocha firme e trazer sua rigidez até ao nível do solo.

Para isso, remove-se o solo decomposto e faz-se uma laje de concreto, armado com tela metálica, de grande área e espessura de 15 a 50 cm. "Chumbam-se" às extremidades das vigas portadoras. Assenta-se o "quadro de boca" e, se necessário, o "falso quadro de boca", a 90cm de afastamento do "quadro de boca", ambos fixados às vigas por braçadeiras.



MADEIRAS

Quadro de boca: 12" x 12" - divisores 12" x 6"

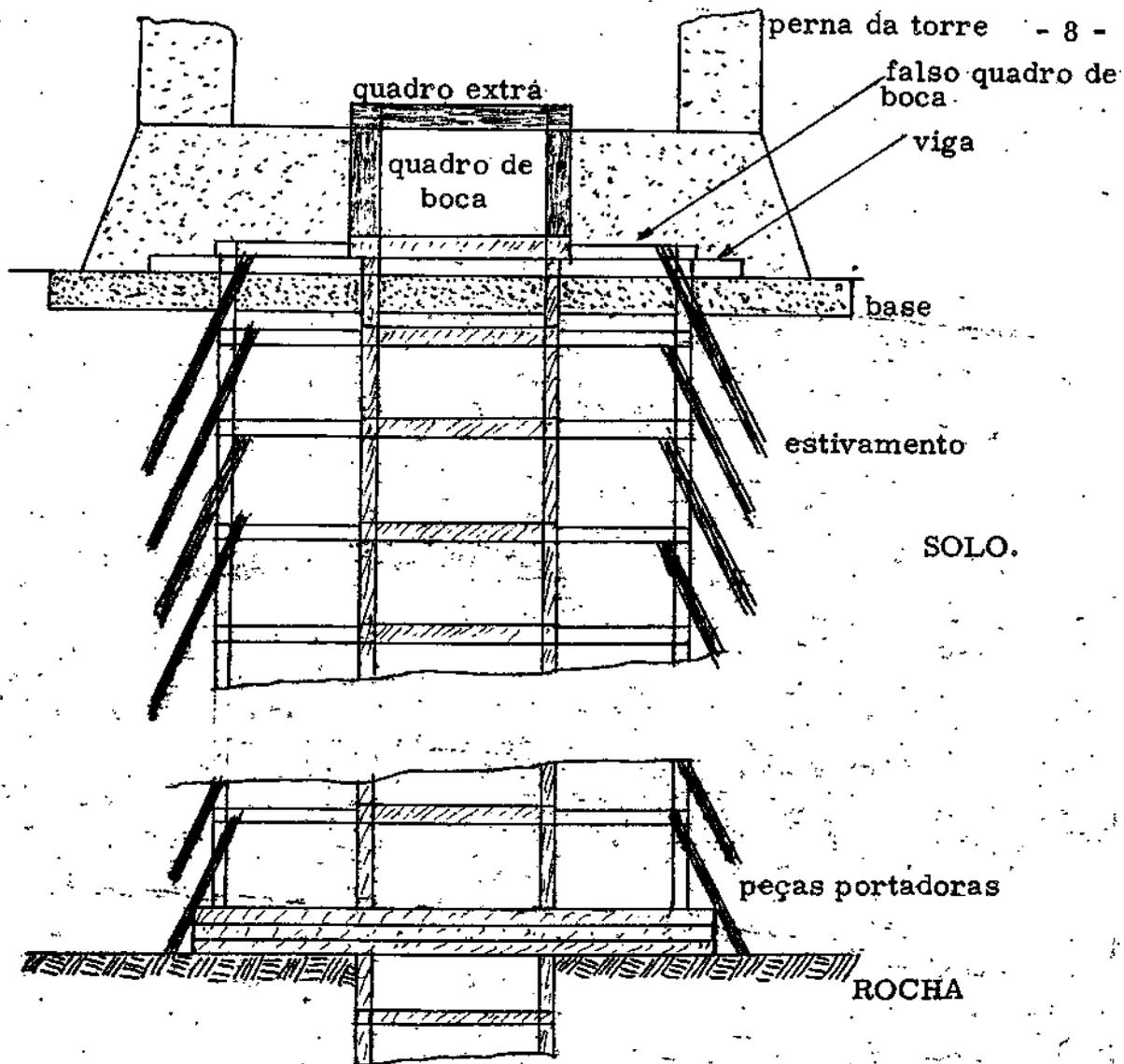
Seguintes : 9" x 9" - " 9" x 6"

Falso quadro de boca: 9" x 9"

Seguintes : 7" x 7"

Por processo de empurrão, estiva-se o terreno, antes de assentar o quadro inferior (com pranchões biselados, de 3" de espessura por 6" de largura, ou com folhas corrugadas de ferro galvanizado). Se o terreno é compacto, apenas se prevê espaço para o ulterior revestimento de concreto. O terreno é, então, desmontado (com picarêtas manuais ou mecânicas) e o material paleado em caçambas.

Encontrada rocha firme, avança-se com uns 10cm a mais, para cada lado, e colocam-se 3^{as} "peças portadoras", no topo da rocha, segundo a menor dimensão do poço (de 9" x 9" de secção, segundo as "peças finais" e de 9" x 6", segundo os "divisores"). Enche-se, depois, o espaço entre os quadros e falsos-quadros, com concreto, reforçado por cabos velho, em helice, desde a rocha até 1m acima do quadro de boca, formando uma base sólida para a torre de extração, com um "quadro extra" para o poço. Prossegue-se a furação, na rocha, usando-se só quadros verdadeiros, distantes 1,5 a 2m do anterior.



- Até 10 ou 15m de espessura do solo, geralmente é preferível a remoção total deste, mantendo-se o talude natural do terreno. Faz-se, depois, o ma-deiramento, da rocha firme para cima, circundado por forte paredão de concreto que se alarga no nível do solo, para constituir suporte para a torre de extração. Enche-se novamente, o espaço exterior do paredão, com o material escavado.

- A limpeza do material desmontado na abertura do poço é sempre custosa e demorada, correspondendo a 40% a 60% do tempo total. Pode ser feita / por paleamento direto em caçambas ou esquipas, por carregadoras mecânicas / (pás mecânicas, raspadores, etc) ou por dispositivos especiais de carregamento (tipo de guindastes de concha ou "casca de laranja", pênclentes do "andaime Gal-loway). As caçambas ou esquipas, usadas para o içamento, são de pouca altura, para facilitar o enchimento. A ventilação das frentes é, geralmente, natural, du-rante a furação, aproveitando o ar comprimido expandido das perfuratrizes, bom-bas e guinchos empregados. Após a explosão, por escapamento de ar comprimi-do, ou por tubulações especiais (com ventiladores superficiais). Presença de á-gua nas frentes, dificulta muito a limpeza, por compactar o material fino; geral-mente são providos coletores de água, com bombas de recalque para o exterior/ ou para depósitos intermediários, com instalação fixa de bombas.

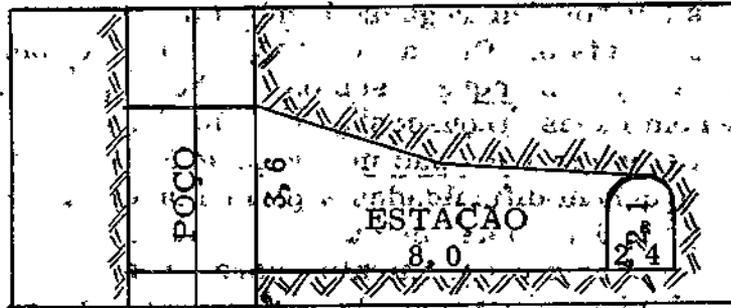
Quanto ao revestimento dos poços, foi visto em "Lavra de Minas II", Ponto 2.4.

ESTALOES - Essas aberturas devem ter capacidade necessária à sua finalidade, podendo servir à baldeação de materiais, homens, equipamentos, etc, armazena-mentos, manobras de veículos ou trens, transferências, etc.

A largura corresponde à maior dimensão do poço, ou, simplesmente, a dos compartimentos de gaiolas, se destinada a pequenos movimentos de pessoal/ e material, como em subníveis. Usualmente: 3,6 a 7,0m - até 13m.

O comprimento é condicionado pela capacidade e manobras necessárias. Usual: 4,5 a 8m - até 12 ou mais.

Altura é a necessária a descarga de trilhos, canos, madeiras. Comumente: 3,6 a 4,5m. É concordada, gradualmente, com a da "central de transporte", por ulterior serviço. Para descarga de canos ou trilhos até de 6,6m de comprimento, altura de 3,6m é suficiente, como na figura. Devem ser evitados excessos.



A locação é em ângulo reto com a maior dimensão do poço, para que não se tenha de cruzar os compartimentos.

Tratando-se de estação de transferência para outros poço, as dimensões são maiores e os traçados mais complexos, de modo a permitir a transferência de carros carregados, de um para outro poço. Da mesma forma, quando se trata de "gaiolas", é possível que a estação abranja os dois lados do poço, para que a saída dos carros vazios se faça por um dos lados e a entrada dos carros cheios pelo outro, evitando demora de manobras. Neste caso, o trecho de saída é concordado com o outro por vias algo distantes do poço, a fim de não enfraquecer / suas paredes.

Se o carregamento é feito em esquipas, há necessidade de chutes, maiores ou menores, com descarga alguns metros abaixo do nível da estação e com dispositivos automáticos. Frequentemente, são usados britadores também (no / alto dos chutes), para melhor regularização do carregamento dos esquipas, feitos com dispositivo Kimberley.

O escoramento das estações é feito com "cavilhas no céu", vigas transversais e telas metálicas. Se o vão é muito grande, usam-se esteios, a cada 4 ou 5m. Os chutes são indispensáveis para esquipas, mas são também usados / quando há transferência do minério para outros carros usados em gaiolas. Neste caso, ficam mais distantes do poço e há um subnível de transporte, 6 a 25m abaixo da estação. A capacidade dos chutes varia, comumente, entre 50 e 400t. Pode ser maior em estações entre dois poços, mas armazenagem correspondente a produção em um terno é suficiente. Para minorar esses serviços, necessários ao carregamento, usam-se "caidas de minério" (ore passes) e menos níveis de carregamento.

Em planos inclinados as estações são, comumente, mais baixas. Mas os chutes de carregamento de carros ou esquipas requerem travessas longas, para razoáveis capacidades, tanto mais longas quanto menor o mergulho do plano / inclinado.

x=x=x=x=x=x=x=x=x=x

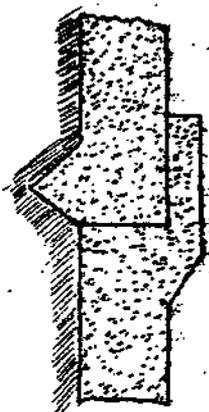
6) - EXECUÇÃO EM TERRENOS DESMORONANTES ---

O terreno não sendo aquífero, usa-se processo de empurrão, de empurrão ou de estaqueamento, como no caso de galerias ou visto no atravessamento do solo, para rochas duras. O revestimento encarece bastante e podem ocorrer dificuldades se são encontrados grandes fragmentos, requerendo furação e explosão. Em alguns casos, emprega-se variante do metodo de sapata cortante, que será visto para terrenos aquíferos.

x=x=x=x=x=x=x=x=x

7) - EXECUÇÃO EM TERRENOS AQUÍFEROS ---

Em terrenos sólidos, emprega-se bombeamento ou cimentação do terreno se necessaria como sera visto. Precauções especiais são tomadas no revestimento para estabelecer sapatas estanques, sob os trechos aquíferos (cf. Haton, 2º vol, pag. 993 a 1028), denominadas "trousses", em francês.



Se os terrenos são instáveis (cascalho, areia, argila, silt), ocorrem dificuldades suplementares, pois tenderiam a correr para dentro da abertura executada. Será necessário pronto ou prévio revestimento, para evitar a corrida do terreno, inclusive penetração de água pelo fundo, acompanhada de areia, argila, etc., aumentada a medida que é bombeada. Essa contínua corrida do terreno, com deslismamentos e desmoronamentos, pode acarretar a distorção de todo o revestimento executado ou uma subsidência superficial. Os métodos de bombeamento são, nesses casos, substituídos por outros, nos quais o esgotamento não é necessário. É fácil verificar que pressões da ordem de 0,5m de água, por metro de profun-

didade do poço, que ocorrem na sua parte superior, até ao nível aquático do terreno, atingem 1 a 1,5m de água, para cada metro de profundidade abaixo desse nível (conforme a densidade da pólpá constituída).

Ha, portanto, dois grupos de métodos, para abertura dos poços nos terrenos aquíferos instáveis:

- A) Métodos a nível baixo (com bombeamento): método de empurrão
metodo de revestimento descendente
metodo de sapata cortante

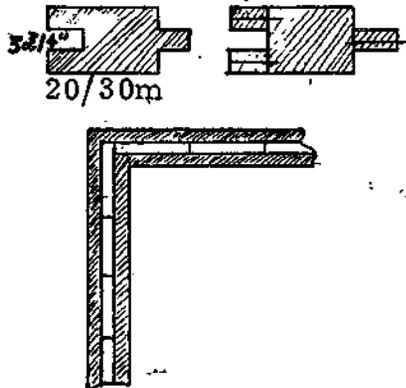
- B) Métodos a nível pleno (sem bombeamento): metodo de sapata cortante forçada
metodo de caixão pneumático
metodos de congelação
metodos de cimentação
metodos de impermeabilização química
metodo de Kind-Chandren
metodo de Honigmann-Chaudron.

A) Métodos de empurrão : - Aplicabilidade: 10 a 20m - (excepcionalmente, até 40m)

cascalho ou areia grossa (raramente com areia fina, argila ou silt) - Faz-se um revestimento provisório e empregam-se "canos de drenagem" (Well-points), constituídos por canos de 1 1/2", com um chupador de 2 1/2" de diâmetro por 1m de comprimento, perfurado, introduzidos no terreno à cêrca de 15m de espaçamento. O limite máximo de cada "cano de drenagem", através do qual a água é aspirada e esgotada, é de 7m, acima do nível de água, dependendo da densidade da polpa constituída. Os diversos "canos de drenagem" ligam-se a outro, de maior diâmetro, na aspiração da bomba. Esta poderá ser descida, à medida que é extraído o material do interior do revestimento provisório. Emprêgo de "escudo" inferior é raro, usando-se simples pranchões, no sbló. Se necessário, êles / são contraventados no último quadro-assentado, como nas galerias, ou mantidos por pesos suplementares.

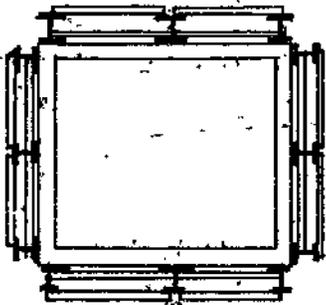
- O revestimento provisório (óbviamente, em perímtero externo ao definitivo projetado) é introduzido por empurrão, segundo diversas variantes:

1) pranchões verticais - (sheet-piling) - com 20 a 30cm de largura, 3" a 4" de espessura, comprimento até 7m, encaixáveis uns nos outros; são forçados entre

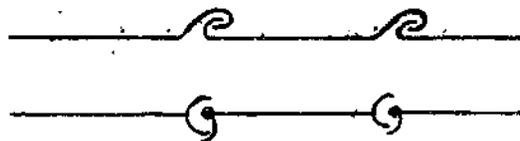


quadros de madeira, duplos, a partir de um antê-poço de serviço; são necessárias sucessivas reduções de dimensão do poço, para cada lance de pranchões; à medida que estes são introduzidos (por pancadas, martelotes, bate estacas, etc), o material do terreno é drenado e extraído e novos jogos são assentados; em vez de quadros de madeiras, podem ser empregadas cintas de aço, o que diminui as reduções sucessivas dos varios lances; o contraventamento interno é deficiente, daí empregarem-se, também, secções hexagonais, octavadas, etc., na periferia, com "canos de drenagem" entre os intervalos;

2) pranchões horizontais - (Wood lagging): menos usados; vigas de aço, de secção H (3, 6m de comprimento, 12" de largura, pêso de 75kg por metro) são previamente, introduzidas no terreno (difícil se há ma tações), em torno de um quadro de boca, com possibilidade de emendas, atingindo 7, 2m (ou até 14, 4m, em / terrenos de ponta água e pressão); entre essas vigas, são colocados pranchões horizontais, servindo de molde na concretagem final do revestimento; pranchões de 3" a 5" de espessura, 25 a 30cm de largura - (cf. Pe ele 8-05).



3) chapas metálicas onduladas ou estacas metálicas de diversos tipos - podem medir 6m de comprimento, 50cm de largura, 1, 5mm de espessura; são embricadas e batidas, guiadas por círculos de ferro concêntricos; as estacas / pranchas especiais, com perfis diversos, tem 20 a 50cm de largura, são sucessivamente contraventadas, podendo atingir até uns 20m de profundidade (com sucessivos quadros-guias), oferecem vedação parcial e são recuperáveis, ao final;



4) tubos de Haase - são tubos de 4" de diâmetro, perfil especial, com juntas externas lisas; são introduzidos em quadros-guias circulares, com entalhes; / são limpados, à medida que se aprofundam, com jato / interno de água; atingem 20m, com novos quadros internos, de apoio.



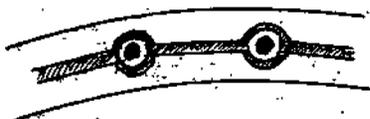
Método de revestimento descendente: - Pouco usual. Só para terrenos não muito desmoronantes. O revestimento do poço é construído gradativamente, à medida que se escava o poço, suspensão do "quadro de boca". Quando é feito com a duelas metálicas, em anéis (virolas de gusa, com reforços internos e extradorso liso), formados por segmentos, aparafusados entre si, o método é denominado / "de Haniel e Lueg". Entre os diversos segmentos e virolas; são colocadas folhas de chumbo, para obter juntas estanques com o aparafusamento. Em trechos adequados, são utilizadas virolas de diâmetro externo algo maior, para descarregar o peso no terreno. Achado terreno sólido, contoe-se uma sapata e liga-se / estanqueamente, com o revestimento já construído.

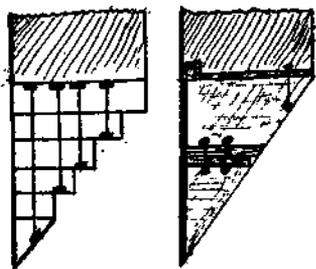
Método da sapata cortante ou de revestimento cadente (drop shaft) - Possibilita atingir 60m, ou mais, em terrenos mais que medianamente desmoronantes aos quais limitadamente se aplicam os métodos anteriores. Pode ser utilizado a nível baixo ou a nível pleno, isto é, sem bombeamento da água impregnante. Consiste, essencialmente, em construir o revestimento do poço na superfície, como uma torre e descê-lo em peça contínua, por simples ação da gravidade ou com / pressão suplementar. Essa verdadeira torre, aumentada à medida que desce, e munida de um bordo inferior cortante, donde o nome de "método da sapata cortante". Na execução, abre-se um ante-poço até o terreno aquífero e reveste-se / com concreto. Inicia-se, então, a torre cadente, com diâmetro algo menor que / o do ante-poço (internamente, menos duas vezes a espessura da torre e as folgas necessárias). Usualmente, essa torre é metálica ou de concreto. Mas, já foram usadas torres de madeira ou de tijolos.

No caso de madeira, era formada por quadros ou jogos justapostos (retangulares ou poligonais), consolidados por grampos metálicos. A sapata era / constituída por um jogo cuidadosamente ajustado, com secção transversal triangular ou trapezoidal com bisel de 45°, recoberto com forte armadura de chapa de aço, aparafusada. A torre era forçada a descer no terreno, por / macacos hidráulicos superiores, apoiados contra vigas engastadas no ante-poço, vencendo a resistência oferecida pelo / terreno. Operários, no seu interior, carregavam o material e o extraíam, facilitando a descida, controlada frequentemente com fios de prumo e regulada por ação diferencial da pressão dos macacos, escavações locais, retirada de matações, etc. Era frequente a perda de estanqueidade, pelas distorções na descida, requerendo um posterior revestimento estanque, no seu interior. A água, entrada pelo fundo, era esgotada com bombas, com limitações óbvias.



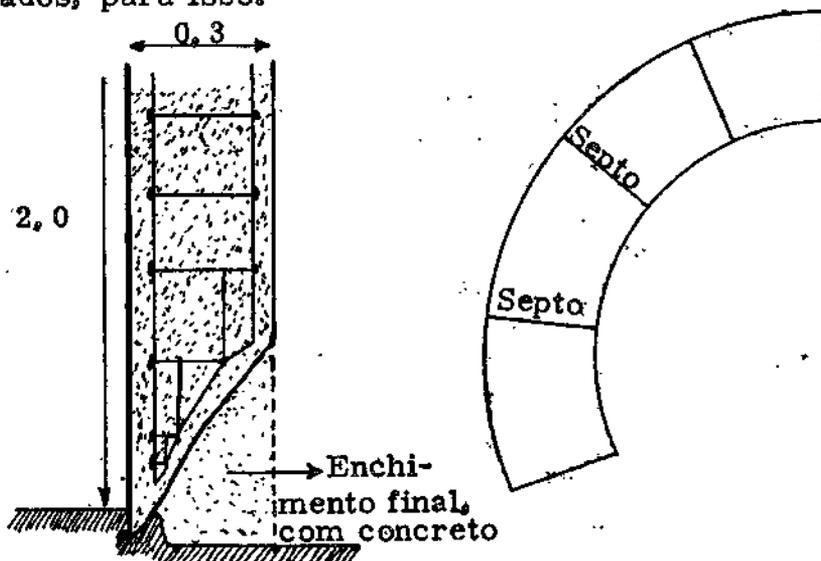
2) Torres de tijolos tinham um limite de cerca de 20m, por lance - Secção circular, com tijolos consolidados por tirantes verticais (dentro da parede) e armaduras horizontais, de aço, a cada 10 fiadas, por exemplo, embutidas nos tijolos. A sapata era constituída por vigas de madeira, aparafusadas entre si e revestidas, externamente com chapa de aço ou por carcassas de ferro fundido (superpostas e aparafusadas, com os vazios tomados por madeira). O extradorso do muralhamento era revestido /





com chapa lisa, aparafusada em blocos de madeira, engastados nos tijolos. Geralmente, o pêso da torre era suficiente para provocar sua penetração, auxiliado com algumas escavações locais, jatos de água, etc. O uso de macacos era limitado, para não provocar fendilhas-mentos, esmagamento de tijolos, etc. À medida que a torre penetrava, era aumentada, no antepoço. Entretanto, houve casos de descida da torre toda construída previamente (18m de altura, para túnel sob o Rio Hudson, em Nova York). Se ficava abalada na descida, era feito ulterior revestimento interno, de concreto.

3) Torres de concreto armado podem alcançar 60m, por lance. Fazem-se com armação horizontal, em toda altura, e vertical, para resistência às pressões do terreno, tensões de flexão e compressão. A sapata é revestida com chapa de aço, de 1/2" ou mais prolongada até uns 2 metros no extradorso; essa chapa forma nichos, por septos de ligação, na parte da sapata, e é ancorada às paredes de concreto por barras de aço (cf. Peele - 8-08). A espessura da torre pode ser menor nas partes mais altas, pela diminuição das pressões a suportar. O seu / pêso deve, porém, exceder ao atrito do terreno, na penetração ou artifícios terão de ser usados, para isso.

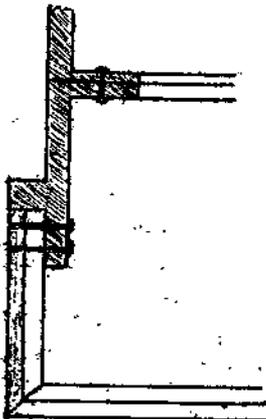


A escavação interior é feita com escavadoras e caçamba de conchas ou tipo casca de laranja. A manutenção da penetração vertical é obtida por escavação uniforme, correções locais ou pesos suplementares; matações impõem cuidados especiais, sendo rolados para o interior e furados e explodidos, se necessário. Atingido terreno firme, faz-se uma junta estanque (geralmente, há cascalho, areia e matações que a dificultam, ante água com forte pressão; pode impedir um processo de caixão pneumático ou de cimentação, iniciado por concretagem completa de todo o fundo da torre). O atrito oferecido à penetração da torre é, em geral, muito elevado, (menor em lama, aumenta com areia, cascalho, matações e com a profundidade: pode variar de 500 a 5.000kg por m^2 da superfície de contacto, sendo, comumente, de 1.500 a 3.500kg/ m^2 (em geral, tomam-se 2.500kg/ m^2 até 30m de profundidade e 3.500kg/ m^2 a partir dessa profundidade). Para minora-lo, fazem-se:

- 1) paredes espessas (considerada uma perda de pêso pela flutuação na água do terreno, ha necessidade desse aumento do pêso da torre, exercendo maior força de penetração; geralmente, as tôrres são descidas / a partir do fundo de um antepoço, de 5m ou mais de profundidade, o que reduz a area de contacto com o terreno);

- 2) usam-se pêsos adicionais (lingotes de gusa, pedras, etc., / sobre as paredes da torre, na sua parte superior, acima da superfície);
- 3) eleva-se o nível de água no interior da torre (acima do nível aquático do terreno, a corrente de água, saindo sob a tórre e em volta dela, arrasta material de contacto e alivia a pressão exercida no extradorso);
- 4) bombeia-se no interior da tórre (com precauções, para evitar entrada do terreno);
- 5) empregam-se jatos de água ou ar comprimido, em torno da torre (mediante canos previamente instalados nas paredes, com bocais em dois níveis: a 1,5 ou 2,5m acima do fundo e a 2,5 a 3,5m acima do anterior de 1" de diâmetro; horizontais ou inclinados, para cima, de uns 22°, dispostos em cada 2m do perímetro externo; o cano principal tem 4" de diâmetro);
- 6) fazem-se controladas explosões locais, etc.

4) Torres metálicas são constituídas por virolas de ferro fundido (tipo alemão), podendo atingir 150m num lance. A virola inferior é armada com lamina de aço, constituindo a sapata. Empregadas quase só na Europa, são de menor espessura que as outras (requerem do menores escavações), mais rígidas e constituem um / revestimento definitivo. Para mesma resistência, pesam 1/7 das de tijolos, sendo necessário forçar a sua descida. Nas de menor diâmetro, podem ser empregadas chapas / de aço (em aneis de 1,25m de altura, 1,4m de diâmetro / interno, 2cm de espessura), mais tenazes que as de ferro fundido, mas oxidáveis (constituindo um revestimento / provisório, a ser concretado internamente). Se necessário novo lance, concreta-se o fundo da tórre e fura-se um cilindro exatamente vertical, para guiar o novo lance.

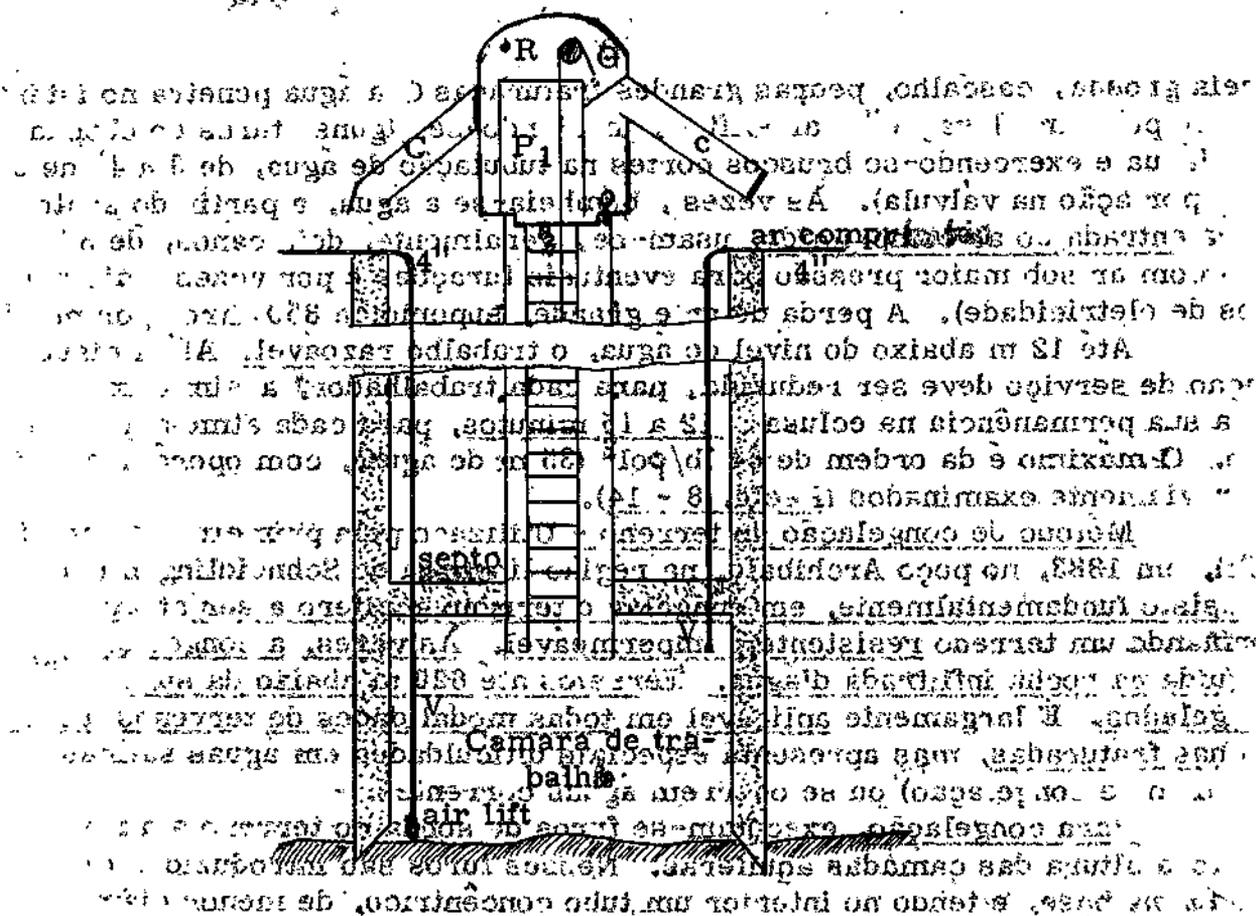


Hatón (pag. 1037, 4ª ed.) observa que, de qualquer forma, o método de sapata cortante é caro e incerto, oferecendo avanço mensal de 20m ou até 1 ou 2m.

3) MÉTODOS DE NÍVEL PLENO

Método de sapata cortante forçada - Como visto, sem esgotamento; o que / impõe que se force a descida da tórre metálica. Aplicável a terrenos favoráveis, lamacentos ou muito fluidos.

Método de caixão pneumático - Usado, geralmente, em combinação com o / de sapata cortante, quando há perigo de correr o terreno inconsistente, quando são encontrados grandes matações, ou quando é difícil a vedação final estanque: / no fundo. Havendo tal previsão, provê-se, na torre, uma construção inicial que possibilite a instalação de um compartimento estanque ao ar, a ser enchido com ar comprimido, para expelir água dos interstícios do terreno e possibilitar o trabalho de operários no fundo da torre. O processo foi criado por TRIGER, após observar serviços procedidos com escafandros, em Bjuf, na Suécia, para atravessar 14m de areias aquíferas, na base de uma tórre de tijolos; na reparação / de poços sob água, etc., em 1839.



A "Camara de trabalho" é constituída por um septo divisorio da torre, a uns 2,5 m do fundo, suficientemente forte para suportar a pressão do ar comprimido ou de pesos, colocados sobre o mesmo, para contrabalançar as tensões exercidas, para cima, pelo ar comprimido (um poço de 4 m de diâmetro, com / pressão de 3 atmosferas para 5 ar, exerce uma força de 259 t; isto é, 20,66 t / por m²). Para construção do septo, são deixadas inicialmente, ranhuras na parede da torre, na sua parte interna, a 2,5 m do fundo. Outra ranhura, algo mais alta, é feita inicialmente, como precaução para construção de outro septo, se / houver fracasso do inferior. O ar comprimido atinge a "Camara" por uma tubulação de 4", através do septo e provida de válvula na extremidade de saída.

Uma "Camara de descompressão" ou "escusa" é indispensável, para uma gradativa compressão e descompressão do ar, para sua respiração humana. Essa "Camara" poderá ser independente, construída no antepoço, ou solidária com a torre (imediatamente acima da "Camara de trabalho" ou no alto, ligada por tubulação estanque). A coluna tubular tem 1,5 m de diâmetro, chapas de 3/8" ou mais, secções de 3 a 4,5 m de altura, aparafusadas entre si, com gachetas de borracha nas junções. No seu interior há escada, para subida ou descida dos / trabalhadores. Há muitos tipos para essas "escusas", tais como Mattsen, Moxa, etc. (cf. Peete, pag. 8-12).

São providas de portas para a exterior e para a tubulação, registros com manómetros para regulação da pressão. Há escada com duas portas, guicho externo ligado ao interior por eixo com gachetas, válvula de segurança, etc. A coluna terá de ser aumentada, à medida que a torre se aprofunda. A penetração da torre é obtida pelo seu maior peso (parede mais espessa), pesos adicionais no seu alto ou na septo, enchimento de água no seu interior, por manta / nea retificada do pessoal da "Camara de trabalho" e diminuição da pressão do ar comprimido (não indesejável em terrenos argilosos ou de areia fina) e pela ação de ar comprimido que escapa sob a sapata. A pressão do ar pode ser superior / ou inferior à pressão estática, e poderá ser algo inferior no fundo, em caso de

areia grossa, cascalho, pedras grandes fraturadas C a água penetra no interior / e sobe por "ar-elevação" - air-lift - , mantendo-se alguns furos do chupador fora d'água e exercendo-se bruscos cortes na tubulação de água, de 3 a 4" de diâmetro, por ação na válvula). Às vezes, bombeia-se a água, a partir do septo. / Para entrada do ar comprimido, usam-se, geralmente, dois canos, de 3" a 4" / (um com ar sob maior pressão para eventuais furações e por vezes mais um, para fios de eletricidade). A perda de ar é grande, superior a 850 litros por minuto.

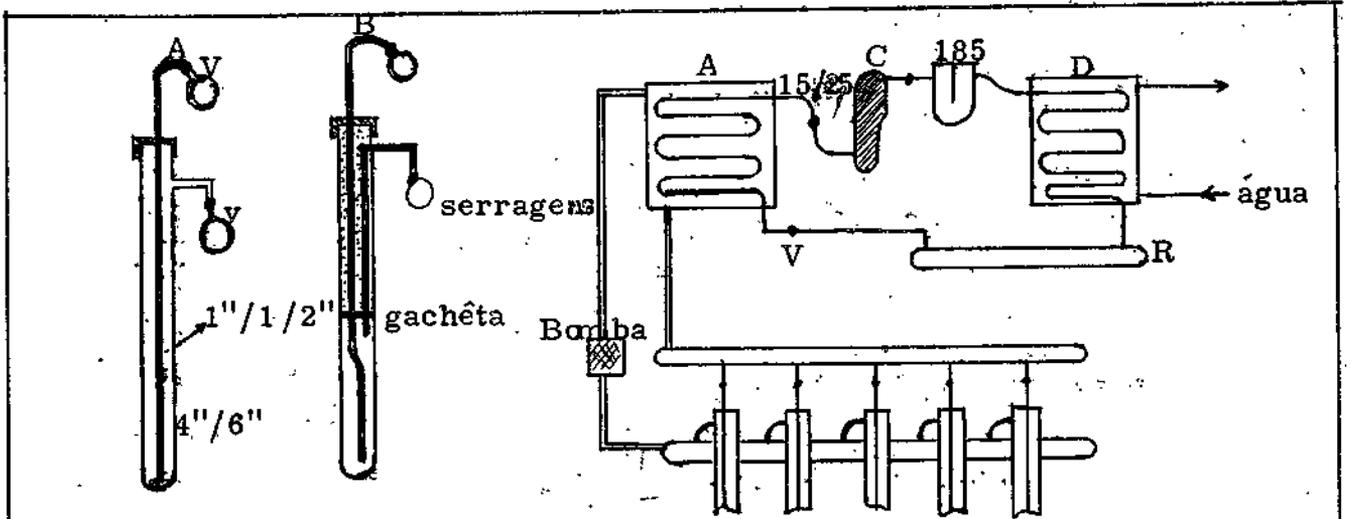
Até 12 m abaixo do nível de água, o trabalho razoável. Além disso, a du ração de serviço deve ser reduzida, para cada trabalhador, assim como aumenta da a sua permanência na eclusa: 12 a 15 minutos, para cada atmosfera de pressão. O máximo é da ordem de 64 lb/pol² (35 m de água), com operários treinados e previamente examinados (Peele, 8 - 14).

Método de congelação do terreno - Utilizado pela primeira vez por ROE-TSH, em 1883, no poço Archibald, na região Inhílica de Schmeidlingen (Saxe). / Consiste fundamentalmente, em congelar o terreno aquífero a ser atravessado, / formando um terreno resistente e impermeável. As vezes, a congelação é pros- seguida na rocha infiltrada d'água. Terrenos até 620 m abaixo da superfície foram congelados. É largamente aplicável em todas modalidades de terrenos macios e rochas fraturadas, mas apresenta especiais dificuldades em águas salinas (de baixo xo ponto de congelação) ou se ocorrem águas correntes. -

Para congelação, executam-se furos de sonda no terreno a atravessar, em toda altura das camadas aquíferas. Nesses furos são introduzidos tubos, fechados na base, e tendo no interior um tubo concêntrico, de menor diâmetro, aberto na extremidade inferior. Por este tubo central, é descido líquido de baixo ponto de congelação e mantido sob baixa temperatura. O líquido ascende pelo espaço anular entre os dois tubos concêntricos, cedendo frio aos terrenos circundantes e sendo evacuado no alto do tubo externo. As camadas aquíferas se congelam, aos poucos, em torno dos furos e os cilindros de gelo, formados, aumentam sucessivamente de diâmetro e chegam a se soldarem uns aos outros, constituindo / uma parede de espessura capaz de resistir à pressão hidrostática durante o tempo necessário à escavação e execução do revestimento estanque. O líquido congelante, saindo na parte superior, é levado a aparelho refrigerador e, por bombeamento, recirculado na tubulação do furo de sonda.

Disposição dos furos congelantes - Várias técnicas. Comumente, em círculo, a 1 m da projetada parede interior do poço (correspondendo a uns 60 cm do perímetro a ser escavado) e distantes 0,6 a 1,2 m, um do outro. Executados com a máxima verticalidade possível, para evitar afastamentos do fundo dificultando e demorando a congelação, acarretando diminuição das espessuras congeladas protetoras e, mesmo, possibilidade de atingir o tubo na escavação do poço. - Encontrada camada impermeável, abaixo, dos níveis aquíferos, os furos não devem atravessá-la: o primeiro furo executado para reconhecimento, é cimentado até ao nível dessa camada. - Se não for encontrado um estrato impermeável, será / necessário congelar também o interior do poço, projetado, para que não haja pe- netração de água pelo fundo: um ou vários furos são feitos nesse espaço (um furo central e, comumente, suficiente em poço de 5 a 6 m, de diâmetro): - A verticalidade de cada furo, é constantemente verificada, durante a furação, e corrigida se há desvio. Se o desvio é grande, despreza-se o furo e fazem-se outros, adicionais. - Em terrenos instáveis, os furos são revestidos com tubulação provisória, retirada após a colocação da coluna de refrigeração. Usa-se revestimento / bem mais fraco que a coluna de congelação, para que se quebrem com o aumento de volume da água congelada - entre o revestimento e a tubulação, - caso não possa ser retirado o revestimento. Antes de ser retirado o revestimento, a tubulação é testada hidráulicamente; só depois é que se desce a tubulação mais fina inte

rior. Furos de controle são executados no interior, e no exterior do perímetro.
 - Dificuldades de manutenção da verticalidade conduziram à congelação por lances, de cerca de 100 m, cada uma delas escavada e revestida separadamente. Assim sendo, os furos devem ser dirigidos algo para fora do perímetro. Essa prática / é, contudo excepcional, por ser lenta e de difícil trabalho de escavação.



o sistema HANTEL e TUEG (descoberto) com injeção de cimento para a
 isto grande, o revestimento e feito por lances ou por
 revestimento com resina de epoxi e fibra de vidro. Os
 água, em alta temperatura. Há e os outros, com vidro de
 Revestimento - Furos de 80 a 100 m são revestidos com concreto
 a ser congelado, a ser usado para a
 com processos de fixação
 a falta de pontos de apoio
 a construção é continuada, até o término do revestimento

Tubos de congelação - Externo - Junta exterior lisa, diâmetro de 4 a 6",
 espessura de 5 a 6 mm. **Interno** - diâmetro de 1 a 1 1/2", espessura de 5
 mm. Ligam-se, na parte superior, a coroas de distribuição, com isolamento /
 termico. Válvulas individuais permitem a regulação da circulação em cada colu-
 na. Tubos como na fig. B, com gacheta e enchimento parcial de serragem, são
 usados para congelamento apenas da parte inferior, se desnecessária na parte /
 superior.

Maquina de refrigeração - Diversos tipos. Como agente refrigerante /
 (comprimido e expandido, sucessivamente) empregam-se: amônia, gás carbônico,
 anidrido sulfuroso, dicloroetileno, diclorodifluorometano, etc. No princípio
 mum de refrigeração: por exemplo, amônia (abulção 34,9, compressão at-
 mosférica) e colocado em R, sob pressão de 120 a 150 psi, um líquido segue pela
 serpentina do refrigerador. A, regulado pela válvula V, onde se transforma em
 vapor, baixando a temperatura e absorvendo calor da salmoura circulante nos
 furos, o gás amoníaco é aspirado pelo compressor C, a uma pressão de sucção
 de 15 a 25 psi e que eleva a 100 psi, forçando-o a condensar em D, com a
 gás a 99, no condensador, e a amônia corre pela serpentina de refrigeração /
 00 l'horas. Despeção de tubulação no cen do túnel :

(por água externa à serpentina, por chuva ou ar circulante), ficando líquido e retornando a R.

Líquido refrigerante - Geralmente, solução de 22 a 27% de CaCl_2 (24° a 29° Beume, densidade de 1,2 a 1,25 - congelando a - 40° e com calor específico de 0,68) ou, melhor, MgCl_2 a 25%. - À medida que o terreno se resfria, é mais baixa a temperatura da solução que sai; geralmente, baixa 2° a 5° para cada passagem no refrigerador, até atingir 15° a 20° abaixo de zero. A capacidade da instalação depende :

- 1) do diâmetro e profundidade do poço;
- 2) de espessura requerida para a parede de gelo;
- 3) do tempo disponível para a congelação (usualmente mínimo de 3 semanas, até 5 meses). É circulado com bomba de uns 250 HP.

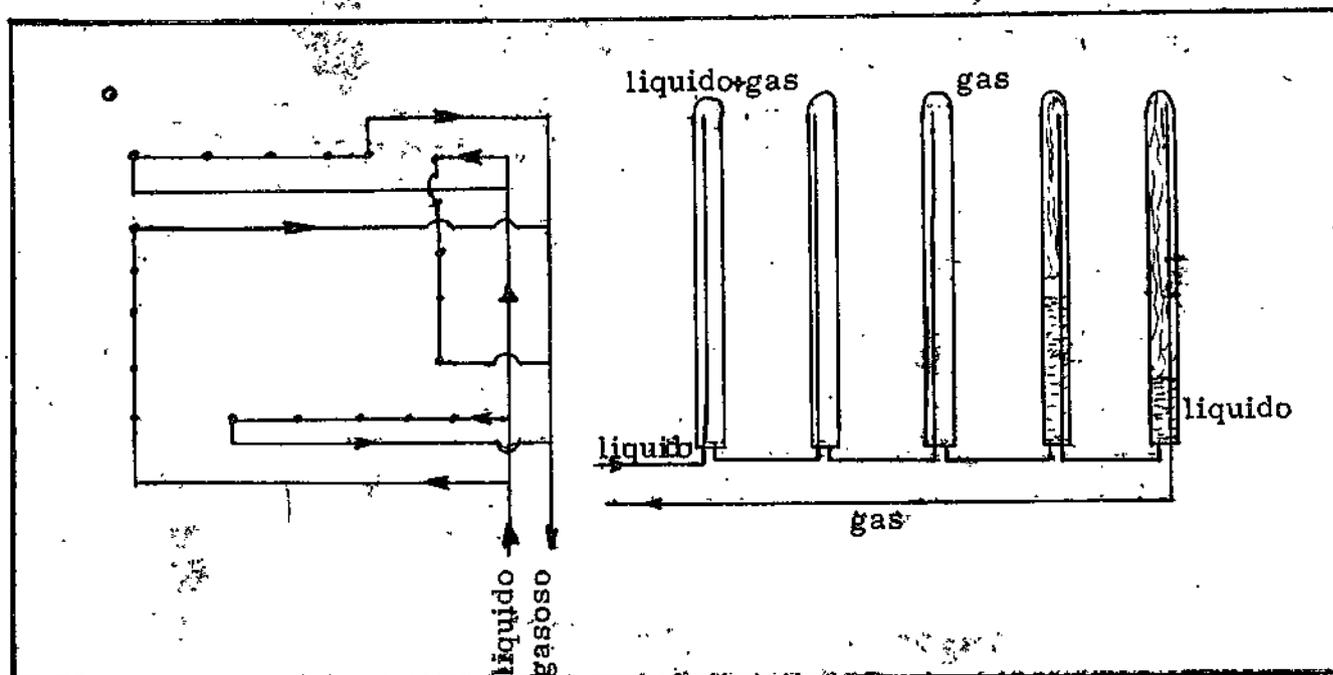
Formação de parede - Os cilindros, formados em torno de cada furo, se unem, em uma cinta contínua, cuja espessura aumenta gradativamente, crescendo mais depressa para o lado interior que é mais confinado. Às vezes, formam-se troncos de cone, se a congelação é mais rápida na parte superior ou inferior. A espessura deve ser suficiente para resistir a pressão durante a escavação do poço : a resistência é de determinação difícil, pois varia com o terreno, com a temperatura e proporção de água; areia aquífera torna-se mais forte que gelo. Com pressão hidrostática, é suficiente espessura de 2,2 m, para poço de 90 m de profundidade e 8 m de diâmetro. A temperatura é verificada nos furos de controle e a circulação do líquido refrigerante convenientemente regulada. Geralmente, a escavação se inicia, quando a parede atinge 1,5 m na parte superior do terreno aquífero e a circulação é continuada, até o término do revestimento do poço. A escavação é feita com picões pneumáticos ou pás pneumáticas - ou, mesmo, com furos e pequenas explosões, com precauções para não fraturar as paredes. Se o interior estiver congelado, a escavação será mais lenta.

Revestimento - Poços de 50 a 100 m são revestidos com concreto, com "pega" lenta em tais temperaturas. Esses e os maiores, com virolas de ferro fundido com gachetas de chumbo nas juntas e concretados. Se as pressões são muito grandes, o revestimento é feito por pequenos lances ou, preferivelmente, pelo sistema HANIEL e LUEG (descendente, com injeção de cimento para o extradorso através de furos nas virolas). Terminado para-se a circulação, esvaziam-se os tubos e faz-se circular água quente nos mesmos; retiram-se os tubos e cimentam-se os furos. A ruptura de um tubo na fase de congelação, é um acidente grave, por impregnar o terreno com a solução de baixa congelação.

Outros Sistemas --- RODIO-HOTTEGAY - Usa anidrido carbônico líquido (ferve a - 55°, a 6 atmosferas), como frigorígeno, sem necessidade do trocador D.

- PROCESSO RUSSO - Tubulação de 15 a 20 cm nos furos, possibilitando congelar um raio de 1,4 m em três semanas.

Congelamento com azoto líquido - Vantagens : supressão da instalação frigorífica, do fluido intermediário e de seus trocadores (com as perdas que acarretam), supressão das bombas de circulação, instalação simples e investimento reduzido, grande rapidez de congelação (6 m³ em 8 horas, com 4000 litros e umas 30 tubulações), troca frigorífica favorável. Muito usual em poços e túneis (cf. aplicação em Argentinil - "Revue L'Air Liquide", 3º trimestre de 1962). O azoto líquido, a - 196°, é circulado com vazão de 500 l/hora durante a primeira hora, com a congelação se iniciando em 30 minutos. Com 33 horas e 15000 litros, ela estava terminada, com areia aquífera mantida a - 30°, com circulação de 300 l/hora. Disposição da tubulação no céu do túnel :



As tubulações são de 1,6 m a 2 m, forçadas no céu da galeria, diâmetro de 2", com tubo interior de 3/4". Ligações de cobre, de 3/4".

Tubo de entrada, de 1 1/2", isolado termicamente, ligado a tanque superficial de 6000 litros, com azoto líquido. O azoto é evacuado por tubo de 3 1/2", descarregando na superfície.

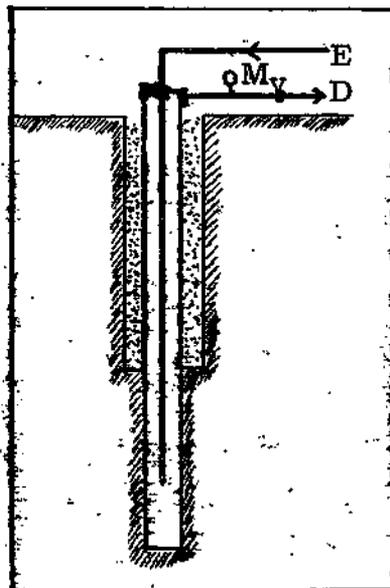
Exemplo - Poço na Inglaterra, de 80 m : furação 10 meses, congelação 6 meses, escavação e revestimento 12 meses.

Método de cimentação - O terreno é solidificado e impermeabilizado, em volta de toda a zona a ser escavada, por injeção de leite de cimento, através de furos de sonda, sistematicamente dispostos. Obtem-se uma muralha contínua, sólida, impermeável e permanente.

Aplicabilidade - Rochas fissuradas (impossível manter os furos abertos em terrenos corrediços - a não ser com revestimento, que impede a cimentação; terrenos porosos, como tufos, são apenas revestidos superficialmente, o cimento não penetrando nos poros).

Disposição dos furos - No processo primitivo, de PORTIER, usavam-se 6 ou 8 furos, em círculo concêntrico com o poço e de diâmetro um pouco maior (8 m, para poços de 6 m livres). Em terrenos muito compactos, a distância entre os furos era reduzida para 2 m (dando 12 furos, com diâmetro de 6 m para o poço e 8 m para a circunferência externa). Os furos eram de diâmetro de 5 1/2", 6" e até 12", para pequena resistência à circulação do leite de cimento. Inicialmente, abre-se um furo com cerca de 1 m de diâmetro e 5 m de profundidade, cimenta-se o tubo guia, bem verticalizado, e com um tampão roscado, diâmetro de 7" a 12". Fura-se pelo interior do tubo guia cimentado no terreno. Comumente, pela impossibilidade de usar revestimento, a furação e cimentação do terreno são feitas em lances sucessivos, de 3 a 10 m. Excepcionalmente, a furação é feita num só lance, mas a cimentação é executada em varios lances, sucessivos, com emprego de "gachetas" internas - para minorar a resistencia à injeção e eventual de sigual distribuição. Furado um lance, desce-se a coluna de injeção, constituída por fortes tubos de 2" a 2 1/2" de diâmetro, até cerca de 1 m acima do fundo do furo, e rosca-se o tampão superior (provido de furo com gacheta, para passagem da coluna). Bombeia-se água pura, até que saia limpa no tubo de descarga D; fecha-se a valvula V e continua-se a bombear água, com o máximo de pressão, por 15 a 30 minutos, para forçar as aberturas do terreno; começa-se, depois, a bombear leite de cimento, muito fluido (5%, por exemplo, de cimento muito fino, pe-

neirado, com "pega" em água entre 2 a 6 horas), com pressão de 4 a 5 atmosferas acima da hidrostática do fundo do furo - comumente, da ordem de 1500 a 3000 psi, até 4500 psi. Se, após uma hora, a pressão não sobe no manômetro M, engrossa-se o leite de cimento, para 10%. Após horas de bombeamento, a pressão aumenta, revelando parcial obturação das fissuras. Se o aumento é muito rápido,



pode-se abrir um pouco a válvula V, dirigindo a extremidade de descarga para o misturador de cimento. Regula-se a abertura da válvula, de modo a poder se manter o máximo de pressão fornecida pela bomba; quando todo o cimento bombeado é escoado, é sinal que não mais penetra no terreno: cessa-se a mistura e leva-se a descarga ao esgoto, circulando apenas água, limpando o dispositivo de injeção, até sair limpa; para-se o bombeamento e fecham-se as válvulas, mantendo-se assim a pressão, até "pega" finaldo cimento. Terminada a cimentação dos vários furos, o poço é escavado por processos comuns. Se ocorrer água, procede-se a nova cimentação. Feito o revestimento final, tampam-se os furos, com enchimento por cimento.

O processo SACLIER - é análogo, mas com injeção de cimento simultânea nos diversos furos.

O processo FRANCOIS - é o mais usual. Há maior número de furos (20 a 24), de menor diâmetro (1 1/2" a 2 1/2") dispostos em duas circunferências concêntricas com o poço. Na África do Sul, foram empregados 16 furos de 10 m de extensão, dirigidos para fora do perímetro do poço, atingindo na base um círculo de 3,5m de diâmetro superior ao do poço; executadas com perfuratrizes comuns e aço de 1 1/4" (hastes). Furação e cimentação lance a lance. Na parte inicial do furo, com 2 1/2" de diâmetro, era cimentado em tubo, de 1,2 m de comprimento, provido de válvula (através da qual era prosseguida a furação) e rosca na extremidade, para ligação do tubo de cimentação.

Métodos de impermeabilização química - Podem ser considerados variantes do método de cimentação, com impermeabilização obtida por diversas substâncias, previamente ou gradativamente com a abertura do poço.

- 1) - Injeção, separadamente, de silicato de sodio e sulfato de alumínio. Forma-se silicato de alumínio (precipitado branco coloidal, que se desidrata, sob pressão, deixando um enchimento sólido nas fissuras capilares, não penetráveis ao cimento, e recobrando as paredes argilosas das fissuras.

maiores, facilitando uma ulterior cimentação).

- 2) - No processo JOOSTEN - empregam-se silicato de sódio e cloreto de cálcio, formando silicato de cálcio, insolúvel e de "pega" tão rápida que a tubulação deve ser subida à medida que se injeta o cloreto de cálcio, para não ficar presa. Atinge até 90 m em torno do furo. Muito usada para vedações estanques do fundo dos poços.
- 3) - Injeção de Asfalto fundido pode ser mais eficiente que cimentação, na ocorrência de corrente forte de água. - No processo CHRISTIANS, o asfalto é mantido fluido por resistência elétrica em cada tubulação. Em outros casos, emprega-se camisa de vapor, em torno da tubulação de injeção do asfalto aquecido.
- 4) - Injeção de argila bentonita é feita em caso de grandes cavidades, com água sob pressões superiores a 100 psi, desde que não haja água corrente nas cavidades.

Método Kind-Chaudron - Consiste numa escavação a nível pleno, por percussão, acompanhada por, revestimento contínuo por tubulação metálica, armada na superfície, após a escavação. - Como furação por percussão, abrangendo toda a secção do poço, sua valia atual é apenas histórica e concepcional.

Aplicava-se a terrenos muito aquíferos e relativamente resistentes, capazes de se manterem até a descida do revestimento. - A profundidade atingível dependia dessa manutenção e da resistência mecânica possível das virolas de ferro / fundido, que constituíam o revestimento, pois há um limite prático para sua espessura (2,5 cm a 12,5 cm). Até 400 m foram atingidas na Alemanha. O limite teórico é de uma 300 m de pressão hidrostática, para virolas de 4 m de diâmetro e de 12,5 cm de espessura. Essas virolas eram interiores, com duas nervuras circulares internas para reforço. A espessura poderá ser calculada pela fórmula de Lamé ou, em geral, desprezando as forças elásticas interiores, pela fórmula de Lamé simplificada:

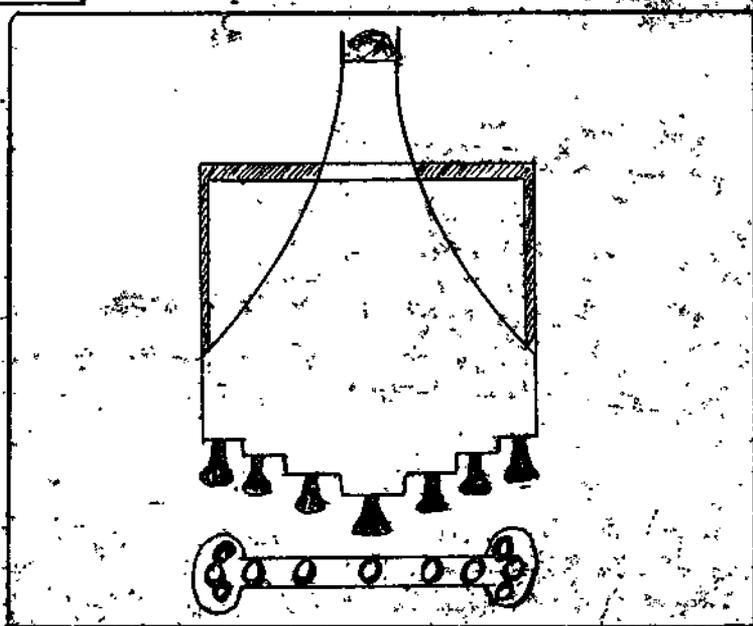
$$e = \frac{\bar{w} H D}{2(R - \bar{w} H)}$$

na qual e é a espessura, H a altura piezométrica, D o diâmetro interno, R a resistência em quilogramas por metro quadrado do material, \bar{w} o peso em quilogramas por metro cúbico do fluido (igual a 1000 para água pura). - (cf. Haton, 4ª ed. vol. I, pag. 998). R , para ferro fundido é avaliado entre 50 e 75 milhões de quilogramas por metro quadrado, admitindo-se, como carga de segurança, pelo menos 5 milhões. A espessura é calculada para lançes de 20 a 25 m de altura. Para $e = 0,125$ m e $\bar{w} = 1000$, teríamos, como $D = 4$ m,

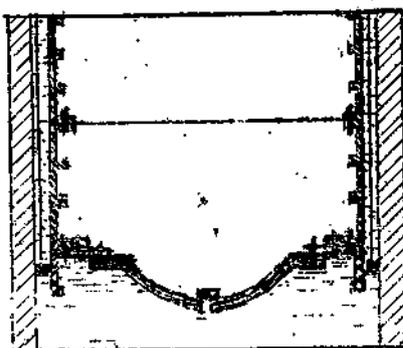
$$0,125 = \frac{1000 \times H \times 4}{2(5000000 - 1000 H)} \text{ , donde } H = 249,12 \text{ m (ou } 267,38 \text{ m para } \bar{w} = 1100)$$

(Geral: $e = \frac{D}{2} \left(\sqrt{\frac{R - p_0}{R - p_0 - \bar{w} H}} - 1 \right)$, $e = \frac{\bar{w} H D}{2(R - p_0 - \bar{w} H)}$ ou $e = \frac{\bar{w} H D}{2(R - \bar{w} H)}$, $p_0 =$ (pressão atmosférica)

A execução do furo era feita com trepanos especiais, de 5 m de diâmetro e peso de 30 t. Hastes de forte secção, robusta corrediça Chynhausen. Cada trepano passua muitas coroas, pesando cada uma 30 a 50 kg, atingindo conjunto / de 1 t, com encaixe cônico e cavilha, substituíveis. Os trepanos (8 t para diâmetro de 2,5 m, 30 t para diâmetro de 5 m) possuíam guias verticais, para manutenção da verticalidade, curso de 15 a 75 cm, 10 a 30 batidas por minuto (diminuindo com a profundidade). A furação se fazia a pleno diâmetro ou com furo inicial / mais estreito (2 a 2,5 m) posteriormente alargado. A limpeza era feita com / "bombas", de varios compartimentos. - (Haton, pag. 1138). Até onde possível era feito um antepoço, a nível baixo, que servia de "praça" de trabalho, após revestido. - Atingido terreno sólido, impermeável, era descido o revestimento, ideado por CHAUDRON, a nível pleno.



As virolas inteiriças, tinham 1,5 m de altura, eram previamente testadas e montadas por aparafusamento (com folha de chumbo nas junções), pesando cada torre cerca de 1000 a 5000 t. Na parte inferior, eram fechadas por uma calota de ferro, constituindo o "navio". A medida que penetrava, seu peso era aliviado pelo deslocamento de água, terminando por flutuar livremente, sendo necessário carregá-lo com lastro, para continuar a descida. A virola especial do fundo, na qual se montava a calota, possuía dispositivos, externos, para suspensão por cabos. Um anel fracionado, para ulterior desmonte, era fixado entre a calota e a penultima virola. Na calota havia um orifício central, tampado, para inspeção final. A suspensão era obtida com 6 hastes especiais (para fácil desprendimento), suspensas em cabos metálicos. Novas virolas comuns eram montadas, à medida que a torre ou "navio" descia, até que flutuasse. Desprendiam-se então, as hastes de sustentação e colocava-se água no interior, a medida que novas virolas / eram montadas na parte superior. Bons guinchos eram necessários para descer as pesadas virolas no interior do antepoço (7 a 10 t, cada virola - atingindo 19 t para virola de 4 m de diâmetro e 12,5 cm de espessura, praticamente a maior / possível). Comumente, as virolas eram descidas em grupo, de duas, já aparafusadas, possibilitando até 30 m por dia. Os operários trabalhavam em andaimes, suspensos no interior da torre, ao nível do fundo do antepoço, usando chaves de 1,2 m de comprimento. Cuidados especiais eram tomados para boa vedação das juntas, para que a torre não fosse a pique. Atingido o fundo do poço, fazia-se / boa concretagem entre o terreno e a torre, descendo o concreto por tubos entre ambos. A concretagem era, preferivelmente, iniciada com a torre a 1 m do fundo e, depois, abaixada. Feita "pega", esgotava-se o interior da torre e abria-se



o tampão do fundo da calota. Se estava estanque, desmonta-se a calota e fazia-se a sapata estanque, ligada à torre. Se havia água, tentava-se cimentação ou, então, nova furação tinha de ser empreendida, no interior da torre, e uma nova torre, concêntrica, de menor diâmetro, era descida. Em alguns casos, foi descida da torre também com calota superior, provida de tampão para admissão de água, para o segundo lance, todo o conjunto superior por hastes, para segurança. Secava-se a parte até a calota superior e vedava-se o espaço entre duas torres.

Método de Honigmann-Chaudron - É uma evolução do anterior, com escavação rotativa, a nível pleno. É bastante usual, com algumas modificações.

Como o anterior, é aplicável a terrenos muito aquíferos, relativamente resistentes. Podem ser algo mais fracos que no método de Kind, graças à "lama" empregada na furação, colmatando as paredes do terreno e exercendo apreciável diferença de pressão nas mesmas. - Usava-se um equipamento de sondagem análogo ao da "Rotary", com ferramenta de ataque formada por dupla estrutura cônica, unidas na maior base à haste cilíndrica da coluna de furação. Sobre esses troncos de cone eram fixadas lâminas de aço para desagregar a areia (substituídas por fresas, em terrenos argilosos). A coluna de hastes ocas tinha diâmetro interno de 6" a 12" e o material desmontado subia pelo seu interior, em "contra corrente". Todo o poço era cheio com "lama" acima do nível piezométrico do terreno, para aumentar a pressão exercida e, no interior da coluna de hastes, introduzia-se ar comprimido com um cano de cerca de 1" desembocando alguns metros acima do fundo e atuando por "ar-levação" (air-lift). A "lama" de sondagem tinha densidade de 1,2 a 1,3. Nessas condições, para uma altura total H e diferença de nível h, a boca (nível piezométrico), o excesso de pressão no poço seria de $2H - h$ com (atmosfera) 10^5 dina/cm². A polpa ascendente decairia na superfície e em torniquete abaixo da mesa de rotação, e recirculada após peneiramento e decantação e regulação de densidade e viscosidade. A torre era análoga à vista no método anterior.

Aplicações mais recentes - A furação é executada com corças providas de fresas tipo Davies, adequadas ao terreno (S, M, H, HH). Comumente, com uma saliência piloto central. (Diâmetro até 2,4 m ou, excepcionalmente, até 4,5 m. As corças de 2,4 m costumam ter 28 fresas, dispostas em 7 estagios. Furos até 300 m têm sido executados. É comum a execução de um furo piloto, tão verti

cal quanto possível, e posterior alargamento, com coroa provida de saliência e orientada pelo furo piloto. - Caso típico é o da furação de 3 poços de 1,8 m de diâmetro (dois deles gêmeos, sendo a extração do minério), com 150 m de profundidade, em jazida de bauxita em Arkansas (W.M., junho 1960). A maior diferença ocorre na torre de revestimento.

Os dois furos pilotos, dos poços gêmeos, distavam 5 m de centro, e tinham 20" de diâmetro e 171 m de profundidade. O antepoço tinha 3 m de diâmetro por 6 m de fundo, seguido de furo com diâmetro de 2,4 m e 19 m de profundidade, revestido com chapa de aço de 3/8". O furo prosseguiu com diâmetro de 2,1 m, até atravessar o minério a 151 m. O revestimento (torre) tinha 1,8 m de diâmetro interno, com chapas de aço de 5/8" de espessura, soldadas gradativamente, e com calota inferior, tendo um furo central de 6" e tubulação rosca, prolongando-se até ao alto. - Na torre havia tiras externas de reforço e era baixada pela introdução de "lama" no seu interior, com densidade 1,2. Atingido o fundo, foi soldada uma calota superior, atravessada pela tubulação de 6" e por dois tubos de 4", para manter a circulação interna de "lama". A circulação externa era mantida por bombeamento, através da tubulação de 6" e saída pelo exterior da torre. A cimentação foi iniciada por bombeamento de leite de cimento, de densidade 1,68, através da tubulação de 6", deslocando a lama e forçando-a para cima, pelo exterior da torre. Quando o cimento completou o enchimento externo, nos 30 m de fundo, um tampão obturador foi forçado, por água, até o fundo da tubulação de 6" e aí mantido por água sob pressão. A cimentação foi prosseguida por canos de 2", descidos da superfície no exterior da torre. Enquanto a cimentação era feita por um tubo, abaixo da superfície em elevação, o outro tubo era encurtado. A cimentação foi prosseguida até aflorar, gastando 2000 a 3000 sacos de cimento em cada poço. Uma pressão hidrostática de 50 a 100 psi foi mantida no interior da torre durante a cimentação, para evitar seu colapso interno e a circulação mantida até complementação da "pega". Depois disso, a calota superior e o revestimento acima da superfície foram removidos e a tubulação interna, de 6", desaparafusada da calota inferior. Bombear-se o líquido do interior da torre.

B) - ORGANIZAÇÃO DOS SERVIÇOS - Um poço é sempre uma obra importante, cara e que requer rapidez executiva. É também, uma pequena frente de trabalho e de acesso difícil e demorado. Todos os fatores contribuem para requerer uma existente coordenação e supervisão dos serviços envolvidos, dentro de planejamento constantemente adaptado às circunstâncias.

Segurança dos trabalhadores e simultaneidade de serviços levam ao uso generalizado de "andaimés volantes", tipo Galloway - comumente com dois ou três tabuleiros. Para obreviar a operação de carregamento do material desmontado, uma das operações difíceis e demoradas, são utilizados dispositivos mecânicos, como guinchos (suspensos do andaime Galloway) e com caçambas de mandíbulas, tipo cacto ou concha (cactus grab ou shell grab). Essas caçambas dobram a velocidade de carregamento e requerem apenas metade de paleadores para completar a limpeza. Com capacidade de 1 t, elas enchem caçambas de 2,5 m³ (cerca de 4,5 t) em 3 minutos, possibilitando limpeza e icamento de 100 t por hora.

A organização varia conforme o tipo de serviços necessário à abertura / do poço, pois vimos serem muito diversos.

No caso de poços em rochas duras, os seguintes exemplos são típicos :

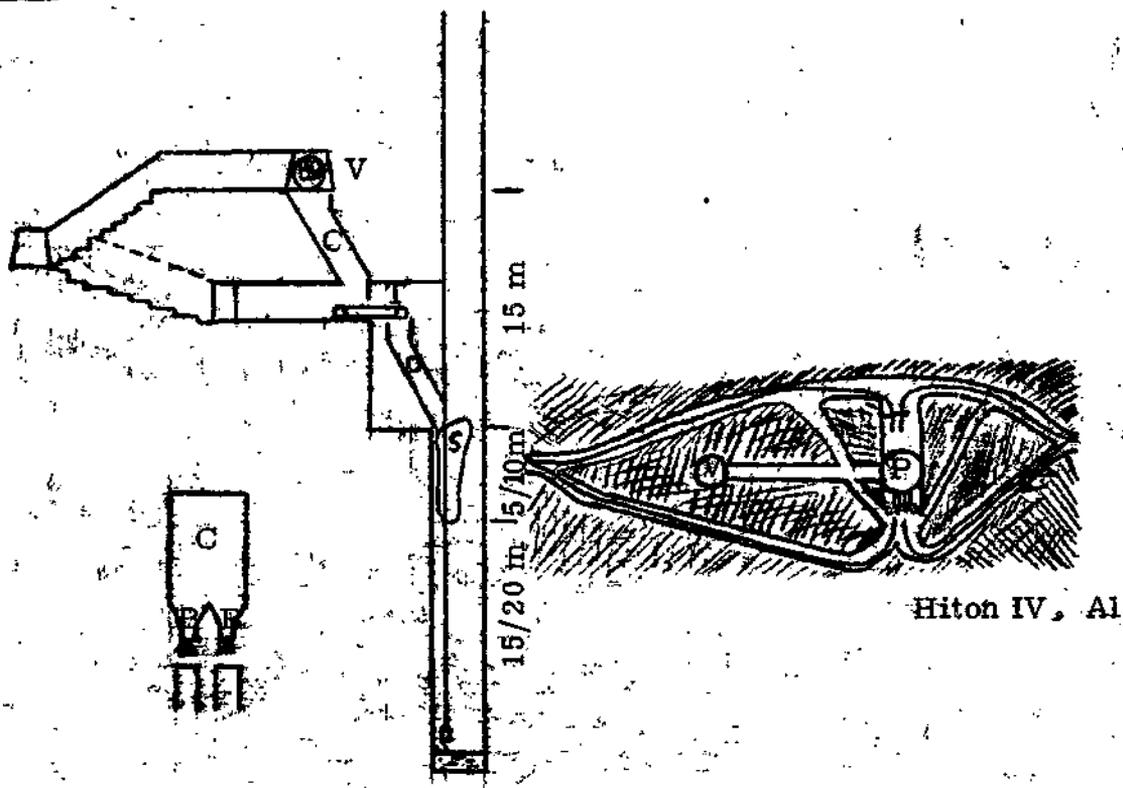
- 1) - Poço de 7 m de diâmetro (6,7 m internos), em dolomito, em Witwatersrand (África do Sul), com carregamento manual.

Avançamento de 1,36 m por terno de 8 horas - furação (10 furadores e 10 auxiliares, 76 furos de 1,5 m) - 1 h 30 min; carregamento dos furos e explosão - 45 min; paleação (20 hamens, caçambas de 2 t, 20 a 24 por hora) - 4 h 30 min; sopramento e exame de fogos falhados - 45 min - intervalo, descidas, subidas - 30 min. Cimentação dos terrenos e revestimento por concreto, executados em outros termos, separadamente. O revestimento feito em anéis, 1,5 m de altura por hora. O tempo total, a partir do avançamento do poço, seja para cimentação do terreno ou para revestimento, era de 1 h.

- 2) - Poço de 8,10 m de diâmetro (7,5 m internos), dolomito, em Vlakfontein/ (África do Sul), com carregamento mecânico (tipo cacto). -
 Avançamento de 193 m em 8 horas - entrada - 15 min; limpeza (caçamba tipo cacto, de 1 ton. com 8 tiras, carregando caçambas de 2,5 m³) - 4 horas; soprção - 45 min; furação (24 perfuratrizes, 132 furos de 2,1 m) - 1 h 20 min; carregamento e explosão dos furos (espoletas elétricas, 7 tempos), - 1 h 15 min; intervalo médio - 25 min - Total 8 horas. Abertura do poço e revestimento na base de 3 termos diários. Revestimento de concreto, acompanhando de perto a furação, usando formas de 3,3 m de altura e caçambas de 2 jc., com befoneiras na superfície. Média mensal de abertura do poço, com 3 ternos diários: 82 m (donde 42,5 avançamentos), com "record" de 178 m num mês (mais de 1952, correspondendo a 92 avançamentos...) -
 Ventilação com canos galvanizados de 1 m de diâmetro (620 m³ por minuto, pressão de 9" de água), terminados a 20 m acima do fundo, com bocal de 30 cm de diâmetro.

Complementos

ESTACÕES



T-27.1

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

METAMAT
Deptº Técnico

--- \$\$\$ ---

01078

TRATAMENTO MECÂNICO DOS MINERAIS

NOTAS DE AULA

--- \$\$\$ ---

Prof. JOAQUIM MATA

--- \$\$\$ ---

--- \$\$\$ ---

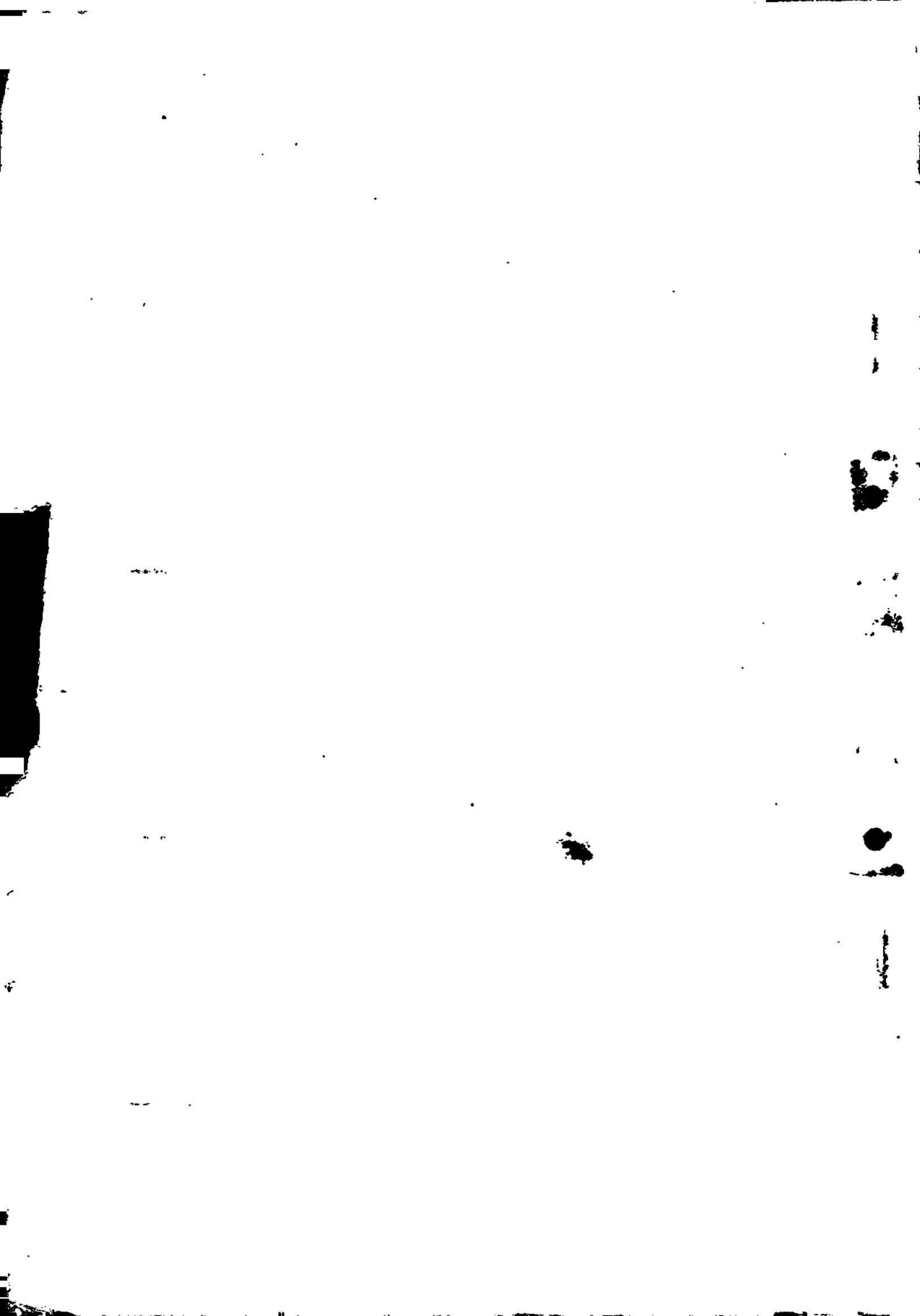
--- \$\$\$ ---

--- \$\$\$ ---

--- \$\$\$ ---

--- 1969 ---

--- \$\$\$ ---



NOTAS DE AULA

TRATAMENTO MECÂNICO DOS MINERAIS

PONTO 1:

- 1) Conceitos Gerais (minerais, minerais - minérios, minérios, rochas, corpos geológicos, jazidas metálicas e não metálicas).-
- 2) Utilização não-lucrativa.-
- 3) Preparação requerida: Definição do T. M. M.- Processamento dos minerais. Tratamento Mecânico dos Minérios.-

1) MINERAL

Antigamente era considerado como uma substância inorgânica de estrutura cristalina definida.-

Conceito atual: *

P. Grigoryev.-

Minerais são produtos de processos naturais, físicos ou químicos, quimicamente individualizados, podendo ocorrer sob a forma de corpos simples, compostos ou misturas, podendo ainda ocorrer sob a forma líquida, sólida, gasosa ou dispersoidal.-

Definição de Routhier°

Mineral é uma substância geosfera, possuindo em princípio uma composição química bem definida. Definição um tanto quanto digressiva.-

Nesse caso o carvão seria um mineral na concepção de Routhier e ficaríamos em dúvida quanto à sua classificação na concepção de Grigoryev.-

Mineral-minério é a espécie mineral que pode ser utilizada para a extração econômica de um ou mais metais.-

Na prática o mineral-minério não ocorre isolado, ocorre geralmente misturado com um material estéril que denominamos ganga.-

Ganga são minerais inúteis (ou de valor secundário) que ocorrem associados com os minerais-minérios de uma jazida. Geralmente é o material associado não metálico. A ganga às vezes é utilizável.-

Minério (mineral-minério + ganga).-

Minério é um agregado de mineral-minério e ganga, do qual nas condições atuais da prática e técnica podemos extrair economicamente um ou

mais metais.-

EXEMPLO:

Argila, contém Al, mas nas condições atuais da prática e técnica não é utilizável.-

Existe uma célebre frase que diz:

" O minério não existe, é o homem quem o faz ".-

O nome de minério não é generalizado a todo mineral. Por exemplo:

A pirita não é um minério. Pois nos dias atuais ela é utilizada para produzir enxofre. Se nos dias vindouros vier a ser utilizada para a extração do ferro ela passará a ser minério.-

Os minerais agregados vão constituir o que chamamos de rochas.-

Rochas são pois agregados de certos minerais característicos formadas em tempo e por modos diferentes. Estas por sua vez quando possuem certa forma, certo limite e certas características geométricas vão constituir um corpo geológico. Se este corpo geológico passa a ser aproveitado economicamente, ele passa a denominar-se jazida.-

jazida

- a) não metálica: carvão, petróleo, mármore, argila
- b) metálica: mineral - minério + ganga

Atualmente as jazidas não metálicas no mundo produzem 4 vezes mais que as metálicas. No Canadá a produção metálica ultrapassa a não metálica.-

Utilização não lucrativa.-

Existem certos minerais que apesar de não serem lucrativos, são utilizados. Exemplos dessas utilizações: na indústria bélica, na construção de certas ligas para aeronaves, etc.-

A riqueza de uma nação está na sua riqueza mineral e nos processos utilizados para o seu aproveitamento. Há exceções como por exemplo o Japão, que apesar de praticamente não possuir riqueza mineral, possui uma das mais avançadas técnicas metalúrgicas do mundo.-

A maioria dos minerais são usados para lucro. Para tal requerem uma certa preparação. Por exemplo, o minério de cobre, tem que ter no mínimo um teor de 5% para ser aproveitado nos processos metalúrgicos. Essa preparação consta da eliminação da ganga.-

Preparação Requerida.-

Criou uma arte para tratamento desses minerais que vamos utilizar. Exemplo: para se utilizar o carvão, devemos eliminar os folhelhos (lama, areia, etc.) que se encontram junto e também o carvão fino.-

Foi então criado o Tratamento Mecânico dos Minerais.-

Definição:

Chamamos de T. M. M. ou Mineral Dressing, ao processamento dos minerais brutos, para separar produtos de diferentes valores, sem destruir a identidade física ou química desses minerais.-

Ponto importante do T. M. M.:

Não altera a identidade física e química dos minerais.-

O T. M. M. se diferencia da hidrometalurgia (metalurgia) porque não altera a identidade física e química dos produtos manipulados. Por exemplo: a eliminação da água de agregação de um mineral não altera a identidade física e química do mesmo; é pois incluída no T. M. M. ao passo que a eliminação da água de cristalização não pode ser incluída.-

Existem vários termos indistintamente usados, ao invés de Tratamento Mecânico dos Minerais, tais como: Processamento dos Minerais, Mineralurgia.-

Metalurgia é a arte de aplicar a ciência para a produção ou refino de metais, ligas, dando-lhes propriedades físicas, químicas e forma, para a sua utilização na indústria.-

Tratamento Mecânico dos Minérios é o processamento de minérios brutos para separação dos produtos de diferentes valores sem alterar a identidade física e química dos minérios.-

Há uma diferença entre Tratamento Mecânico dos Minerais e Tratamento Mecânico dos Minérios. **TRATAMENTO MECÂNICO DOS MINÉRIOS** é o caso particular em que preparamos os agregados dos quais extraímos metais.-

PONTO 2:

- 1) Justificativa econômica do Tratamento Mecânico dos Minerais.-
- 2) Âmbito e estágios.-
- 3) Fases operatórias:

4) Tipos de aparelhos.-

1) Justificativa econômica do T. M. M.-

A finalidade primordial do T.M.M. é o furo. Motivos que justificam o emprego do T. M. M.:

- 1) economia de fretes (faz-se a separação dos produtos e transporta-se apenas o de maior valor, que se vai utilizar;
- 2) eliminação de diferentes espécies de minerais inúteis, diminuindo com isto, o custo das operações metalúrgicas;
- 3) redução de perdas metálicas na escória; quanto menor for a quantidade de escória, menores serão as perdas metálicas.-

Em contra partida o T. M. M. nos acarreta

- 1) gasto com aparelhos, mão de obra, etc.;
- 2) por melhor que seja feito o T. M. M. há acarreta perdas metálicas. Mas essas perdas são muito menores do que aquelas que ocorrem na metalurgia do metal.-

As perdas e gastos com o T. M. M. são pequenas, em relação à economia que este apresenta.-

2) Âmbito do T. M. M.-

- a) eliminar espécies químicas não desejáveis (ocorre quase sempre no caso dos minérios);
- b) eliminar partículas de estrutura ou tamanho inconvenientes para um determinado fim.-

A própria lavra é uma operação de concentração do mineral. Lavramos sempre as partes onde o mineral está mais concentrado. Faz-se a lavra seletiva. Hoje porém, na maioria dos casos prefere-se fazer a seleção fora da jazida, pois o gasto com o T.M.M. é relativamente pequeno.-

Estágios do T. M. M.-

Os estágios do T. M. M., podem ser vistos sob 2 pontos de vista:

- 1) sob o ponto de vista de estrutura físicas:
 - a) redução de tamanho;
 - b) separação das partículas de diferentes caracteres físicos.-

EXEMPLO

separação de partículas magnéticas e não magnéticas.-

2) sob o ponto de vista de composição química:

- a) liberação das espécies químicas diferentes que se encontram associadas;
- b) separação das partículas de diferentes composições químicas.-

3) Fases operatórias.-

Há 4 operações metalúrgicas principais:

- 1) cominuição;
- 2) graduação;
- 3) concentração;
- 4) desagumante.-

1) COMINUIÇÃO- é uma fase do T.M.M. que consiste na redução a tamanho menor. às vezes é chamada de fragmentação (esse nome não é muito próprio). Essa redução a tamanho menor pode-se processar com material a seco ou molhado (a úmido).-

Material

- 1) A seco- o material é reduzido de tamanho como é fornecido.-
- 2) A úmido- nós constituímos uma pólpa aquosa (solução grossa de um sólido em um fluido, no caso presente, em água).-

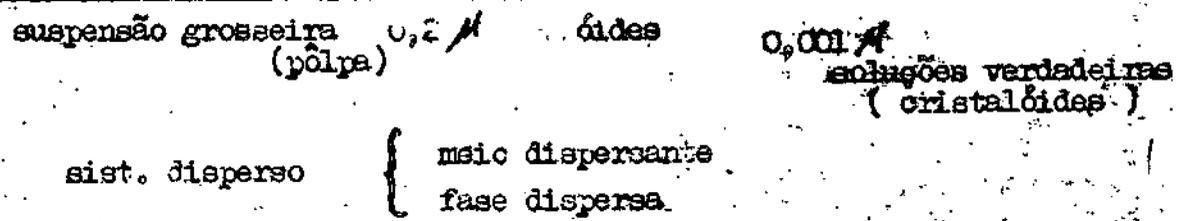
Vamos abrir um parêntesis para a apresentação de dois conceitos: grão e partícula.-

Grão- é o tamanho natural de ocorrência de um mineral num agregado.-

Partícula- é o tamanho em que quebramos o agregado mineral através de uma fragmentação.-

Existem três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. -
Nesta época de 1860, Graham descobriu os colóides, que não são um estado da matéria e sim uma sub-divisão dela.-

Se as partículas do material em pólpa têm tamanho maior que 2 μ temos uma suspensão grosseira; se as partículas têm um tamanho menor que 0,001 μ , temos uma solução verdadeira e se o tamanho das partículas forem intermediários, isto é, entre 0,2 e 0,001 μ temos os colóides.-



O limite de $0,2\mu$ é totalmente arbitrário, porque as partículas de mais de $0,2\mu$ são vistas através do microscópio comum ficam retidas no papel de filtro e se depositam com o tempo. Já na fase coloidal temos:

- 1) as partículas não são vistas no microscópio comum;
- 2) não ficam retidas no filtro comum;
- 3) e não se depositam com facilidade.-

EXEMPLO: o leite é um colóide.-

A transformação reversível de um gel (suspensão coloidal de líquido em sólido) em sol (suspensão coloidal de sólido em líquido) é denominada tixotropia.-

Conforme o tamanho das partículas, temos 2 tipos de cominuição:

- 1) Britação- redução a um tamanho relativamente grosso. Geralmente é realizada a seco;
- 2) Moagem- redução a um tamanho relativamente fino; mais fino que na britação.-

A britação pode ser dividida em:

- 1) Primária- é a 1ª britação, também chamada grossa; é quando a menor dimensão do produto obtido é maior que 4 a 6° .-
- 2) Secundária- é a 2ª britação, também chamada média; é quando as maiores partículas obtidas estão entre 4 e $1/8^{\circ}$.-
- 3) Terciária- é a 3ª britação, também chamada fina, é quando as maiores partículas obtidas são menores ou iguais a $1/4^{\circ}$.-

Na britação primária geralmente usamos:

- 1) britadores de mandíbulas;
- 2) " giratórios;
- 3) " de martelos.-

Na britação secundária geralmente usa-se:

- 1) britadores giratórios redutores;
- 2) " de cones;
- 3) " disco;
- 4) " rolo.-

Na britação terciária usamos o pilão californiano; esse método entretanto não é muito usado; quando se vai efetuar uma britação dessa ordem, recorre-se à moagem.-

A moagem também pode ser dividida em:

MOAGEM

- 1) grossa- quando a 2ª dimensão das maiores partículas estão compreendidas entre 8 e 20 ;
- 2) média- quando a 2ª dimensão das maiores partículas estão compreendidas entre 20 e 60 ;
- 3) finas- quando a 2ª dimensão das maiores partículas são menores que 100

Mesh (nº) - é o número de furos existentes numa polegada linear.-

6 #	-	cada abertura tem 3,327mm de aresta;
20 #	-	" " " 0,833mm " "
28 #	-	" " " 0,589mm " "
65 #	-	" " " 0,208mm " "
100 #	-	" " " 0,147mm " "

Diz-se que um material é de certo tamanho, quando ele passa na peneira correspondente, e não passa na seguinte (menor). A menor peneira é a de 400 .-

Geralmente os aparelhos não reduzem mais que 10 vezes o tamanho da partícula que nele penetra. Há portanto necessidade de britação primária, secundária, etc.-

Ao contrário da britação, a moagem quase sempre é a úmido. Mas não é geral. Por exemplo, o talco quando moído, não pode ser molhado.-

Diferença entre britação e moagem .-

Dizia Fahrenwald que existe britação, quando os órgãos do aparelho que brita não se tocam e existe moagem quando os órgãos do aparelho se tocam. Essa diferenciação é bastante difundida, mas contém uma anomalia, que é o pilão californiano. Pois sendo éste um britador, seus órgãos se tocam.-

Há uma outra tentativa de se explicar a diferença entre britação e moagem que é:

Na britação, as forças que reduzem o tamanho das partículas, são forças de compressão, choque. Ao passo que nos moinhos, as partículas são moídas na maioria das vezes através do atrito, abrasão, desgastamento.-

Esse conceito era válido até o surgimento dos moinhos revolventes, que fragmentam as partículas através de choques e desgastamento.-

Portanto observamos que não há um limite prático, que estabeleça uma diferença entre britação e moagem.-

2) Graduação-

É uma fase do T.M.M. que consiste na separação pelo tamanho. Essa separação das partículas pelo tamanho pode ser feita de duas maneiras: peneiramento e classificação;

a) peneiramento:

passa-se o produto por: grelhas (trilhos paralelos), crivos (chapas perfuradas), anéis, peneiras finas, peneiras giratórias (trômeis), peneiras trepidantes, peneiras vibratórias.-

OBSERVAÇÃO: trepidação: amplitude maior e menor número de cursos por segundo.-

Vibração: amplitude menor e maior número de cursos por segundo, cerca de 1200 a 1800 vibrações/seg. Geralmente vão de 500 a 3000 vibrações/seg.-

b) classificação:

É uma maneira de graduar as partículas de diferentes tamanhos, fundamentada no princípio de que as partículas de diferentes tamanhos, possuem diferentes velocidades de deposição num meio fluido.-

É interessante observar que na classificação a densidade influencia, ao passo que no peneiramento não influencia.-

Existem diversos aparelhos de classificação.-

3) Concentração:

É o aumento da proporção dos minerais valiosos num produto (e não da quantidade de mineral valioso), através da eliminação ou diminuição do material menos valioso. Ela se baseia nas propriedades físicas ou físico-químicas dos minerais. Como por exemplo: cor (pode-se separar os minerais pelas suas cores), densidade, diferença de magnetismo, ou através de simples propriedades físico-químicas, como por exemplo a flotação. Temos partículas hidrófilas e hidrófugas, isto é, algumas partículas tendem a ser molhadas e outras não. Por exemplo, se num material que contenha essas partículas, nós borbulharmos gás, as partículas que repelem a água vêm à superfície e podem ser facilmente retiradas, como por exemplo, por uma corrente de ar, que pode ser insuflada sobre a superfície, ao passo que as partículas que se molham, ficam no seio do líquido.-

Assim pode-se separar substâncias de diferentes propriedades químicas, baseando-se em propriedades físicas e físico-químicas. Um exemplo típico é a separação do quartzo da hematita; o primeiro tem densidade 2,65 e o segundo 5. Faz-se a separação de diferentes espécies químicas através das propriedades físico ou físico-químicas, pelos diferentes valores

das propriedades que as diversas espécies apresentam.-

Os aparelhos usados na concentração são:

DENSIDADE

lavadores
calhas de deposição onde o material mais pesado tende a se depositar
mesas fixas
mesas trepidantes

Físico-químicas (células de flutuação ou flotação- baseiam-se em propriedades superficiais).-

Magnetismo (separadores magnéticos- baseiam-se na diferença das propriedades magnéticas das partículas quimicamente diferentes. Assim podemos separar partículas magnéticas das não magnéticas).-

Condutibilidade elétrica (separadores eletromagnéticos- baseiam-se nas diferentes condutibilidades elétricas das partículas quimicamente diferentes, quando passadas em um campo indutor).-

Côr (separadores eletrônicos, baseados em células foto-elétricas).-

Propriedades particulares (algumas substâncias possuem a propriedade de aderirem à graxa. Como por exemplo, o diamante).-

Luminescência (reação ao ultra-violeta).-

Rádio X (absorção ou refração dos raios X- células foto-elétricas aciona mecanismo separador).-

4) Desaguamento:

Separação entre sólido e líquido (esse líquido é geralmente água) visando obter um produto mais seco. Esse desaguamento pode ser feito em fases:

1ª fase: espessamento ou decantação- consiste em deixar que a pópa se deposite em grandes tanques, com ou sem agitação. Os aparelhos usados são os espessadores.-

2ª fase: filtração: pega-se o material, do qual já se eliminou grande parte da água e passa-se através de filtros (a vácuo ou pressão), que podem ser contínuos ou descontínuos. O material sólido fica aderido à substância filtrante, assim obtemos um produto que tem entre 7 a 20% de umidade.-

Quando é necessário secar ainda mais o material, passa-se à 3ª fase, a secagem, onde empregamos secadores aquecidos, os quais já com

somem energia.-

Além das 4 operações fundamentais, existem as operações auxiliares, que são também de suma importância. Exemplos de essas operações:

armazenamento em silos; para fazermos o transporte de um local à outro, podemos usar correias transportadoras, alimentadoras, bombas de lama, bombas de arêia, etc.; temos de fazer frequentes amostragens do produto, para verificarmos se não há perdas (Mostradores); temos de fazer pesagens (há os pesadores); alimentar os reagentes; fazer distribuição da pólpa (distribuidores); condicionadores (Ex. preparação do p. h. de pólpas) .-

ESCOLA DE MINAS E METALURGIA
DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

--- §§§ ---

TRATAMENTO MECÂNICO DOS MINERAIS

INTRODUÇÃO

(1ª parte)

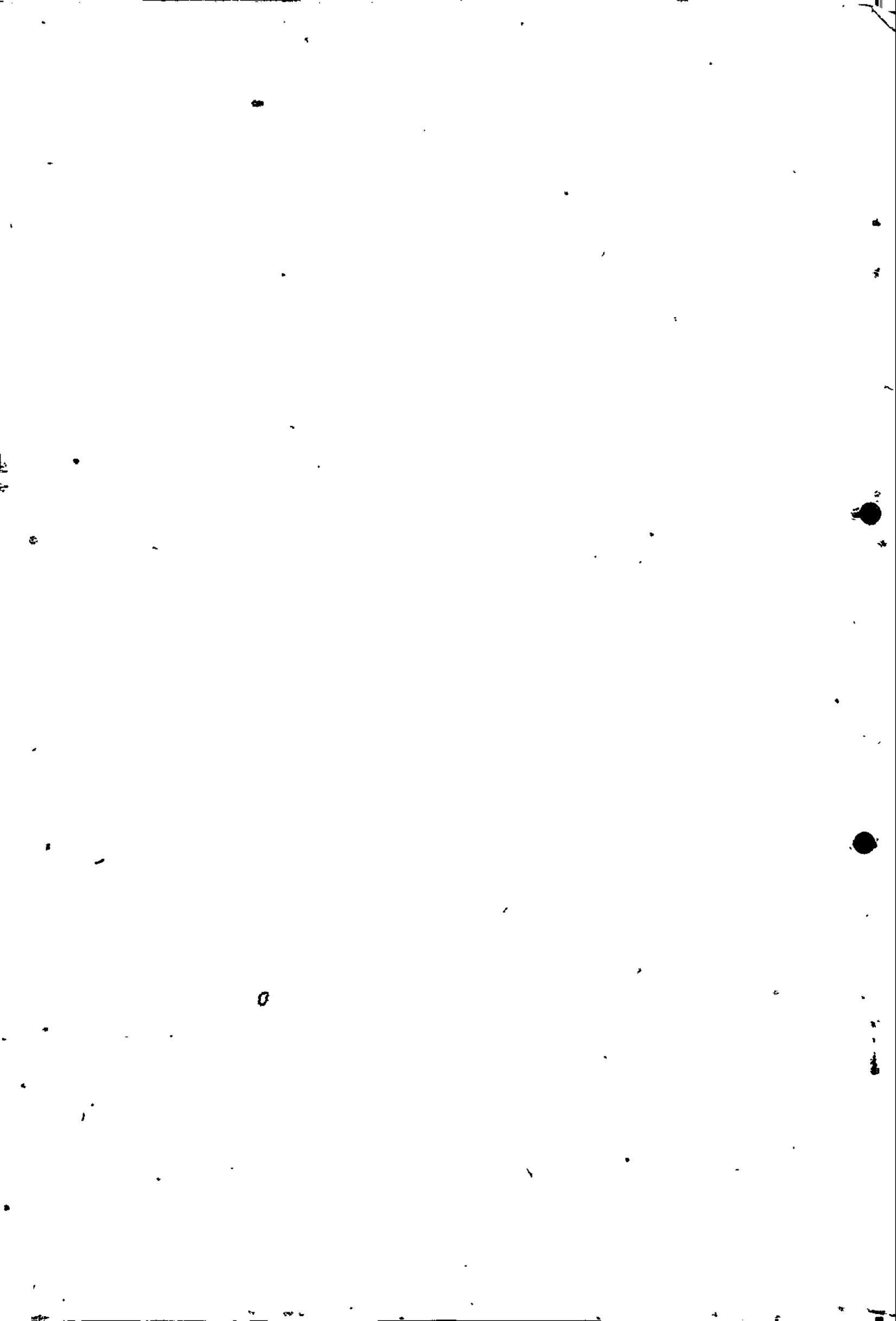
METAMAF
Deptº Técnico

--- §§§ ---

--- §§§ ---

--- §§§ ---

--- MARÇO - 1971 ---
=====



TRATAMENTO MECÂNICO DOS MINERAIS

P R I M E I R A P A R T E

I = N = T = R = O = D = U = C = A = O

Entre a Engenharia de Minas e a Engenharia Metalúrgica surgiu uma "variante", pelo fato de que um mineral fornecido pela Engenharia de Minas a sua utilização pela Engenharia Metalúrgica ficar necessário o tratamento Mecânico dos Minerais que é, pois, uma fonte intermediária entre a Engenharia de Minas e a Engenharia Metalúrgica. Há na Inglaterra a Engenharia do Tratamento dos Minerais.

Por sua vez, o geólogo, que se tornou pesquisador de Minério, se impôs a ele a obrigação de conhecer os processos de tratamento para que sua economia ficasse clara.

Se o lucro era importante ser avaliado, o geólogo deve saber em quanto ficava a sua extração e tratamento.

A Engenharia é a arte de aplicar ciência para a econômica produção de bens de consumo e econômica produção e operação de bens de capital.

Metalurgia é a arte de aplicar ciência para extrair metais ou ligas de minérios ou de sub-produtos industriais, de purificá-los, de combiná-los e dar-lhes composição propriedades e forma aplicáveis à sua utilização industrial.

C O N V E N Ç Õ E S

Inicialmente, sabemos que existem 92 elementos simples na natureza e que estes formam, de acordo com as últimas verificações, 3400 espécies químicas diferentes e por hora estas diferentes espécies químicas são agregadas e formam as rochas.

É preciso observar que destes 3.400 elementos minerais apenas 50 são encontradíssimos nas rochas, em proporções aceitáveis e apenas 29 são comuns e os outros raros.

Estas rochas que são agregados de minerais diversos, quando individualizadas constituem um corpo ou membro ou formação geológica. Por exemplo a nossa série do Itacolomy é uma formação geológica. Quando uma formação geológica é provada economicamente utilizável pelo homem, temos o que se chama uma JAZIDA. Há uma diferença entre jazida e formação geológica que é a sua econômica exploração. Toda jazida é uma formação geológica, mas nem toda formação geológica é uma jazida.

Para efeitos práticos, os combustíveis, embora não sendo considerado como mineral, se forem ocorrências para a indústria e economicamente utilizáveis pelo homem, passam a ser jazidas.

Assim, falamos de jazidas de carvão, petróleo, ocorrências que individualizadas são economicamente utilizáveis pelo homem (sem que sejam minerais).

C O N V E N Ç O E S

1) Mineral: é uma substância sólida, natural, inorgânica de estrutura cristalina definida.

2) Mineral Minério: é um conceito que foi introduzido por um americano. Chama-se Mineral Minério a espécie mineral da qual um ou mais metais podem ser extraídos economicamente. Exemplo: A Blenda, ZnS , é um mineral / minério porque dela se extrai o Zn . (Cu)

Muitas vezes, o mineral minério é constituído de um corpo simples outras vezes, existem alguns complexos dos quais podemos extrair não somente / um metal, mas vários. O óxido de ferro nos fornece o ferro e, nesse caso, é um mineral minério.

O caulim não é um mineral minério assim como o carvão e a pirita pois do FeS se extrai o enxofre que não é metal. As jazidas de matérias / não metálicas são chamadas pedreiras; daí falamos em pedreira de mármore, de cal etc.

3) Ganga: Chamamos de ganga os minerais ou rochas menos valiosos (nem sempre totalmente desvaliosos) que ocorrem agregados com um ou vários minerais minérios. É preciso observar que as gangas podem ser metálicas como a pirita em relação ao ouro e não metálicas como quartzo em relação ao ouro.

Devemos observar também que a prata é uma impureza do ouro, mas não é ganga.

4) Minério: é um agregado natural de mineral minério e ganga do qual nas condições atuais da técnica e da economia, normalmente é possível a extração em alta escala (portante extração industrial) de um ou mais metais.

Nas condições atuais da técnica e economia não podemos extrair o alumínio da argila, não é pois, econômico, mas durante a guerra o Al foi extraído da argila para fins bélicos.

As minas de ouro da África do Sul estão em crise pelo fato de preço no mercado não compensar. Várias minas em que determinado material é extraído fecham-se em determinadas épocas e voltam a funcionar em outras.

No Chile, várias minas de cobre, pequenas, estão fechadas embora o cobre esteja atingido valores nunca atingidos.

Os americanos dizem: "Mineral resources don't exist... They become....." ou seja: não existe minério, o homem é quem o faz, criando condições, melhorando a técnica de aproveitamento de um mineral, tornando-o / num minério.

5) Preparação: o que se observa é que quase todos os agregados minerais requerem uma preparação, seja para melhorar sua pureza química ou seja para melhor aproveitamento das características físicas dessas partículas que / constituem o agregado. Exemplo: se um minério de cobre tiver menos que 5% de cobre, ele não paga as despesas da metalurgia; logo para levarmos este minério / ao forno precisamos elevar este teor de cobre; para tanto fazemos uma série de aplicações que conduzem a um produto, que tenha de 30% a 40% de Cu , melhorando sua pureza química. Outro exemplo: Os cascalhos do rio podem ser utilizados para hastes em estrada de ferro; não se utiliza em tamanho grande nem como pó.

Sendo sua utilização em tamanhos intermediários (propriedade física). No caso do minério de ferro de Itabira, que devido a suas características físicas antigamente jogamos fora os finos, ficando com os grossos, mas hoje sabemos que o mais aproveitável são os finos.

6) Tratamento Mecânico dos Minerais ou preparação Mecânica dos Mi

nerais (Mineral Dressing)

Os minerais precisam de preparação e há uma preparação mecânica dos minerais, para serem eficientemente utilizados, então a definição.

T. M. M. → É o processamento dos minerais brutos, para separar produtos de diferentes valores, sem alterar a identidade física e química dos componentes. Todos na Metalurgia, alguns ou todos componentes são alterados, o ouro por exemplo, passa por uma série de processamento (lavagem, cianetações, laminação, etc) para chegar ao ouro. Ele não se altera, mas as matérias que estão com ele se alteram, e se algum dos componentes se modificar não há um tratamento Mecânico dos minerais, mas sim um tratamento metalúrgico ou qualquer outro tratamento (Tecnologia dos combustíveis, por exemplo).

Dentro desse mesmo conceito, chamamos de tratamento mecânico / dos minerais ou preparação Mecânica dos minerais aplicados aos minérios.

Observação: O T. M. M. é muito mais geral que o tratamento mecânico dos minérios. Este exclui, por exemplo, os combustíveis.

7) Âmbito do T. M. M.

De um modo geral o âmbito do T. M. M. é duplo.

1º) Eliminar espécies químicas não desejáveis.

2º) Eliminar partículas de estrutura ou tamanhos inconvenientes.

O 1º âmbito, visa, principalmente, o tratamento de minérios, que chamamos de concentração, ao passo que o segundo âmbito mais próprio do tratamento dos minerais do que dos minérios.

Por exemplo, no caso do carvão, a eliminação da lama, da argila e do arenito que estejam com ele associado se enquadra no 1º âmbito. Enquanto a eliminação dos finos se enquadra no 2º âmbito.

De forma que dentro do âmbito do T. M. M, existem estas duas partes, uma de carácter físico e outra de carácter químico.

8) Estágios:

Fisicamente falando, 2 estágios são envolvidos dentro do âmbito do / T. M. M.

1º) Redução de tamanho.

2º) Apartar partículas de diferentes características físicas.

Sob o ponto de vista químico, os estágios envolvidos são:

1º) Liberar partículas dissimilares em composição.

2º) Separar estas partículas.

9) Liberação é desunir, desligar, tomar livre (liberation)

10) Separar é apartar, isolar, afastar um do outro, divorciar.

Então liberar e separar são duas idéias muito diferentes. O vidro da porta, retirando-se a massa que o fixa eu o liberei, quando de lá eu o retirar eu o separo.

11) Ocorrência: quando o tratamento, há sempre uma redução de tamanho, seja com a finalidade de diminuir este tamanho, seja com a finalidade de

liberar (ou operação de liberação) e depois uma separação (ou grupo de separação) que podem se alternar.

Posso quebrar, separar; tornar a quebrar, separar; e assim sucessivamente, se necessário.

12) Fases operacionais

a) Cominuição ou fragmentação é a redução das partículas a tamanho menor.

Esta operação pode ser feita a seco ou a úmido.

A úmida com material formando uma polpa aquosa (suspensão / grosseira de um sólido, num líquido, que no caso presente é a água). Esta operação cominuição ou fragmentação pode ocorrer de duas formas:

Britação e moagem.

b) Gradação ou dimensionamento - é uma separação por tamanhos. (SIZING)

Geralmente pode ser feita por peneiração ou classificação.

O peneiramento é feito através de grelhas, crivos, peneiras fixas (estacionárias), peneiras giratórias, peneiras vibratórias, etc.

A classificação é baseada nas diferentes velocidades de deposição das partículas em meio fluido.

c) Concentração - é o aumento da proporção relativa do elemento valioso, metal ou mineral, baseado em diferentes propriedades físicas físico - / químicas das partículas.

Então vamos obter uma separação de partículas de composição químicamente diferentes baseado em propriedades físicas ou físico-químicas, pelos diferentes valores das propriedades que as diversas partículas apresentam.

O T. M. M. só se baseia em propriedades físicas ou físico-químicas. Se basearmos nas propriedades químicas estaremos fugindo do T. M. M. e passamos a estudar um processo da Metalurgia ou outro qualquer.

Há dezenas dessas propriedades que permitem "obter" a concentração, como: cor, dureza, densidade e aderibilidade, magnetismo, condutibilidade elétrica, reação a raios γ e a raios X.

A concentração pode ser obtida em peneiras e em classificadores.

d) Desaguamento (Wathering) - Consiste na separação de sólido e líquido para, obviamente, obtenção de um produto seco. Esta operação corresponde a uma fase primária que é geralmente de espessamento. Os espessadores fazem esta separação grosseira do líquido e dos sólidos; geralmente, filtração refida no filtro é o bolo e o que passa no filtro é o filtrado. Na filtração ainda não se obtém o produto seco (o produto contém, às vezes, de 7 a 20% de água) então passa-se o produto nos secadores.

T.B: DESAGUAMENTO (FASES): ESPESAMENTO FILTRAGEM (7 a 20%) e SECAGEM (1 a 5%)

e) Operações auxiliares - são as que abrangem todas as outras / que se fazem necessárias ao bom aproveitamento destas.

Todas as demais operações envolvidas: o transporte, a amostragem, a pesagem, a análise, a alimentação, condicionamento.

Existem outras pequenas operações tais com a triagem (separação manual, é uma gradação).

Partícula: é o tamanho em que nós quebramos o agregado mineral através da fragmentação.

Grão - é o tamanho natural da ocorrência de um mineral em um agregado.

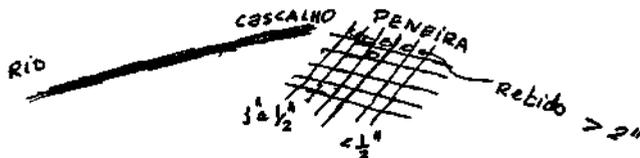
Para que a liberação seja apreciável é, preciso que as partículas tenham a metade do tamanho de um grão.

13) Engenho (Mill-washing) - é uma instalação para tratamento mecânico de minério. (minerais).

Algumas vezes é chamado de instalação de lavagem ou de redução.

14) Fluxograma (flowsheet) - ou esquema de tratamento.

É um gráfico indicativo da sequência operacional do tratamento mecânico dos minerais.



Estes fluxogramas podem ser: a) qualitativos - indica a qualidade dos aparelhos (britadores primários, britadores secundários, peneiras, filtros, moinho, etc.)

b) Quantitativo - Neste há indicação de tamanhos, de números desses aparelhos etc. É mais detalhado que o primeiro.

Exemplo: 5 moinhos, 10 filtros, e britadores primários.

15) Alimentação - É o conjunto do material que um engenho ou um aparelho recebe para tratar.

Podemos ter alimentação do moinho, de uma mesa, de um engenho, etc.

Esta alimentação que é fornecida pode ser: bruta, sem nenhuma ordenação de tamanho (um-of-mine); (material colhido da mina), ou um-of-quarry, no caso de uma pedreira.

Pode ser ainda graduada (escalpelada), isto é, se fazemos uma graduação do material antes de introduzi-lo no aparelho.

Sob outro aspecto, quanto ao fornecimento da alimentação, um aparelho pode trabalhar com uma alimentação regulada, afogada e não regulada.

É regulada quando para o bom rendimento de um aparelho coloca-se outra auxiliar para que alimentação seja constante, com determinada velocidade regulada.

Exemplo:

O material de forma que a velocidade da alimentação seja possível de ser regulada.

É não regulada quando o aparelho trabalha ora com muita ora com pouca alimentação.

É afogada quando o aparelho trabalha constantemente super-alimentado, sempre com excesso de material.

As vezes determinados aparelhos, trabalhando afogados produzem / melhor.

16) Produtos do Tratamento

Vimos vários tipos de operação.

1) Fragmentação ou cominuição, alimentações, britado, moido.

Estas operações como vimos podem ser primárias, secundárias ou finais.

2) Gradação

Tínhamos peneirado (sub-tamanho, que passou pela peneira, gre - lha, crivo; retido (super-tamanho e o que fica na peneira, grelha, crivo, etc.)

Dentro da fase da gradação também eram consideradas as operações de classificação no qual não influenciava somente o tamanho da partícula, mas / também a densidade, a viscosidade e a forma.

Portanto, a classificação não é uma gradação de tamanho só se a densidade fôsse a mesma, é que, a classificação se fundamenta na existência / que os fluidos oferecem ao deslocamento das partículas.

Quando queremos separar partículas que estão abaixo do que a pe - neira pode nos dar, temos de apelar pela classificação; só podemos até 37 ou 400

No caso da classificação tínhamos um produto denominado transbor - dado (over flow) - e o que afundou recebe o nome de afundado, areia (soud) de positado e arrasto (under flow)

3) Desaguamento

Vimos também que o desaguamento no qual podíamos usar um espes - sador, o material que se deposita é um espessado e o outro um transbordado.

No caso da filtração o que passa no filtro é o filtrado (líquido ou u - ma solução) e teremos a parte que fica retida no filtro que é denominada de bô - lo (calse); aglutinado.

4) Concentração

No caso da concentração temos dois produtos principais: um denomi - nado concentrado (material mais valioso) e outro denominado rejeito (o qual é descartado) (material menos valioso).

Já dissemos que nem sempre este rejeito é jogado fora. Vimos que a concentração impõe uma série de fases, daí têmos visto uma concentração preparadora ou debastadora, que consiste numa separação grosseira inicial (po - de ser, geralmente, realizada na classificação)

Depois podemos ter outras concentrações, serão: concentração / secundária, concentração terciária... contração final, estas ultimas são denomi - nadas concentração limpadoras.

É claro que em cada uma dessas concentrações temos um concentra - do primário, um concentrado secundário, um terciário, etc, bem como um rejei - to primário, secundário, etc.

Ainda há frequentemente, a obtenção de um produto que não é um / concentrado nem rejeito. É um concentrado adicional, também chamado mis - to (Mideing).

Exemplo:

Um minério contendo quartzo, galena, e blenda, pas - sando uma mesa concentradora teremos um concentrado de galena, um rejeito de quartzo (principalmente) e um concentrado adicional constituído de quartzo.

blenda e galena; este concentrado adicional é constituído principalmente de blenda. A separação não será nunca ~~uma~~ perfeitamente rigorosa. Além disto temos uma concentração recuperadora (mesa onde é colocada todos os rejeitos, para vermos se não estamos jogando fora) (perdendo) material valioso (devia se denominar concentração verificadora).

São estes vários produtos que temos nas operações principais do T.M.M. Os produtos das operações auxiliares serão denominadas de acordo com a palavra que designa a operação; assim se realizamos pesagem o produto é chamado pesado, se o transportamos, transportado, etc.

18) Justificativa econômica do T.M.M.

Vimos que uma das condições que nos leva a fazer o T.M.M., era de ordem econômica. O Tratamento é feito nas condições a permitir um "lucro". O lucro é fundamental em toda operação da engenharia, temos então:

1º) Economia nos fretes ao evitarmos o transporte do material estéril.

2º) Redução do custo da Metalurgia - se no material estivesse incluído partes estereis varias operações, varios métodos, seriam necessários para obtenção de por exemplo, uma tonelada de metal (o forno precisaria de maior quantidade de calor, combustível e portanto, dinheiro), então, a economia no custo das operações metalúrgicas é outra economia.

3º) Menores perdas de metal nas escórias - todo material é levado num alto forno ao estado líquido, e por diferença de densidade o metal vai para o fundo e em cima fica a escoria, esta contém parte do material valioso, nós evitamos a perda metálica se eliminarmos estas perdas nas escórias.

4º) A economia de reagentes - se temo de atacar grandes massas precisaria de grandes quantidades de reagentes.

NOTA: Observa que o lucro que se obtém, evitando o transporte do material estéril não só se obtém com o tratamento não resulta somente de evitar o transporte do material estéril.

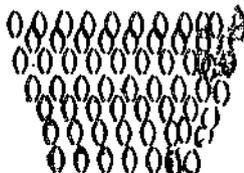
5º) Imposição - O tratamento custa dinheiro, entretanto, as despesas acarretadas com este são muito mais baixa que o lucro por ele acarretado ou permitido. Outra desvantagem no tratamento é o que se chama as perdas acarretadas pelo tratamento, algumas partes do material valioso não pode ser aproveitada, mas tal perda ainda protege o lucro, pois, a eliminação dessas perdas ficariam mais caras pelos processos que exigiram, do que o material recuperado.

FERRA TIGRADA

\$\$\$
\$\$\$\$
\$\$\$\$
\$\$\$
\$\$
\$

(Handwritten signature)

FACULDADE FEDERAL DE MINAS E METALURGIA
DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO



LAVRA DE MINAS III

METAMAT
Deptº Técnico

01076

Métodos de Lavra

Da página 11 a 20

Prof. JOAQUIM MAIA

A extensão do transporte horizontal possível depende de vários fatores de natureza e tamanho do material, sólido da polpa, diâmetro da tubulação, quantidade e raio das curvas, válvulas, tês, etc, enfim de todos os elementos que acarretam "perdas de carga", afora da pressão inicial, se houver bombeamento. Haton deduz a seguinte fórmula, para

- L = comprimento horizontal
- H = altura estática
- d = densidade da polpa
- K = coeficiente experimental (comumente 0,01 a 0,03), dependente do atrito
- v = velocidade média (maior que a velocidade crítica de deposição dependente do tamanho do sólido, comumente de 3m/seg para material xistoso graúdo, com d = 1,4 a 1,5)

$$dH \geq K(L + H)v^2 \quad \therefore \quad \frac{L}{H} \leq \frac{d}{Kv^2} - 1$$

Sendo W a velocidade crítica, menor que v, a fortiori,

$$\boxed{\frac{L}{H} \leq \frac{d}{Kv^2} - 1}$$

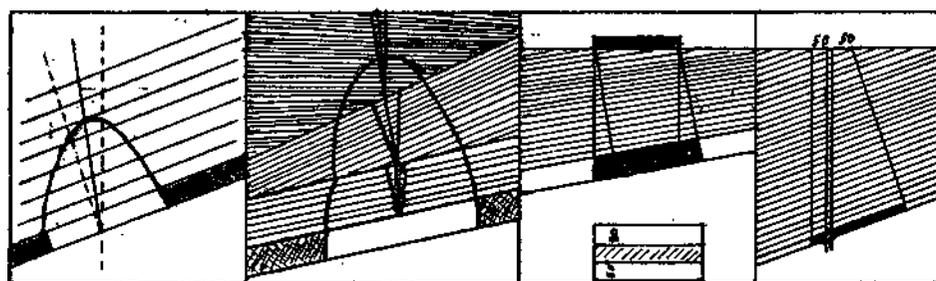
Para d = 1,24, W = 3, K = 0,01, teríamos $\frac{L}{H} \leq 12,8$.

Para d = 1,53, W = 3, K = 0,03, a relação seria, no máximo, 4,6. Na prática, comumente 7 a 10, excepcionalmente 12 ou 13 ou, mesmo, 5 a 6.

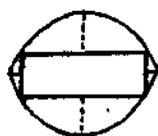
X X X X X X X X

EXEMPLO - Na Mina Lucky Friday (Cocur d'Alene, Idaho, EE.UU), uma moderna instalação de enchimento é dada pelo esquema seguinte:

damente com o aumento da área da escavação, a menos que o material da tampa não tenha nenhuma consistência (areia seca, cascalho solto). Do exposto, resulta uma regra para traçado de pilares de proteção: entre a vertical e uma perpendicular aos estratos, como mais desfavorável, em relação à área a proteger. De qualquer forma, para uma escavação do 6m de altura por 50m de largura, a altura do domo pode atingir uns 200m, ao passo que, enchida com material que apresente 30% de recalque, a altura do domo se reduziria a uns 100m. Há, pois, uma proteção apenas parcial.



Nas considerações de "cavilhamento do céu", considerando um material suficientemente forte para ser consolidado ou, estratificado e isento de fraturas ou juntas de deslizamento, a rocha que poderá cair (ou se mover dos lados ou chão) é considerada limitada a 1/3 da altura ou largura.

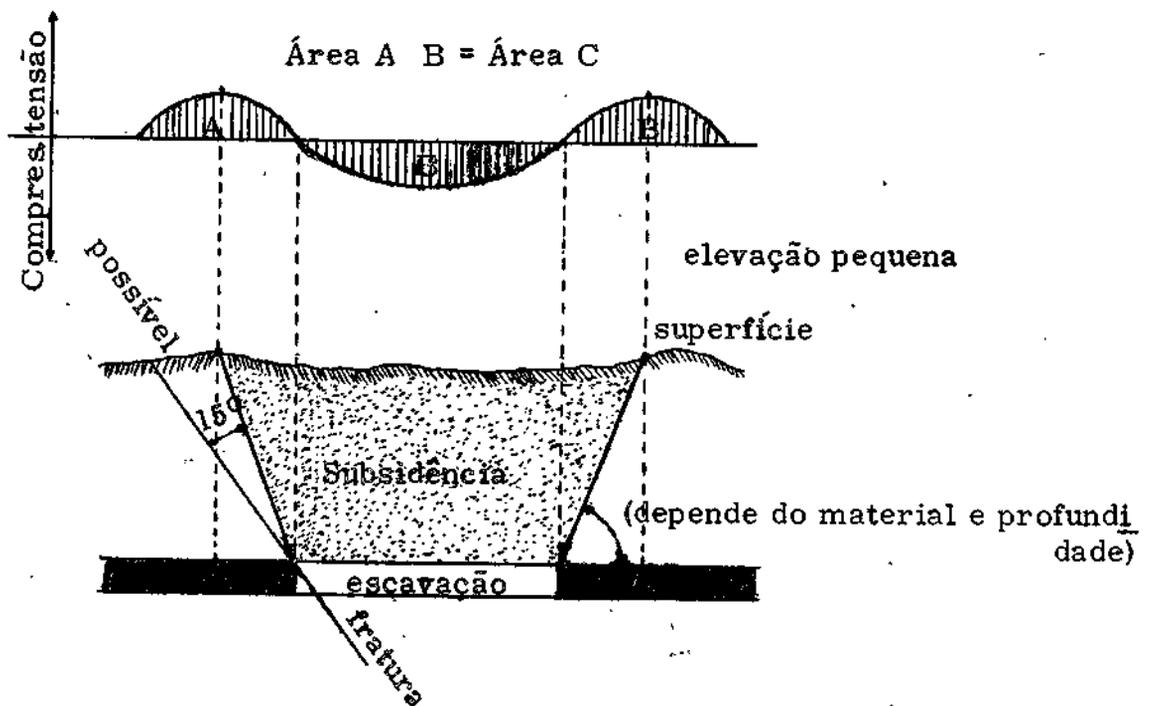


PONTO 2.3-3 - ABATIMENTO CONTROLADO - Fundamentos, aplicabilidade. Considerações econômicas e de segurança - Abatimento do céu, parcial de minério e global - Exemplos.

- 1) FUNDAMENTOS - Executadas escavações na jazida, com escoramentos provisórios que se façam necessários, promove-se o abatimento gradativo do céu de mina, antes que a área escavada se torne perigosa. Desiste-se, portanto, da manutenção prolongada das aberturas, suprimindo-se os riscos acarretados.

a largura escavada, algo em desacordo com a dedução teórica, onde apenas a altura deveria influir.

No IV Simpósio de Mecânica de Rochas, realizado na Universidade Estadual da Pensilvânia, em 1961, foi indicado que simples medidas superficiais de compressão e tensão poderiam revelar quando subsidência ocorreria, bem como as linhas de fratura. A subsidência ocorreria segundo a área de compressão, enquanto fraturas ocorreriam na superfície de máxima tensão (a menos de existência de falhas, no limite de 15° do ponto de tensão máxima à área lavrada). Pequenas elevações podem ocorrer junto aos pontos de máxima tensão. (cf. E/M.J., maior 61).



- 2) APLICABILIDADE - O abatimento do céu é usado em camadas, maciços ou grandes vieiros, com minérios e céus fracos e cuja ^{capa} não necessita ser preservada. Pode ser empregado em várias circunstâncias, mas usualmente em jazidas de grande área.

O ideal seria um céu de média solidez, capaz de se manter sem sustentação uns 3 a 4m, durante suficiente tempo é prevenido sua queda por estalos, embarrigamento, etc. Em caso de pressões fortes é preferível que o céu se fratura retamente (break clean), a moderada distancia da face de desmonte, aliviando a pressão interna e simplificando o controle do abatimento (coisa muito importante na lavra mecanizada). O princípio é muito utilizado em minas carvoeiras.

forma, o "colchão" aumenta de espessura, até que a lavra possa prosseguir sem necessidade de novos soalhos.

Desta forma são lavradas muitas minas de ferro (Messabi Range, Michigan), de cobre (Morenci, Utah, Chile, etc), carvão ("longwall" na Inglaterra, no Brasil) etc.

PONTO 2.4 - MÉTODOS DE LAVRA SUBTERRÂNEA EM MINAS METÁLICAS - Classificação de Charles Mitke - Proteção de centrais de transporte e controle da área total de mineração - Seleção - Progressão.

A) CLASSIFICAÇÃO - A de Charles Mitke tem por base os princípios fundamentais de lavra subterrânea:

1- ABERTURAS OU ALARGAMENTOS CONSERVADOS (Supported Stopes)

1.1- Alargamentos abertos (Open Stopes) - (sem escoramento sistemático)

1.1-1- Sem pilares (sem pilares sistematicamente dispostos)

~~1.1-1- Sem pilares~~

1.1-2- Com pilares (com pilares sistematicamente dispostos)

1.2- Alargamentos emmadeirados (Timbered Stopes) (com madeiramento sistemático)

1.2-1- Alargamentos estriados (Stulled Stopes)

1.2-2- Alargamentos com estruturas retangulares (square-Set Stopes)

1.3- Alargamentos enchidos (Filled Stopes)

1.3-1- Enchimento imediato

1.3-2- Enchimento posterior (complementação de alarg. abertos ou emmadeirados)

2- ABERTURAS OU ALARGAMENTOS ABATIDOS (Caved Stopes)

2.1- Abatimento do céu (Top. Slicing, Cover Caving)

2.1-1- Por tiras horizontais (Horizontal Slicing)

2.1-2- Por tiras inclinadas (Inclined Top-Slicing)

2.2- Abatimento parcial do minério (Partial Ore Caving, Sub-level Caving)

2.3- Abatimento em bloco (Block Caving)

2.3-1- Por blocos retangulares

2.3-2- Por painéis

2.3-3- Sem divisão regular

Os conceitos são muito relativos.

- 2) usado como enchimento - parcial (em paredes laterais ou divisórias, em "gigantes" ou em "gaiolas" - com ou sem suporte, na parte mais baixa; por bateria de esteios ou de gaiolas, com pranchões) ou total, se muito;
- 3) removido - por "raspadores" e transporte, por chutes especiais e transporte (alternadas com chutes de minério).

Se abandonados no local, podem interferir e diluir o minério desmontado ou prejudicar os "colchões" no abatimento de corpos potentes.

PROGRESSÃO DA LAVRA - Comumente uma jazida é lavrada em ordem descendente, isto é, da parte superior para a mais profunda, iniciando-se pelo níveis superiores. Cada internível, poderá, entretanto, ser lavrado ascendentemente ou descendentemente, com ou sem sub-níveis, conforme o método.

As frentes de lavra poderão evoluir horizontalmente, ascendentemente ou descendentemente.

- 1) Progressão horizontal das frentes: lavra frontal (breast stoping)
 - a) Em corpos horizontais ou pouco mergulhantes (máximo de uns 8°, isto é, 14% - lavrados a meia declividade), com potência lavrável em uma só tira (6 a 9m, no caso de minérios e céus fortes)
 - b) Em corpos potentes lavradas em várias tiras (de baixo para cima ou de cima para baixo)

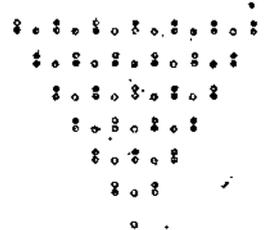
Observação: a furação e desmonte do minério poderão ser ascendentes ou descendentes, sem alterar a progressão horizontal da frente.

Vantagens - Fácil escoramento do céu; fácil seleção de desmonte e de deposição de rejeitos; carregamento mecânico muito flexível; segurança favorável; transporte horizontal (podendo haver transferência para nível inferior ou superior); aplicável a minérios e céus fracos ou fortes.

- 2) Progressão ascendente das frentes - lavra ascendente (overhand stoping)

Usual em corpos de forte mergulho - Se muito forte, poderá haver conveniência de trabalhar a meia-declividade (dependendo do método, condições do corpo, material, etc). O minério deve ser forte, mantendo-se insustentado nas faces em desmonte.

FACULDADE FEDERAL DE MINAS E METALURGIA
DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO



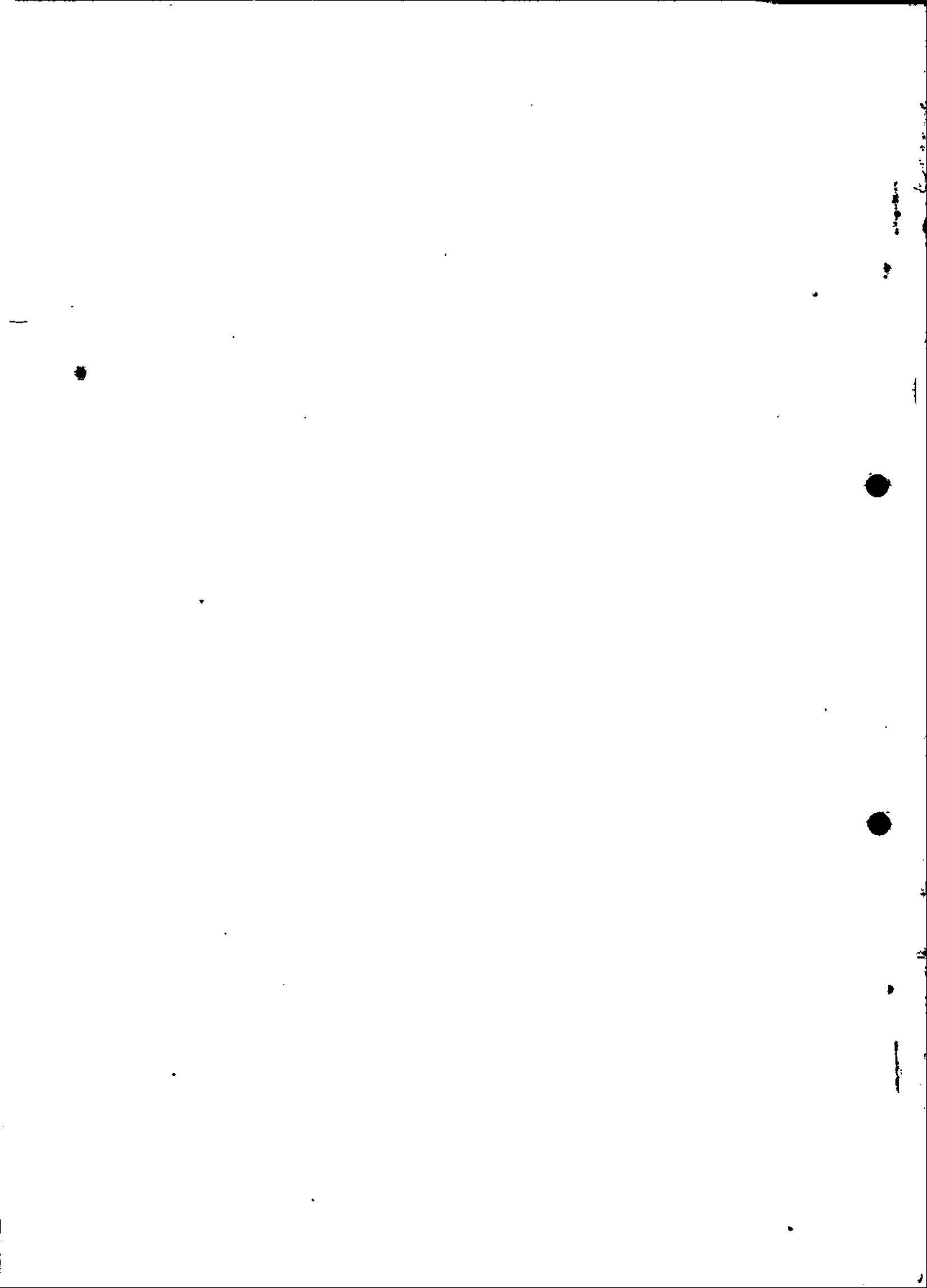
LAVRA DE MINAS III
=====

METAMAY
Deptº Técnico

MÉTODOS DE LAVRA

01075

Prof. JOAQUIM MAIA



PONTO 2.2 - MÉTODOS DE LAVRA - Objetivos, qualidades e fatores influenciadores - Método ideal e considerações econômicas e sociais - Classificação dos métodos.

X-X-X-X-X-X-X

X-X-X-X-X

1) Método de lavra - é a sistematização e coordenação dos trabalhos envolvidos na lavra, para o aproveitamento mais completo, seguro e econômico do material útil contido.

Objetivos - Sociais (extração completa, segura e higiênica); econômicos (mais lucrativa no âmbito geral e não apenas imediato; frequentemente, mais rápida).

Qualidades - Atingir os objetivos. Impõem-se, comente:

a) flexibilidade;

b) adaptação às condições naturais e recursos financeiros e humanos disponíveis (é preferível um método que atenda a isso do que adaptar método que se afigure melhor mas inadaptável às disponibilidades - sem recair no excesso de fugir às adaptações viáveis).

Fatores influenciadores

a) jazida e meio físico;

b) condições humanas, sociais e legais;

c) condições financeiras.

Minerais de alto valor justificam, usualmente, métodos seletivos e caros, para melhor extração. Minerais de baixo valor, métodos mais baratos, de menores recuperações. Dentro de uma política de preservação dos recursos naturais (ativa procura, evitar desperdícios, dar a cada material uso adequado), a completa extração e adequada utilização são desejáveis. O máximo lucro no menor tempo, pode não ser o interesse público, devendo o ritmo de extração ser subordinado à conveniência social. Mas não deve afetar profundamente a "economia de escala", a ponto de tornar improdutivo o empreendimento. No Brasil, comente, a limitação do mercado consumidor interno já acarreta restrições à produção. Mas, em verdade, a menos de casos de segurança nacional, não se faz a lavra sem lucros, imediatos ou mediatos, em qualquer nação. O lucro é sempre um bem social. Sua distribuição equitativa é função das leis vigentes. Distribuição igualitária é absurda e injusta, não ocorrendo em parte alguma.

2) Método ideal - Seria o que proporcionasse o maior lucro final, com total recuperação e condições de trabalho seguras e higiênicas. É difícil conciliar todas essas qualidades.

Seleção do método de lavra - Decorre de um confronto entre as condições existentes, ou possíveis de obter, com os vários métodos que se afigurem adaptáveis à jazida considerada. Comumente, vários métodos são mais ou menos indicáveis e um poderá ser escolhido, por ser julgado mais indicado. Ou, poderá o método selecionado decorrer de uma combinação de vários outros.

Um método de mais baixa recuperação, mas de menor custo operacional, pode oferecer, por vezes, maiores lucros globais. É o que demonstra :

H.L. Smyth, para $T = \text{ton. extraídas pelo método de maior recuperação}$

$T' = \text{ton. extraídas pelo método de menor recuperação,}$

$T' < T$, mas com lucro unitário l' , maior que l , do método anterior. A proporção do minério abandonado pelo segundo método, em relação à extração do primeiro, seria

$$X = \frac{T - T'}{T} \quad \text{A diferença de lucro, por ton. extraída, seria } (l' - l).$$

Os dois métodos forneceria igual lucro global quando,

$$Tl = T'l' \quad \text{ou} \quad \frac{T - T'}{T} = \frac{l' - l}{l'} \quad \text{ou} \quad \frac{T}{T'} = \frac{l'}{l}$$

Portanto:

$$X = \frac{l' - l}{l'}$$

isto é, a proporção de minério abandonável depende da relação $\frac{l' - l}{l'}$, que aumenta, para uma dada diferença

ca $l' - l$, quando l' é menor (visto que o denominador diminui de uma mesma quantidade).

Conseqüentemente,

"a relação que, economicamente pode ser abandonada cresce para os materiais menos valiosos" (Regra de H.L.Smyth)

É claro que os lucros unitários são menores, para um certo custo unitário de lavra, quando o material é menos valioso.

Um método pode sacrificar parte do minério ou de comodidade. Mas não pode ser inseguro. Não seria um "método", mas um procedimento criminoso "Safety first". A própria comodidade tem limites de sa-

crítico, abaixo dos quais seria preferível a proscrição da lavra, por fator de ordem social.

3) Classificação dos métodos de lavra.

- | | |
|--|---|
| <p>a) <u>Lavra subterrânea</u> - <u>minerais metálicos</u>
<u>combustíveis sólidos</u></p> | <p>c/ pilares abandonados
c/ enchimento com abatimento do céu.</p> |
| <p>b) <u>Lavra a céu aberto</u> - <u>gerais ou convencionais</u></p> | <p>em flanco
em cava</p> |
| <p><u>Especiais</u></p> | <p>pláceres
petróleo e gases
sais solúveis
suspensóides
enxofre</p> |

PONTO 2.3 - PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DA LAVRA SUBTERRÂNEA - Imposições e soluções.

Atualmente, cerca de 80 a 85% do valor da produção mineral de todo o mundo provém de minas a céu aberto. O Departamento de Minas dos Estados Unidos (United States Bureau of Mines) diz ser necessária uma verdadeira revolução nos procedimentos da lavra subterrânea, para que possa reflorecer, acreditando que os custos possam se reduzir a um terço dos atuais. Exemplos de notável evolução são dados, em minas de ferro de Lorena, Pilot Knob (Missouri, E.E.UU.), etc, minas de cobre de Creighton (Ontário, Canadá), etc. Rapidez é também um fator primordial.

Independentemente do fato de que muitas corpos só possam ser economicamente aproveitados por lavra subterrânea, generaliza-se a conscientização de evitar a poluição atmosférica e de preservar o solo para outras utilizações, minerando sob cidades, rios, lagos, etc. As Academias Nacionais de Ciências e de Engenharia, dos Estados Unidos, aconselhavam, em 1969 ("Comp. Air", abr. 69), pesquisas fundamentais - furação de túneis em rochas duras, manuseio subterrâneo de material, predeterminação das condições geológicas subterrâneas, suporte dos terrenos, medida das tensões rochosas subterrâneas, etc dentro de uma programação de 10 anos. Em realidade, os progressos nos últimos seis anos tem sido muito apreciáveis, subvertendo antigos conceitos, equipamentos e métodos. Pode-se mesmo dizer que nenhum dos métodos clássicos de lavra sub-

terrâneos é integralmente aplicado como há 10 anos atrás.

X _ X _ X _ X _ X _ X

Executadas escavações subterrâneas, será necessário conservar-las, por maior ou menor tempo, ao menos em quanto nelas se trabalha ou delas nos servimos, para acesso, transporte, ventilação, etc. As rochas encaixantes devem ser autosuportáveis ou terão de ser suportadas artificialmente. Às vezes, o próprio minério terá de ser suportado nas frentes de desmonte ou em trechos isolados.

Geralmente, alguma madeira terá de ser utilizada para suporte ocasional em trechos fracos, ou mesmo, sistematicamente, em terrenos mais fracos. Em outros casos, a utilização de madeira visa apenas, ou primordialmente, a servir de suporte ou estrado para os trabalhadores em serviço. Quando usada sistematicamente constitui parte integrante do método de lavra e o seu consumo é grande. Obviamente, parte da madeira pode ser substituída por cavilhas, vigas metálicas, obras de concreto, macacos hidráulicos, etc. Por questões econômicas, tempo de manutenção exigido, etc. isso ocorre mais nas "estações", "quartos", centrais de transporte, etc. Emprego de "macacos hidráulicos", recuperáveis, tem sido crescente nas frentes de desmonte de carvão. "Cavilhas" tornam-se prática frequente em frentes largas, galerias importantes, "estações", "quartos" com vigas metálicas e telas complementares, assim como utilização de argamassas protetoras (gunita), plásticos, etc, se a rocha tende a se esfoliar, por absorção de umidade ou por tensões internas. Também pinturas protetoras, claras, são usadas em locais de reuniões, como "estações", refeitórios, quartos, etc.

Mas, independentemente, desses suportes ocasionais ou temporários, de limitada resistência e duração, é necessário cogitar-se da MANUTENÇÃO GERAL dos serviços subterrâneos, quando a área escavada se amplia. A sustentação localizada não constituiria proteção suficiente, podendo ceder e acarretar desmoronamentos, evidentes, perdas de minério, dificuldades de comunicações (para acesso, transportes, ventilação, esgotamento), acarretar penetração de gases ou água dos estrados abatidos, etc. Não há nenhum material capaz de suportar por muito tempo os grandes pesos superincumbentes em largas áreas. Todos suportes possuem junção temporária, local e limitada. Não é raro que tenham de ser refor-

çados ou substituídos durante a ocasional função.

Dai, a ocorrência de TRES PRINCIPIOS FUNDAMENTAIS, para assegurar a continuidade e segurança de uma lavra subterrânea:

- 1 - abandono parcial do minério - constituindo pilares que assegurem a manutenção das aberturas procedidas, com dimensões pendentes das condições locais;
- 2 - enchimento com estéril das escavações feitas e não mais necessárias - propiciando a sustentação permanente das encaixantes e execução de outras escavações;
- 3 - abatimento controlado do céu de mina - fechando as aberturas não mais necessárias e possibilitando a execução de outras, sem que uma área muito grande fique insustentada.

Por vezes, há combinações desses princípios: pilares são abandonados, em uma fase, e posteriormente, parcial ou totalmente recuperados, mediante uso de enchimento, parcial ou total, ou abatimento céu. Em uma mesma mina, diferentes princípios, podem ser simultaneamente empregados, conforme o local minério, condições.

É de se observar que ulterior utilização de outro princípio não descharacteriza o princípio básico da lavra inicial ou a classificação do método de lavra considerado: o que importa é a parte funcional na execução e evolução do desmonte no local. A combinação posterior não as modifica, sendo um complemento, imposto pela manutenção geral dos serviços subterrâneos, em amplitude que ultrapassa a compatível com o princípio inicialmente adotado ou ditada por conveniências econômicas supervenientes.

PONTO 2.3.1 - ABANDONO DE PILARES - Provisório e permanente - Imposto ou conveniente - Disposição forma, dimensões e preceitos práticos - Aplicações marcantes.

O minério é parcialmente desmontado e porções, maiores ou menores, permanecem para sustentação das rochas subjacentes e garantir a segurança de construções superficiais, se for o caso. Essas partes remanescentes do minério são chamadas pilares. Formas e dimensões variáveis. Implicam num abandono parcial da jazida, provisório ou definitivo, conforme a função atribuída a esses pilares.

A aplicação pode ser imposta: como única forma efetiva de preservar intacto um céu de mina e terreno superiores pouco / espessos ou com grandes infiltrações de água (assegurando obras superficiais, mar, lagos, rios, poços, galerias, principais, etc.)

Pode também resultar de conveniência: despesas menores que com enchimento ou abatimento, mormente em jazidas marginais ou de material de reduzido valor (sal, gesso, calcário, etc.).

Quantidade de material abandonado - Depende das dimensões e afastamento dos pilares, condicionados por :

- 1) + profundidade dos serviços - 2) - altura e largura das escavações - 3) + área dos trabalhos - 4) - resistência do céu de mina; do material que constitui o pilar e do chão de mina - 5) - método de desmonte usado - 6) - alterações do céu de mina e do material do pilar - etc.

Comumente, 25 a 30%.

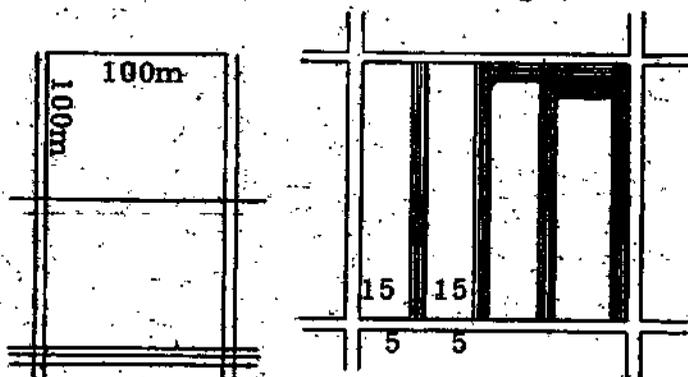
Disposição - Sistemática ou não (neste caso, dependerá de escolhas convenientes: pilares em nervos, minério mais pobre ou menos potente, etc.). Sistemática pilares dispostos em linha, em xadrez.

Forma - Longos, quadrados, circulares, em Zigue-Zague, etc. Nas minas metálicas, predominam grosseiramente circulares, com concordância abobadada superior ("cabrêstos"). Nas carvoeiras, retangulares ou quadrados.

Dimensões - Variam, com os fatores mencionados - Em metálicas, o diâmetro é, no mínimo, igual a altura. As dimensões podem ser grosseiramente calculadas (cf. Hutton, 2ª vol., pag. 407), mas comumente tais cálculos são de reduzido valor prático, levando a excesso de segurança, sem excluir possibilidades de insucessos por fatores locais especiais. Em geral, a prática de cada mina conduz a dimensões seguras. Analogia é útil. Em alguns casos, os pilares assumem tais dimensões que seria mais razoável considerar aberturas como vazios ou salões num corpo de minério : os pilares é que são contínuos e não as aberturas.

Recuperação posteriores - São possíveis mediante enchimento ou com abatimento controlado do céu. Enchimentos parciais podem ser feitos com pedra seca ("gigantes"), "queijos" de concreto, blocos de granito ou basalto, pilares de concreto (armado ou não) complementados com macacos mecânicos, etc. Em alguns casos, um gradativo esmagamento ou esfoliação dos pilares ocorre inevitavelmente.

Aplicações - Excetuados casos esporádicos de imposição, torna-se cada vez mais raro o efetivo abandono de pilares, sem ulterior recuperação, parcial ou total. Isso só ocorre em material de muito baixo valor. Geralmente, há recuperação dos pilares, após uma fase de lavra com alargamentos abertos, seja por uma política de conservação, seja pelo barateamento da recuperação com moderna tecnologia. Caso típico de recuperação, praticamente total, ocorre nas minas subterrâneas de minério de ferro da Lorena (produção de 52 milhões de toneladas, em 1966). Na Mina Ferdinando (2,5 milhões de toneladas por ano) a lavra é feita, inicialmente, por câmaras e pilares longos, mas estes são recuperados, por sucessivos recortes, e controlado abatimento do céu, possibilitando excepcionais produtividades de 33t/homem-terno, 55t/homem-terno subterrâneo, trabalhando 15 equipes (8 a 9 homens, cada produção de 450t por equipes). As câmaras iniciais tem cerca de 5m de largura e os pilares 11 a 20m. A recuperação é de quase 100% (cf. "World Mining", dez. 1967).



PONTO 2.3-2 - ENCHIMENTO - Fundamentos e aplicabilidade. Enchimentos totais e parciais. Enchimento a seco e hidráulico. Materiais, origem, qualidades, colocação. Exemplos.

- 1) FUNDAMENTOS - As escavações feitas são enchidas com material estéril, mantendo-se o céu sem abatimento. O enchimento pode ocorrer quase simultaneamente com a escavação, sendo parte integrante do método de lavra ou em fase ulterior, para controle geral da área lavrada e sem interferência direta com o método de mineração o corpo, que poderá ser de alargamento aberto. No primeiro caso, o enchimento serve de suporte aos trabalhadores, possibilitando-lhes lavrar acima do mesmo (ou abaixo, em casos especiais) e tornando desnecessário abandono de pilares, se deixados em casos de nervos, etc. No segundo, a segurança inicial é feita inicialmente por pilares (posteriormente total ou parcialmente recuperados), por madeiramento, pilares artificiais, "cevilhamento" do céu, etc.
- 2) APLICABILIDADE - Minérios valiosos (para os quais a maior recuperação justifique as maiores despesas acarretadas - desmonte, transporte e colocação do enchimento) ou se imposto por outras razões (segurança, intercalações ou paredes forçosamente desmontadas, deposição de rejeitos de tratamento, etc). O princípio oferece boa segurança e alta recuperação, mas é algo dependente. Não preserva integralmente a capa, pois apresenta algum recalque.
- 3) TIPOS - Parcial (pilares artificiais de diversos materiais) ou total.
A seco ou hidráulico (conforme o material é colocado a seco ou em polpa).
- 4) MATERIAIS E QUALIDADES - a) Argila (faz "péga", compactando, o que é apreciável qualidade em minas gasosas ou sujeitas a incêndios; mas oferece recalque forte, é pouco resistente, forma lama com água); b) cascalho (é forte, recalca pouco, mas não impede circulação de gases e água, possibilitando propagações de incêndios em minas carvoeiras); c) areias ou escórias (não são impermeáveis, recalcam bastante, colocação difícil em alguns casos se a seco); d) rejeitos de engenho (baratos, qualidades como das areias; se piritosos, são inconvenientes em minas car

voeiras, por tenderem a inflamar o carvão por sua oxidação; mas, em minas metálicas isso é vantagem, por acarretar aglomeração, como ocorre no Rand); e) carvões finos (são rejeitos em minas carvoeiras; aglomeram bem mas são inflamáveis); f) alvenaria (pedras, tijolos, concreto - geralmente, como enchimento parcial, de boas qualidades, mas caros; tem tido muito emprego concretos de escórias, reforçados com telas metálicas e pequenas armaduras).

- 5) ORIGEM - Pode ser interna ou externa. Se interna, pode ser local ("nervos", falsos tetos ou muros intercalações sedimentares, minério pobre (como em Morro Velho), capa ou lâpa desmontadas por exigência de altura), de desenvolvimento, de pedreiras internas (feitas a propósito, com abatimento e empolamento), de antigos enchimentos (re-movidos por não serem mais necessários e deixando esborar o céu). Se externos poderão ser rejeitos de engenho, resíduos metalúrgicos, capeamento de serviços iniciais, desmontes feitos especialmente, etc.
- 6) INTRODUÇÃO - Pelos poços e galerias normais, por poços ou galerias especiais, por furos largos de sonda, por "caidas de enchimento" especiais, com uso de carros, canos ou caidas naturais.
- 7) COLOCACÃO - Em regra, o enchimento deve descer. Pode ser despejado e se acamar naturalmente; ser paleado; ser disposto por enchedoras mecânicas ou pneumáticas; no caso de enchimento a seco. Essa disposição fica difícil nos "sinos" ou "domos" partes superiores, requerendo trabalho cuidadoso e, comumente, uso de envoltórios para o material (sacos de anilagem ou plásticos). É de se observar que, geralmente, os métodos de lavra com enchimento são ascendentes, ficando o operário sobre o enchimento já colocado. Há casos, porém, em que são descendentes, sendo o enchimento iniciado pela parte superior da escavação (quando é necessário madeiramento provisório e a pressão o faria penetrar num enchimento inferior ou se o carvão tende a se inflamar por fendilhamento). Nestes casos, há necessidade de um assoalho de madeira ou laje de concreto para base do enchimento, feito em tiras descendentes. Os serviços posteriores se processam "sob enchimento" e, em

alguns casos será necessário haver coincidência do novo madeiramento provisório com o superior, para que os estais ou pés direitos deste não penetrem no novo enchimento. Empregam-se diversos dispositivos especiais, comumente vigas longitudinais de apoio dos pontaletes.

No caso de enchimento hidráulico, o transporte e colocação se fazem por água sob pressão, com vantagens evidentes. O material é depositado em "cercos", previamente construídos, ou em fundo de "alargamentos". A água é escoada e drenada para depósitos, donde é bombeada para o exterior. Comumente, o material é areia ou rejeitos de engenho, ou escórias granuladas. Em alguns casos, cascalho ou pedras, graduados a menos de 2". Argila é inconveniente, pois assenta muito, e de difícil percolação nas camadas já depositadas e lama fina é arrastada com a água escoada.

As instalações compreendem depósito superficial de larga capacidade, tremonha de alimentação, tubulação de circulação e aparelhos de controle. A tubulação deve resistir à abrasão e à pressão, que pode ser muito forte em grandes profundidades. Geralmente, é de canos de aço, de 4" a 7" de diâmetro (estrito pode se obstruir, muito largo dará pequena velocidade, para uma dada vazão podendo acarretar depósitos dos sólidos); na saída possuem um bocal, para obter jato de maior alcance; curvas, joelhos, tes, válvulas, etc. devem merecer especiais cuidados, pelo desgaste a são, frequentemente, de aço especial, ferro branco, com revestimento interno de borracha, etc; vários tampões devem ser providos, para limpeza em caso de entupimento (cf. Haton, Vol. 2º, pag. 81). A extensão do transporte horizontal possível depende de vários fatores: natureza e tamanho do material, sólido da polpa, diâmetro da tubulação, quantidade e raio das curvas, válvulas, tes, etc, enfim de todos os elementos que acarretam "perdas".

FFMM - UFOP

L A V R A D E M I N A S (III)

XXXXXXXXXX XXX XXXXXXXXXXXX XXX

Notas de aula

METAMA
Depo^o Técnico

01074

Da pag. 20 à 32

--- XXX ---

5^o ano do CURSO DE MINAS

-o-o- 1971 -o-o-



de carvão na parte mais a montante, para proteção, só extraído após algum avançamento. Em inclinações muito fortes, a frente é avançada subdividida, em forma de degraus invertidos, postos que os painéis o sejam em degraus retos.

No desmonte dos painéis por travessas - ou em mergulho, - os procedimentos são vários:

- a) - por subidas contíguas - normais ao comprimento do painel, partindo do centro para ambas extremidades; frentes de 2 a 20m, defasadas, com vários desmontadores; são mantidos planos inclinados no abatido, se há forte inclinação.



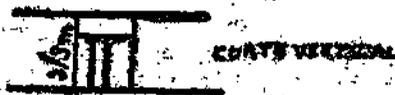
- b) - por subidas e descidas simultâneas (cada uma até metade do painel), partindo da galeria inferior e da superior.



- c) - por subidas e descidas sucessivas - (com travessa de descida saltada).



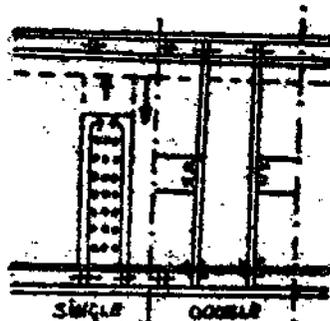
- d) - por subida deixando carvão no céu ("coroa"), abatido em descida



- e) - por subida e duas descidas sucessivas ("bank system", Yorkshire).

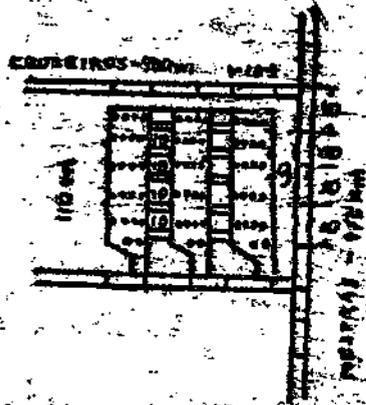


- f) - sistema "pillar and stall", com simples ou duplo "stall" - Usado com painéis de 250 a 350m de extensão, largura de 100 a 120m. - No "single stall", cada travessa tem 7 a 12m de largura, constroem-se muros laterais de pedra seca, assegurando duas galerias para circulação da ventilação; o céu, intermediário, é abatido antes de se empreender a travessa contígua, em descida - que vai sendo abatida sucessivamente. - Na parte superior é deixado um pilar de carvão para proteção da central. - O "double stall" é semelhante, com uma travessa central de 12m de largura e duas laterais, de 8m (semelhante ao "bank system", com maiores dimensões e galerias de pedra seca, para ventilação e acesso, além de completo abatimento da primeira travessa antes de se empreenderem as laterais, em descida - praticamente planos).



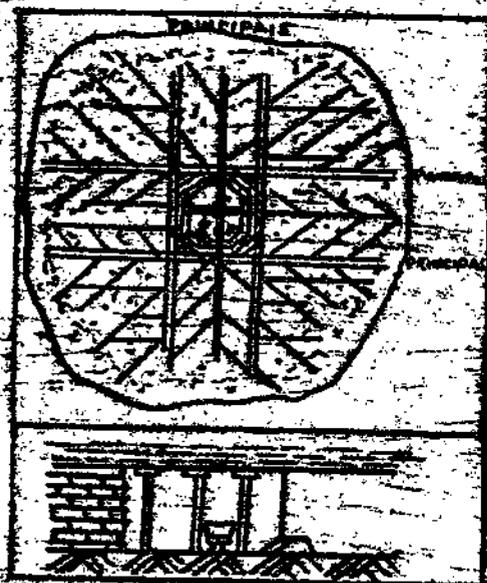
- g) - por "câmaras e pilares" (room and pillars) - Usado nas hulheiras da Pensilvânia, regulares, com céu forte, mergulho de 6 a 12°; são feitas câmaras de 6 a 12m de largura, deixando pilares de 4 a 9m de espessura; as "mestras" tem 4 a 5km de extensão e os "cruzeiros" uns 400m, ambos duplos, com pilares centrais de 4 a 9m e "quebra vãos" de 2m de largura, a cada 10 ou 20m; os "cruzeiros" distam cerca de 110m, tendo as "câmaras"

uma 90m de extensões (pilar final de 9m, para proteção, "gar-
galo" de entrada com 2,5m de largura); esteios a 1,5m; pilares
recuperados em recuo, sob forte proteção de esteios.



c) - "LONGWALL" - O carvão é lavrado por uma face contínua e o céu é
gradativamente abatido. - Não se confunde, portanto, com lavra de
paineira longa, seja o céu abatido ou alargamento apinhado. -

O avanço e o abatimento podem ser do centro para a pe-
riferia da propriedade (outward), caso mais comum, mantendo-se vi-
as de transporte e ventilação no "entulho" ou "abatido" (goû) - ou,
mais raramente, em recuo (going at home). Não há pilares exceptua-
do o do pogo de entradas. Recuperação até quase 100%. -



Um grande pilar preserva os poços (com uma 150 x 150m), com uma duple galeria de contorno (entry-around-pillar), com 2,7m de largura, vão intermeditário de 4,5m e "quebra-vãos" a cada 12m. Em outros casos há uma única galeria, com cerca de 12m de largura, tendo um muro de pedra seca de 3,5m de espessura, junto ao pilar, e outro central, de mesma espessura, dividindo a galeria em duas. No pilar central são construídas duas galerias perpendiculares, ligando os preços, para conveniente controle das correntes de ventilação. - Esse desenvolvimento inicial demanda uns 10 a 12 meses. Das galerias de contorno partem "vias principais", desta as "vias ramais" e, das "vias ramais", as que vão ter às sucessivas frentes de desmonte, ditas "vias das câmaras" ou "de stalls". Estas só são mantidas (grças a muros laterais, construídos com lajes do abatimento do céu) enquanto necessários a cada frente (place). - Cada frente tem uns 12m de extensão e possui sua "via de câmara". Esteios são cobrados, a cada 0,6 a 1,5m da face, distantes entre si de 2m. - As vezes, prefere-se o emprêgo de "gaiolas", de 1m de lado. - No caso de "longwall" em retirada, são previamente abertas galerias duplas, até aos limites da propriedade (com "quebra-vãos"). O desmonte e abatimento se processam em recuo para as entradas. Implica um investimento inicial muito maior e demora para se iniciar a lavra, mas dispensa movimentação de galerias no material abatido e é de ventilação mais eficiente; é pouco usado.

Métodos para jazidas potentes. -

Normalmente a jazida é dividida em tiras, desmontadas isolada ou simultaneamente. Os grandes abatimentos que ocorreriam, tornam raro o emprêgo do principio de abatimento: geralmente, empregam-se processos de enchimento.

- A) - MÉTODOS DE DESMONTES EM TODA POTENCIA - O desmonte em face plena é obsoleto. Foi usado na sibéria, em camadas de 4 a 5m de espessura e, mesmo, até de 8 a 10m. Feito o desenvolvimento necessário e o desmonte, o céu era abatido, gradativamente. O desenvolvimento era por galeria no contacto com a lapa, fortemente emadeiradas. O desmonte se processava por frentes em degraus (comumente invertidos), estreitamente encoradas.

B) - METODO DE DESMONTE POR TIRAS INCLINADAS - As tiras medem 2,5 a 5m² de espessura, por planos paralelos à estratificação. Cada uma é tomada isoladamente e trabalhada como uma jazida de potência média, por um dos métodos vistos. - São trabalhadas em ordem descendente e são empregadas em camadas de mergulho inferior a 15°, pelo mau comportamento de esteios nas muito inclinadas.

Raramente é usado para potências superiores a 12m. - O desenvolvimento compreende níveis, subníveis, subidas na base de cada tira, partindo de galerias de direção (abertas sucessivamente, à medida que cada tira é lavrada). A lavra sob o abatido requer os cuidados indispensáveis. -

C) - METODO DE DESMONTE POR TIRAS HORIZONTAIS - Aplicável a qualquer potência ou inclinação. - Via de acesso, conexões, Central de transporte no corpo, junto a lapa. São feitas subidas (dividindo o corpo em blocos) até ao nível superior. Essas subidas serão diminuídas, a partir da parte superior, à medida que as tiras são lavradas. Para o desmonte de cada tira, é aberta uma galeria de direção, na extensão do bloco, a partir da subida que o serve. Os desmonte é feito como nas camadas de potência média, em ordem descendente. Os blocos são atacados sucessivamente, com no caso de minas metálicas. - Como não se usa "colchão", a "passagem sob o abatido" é difícil. - O carvão desmontado em cada bloco desce pelas respectivas subidas, até ao nível. - Se a potência não é muito grande, várias tiras são lavradas simultaneamente, defasadas, em recuo partindo-se de travessas limitantes de cada bloco. - O método é usado, com abatimento.

PONTO 2.5-3 - METODOS DE ENCHIMENTO - Jazidas médias (métodos de recortes) - Jazidas potentes (tiras inclinadas, tiras horizontais) - Aplicações.

Jazidas estreitas fornecem enchimento "in loco" (parte da papa + ou lavra, intercalações - forçosamente desmontadas, e cujo aproveitamento local é mais barato, geralmente, que a sua remoção para outros locais ou para fora). Nas jazidas médias, haverá necessidade de parcial ou total proveniência de outros locais ou do exterior. Não havendo grau, um enchimento parcial poderá ser suficiente, em trêchos isolados, junto às vias de transporte, etc.

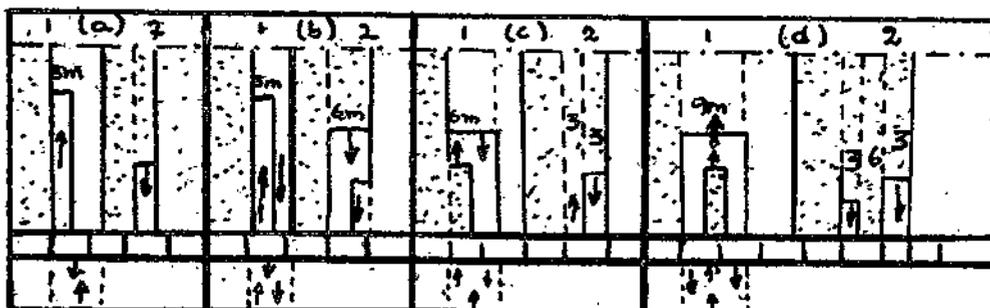
A) - Os métodos de grandes talhos (com painéis longos, lavrados em direção, mergulho ou a mera declividade) perdem suas justificativas e

vantagens, no caso de enchimento, pelas complicações e despesas do transporte do enchimento às frentes de desmonte. Eram, contudo, usados sob céus fortes, minas muito grisuosas, etc., e tendem a maiores aplicações com os modernos equipamentos mecânicos, fornecendo frentes mais amplas, se o céu é forte ou fornece boa adaptação ao seu cavilhamento. - Esses métodos são semelhantes aos de painéis / longos com abatimento, substituindo-se este por enchimento, descido da superfície e levado ao local. Se o enchimento não é hidráulico, impõe a disposição de guinchos elevadores, no alto das subidas, nos casos de inclinações fortes para tração manual, encarecendo o serviço. Se hidráulico, cercos terão de ser providos e a água esgotada da mina. Prefere-se, quase sempre, o método de recortes, mais ou menos amplos, conforme a imposição de solidez do céu. -

B) - MÉTODO DE RECORTES - Procedem-se sucessivos recortes na camada de carvão, imediatamente enchidos. - Executado o desenvolvimento conveniente (semelhante ao de "painéis" longos), procede-se o desmonte desses recortes ou painéis e o enchimento gradativo. - Cada recorte pode ser realizado a partir de uma galeria ou de duas, paralelas - neste caso, com desmonte até ao meio do bloco e quando o mergulho não é acentuado. Há muitas variantes para a sucessão desses recortes:

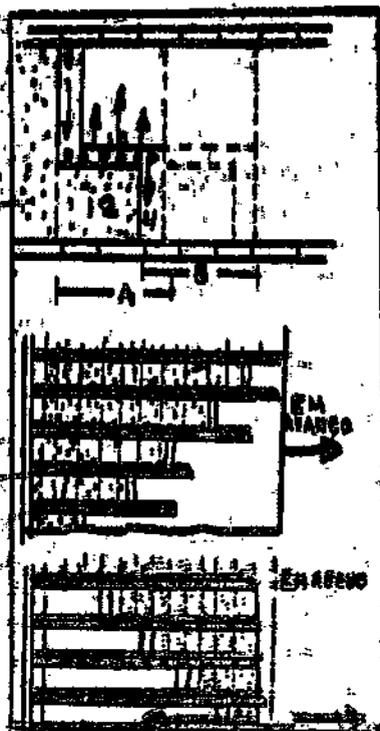
1) - Partindo de uma galeria, até metade do bloco. -

- a) - Desmonte e enchimento simples (céu e carvão fracos) - desmonte em avanço, enchimento posterior em recuo.
- b) - Desmonte duplo e enchimento simples (céu e carvão médios) - / desmonte em avanço e depois em recuo, enchimento em recuo.
- c) - Desmonte simples e enchimento duplo (céu e carvão sólidos) - / desmonte em avanço, enchimento em avanço, depois em recuo.
- d) - Desmonte simples e enchimento triplo (céu e carvão bem sólidos) - / desmonte em avanço, enchimento em avanço e em duplo recuo.



2) - Partindo de uma galeria até a seguinte -

- a) - Frente reta - Como no caso 1a, indo porém até o fim do bloco; o enchimento é despejado da galeria superior, fazendo-se, previamente, um muro de pedra seca, para proteger a galeria inferior. O sistema possibilita iniciar o recorte contíguo, à medida que o enchimento do anterior vai subindo (sem aguardar que esteja todo enchido).
- b) - Frente em baioneta - Ao contrário do anterior, o enchimento é simultâneo com o desmonte do recorte, e não posterior. - A abertura preservada, à direita do observador, serve para a saída do carvão desmontado e, no recorte seguinte terá a função de entrada para o enchimento, provindo da cabeceira superior. - A frente de avanço (assim como o enchimento do recorte) chega a fim da lavra, com encrocamento se necessário.

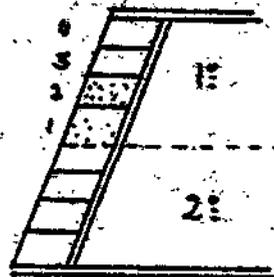
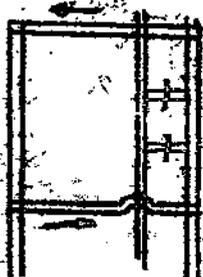


Tracado geral do método - As galerias que dividem os diversos painéis longos podem ser simples, e duplas as dos blocos, com 5 ou 6 painéis longos. // As galerias podem ser empreendidas em avanço ou em recuo. (neste caso, a partir do centro de cada painel, para as suas extremidades, com inconveniente de obrigar a manutenção de galerias no enchimento - para circulação deste) // Um maciço de proteção será preservado nos extremos do bloco, para proteção das galerias principais // - Vários painéis são lavrados simultaneamente, com certa defasagem estagiada. - Assemelha-se, a marcha, à dos painéis longos, com enchimento em var

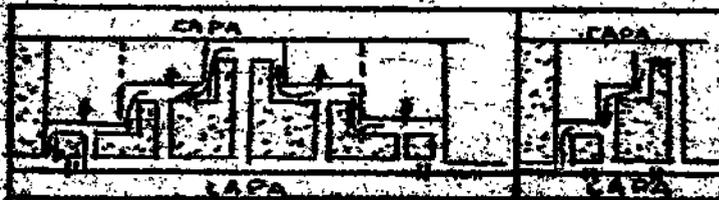
de abatimento do céu e com desmonte por travessas (em vez de avanço pontal)//

Métodos para jazidas potentes

- A) - METODO DE DESMONTE POR TIRAS INCLINADAS - Semelhante ao de abatimento. Lavra em ordem ascendente ou descendente, geralmente com 3 a 5 tiras, excepcionalmente até 20 tiras. - A lavra em ordem descendente obriga a lavra sob enchimento, com os recursos conhecidos. A ascendente pode produzir enfraquecimento do carvão superior, fendilhamentos, desprendimento grande de gran e até incêndio. - // Mas a lavra por tiras inclinadas facilita a passagem de uma tira para outras, por pequenas travessas, concentrando o transporte em uma única central principal, com barateamento da manutenção. - // O desmonte de cada tira é feito por recortes ou grandes talhas (painéis longos) em direção.
- B) - METODO DE DESMONTE POR TIRAS HORIZONTAIS - Independe da potência, inclinação e consistência do céu. // As tiras comumente, 2,5 a 3m de altura. // E aplicável a camadas, lentes, selas de anticlinais, etc; as comunicações das tiras diversas são facies e um bom assentamento do enchimento é apropriado.
- a) - Desenvolvimento - Níveis com dezenas de metros. // Em cada nível pode haver dupla cabeceira na lapa (para ventilação e transporte mais eficientes), ligadas por travessas a uma cabeceira na base do carvão. - // Os subníveis são lavrados em ordem descendente e as tiras, de cada um, comumente, em ordem ascendente (se em ordem descendente, faz-se chão de concreto - de 133kg de cimento / para $1m^3$ de escórias - sobre uma fina camada de carvão em pó; ou um soalho de madeira, com espessura de uns 25mm, como no caso das minas metálicas). - // Cada tira terá uma cabeceira de fundo, ligada às subidas do nível. O número de tiras é de 2 a 4, por subnível, excepcionalmente até 8 ou 10, se o carvão não é inflamável pela fissuração do superior. - // Cada tira é dividida em blocos lavrados separadamente.



b) - Lavra - Geralmente, não se passa de uma tira para outra antes que ela esteja terminada, pois isto serve para "sangrar" o carvão, saindo grande parte do grão que contenha. Mas, às vezes, diversas tiras são lavradas simultaneamente, para minorar o fendilhamento do carvão superior. // O desmonte de cada tira é feito por recortes transversais ou longitudinais. No primeiro caso, há muitas variantes, com recortes do muro ao teto, sucessivos, alternados, em ordem complexas, etc., (como no caso do "método das travessas" de minas metálicas ou com variantes no enchimento). -



Em recortes longitudinais (em avanço ou em recuo), faz-se uma cabeceira junto à lapa e outra junto à capa, com travessas de ligação, que demarcam os blocos. A última travessa é tomada como frente de avanço, em retirada. Por uma das cabeceiras o carvão vai à subida que liga ao nível e pela outra circula o enchimento, descido do nível superior. A frente de desmonte pode ser reta ou em degrau. Às vezes há uma única cabeceira para cada tira, junto à lapa, para transporte do carvão e do enchimento.

Ponto 26 - MÉTODOS DE LAVRA A CÉU ABERTO - Vantagens, aplicabilidade, plano geral - Classificação dos métodos. -

1) - GENERALIDADES - Estima-se que 70% dos produtos minerais de todo o mundo, em valor, provêm de lavra a céu aberto, mesmo sem computar o petróleo. - Nos Estados Unidos, 85% a 90%, em valor, têm essa origem e, das minas metálicas, mais de 90% (E/MI. 1969). Um exemplo recente / até em Ekibastul, na Rússia, onde minério de manganês, com relação geral de até 35/1, de capeamento para minério, é lavrado a céu aberto

("World Mining", nov. 67). - No Brasil, camadas de carvão com cobertura inferior a 15m são mineradas a céu aberto (camadas inferiores a 2m de espessura), / no Rio Grande do Sul. Já em Santa Catarina (onde ocorrem 5 camadas: Bonito, Ponte Alta, Irapuá, Barro Branco e Treviso - com Bonito, Barro Branco e Irapuá apropriadas à hora), 30m é considerado o limite econômico, em Siderópolis (C.S.N.) - ("Publ. Esp nº8, DNPM, 1969), contra uma relação de 30/1, em espessura, usual nos Estados Unidos. - Trabalham a céu aberto, Candiota, Siderópolis, Carbonífera Treviso, nossas minerações de ferro, manganês, cassiterita, sal marinho, dolomita e calcários, bauxita, apatita, fosforita, xilita, columbita, berilo, gesso, diamantes, algum ouro, mármore, quartzo, etc.

A lavra a céu aberto (open-cut mining, open pits, open casts, surface mining, stripping, etc.), como seu nome indica, abrange todas as escavações não subterrâneas. -

B) - APLICABILIDADE - Jazidas aflorantes, de capeamento reduzido, atingíveis em encostas. - Genéricamente:

- a) - Vieiros aflorantes - estreitos ou potentes, até limites compatíveis com a econômica manutenção dos taludes necessários à segurança;
- b) - Camadas horizontais ou pouco inclinadas - de pequeno capeamento, se estreitas, se potentes, recobertas por alúvio ou rochas, em caso de mais econômica remoção que a hora subterrânea, isto é, até uma relação ponderal tal que

$k = \frac{\text{custo de ton. lavrada subterraneamente} - \text{custo de ton. lavrada a céu aberto}}{\text{custo de ton. de estéril removido}}$
--

Isso é um limite que também dependerá do valor produzido por ton. do minério, pois influenciará o tamanho da cava, pela "relação econômica de descapeamento" (break-even stripping ratio) - (Ver 1.2 - Anexo, item 5), podendo ultrapassar o limite econômico de utilização do material valioso do corpo;

$$RE = \frac{V_1 - (C_F + L_F)}{C_1} \cdot C_1 = \text{custo ton. capeamento}$$

- c) - Maçicos - que possam ser economicamente lavráveis por "bancos", em flanco ou em cavas, o que ocorre com frequência, até certa profundidade (ver exemplo de Creighton, Canadá).

Muitos corpos só podem ser parcialmente lavrados a céu aberto, impondo lavra subterrânea em partes mais profundas, apófises laterais, etc., como citado.

c) - VANTAGENS - Geralmente, as de ordem econômica, decorrentes da utilização de grandes equipamentos (barateando custos unitários), desnecessidade de segurança do céu da escavação (madeiramento, enchimento, abatimento), facilidade de supervisão, etc., além de melhor higiene e iluminação, maior flexibilidade de produção, maior pureza de minério extraído, tipos mais adequados de equipamentos, menores problemas de esgotamento, etc. -

DESVANTAGENS - Imobilização superficialis (com restrições até absolutas, como cidades, mar, lagos, etc.); gastos com remoção, deposição e manutenção dos componentes; interferências climáticas (chuvas, neve, insolação intensa, ventos - limitando, por vezes o período de trabalho de produção). - Na moderna tendência para evitar poluição e a destruição das causas naturais, procura-se incentivar o ressurgimento da lavra subterrânea, outrora dominante e atualmente quase sempre muito mais cara. A Academia Nacional de Ciência e Engenharia, dos Estados Unidos, diz que as escavações subterrâneas devem ser 30% mais baratas e 3 vezes mais rápidas, que as atuais, para poderem competir com as superficiais. Foi recomendado que o Governo despendesse \$200 milhões para promover novos métodos de escavação que preservassem a terra superficial das operações minerais, possibilitassem acesso a jazidas profundas atualmente fora do alcance humano e proovessem uma "terceira dimensão" para a expansão urbana. Problemas: aberturas em rochas duras, manuseio subterrâneo de materiais, avançada determinação das condições geológicas subterrâneas, suporte dos terrenos e medida das tensões nas formações subterrâneas ("Rapid Excavation: Significance, Needs, Opportunities", 1968).

----- A necessidade de restauração do solo requer que se faculte a drenagem natural dos terrenos, que se possibilite uma agricultura natural e livre trânsito de máquinas e veículos. Isso impõe: prévia remoção do rególito, nivelção de rejeitos e capeamentos, recolocação do rególito, restauração ou retificação das correntes prexistentes. Devem ser serviços completamente mecanizados e empreendidos no ciclo normal da lavra. Na Inglaterra, o numerador paga um fundo especial de 2 1/4 pence, por tonelada de minério de ferro extraída e o Tesouro Nacional contribui com 3/4 de penny, em cada distrito - para essa finalidade de restauração (ao câmbio de out. 70, respectivamente, CR\$1,06 e Cr\$0,35 - com libra a... Cr\$11,28).

- D) - OPERAÇÕES - A lavra a céu aberto, comporta, total ou parcialmente, as seguintes operações (Peele, 3-11):
- a) - Desbravamento - desmatamento (clearing) e destocamento (grubbing) - com emprego de tratores com lâminas (bulldozers) - ou, em trabalho conjunto, arrastando fortes correntes com bolas pesadas - ; queimar, explodimento e puxada; escarificadores (rippers).
 - b) - (stripping); prévio ou simultâneo com o desmonte de minério, com / suficiente decalagem para não intergerir ou prejudicar este; é fei-
to em uma ou mais tiras e tem relevante importância quanto à sua
execução e sistemática deposição; geralmente, é mecânico:
escavadoras; escavadoras de arrasto; escavadora de roda de alcatru-
zes; escavadoras transportadoras (scrappers), conjugadas ou não com
escarificadores; mais raramente, raspadores de cabos (slushers) ou
suspensos (tipo Sauer mann), escavadeiras de rodas, etc. - ; às vés-
zes, hidráulico; raramente, manual; pode impôr prévio afrouxamento
com explosivos após furação, o que o encarece e limita.
 - c) - Drenagem protetora - anterior ou posterior ao descapamento; pode
ser executada mecanicamente, com máquinas próprias para abrir vale-
tas - "valetadeiras" (ditchers) - de diversos tipos ou mesmo com /
escavadeiras, retro-escavadeiras, raspadores de cabos, tratores,
etc.; podem ser empregados bicâmes, bombas, etc.; às vezes, as va-
letas são feitas com explosivos (como trincheiras); terá de ser a-
daptada e mantida durante toda a evolução operacional da lavra /
(por vezes, com bicâmes sobre os locais em desmonte).
 - d) - Desmonte - manual hidráulico ou mecânico, podendo requerer afrou-
chamento ou mesmo arranque com explosivos, após furação; em espes-
suras grandes, fazem-se diversos bancos, desmontados sistemática-
mente e com adequado desenvolvimento, tendo em conta o tipo de trans-
porte utilizável.
 - e) - Carregamento - manual ou mecânico; às vezes não ocorre, sendo o
material desmontado carregado hidráulicamente ou descendo, por gravi-
dade, para "funis" inferiores (glory holes).
 - f) - Transporte - manual hidráulico ou mecânico (carrinhos de mão, "gôn-
dolas", vagonetas, caminhões, vagões em trens, correias transporta-
doras - quase sempre requerendo britação junto à frente de desmon-
te - tubulações (pipe-lines) com pólpa grossa, raramente em barca-
ças ou navios diretamente; às vezes, o transporte é parcialmente /
subterrâneo (como no caso de "funis" ou em certas cavas profundas,
como da Araconia, nas quais os caminhões descem pela cava, despejam
em um funil-chute, há britação subterrânea e o minério é subido em

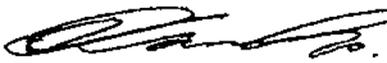
em correia transportadora, até à superfície, despejado em chutes e carregado em trens, que o levam para navios).

- g) - Despêjo e compactação - ocorrem com o material do capeamento removido (bulldozes, "pés de carreiro", etc.).
- h) - Restauração - relação das condições para utilização superficial, incluída urbanização.

E) - FATORES ECONÔMICOS - Devem ser considerados os intrínsecos - pertencentes ao serviço e condições climáticas locais (job) - e os referentes à organização e trabalho - (management) - , de ordem material e humana (tipo e condições de equipamento, eficiência dos trabalhadores e do controle, reserva de equipamentos, oficinas de manutenção e de apoio, etc.).

F) - CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS -

- a) - Lavra por bancos - 1) - em encosta ou flanco carregamento manual
hidráulico
carregamento mecânico
tipos das carregadoras
2) - em cava
- b) - Lavra de plácers a céu aberto
- c) - Lavra de petróleo e gases combustíveis
- d) - Lavras especiais - (saís solúveis, enxofre pelo processo Frasch, etc.).

1. Classificação INPE-COM.3/NTE C.D.U.: 621.38SR:681.3.053		2. Período	4. Critério de Distribuição: interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DADOS MULTIESPECTRAIS RECURSOS NATURAIS			
5. Relatório nº INPE-1227-NTE/115	6. Data Abril, 1978		7. Revisado por <i>R. C. M. de Souza</i> R. C. M. de Souza
8. Título e Sub-Título APRESENTAÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA PARA A ANÁLISE DE DADOS MULTIESPECTRAIS			9. Autorizado por <i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor
10. Setor DSR	Código		11. Nº de cópias 17
12. Autoria <i>Vitor Celso de Carvalho</i> <i>Newton Tocigam High</i>			14. Nº de páginas 39
13. Assinatura Responsável 			15. Preço
16. Sumário/Notas <i>É apresentada neste trabalho, uma sistemática para interpretação automática de dados multiespectrais obtidos por sensoria- mento remoto, com o objetivo de disseminar o conhecimento e o uso des- ta tecnologia. Após uma breve introdução, são apresentadas algumas no- ções básicas para uma melhor compreensão de termos técnicos emprega- dos, seguidas da descrição dos principais componentes destes equipa- mentos de interpretação automática. Finalmente é descrita a sistema- tica propriamente dita e alguns exemplos práticos de aplicação em di- ferentes áreas de Recursos Naturais.</i>			
17. Observações			

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. NOÇÕES BÁSICAS	2
3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA I-100	5
4. SISTEMÁTICA DE FUNCIONAMENTO	8
4.1 - DESCRIÇÃO DO FLUXOGRAMA	8
4.2 - ENTRADA DE IMAGEM	10
4.3 - APRESENTAÇÃO DA IMAGEM	10
4.4 - MELHORAMENTO DA IMAGEM	13
4.5 - AQUISIÇÃO DE ASSINATURA	16
4.6 - MELHORAMENTO DA ASSINATURA	18
4.7 - TÉCNICAS DE PÓS-PROCESSAMENTO	25
4.8 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	26
5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES	28
5.1 - LEVANTAMENTOS AGRÍCOLAS	30
5.2 - LEVANTAMENTO DE SOLOS	30
5.3 - CONTROLE DE PASTAGENS	31
5.4 - LEVANTAMENTOS FLORESTAIS	31
5.5 - ASSOREAMENTO	31
5.6 - AVALIAÇÃO DE CATÁSTROFES	32
5.7 - LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS	32
5.8 - PLANEJAMENTO URBANO	32
BIBLIOGRAFIA	33

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Características Espectrais: a) Curvas Espectrais de Três Alvos Naturais; b) Faixas de Atuação dos Canais do Sensor MSS; e c) Espectro Eletromagnético 3
- Figura 2 - Configuração Geral do Sistema Image-100 6
- Figura 3 - Representação do Fluxo Funcional do Sistema Image-100 ... 9
- Figura 4 - Representação Esquemática do Fluxo de Entrada de Dados .. 11
- Figura 5 - Console de Análise de Imagens 12
- Figura 6 - Esquema de Operação das Funções de Prê-Processamento 14
- Figura 7 - Representação Esquemática da Rotação Espectral 15
- Figura 8 - Esquema com Informações a respeito do Cursor 16
- Figura 9 - Representação de uma Assinatura de Célula Única num Espaço Espectral de Três Dimensões 17
- Figura 10 - Exemplo de Saída de Resultados de um "Treinamento" no Vídeo do Terminal Gráfico 19
- Figura 11 - Exemplo Esquemático de Superposição de Assinaturas Unicelulares 20
- Figura 12 - Exemplo de uma Apresentação de Histograma para "Modificação de Limites" 21
- Figura 13 - Efeito da Modificação dos Limites do Histograma sobre a Assinatura Unicelular 22
- Figura 14 - Exemplo Esquemático do Processo de Aquisição de Assinatura Multicelular 23
- Figura 15 - Fluxograma do Processo de Aquisição e Melhoramento de Assinaturas 24

Figura 16 - Representação da Assinatura Elipsóide por uma Forma Geométrica Linear	27
Figura 17 - Ilustração do Procedimento da Técnica de Pós-Processamento denominado "Probabilidade Máxima"	27
Figura 18 - Esquema da Formas de Obtenção dos Produtos Finais	29

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemáticas e equipamentos, para o processamento e interpretação automáticos de imagens multiespectrais, aumentou significativamente com o advento de modernos sistemas de imageamento a bordo de satélites artificiais, mais especificamente com a perspectiva e o posterior lançamento dos satélites da série LANDSAT, os quais estão equipados com o sensor MSS ("Multi-Spectral Scanner").

Este fato decorre das próprias características do imageador multiespectral, que foi desenvolvido de forma que os dados obtidos na plataforma orbital possam ser enviados telemetricamente para a superfície da Terra, o que permite a obtenção dos dados em tempo quase real, isto é, antes que o conteúdo das informações obtidas possa perder significativamente o seu valor. Ao chegar nas estações terrestres, estes dados são gravados eletronicamente em fitas magnéticas e essa gravação é depois processada e posta em fitas compatíveis com computadores, permitindo uma maior fidelidade radiométrica dos dados, o que é desejável no processamento automático dos mesmos.

A necessidade do processamento automático dos dados, gerados por este sistema de informação, decorre do seu volume ser excessivamente alto, o que torna a interpretação visual muito demorada e exaustiva, o que concorre para uma razão custo-efetividade mais alta (não necessariamente mais caro do que o sistema automático). Além disso, este processamento permite a implementação de modelos de classificação mais objetivos e precisos, como também a obtenção de resultados rápidos e de fácil observação, como mapas temáticos e sumários estatísticos.

Neste trabalho, será exposta uma sistemática normalmente utilizada para a análise automática dos dados multiespectrais, obtidos pelo imageador MSS dos satélites LANDSAT. Esta sistemática estará apoiada basicamente naquela empregada no "Image-100 Multispectral Analysis System" (I-100), desenvolvido pela "General Electric Company" - USA.

Além deste sistema, podem ser encontrados outros no mercado internacional como, por exemplo, o "Interactive Digital Image Manipulation System" (IDIMS) da "ESL Incorporated", o "Data Analysis System" (ERL-DAS), da "NASA Earth Resources Laboratory" (ERL) e o "Multispectral Data Analysis System" (M-DAS) da "The Bendix Corporation". Estes sistemas funcionam basicamente da mesma forma, apresentando apenas modificações na apresentação, componentes e alguns procedimentos.

2. NOÇÕES BÁSICAS

O princípio básico no qual está apoiada a classificação automática de imagens é que tanto os materiais feitos pelo homem, como qualquer outro material natural, irradiam ou refletem de maneira que lhes é característica a energia que incide sobre eles (como, por exemplo, a luz do sol), em diferentes partes do espectro eletromagnético. Na Figura 1 são apresentadas três respostas típicas de alvos naturais. Estas respostas são normalmente conhecidas como "assinaturas espectrais" que, tal como a "assinatura humana", são características de cada material ou objeto, permitindo a sua identificação ao se *medir a sua resposta* com um aparelho sensor.

Esta expressão, "assinatura espectral", também pode ser aplicada para o conjunto de respostas medidas pelo sensor MSS do LANDSAT, simultaneamente em diversas regiões espectrais (quatro nos LANDSAT 1 e 2), que pode ser também utilizada para identificar feições específicas da superfície do terreno. Cada ponto, de cada imagem, relativa aos canais do MSS do LANDSAT, retrata os níveis de energia refletida ou irradiada, de uma área de aproximadamente 60 x 80 metros do terreno, numa faixa específica do espectro eletromagnético. Cada nível de energia é comumente definido em termos do valor de nível de cinza do ponto que, no caso deste sistema, pode variar de 0 a 255. Desde que o MSS coleta quatro imagens simultaneamente, há quatro valores para cada ponto. Estes quatro valores compõem a "assinatura" para aquela determinada área do terreno.

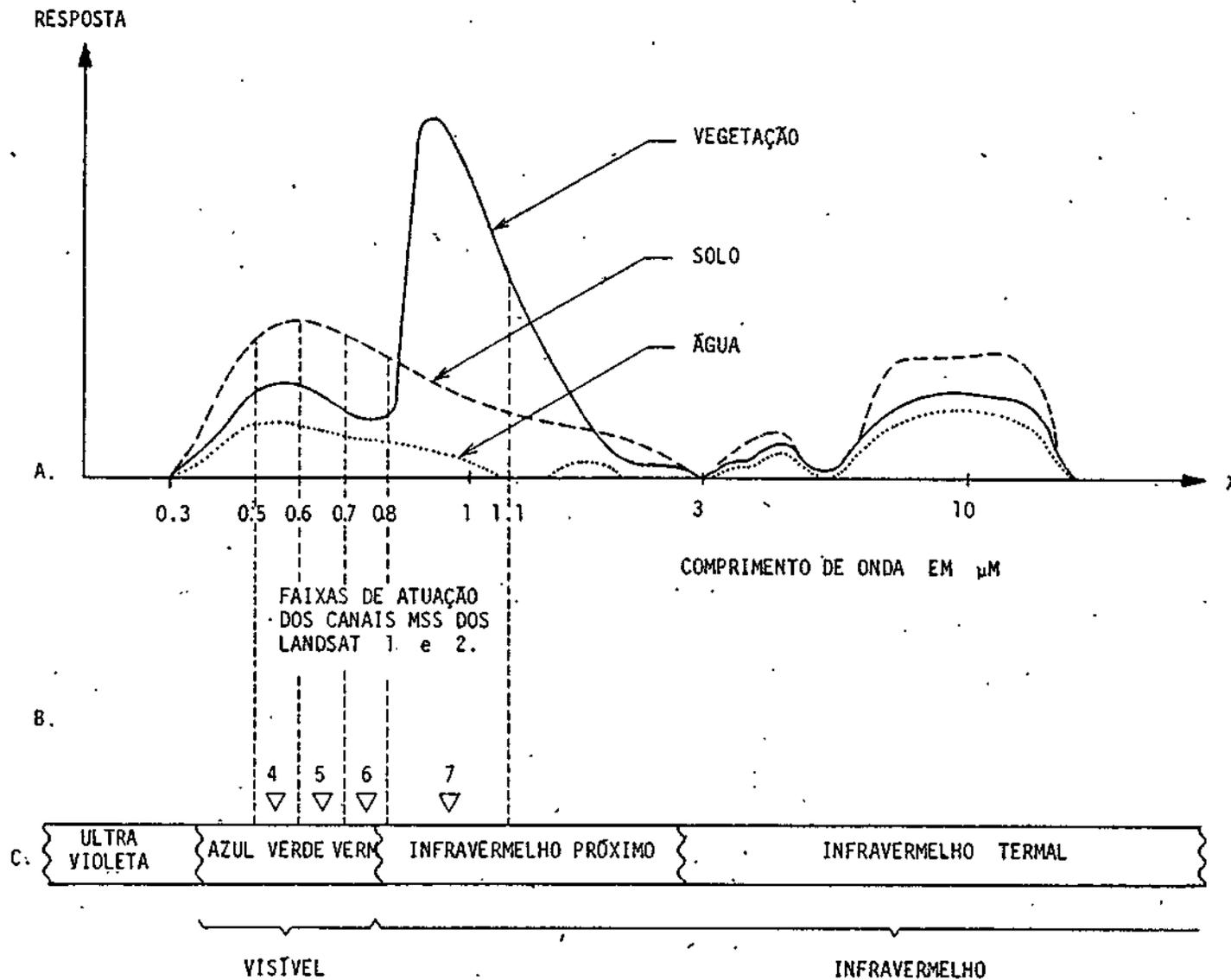


Fig. 1 - Características Espectrais: a) Curvas Espectrais de Três Alvos Naturais; b) Faixas de Atuação dos Canais do Sensor MSS; e c) Espectro Eletromagnético (Modificada a partir da Figura da General Electric Company-1975).

Observando-se a Figura 1B, pode-se notar as faixas espectrais onde atuam os quatro canais do sensor MSS. Desta forma, este sensor mede a reflectância de luz em duas faixas de comprimento de onda visível (verde e vermelho) uma terceira no final do vermelho e no início do infravermelho próximo e outra em comprimentos de onda não visíveis (infravermelho próximo), conforme Figura 1c. Esta característica multiespectral é uma das principais vantagens do sensor MSS, dado que ela permite uma melhor identificação de diferentes tipos de materiais.

É também conhecido o fato que objetos ou feições similares, numa dada imagem, apresentam assinaturas similares. Então, se for possível localizar, por exemplo, um campo de milho numa imagem e medir a sua assinatura, esta poderá ser utilizada para identificar todos os campos de milho da imagem. Ao primeiro processo, obtenção de assinatura, denomina-se de "treinamento", sendo que as áreas utilizadas para a obtenção da mesma chamam-se "áreas de treinamento" e ao segundo processo, ou seja, identificação de áreas similares, denomina-se "classificação". Estes são os passos fundamentais da análise multiespectral, e numerosas técnicas e procedimentos têm sido desenvolvidos para realizá-los. A meta final de todos eles é processar dados multiespectrais de modo a identificar precisamente as feições do terreno e caracterizá-las em uma ou mais classes ou temas, de acordo com a especificação do usuário. No exemplo acima, o milho poderia ser um dos temas especificados pelo usuário e o produto final deste processo de análise multiespectral poderia ser um "mapa" temático, apresentando todos os campos de milho da imagem.

No entanto, as curvas de reflectância são representações idealizadas do mundo real; na realidade, os materiais não são "puros". Deste modo, elas podem apresentar variações nos valores das respostas, para cada comprimento de onda. Para contornar este problema, os sistemas atuais de análise automática de dados, como o I-100, determinam os valores de reflectância máxima e mínima para um determinado tipo de material e a distribuição de frequência (isto é, histogramas) dos valores de reflectância situados entre estes limites. Deste modo, as assinaturas

espectrais dos materiais são medidas e não estimadas pela suposição de uma distribuição de estatística particular qualquer.

3. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA I-100

Considerando o sistema Image-100 como modelo, serão agora apresentados os componentes normais dos sistemas de análise multiespectral. O sistema I-100, conforme a Figura 2, é formado basicamente pelos seguintes componentes:

1. Console de Análise de Imagens - Sob o ponto de vista do usuário, este é o principal componente do sistema. Ele é composto: pelo "Terminal de Vídeo Colorido", onde são apresentadas as imagens e os resultados temáticos; pelo "Painel de Controlé", onde estão os "botões" que permitem ao usuário selecionar as "funções de processamento", estando impresso no mesmo um fluxograma de atividades; e o "Painel de Formação de Imagens", que permite ao usuário controlar as apresentações no terminal de vídeo colorido.
2. Terminal Gráfico - É por intermédio desta unidade que ocorre a interação homem/máquina. Ela é composta por um pequeno vídeo - onde aparecem as mensagens máquina/homem ou vice-versa, e os resultados estatísticos das operações - e um teclado onde são formuladas as mensagens do usuário para o sistema.
3. Unidade de Armazenamento de Imagens - É uma memória de estado sólido, onde são armazenadas as imagens digitalizadas e os resultados temáticos da classificação.
4. Controlador de Processo - É um mini-computador que controla as operações do sistema.
5. Unidade de Fita Magnética - É onde são colocadas as fitas magnéticas compatíveis com computadores, para serem lidas as imagens nelas gravadas.

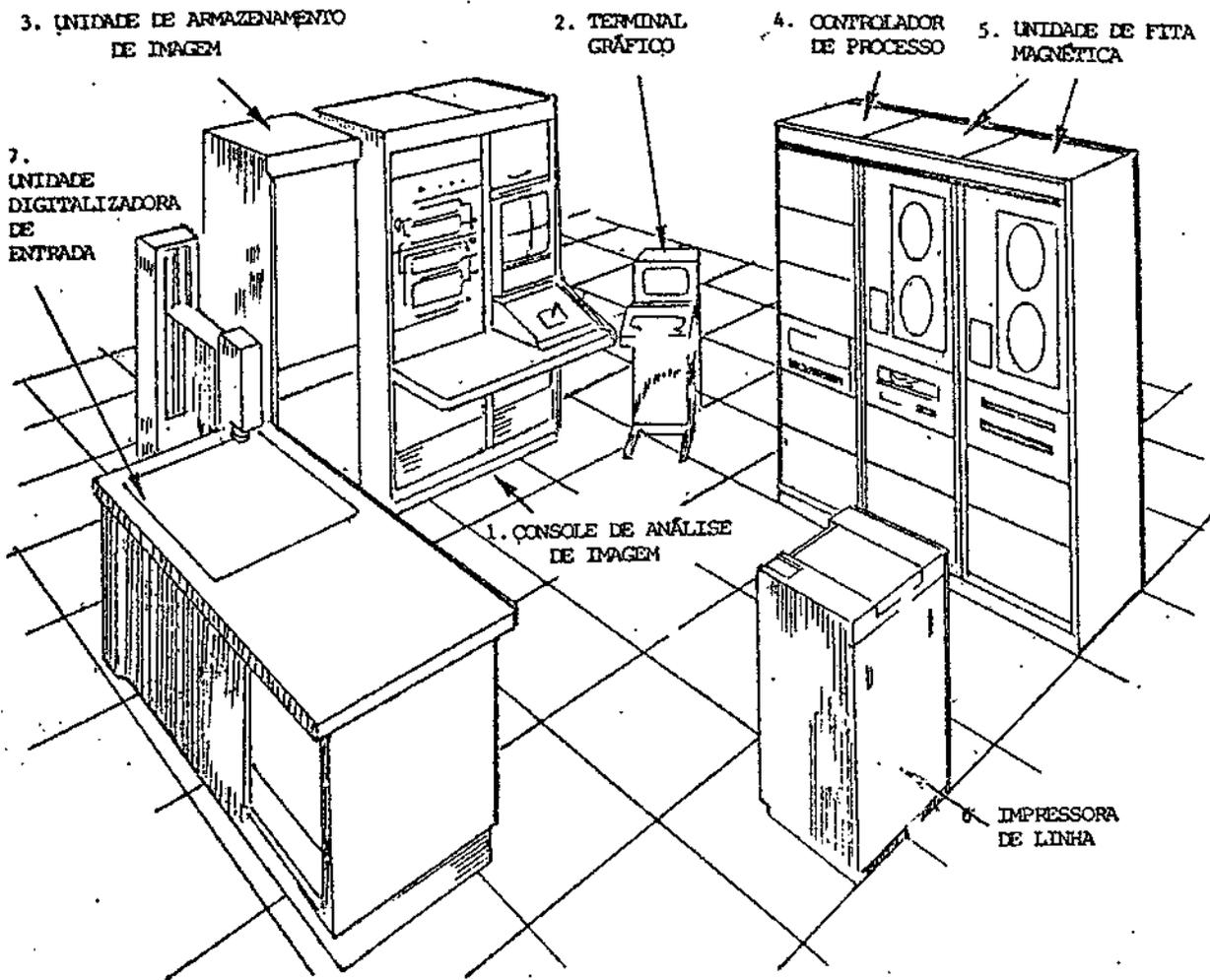


Fig. 2 - Configuração Geral do Sistema Image-100

6. Impressora de Linha - É uma unidade de impressão de resultados na forma gráfica em papel especial de computador.
7. Unidade Digitalizadora de Entrada - É a responsável pela transformação dos dados na forma de transparências fotogrâficas, em imagens digitalizadas.

Apesar de sua aparência compacta, o I-100 é um sistema complexo, possuindo cerca de 40 programas e muitas funções que são implementadas por "hardware". A sua complexidade decorre principalmente da sua capacidade de realizar muitas combinações entre estas funções. Deste modo, para que o usuário consiga extrair o máximo de informações do sistema, ele deverá estar em contato constante com o mesmo e contar sempre com a colaboração de operadores treinados que o auxiliem nesta tarefa.

A principal função deste sistema e outros semelhantes é a extração de informações temáticas de uma imagem podendo, em alguns casos, ser utilizado para sua ampliação e melhoramento. A extração das informações é feita normalmente por intermédio de um processo supervisionado e interativo, sendo também disponíveis técnicas de extração não supervisionada.

O processo é dito ser supervisionado no sentido que o usuário tem que definir, para o sistema, a(s) área(s) de treinamento. O sistema, então, classifica o restante da imagem baseado nas propriedades espectrais por ele medidas na(s) área(s) de treinamento(s) que o usuário escolheu. Desta forma, este deve fornecer ao sistema parte do seu conhecimento, antes que o processo de extração da informação temática seja realizado.

Ele é dito ser interativo, porque o usuário tem que estar presente durante todo o decorrer do processo, de modo a avaliar constantemente os resultados encontrados e, com ele interagindo, dirigir o funcionamento do sistema.

4. SISTEMÁTICA DE FUNCIONAMENTO

Serão descritas aqui apenas as funções principais, normalmente empregadas pelos sistemas de análise multiespectral, devendo-se ressaltar mais uma vez que a sequência, aqui exposta, teve como base o funcionamento do sistema I-100, com o qual estamos mais familiarizados. Estas funções estão intimamente relacionadas, conforme pode ser visto na Figura 3. Para dar uma idéia de conjunto, será explanado, primeiramente, como se processa o fluxo mostrado e, depois, cada uma das atividades, isoladamente.

4.1 - DESCRIÇÃO DO FLUXOGRAMA

Como pode ser observado na Figura 3, o primeiro passo a ser dado no processo de extração de informação temática é a "Entrada de Imagem", que consiste na leitura e carregamento da imagem na memória do sistema. Ao mesmo tempo que isto ocorre, ela é "apresentada" no terminal de vídeo colorido. Sobre esses dados podem ser aplicadas as Técnicas de "Pré-processamento", que servem para "melhorar" a qualidade da imagem ou se não se poderá proceder, imediatamente, as operações de "Seleção de áreas de treinamento" e "Aquisição de Assinaturas". As assinaturas, por sua vez, podem sofrer uma série de modificações, que visam a "melhorar" a classificação.

A partir das assinaturas "melhoradas" ou não, é classificada toda a imagem, podendo o usuário avaliar imediatamente os seus resultados. Com base nesta avaliação, poderá utilizar as técnicas de pós-processamento, ou completar o seu trabalho, obtendo os seus "produtos finais". Depois de concluído todo o processo, o usuário dispõe de um "modelo" que poderá ser utilizado em situações semelhantes.

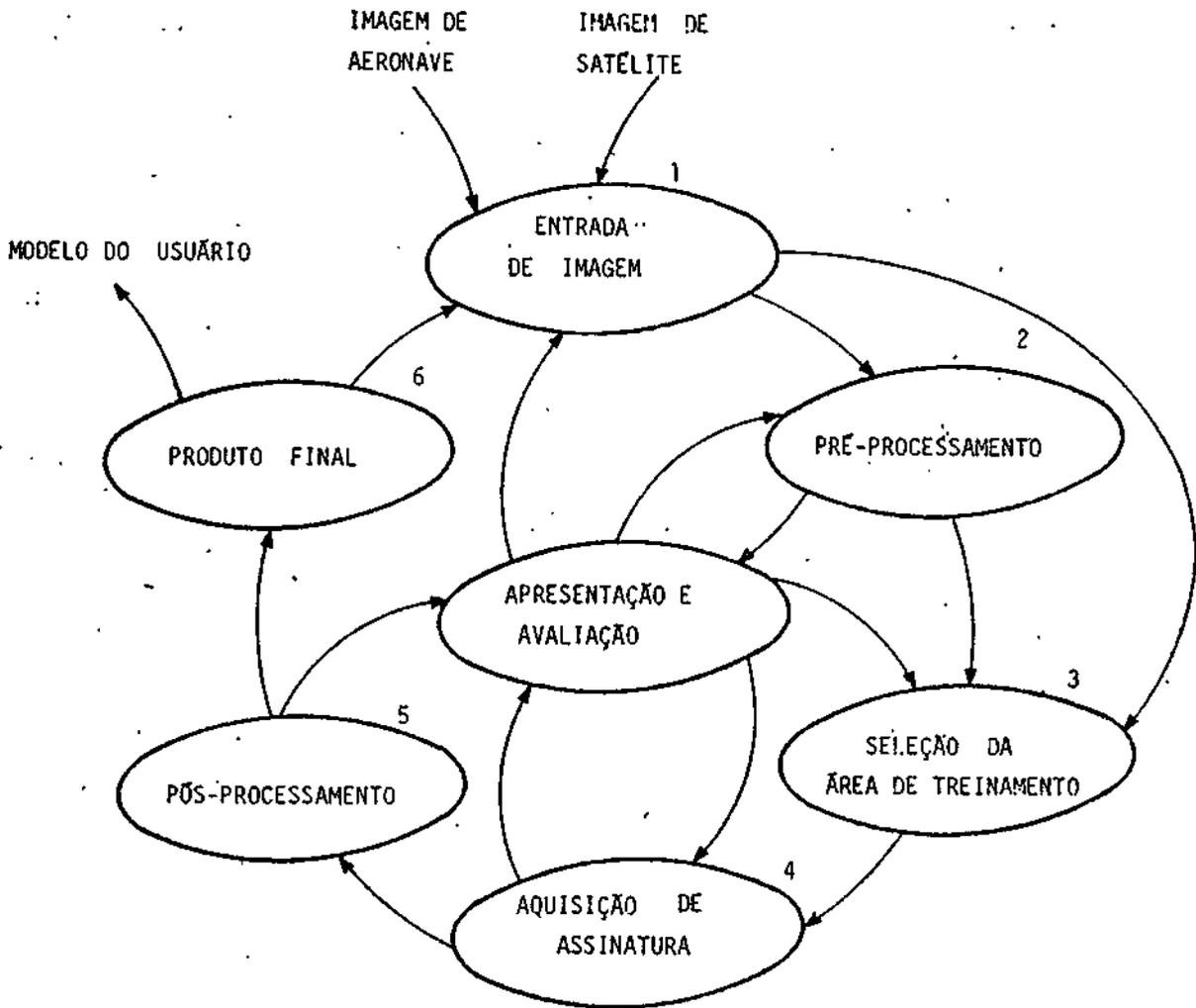


Fig. 3 - Representação do Fluxo Funcional do Sistema Image-100 (Tirada do Manual do Usuário da General Electric Company - 1975).

4.2 - ENTRADA DE IMAGEM

Os dados, a serem utilizados no sistema, podem ser fornecidos tanto na forma digital como na forma fotográfica, obtidos por intermédio de aviões ou satélites artificiais (ver esquema da Figura 4). Os dados fotográficos, na forma de transparências coloridas ou preto-e-branco, entram no sistema via "Unidade Digitalizadora de Entrada", de acordo com procedimento padrão. Os dados multiespectrais, na forma digital, entram diretamente por intermédio da "Unidade de Fita Magnética", sob o controle do Mini-computador, ou seja, do "Controlador do Processo" e são transferidos para a "Unidade de Armazenamento de Imagens".

Durante este procedimento de entrada dos dados, o usuário poderá utilizar várias técnicas, que permitirão um melhor posicionamento das imagens no terminal de vídeo e técnicas de correção radiométricas, as quais são particularmente úteis, no caso de se utilizar transparências fotográficas multiespectrais. Entrando com dados na forma digital, é permitido ao usuário selecionar áreas específicas da imagem ("janelas"), definir a escala e modificar o posicionamento da imagem, estabelecendo correções geométricas, e criar sistemas de referências de latitude/longitude, que poderão ser superpostos às imagens. Estas opções são definidas rapidamente, e todo o processo de entrada de dados, na forma digital, até a "Unidade de Armazenamento de Imagens", é realizado em curto espaço de tempo.

4.3 - APRESENTAÇÃO DA IMAGEM

Uma vez que os dados tenham sido armazenados na "Memória de Imagens do Sistema", o usuário está apto a começar a sua análise. A primeira etapa deste processo seria a apresentação da imagem no terminal de vídeo, do "Console de Análise de Imagens", como mostrado na Figura 5. Cada canal espectral, que compõe uma imagem multiespectral, como no caso da imagem MSS (canais 4, 5, 6 e 7), é gravado num canal de armazena

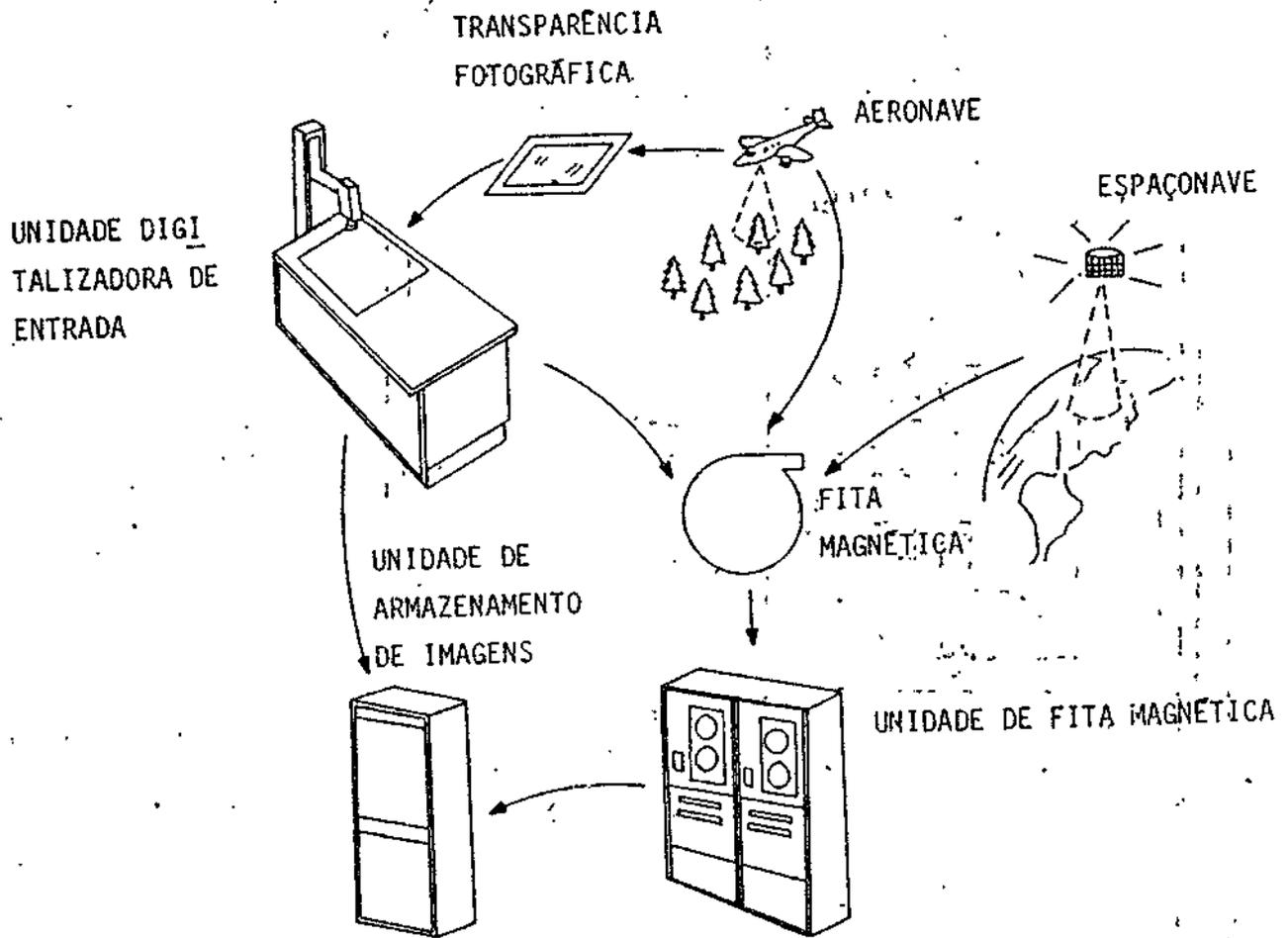


Fig. 4 - Representação Esquemática do Fluxo de Entrada de Dados

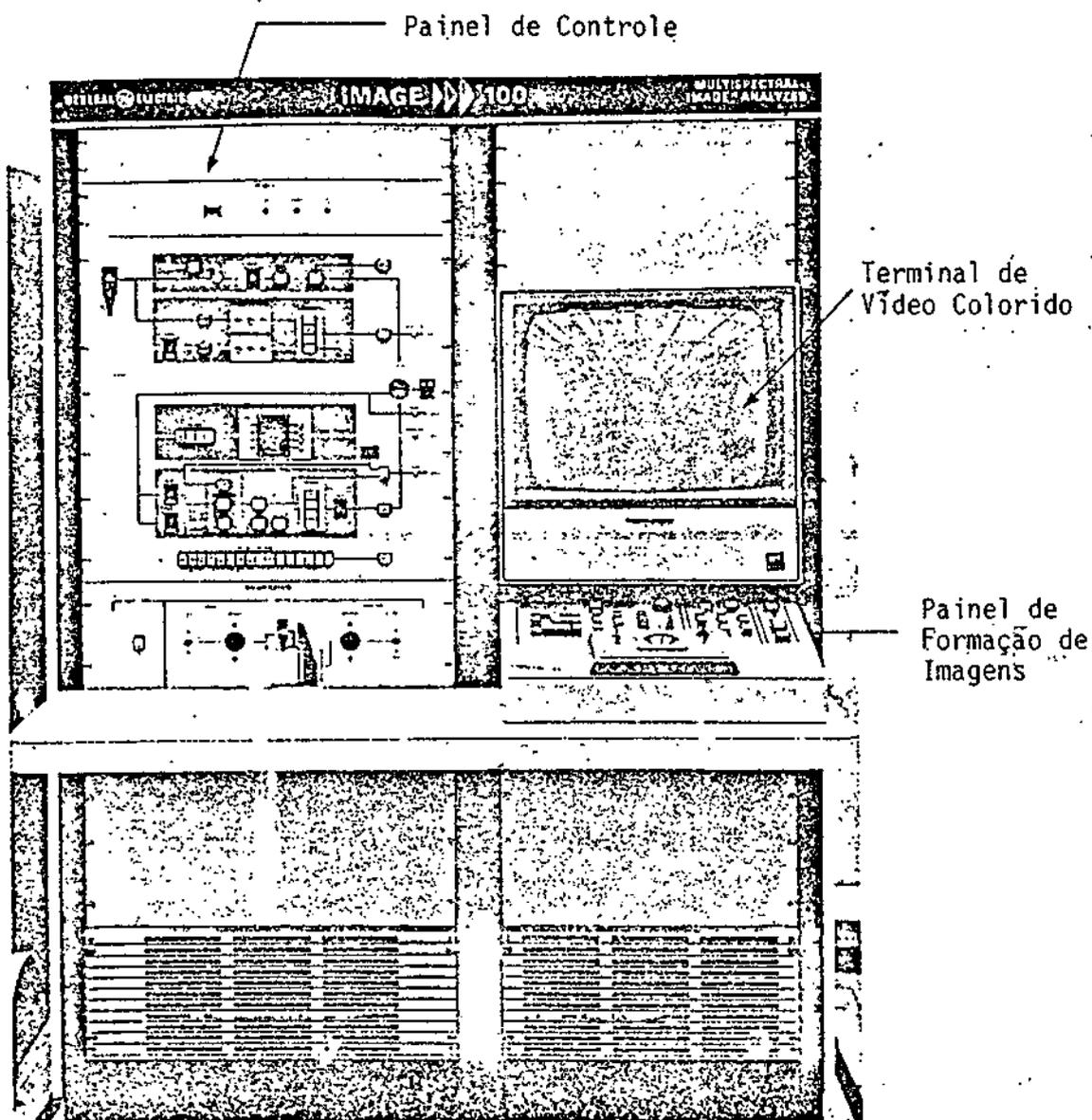


Fig. 5 - Console de Análise de Imagens

mento da Memória de Imagens que, no caso do I-100, é igual a 5 (cinco)*. A cada uma das imagens, correspondentes a estes canais, pode ser atribuída, arbitrariamente, uma das cores: verde, vermelho ou azul. Isto permite ao usuário criar uma grande variedade de combinações coloridas, em falsa-côr, e que poderão realçar vários aspectos das imagens, de acordo com o interesse do mesmo. Por intermédio de controles no "Painel de Formação de Imagens", o usuário poderá controlar o brilho e o contraste dessas imagens, como numa televisão colorida normal.

4.4 - MELHORAMENTO DA IMAGEM

Para melhorar a qualidade das imagens com relação aos seus aspectos radiométricos, existem técnicas especiais, as quais são normalmente denominadas de "Técnicas de Prê-processamento", as quais podem ser utilizadas opcionalmente pelo usuário. Elas permitem modificar e otimizar os dados multiespectrais fornecidos pelas imagens MSS do LANDSAT e outras, com relação aos parâmetros de resolução espectral e espacial; relação sinal/ruído; grau de calibração dos sinais face aos padrões disponíveis, entre outros. Este procedimento é particularmente desejável, visto que não existe nenhum sistema de sensoriamento remoto, que possa ser considerado ótimo para todos os propósitos de análise de dados.

Dentre estas técnicas, o Sistema I-100 apresenta as seguintes: 1) relacionamento; 2) escalonamento; e 3) rotação espectral; que se desenvolvem conforme o esquema da Figura 6. O principal objetivo do processo de relacionamento é transformar os dados brutos da imagem, em dados mais característicos dos alvos representados, visando a torná-los menos dependentes: 1) das condições do meio ambiente onde eles foram obtidos; 2) do modo como foram feitas as observações; e 3) do tipo de sensor utilizado para obtê-los; permitindo assim a extração de assinaturas

* O quinto canal é reservado para armazenamento dos resultados.

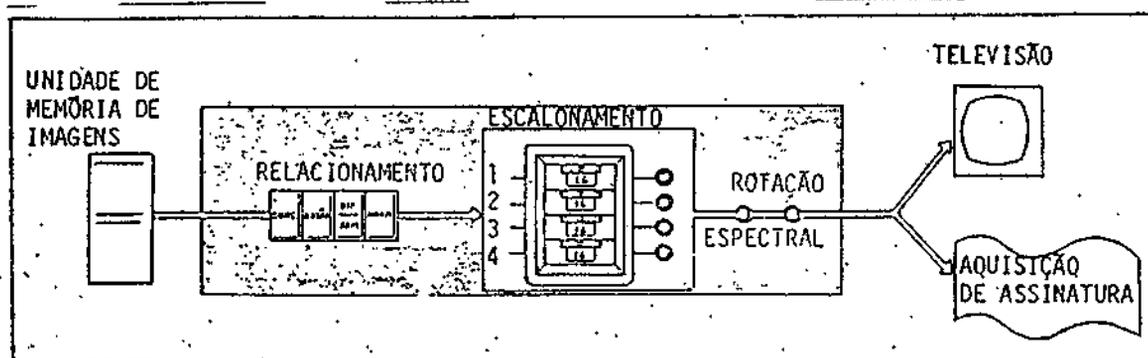


Fig. 6 - Esquema de Operação das Funções de Prê-Processamento

espectrais mais características. O relacionamento pode ser feito por in termê di o de qu at ro fun ç õ e s: 1) C o n s e r v a ç ã o d o s v a l o r e s; 2) R a z ã o; 3) R e l a ç ã D i f e r e n ç a / S o m a; e 4) N o r m a l i z a ç ã o; c u j o s p r o c e d i m e n t o s e st ã o e s q u e m a t i z a d o s n o T a b e l a 1.

TABELA 1

FORMAS DE ATUAÇÃO DA FUNÇÃO DE RELACIONAMENTO

FORMA	SAÍDAS			
	CANAL 1	CANAL 2	CANAL 3	CANAL 4
CONSERVAÇÃO	R_1	R_2	R_3	R_4
RAZÃO	R_1/R_2	R_2/R_3	R_3/R_4	R_4/R_5
DIF/SOMA	$\frac{R_1 - R_2}{R_1 + R_2} + K$	$\frac{R_2 - R_3}{R_2 + R_3} + K$	$\frac{R_3 - R_4}{R_3 + R_4} + K$	$\frac{R_4 - R_5}{R_4 + R_5} + K$
NORMALIZAÇÃO	$\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$	$\frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$	$\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$	$\frac{R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}$

R_i = Amplitude do sinal no canal *i*ésimo

O processo de escalonamento permite ao usuário estabelecer determinados valores para os fatores de correção de escala, utilizados normalmente para conjuntos de dados atípicos e/ou para eliminar condições de transbordamento de valores, ou seja, aparecimento de valores maiores ou menores do que os limites estabelecidos pelo sistema, de correntes de operações anteriores sobre os dados. Ele é feito por intermédio de incrementos binários aos dados, aumentando ou diminuindo os seus valores.

O procedimento de rotação espectral promove um deslocamento do espaço espectral característico de um determinado alvo, para uma determinada posição deste espaço, comprimindo-o, de modo a: 1) evitar a superposição de assinaturas de célula única; 2) reduzir o número de canais a serem pesquisados pelo usuário; e 3) melhorar a apresentação da imagem. Na Figura 7 é apresentado um esquema deste procedimento. Ele também pode ser feito por quatro funções diferentes.

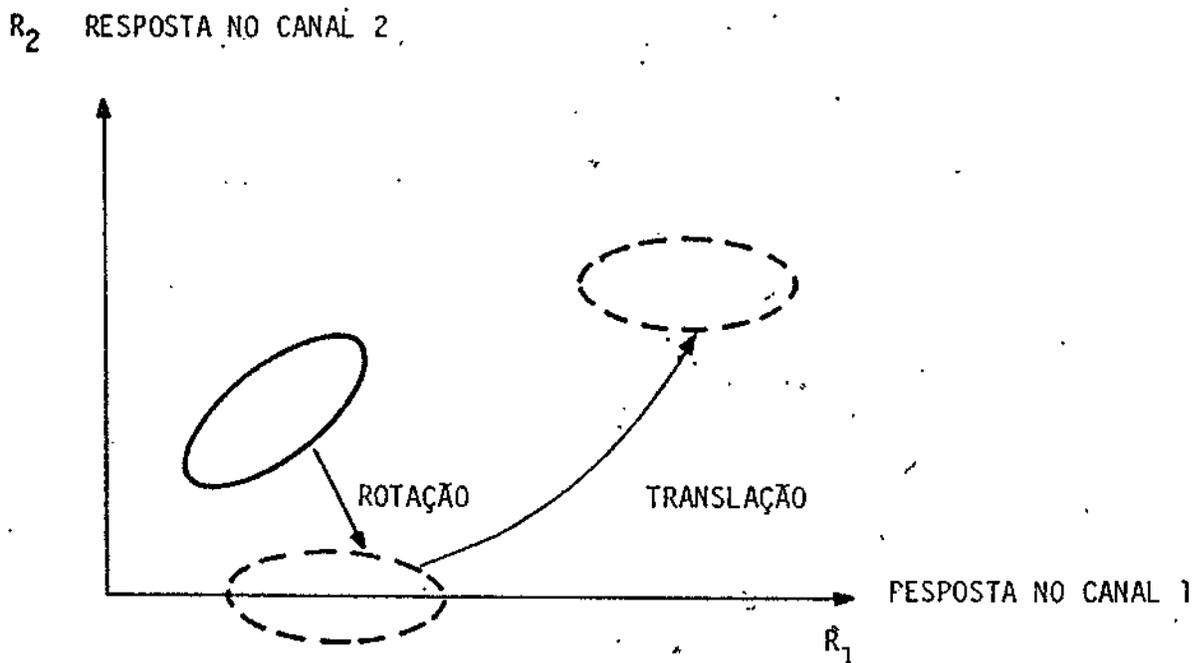


Fig. 7 - Representação Esquemática da Rotação Espectral

Os resultados da aplicação de qualquer uma destas técnicas de pré-processamento são apresentados imediatamente no terminal de vídeo, permitindo ao usuário avaliar a validade do seu procedimento sem perdas significativas de tempo, caso este não seja satisfatório. São preservados os dados originais da imagem, guardados na memória de imagens, podendo ser recuperados instantaneamente. A imagem pré-processada deverá ser gravada na memória, para se "trabalhar" sobre ela.

4.5 - AQUISIÇÃO DE ASSINATURA

Para iniciar o processo de análise multiespectral, no Sistema IMAGE-100, o usuário deve selecionar uma área de treinamento, ou seja, um local da imagem que contenha um aspecto de interesse, como por exemplo, uma área que contenha, *com certeza*, milho. A seleção desta área é feita por intermédio de um dispositivo especial, o "cursor", que permite delimitar na tela da televisão colorida a área escolhida, com variação de forma, tamanho e posição (ver esquema da Figura 8).

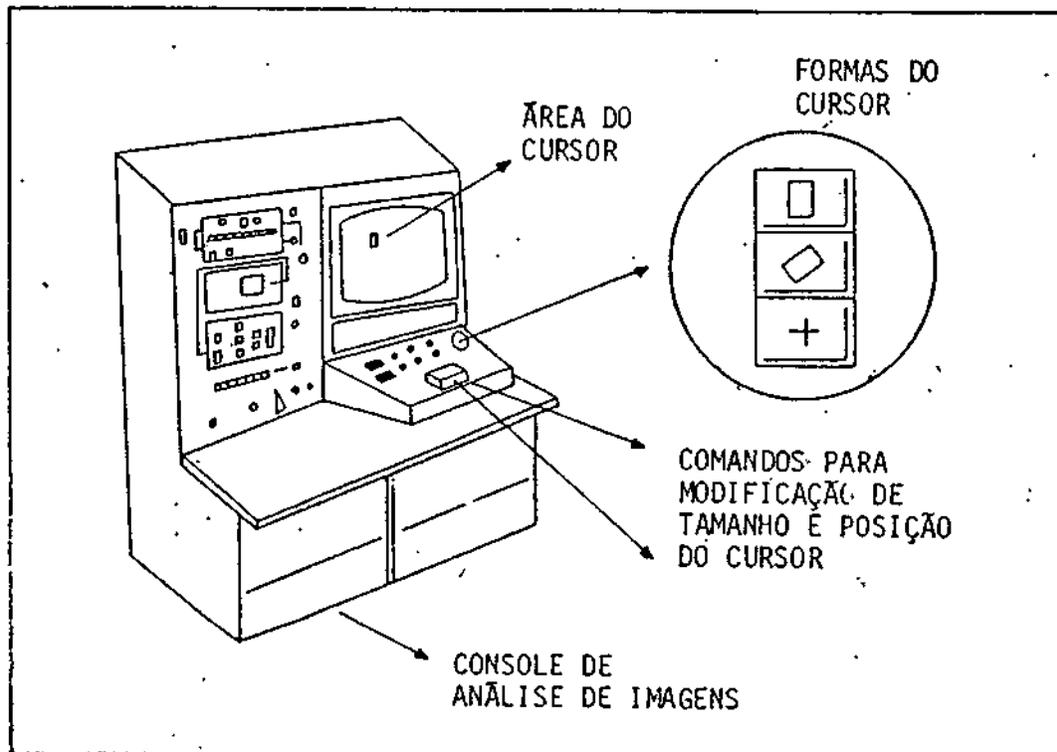


Fig. 8 - Esquema com Informações a respeito do Cursor

Após a seleção desta área ou áreas, o sistema mede os valores de resposta espectral, ou níveis de cinza, que representam o aspecto selecionado em cada uma das imagens ou canais armazenados. Ele utiliza os valores máximo e mínimo encontrados dentro da área de treinamento, um par para cada faixa de comprimento de onda ou canal espectral, para definir um paralelepípedo de quatro dimensões, ou célula única, no espaço espectral, sendo esta a primeira aproximação para verdadeira "assinatura" deste material. Um exemplo deste processo é apresentado na Figura 9, sendo que, neste caso, são consideradas três dimensões do espaço de assinatura, de modo a permitir a representação espacial.

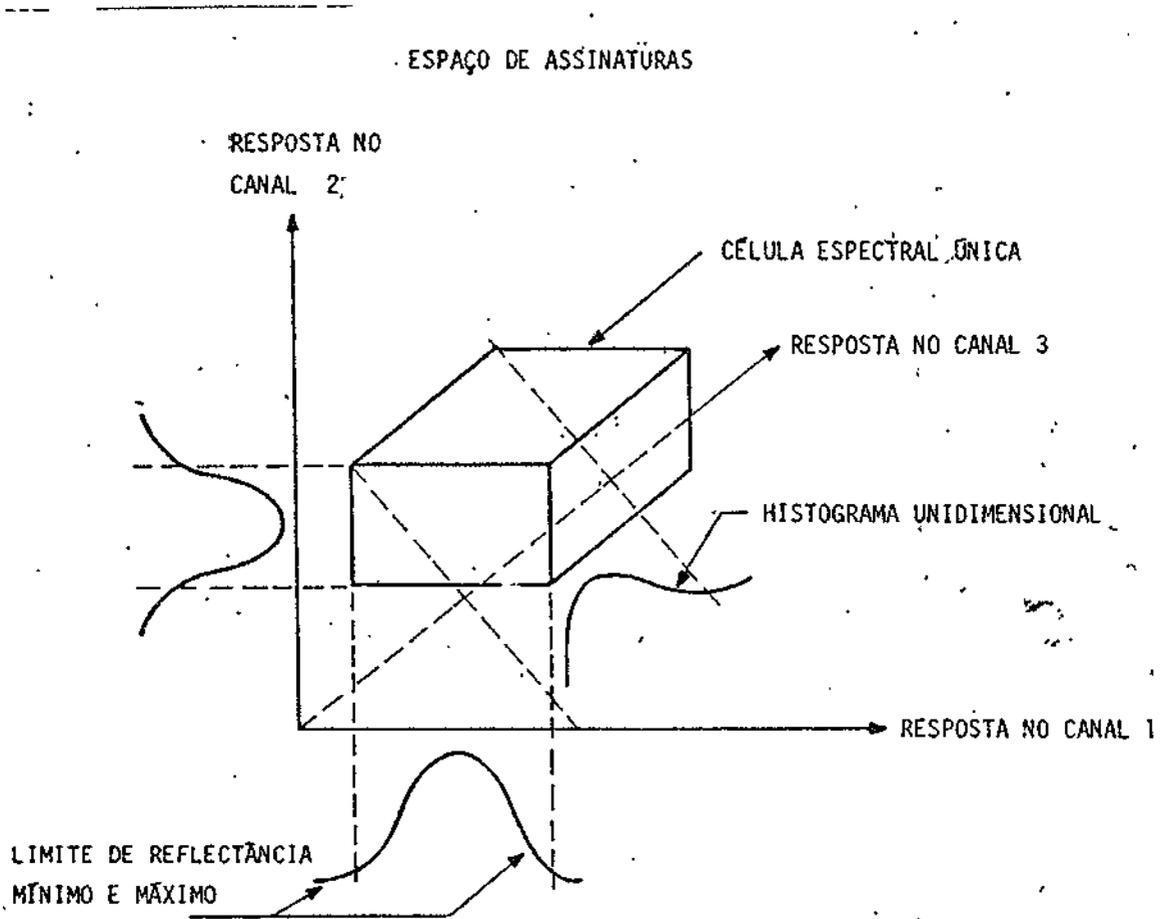


Fig. 9 - Representação de uma Assinatura de Célula Única num Espaço Espectral de Três Dimensões

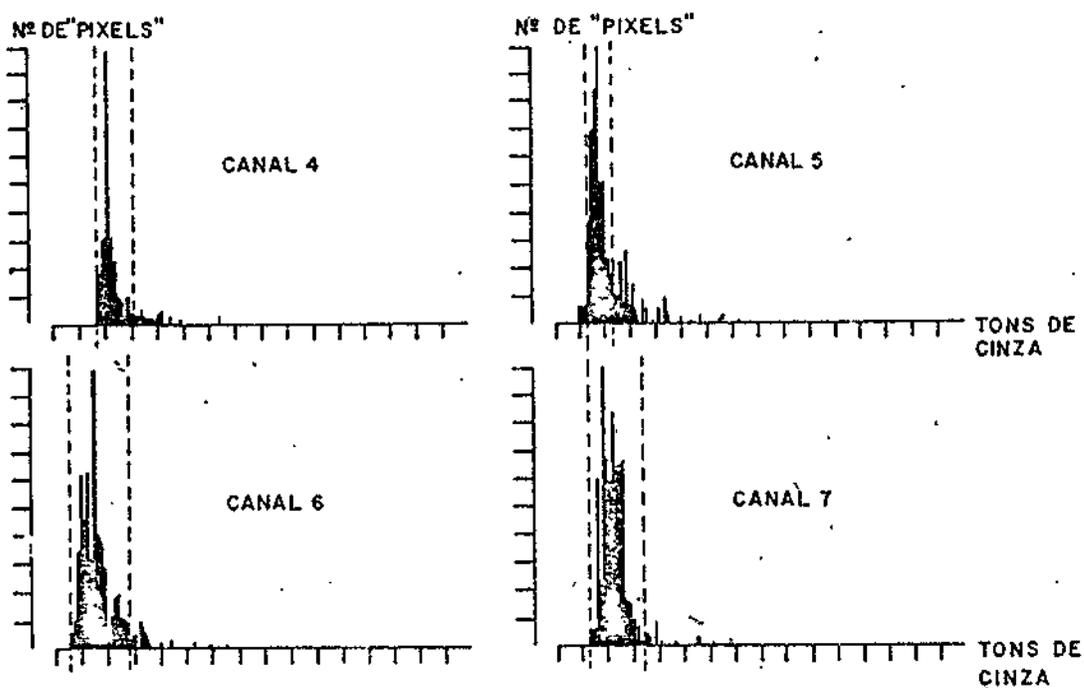
Uma vez estabelecida a assinatura multiespectral do alvo, toda a imagem é percorrida pelo mecanismo de varredura do sistema, ponto por ponto, e comparados os seus valores com os limites do paralelepípedo. Todos os pontos cujos valores estejam dentro desses limites serão classificados e apresentados no terminal de vídeo colorido com uma determinada cor, comum a este paralelepípedo ou tema. Todo este processo de treinamento e classificação não leva mais do que cinco segundos para ser realizado.

Esta notável velocidade, de processamento e apresentação de resultados, é de grande importância para o usuário, desde que ela lhe permite repetir de uma forma muito frequente todo o processo, comparando os resultados da classificação com o conhecimento da área ou informações de campo. Dependendo do resultado deste processo, o usuário pode aumentar ou diminuir a área de treinamento, ou mesmo selecionar uma área de treinamento completamente diferente. Em qualquer caso, o re-treinamento, classificação e apresentação dos novos resultados são realizados efetivamente em tempo-real.

Juntamente com a apresentação da classificação no terminal de vídeo, o sistema gera, no vídeo do Terminal Gráfico, quatro histogramas independentes para cada faixa de comprimento de onda, apresentando ainda um sumário estatístico da resposta espectral daquele determinado alvo, contendo os valores ou limites inferior ou superior, a média e o desvio padrão, bem como o número de pontos contidos dentro da área de treinamento e o número de pontos classificados ou alarmados (i.e., identificados) com aquela determinada assinatura, conforme exemplificado na Figura 10.

4.6 - MELHORAMENTO DA ASSINATURA

Para alguns tipos de dados, esta primeira aproximação pode ser suficiente para caracterizar o alvo, sobre toda a imagem; para ou



CANAL	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
4	14	24	11	394	17.2	42
5	11	13	8	208	13.9	33
6	6	22	18	326	12.0	14.0
7	10	27	17	189	17.8	40.8

ÁREA DE TREINAMENTO = 1300 "PIXELS"
 ÁREA CLASSIFICADA = 83.780 "PIXELS"

Fig. 10 - Exemplo de Saída de Resultados de um "Treinamento" no Vídeo do Terminal Gráfico

tros, pode ser que não. Para ilustrar este fato, observe-se a Figura 11; ela mostra como as assinaturas podem se superpor e causar erros na classificação, quando se utiliza somente o processo de aquisição de assinatura do tipo "célula única" ou unicelular. Esta superposição pode ser eliminada por diversas maneiras, supondo-se, é claro, que as classes são distintas, ou perfeitamente separáveis, conforme indicado na figura.

Dentre estas maneiras, a mais simples, e a mais comumente usada, é a técnica de "Modificação dos Limites dos Histogramas". Esta modificação pode ser feita manualmente pelo usuário, interagindo diretamente com o sistema. Primeiramente ele deverá selecionar a imagem ou canal, no qual ele deseja modificar os limites, cujo histograma, em escala maior que a anterior, substituirá a apresentação precedente (Figura

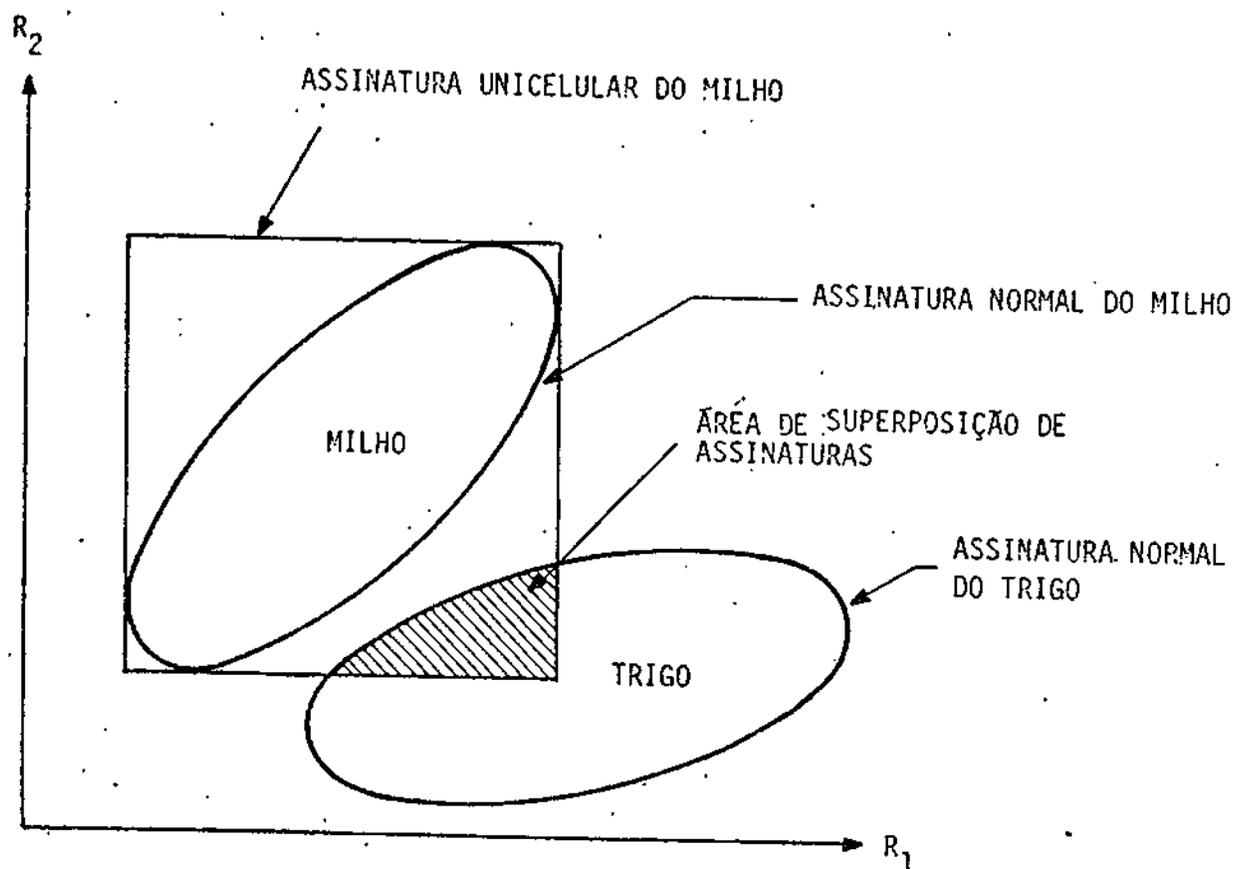
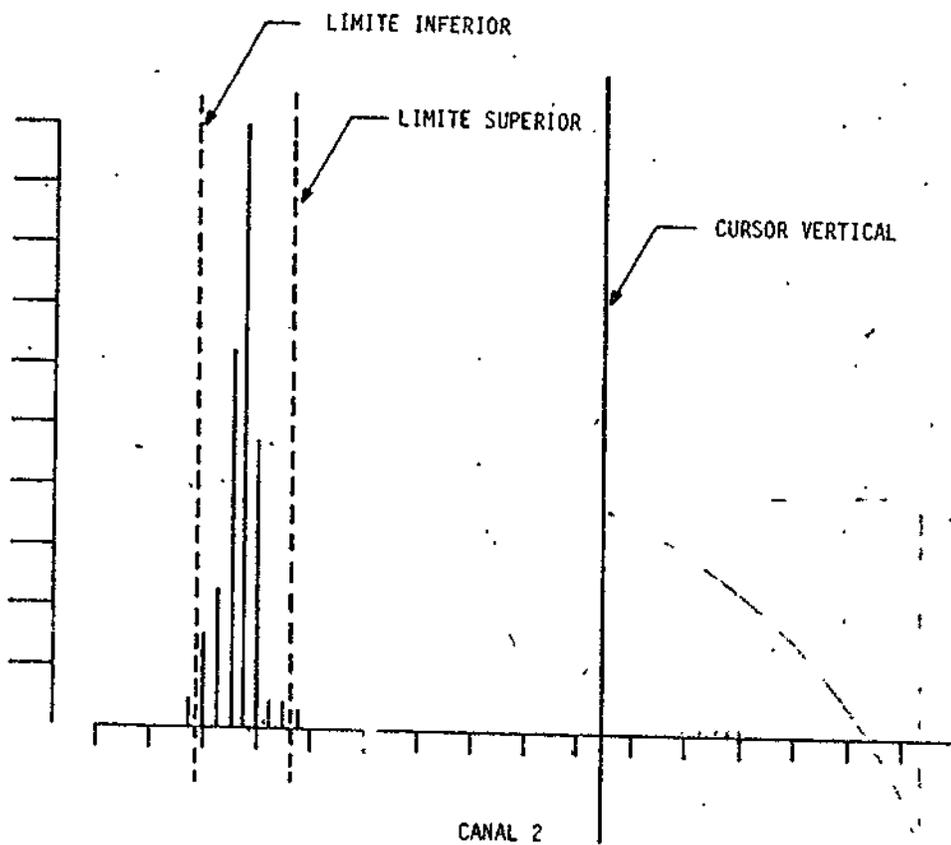


Fig. 11 - Exemplo Esquemático de Superposição de Assinaturas Unicelulares

10) na tela do terminal gráfico, conforme mostrado na Figura 12. Em seguida, por intermédio de um dispositivo eletrônico especial, localizado no teclado do Terminal Gráfico - um cursor na forma de uma linha vertical - o usuário poderá posicionar esta linha ao longo do eixo horizontal do histograma, redefinindo os limites inferior e superior daquele canal. Cada vez que isto é feito, o sistema realiza uma outra apresentação dos resultados, como descrito anteriormente.



CANAL	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	DELTA	PICO	MÉDIA	VARIÂNCIA
2	8	14	7	253	107	1.4

ÁREA DE TREINAMENTO = 676 PONTOS
ÁREA CLASSIFICADA = 56 132 PONTOS (21,4%)

Fig. 12 - Exemplo de uma Apresentação de Histograma para "Modificação de Limites"

Assim, os elementos da imagem que tinham sido classificados como pertencendo a uma determinada classe ou tema, realçados no terminal de vídeo com uma cor específica, responderão a estas mudanças, permitindo ao usuário, neste caso, modificar os dados diretamente no domínio espectral, refletindo-se imediatamente esta modificação no domínio espacial da imagem no terminal de vídeo.

Pode acontecer, como no exemplo da Figura 13, que este processo de modificação, ou seja, alteração nos limites superior e/ou inferior, que as áreas classificadas corretamente na etapa anterior sejam eliminadas juntamente com as áreas indesejáveis, sendo esta uma das vantagens desta técnica.

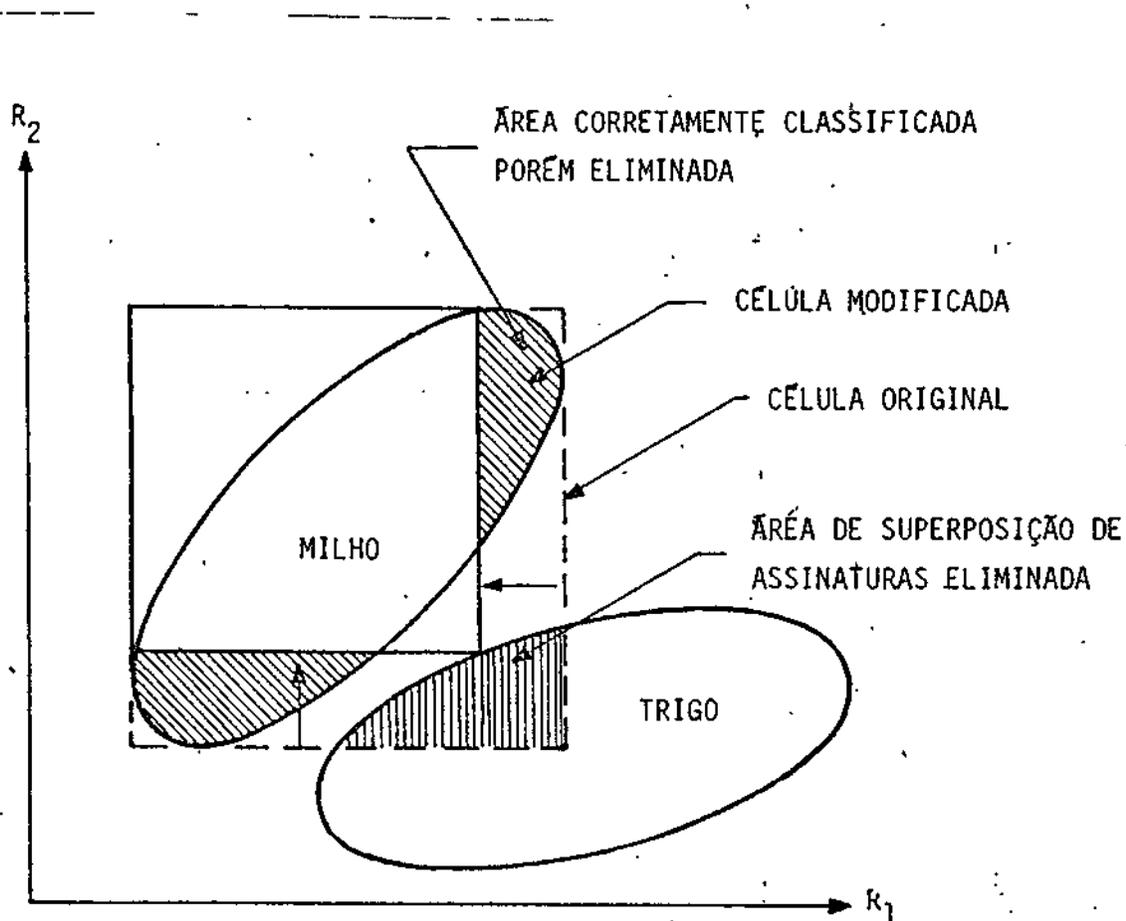


Fig. 13 - Efeito da Modificação dos Limites do Histograma sobre a Assinatura Unicelular

Para evitar este problema, ou melhorar o produto obtido, pode ser aplicada uma outra técnica, denominada "Aquisição de Assinatura Multicelular". Através dela, o espaço delimitado pela célula única, ou paralelepípedo, é subdividido em muitas células menores, definindo, assim, um histograma multidimensional da área de treinamento. Esse histograma é, então, simplesmente, uma coleção de células, onde cada célula tem uma medida de ocorrência ou frequência associada com ela, sendo que as células vazias, isto é, de ocorrência nula, serão eliminadas da representação da assinatura, como mostrado na Figura 14. A coleção de células resultantes (nas quais a contagem é maior do que zero), não é ainda uma forma perfeita da assinatura verdadeira, no entretanto, com isto, a superposição de dois temas diferentes foi eliminada sem perdas de informação, como no caso anterior.

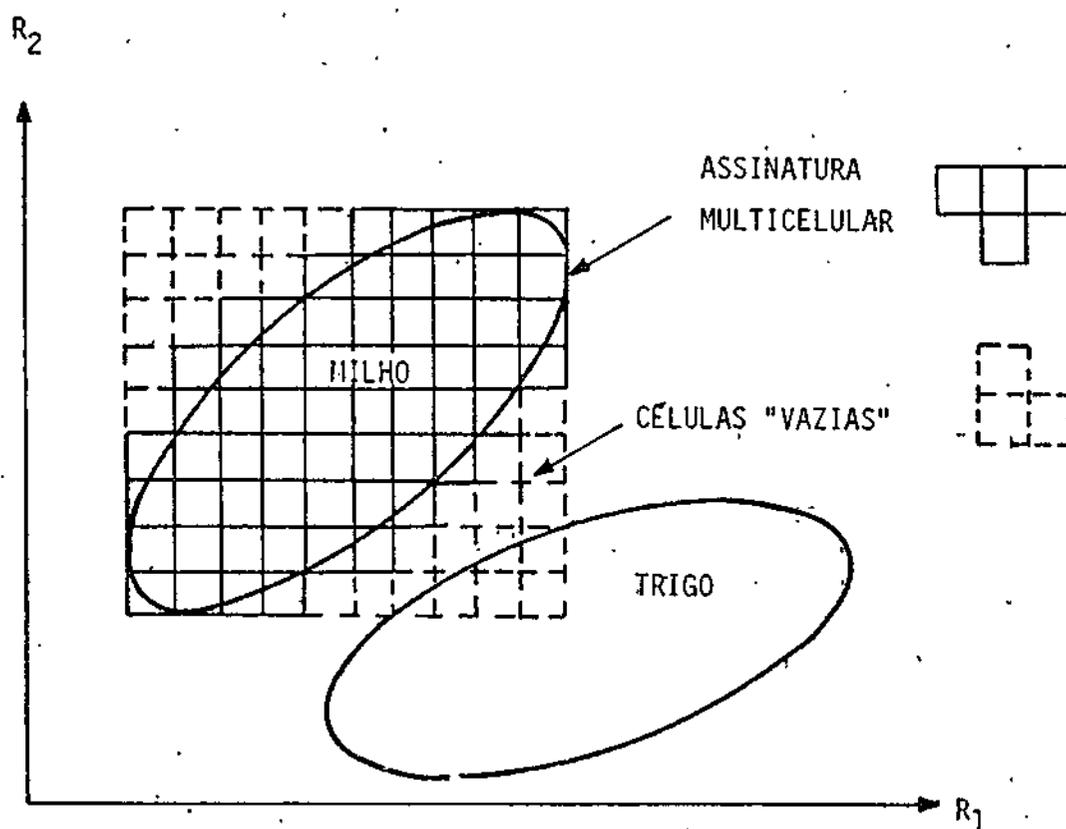


Fig. 14 - Exemplo Esquemático do Processo de Aquisição de Assinatura Multicelular

As assinaturas unicelulares poderão, ainda, ser modificadas por intermédio de um processo interativo, no qual o usuário realizaria um "treinamento" na área classificada incorretamente, gerando então uma nova assinatura. O resultado do treinamento, mostrado na tela da televisão com uma determinada cor, identifica para o usuário todos os elementos da imagem que possuem os mesmos valores espectrais das células da nova área de treinamento. O usuário então, se estiver satisfeito com o resultado apresentado, considerando-o adequado, poderá subtrair-lo dos resultados da operação de treinamento inicial (que continha tanto os pontos classificados corretamente, como aqueles classificados incorretamente), eliminando, assim, áreas estranhas a um determinado tema ou classificação de um material específico. O processo pode ser continuado até que o usuário fique satisfeito com o resultado.

Todos estes procedimentos de modificação da assinatura original simples, podem ser executados interativamente, conforme indicado no fluxograma apresentado na Figura 15.

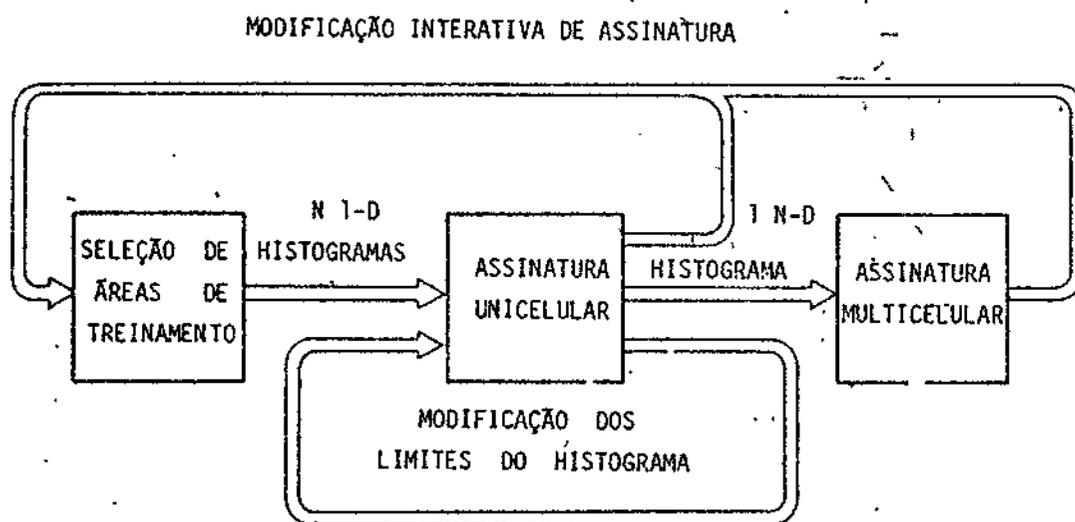


Fig. 15 - Fluxograma do Processo de Aquisição e Melhoramento de Assinaturas

4.7 - TÉCNICAS DE PÓS-PROCESSAMENTO

Um outro conjunto de recursos que é também muito importante para os propósitos de melhoramento da assinatura, é aquele formado pelas técnicas de Pós-processamento de dados. Elas são normalmente utilizadas quando as classes, escolhidas inicialmente pelo usuário, não se mostram espectralmente distintas pelo sistema, permitindo-se então verificar a possibilidade de se definir melhor os espaços das assinaturas. Dentre estas técnicas, pode-se citar:

- a. Delimitação - é um processo aplicado ao histograma multidimensional, no qual as células que apresentarem uma frequência de ocorrência menor do que um valor pré-fixado, serão eliminadas da representação da assinatura;
- b. Agrupamento - A técnica de agrupamento separa todos os dados em grupos distintos ou agrupamentos, sendo que o centro de cada conjunto é representado por sua média. O processo é iniciado associando-se cada dado (relativo a um ponto da imagem) ao centro de agrupamento mais próximo (a distância absoluta é calculada para cada média de agrupamento). Depois de associar todos os dados aos agrupamentos, novas médias são calculadas e testes são aplicados para verificar se os agrupamentos podem ser divididos ou combinados. Um agrupamento é dividido se o seu desvio padrão é maior do que um valor limite pré-especificado. Dois agrupamentos são combinados se a distância entre os seus centros é menor do que outro valor limite pré-estabelecido. Um agrupamento é eliminado se ele tem menos do que um número especificado, qualquer de pontos. Os dados são recombinados depois de cada divisão ou combinação e o processo continua até que o número desejado de interação tenha sido obtido, ou que não haja mais modificação nos valores das médias ou centros dos agrupamentos.

Para a aplicação desta técnica, o usuário deve fornecer ao sistema um determinado conjunto de valores, tais como: o número de

classes, o número de interações, os valores médios iniciais, os desvios padrões máximos e a distância mínima de separação, entre outros. A precisão e o custo de cada operação são determinados pelos valores estipulados para cada um dos parâmetros. Esta técnica ainda está por ser implementada desta forma, no sistema IMAGE-100 do INPE.

- c. Técnica Paramétrica - Esta técnica apresenta bons resultados, quando os dados apresentam propriedades estatísticas muito próximas daquelas exibidas pela distribuição normal ou gaussiana. Deste modo, a forma da assinatura é uma elipsóide, determinada pelos parâmetros estatísticos calculados pelo sistema, a partir da área de treinamento. Na realidade, a forma da assinatura não é uma superfície perfeitamente curva (elipsóide), mas uma aproximação em forma de degraus, muito precisa, conforme apresentado na Figura 16. Esta técnica também não está funcionando no sistema IMAGE-100 do INPE.
- d. Probabilidade Máxima - Da mesma forma que a anterior, esta técnica apresenta bons resultados quando os dados apresentam distribuição bem próxima à normal. Ela supõe que uma determinada associação de dados ou classe, depende da sua frequência de ocorrência; deste modo, os dados que se apresentarem fora de um determinado limite, calculado estatisticamente para aquela classe, não pertencerão à mesma. Na Figura 17 é apresentado um exemplo esquemático de uma aplicação desta técnica.

4.8 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O Sistema IMAGE-100 possui oito áreas reservadas, na "Unidade de Memória de Imagens", para armazenar, em forma binária, os resultados obtidos com as classificações. A estas áreas dá-se o nome de "temas", estando associada a cada um deles uma determinada cor, com a qual apareceria as áreas classificadas no tema respectivo, no terminal de

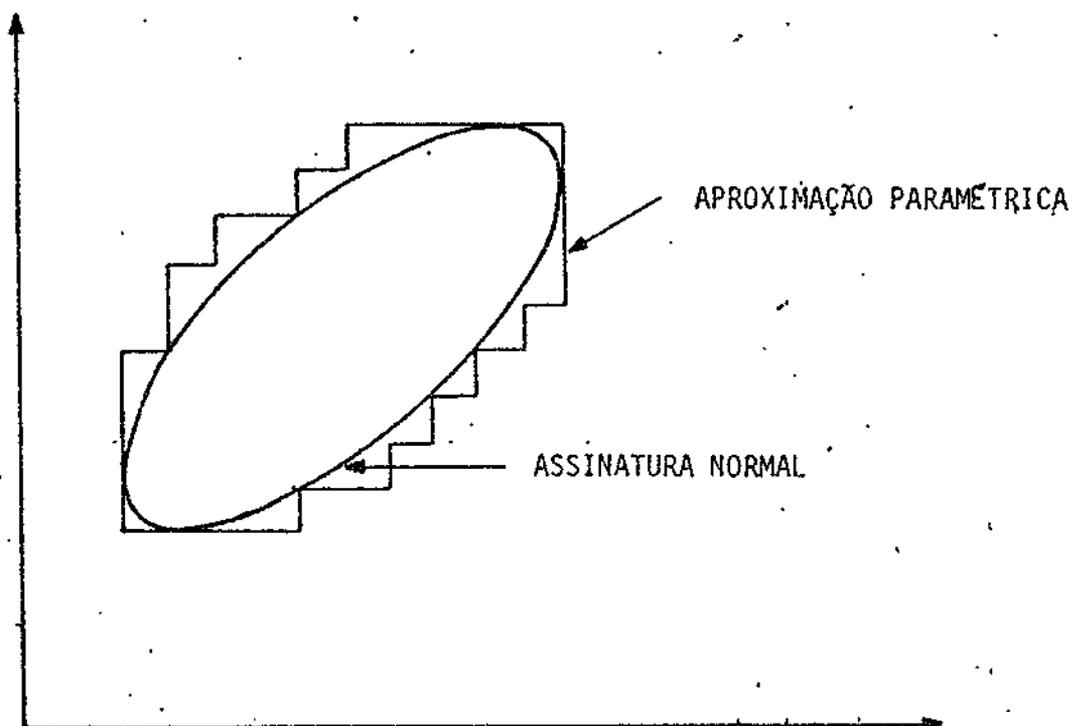


Fig. 16 - Representação da Assinatura Elipsóide por uma Forma Geométrica Linear

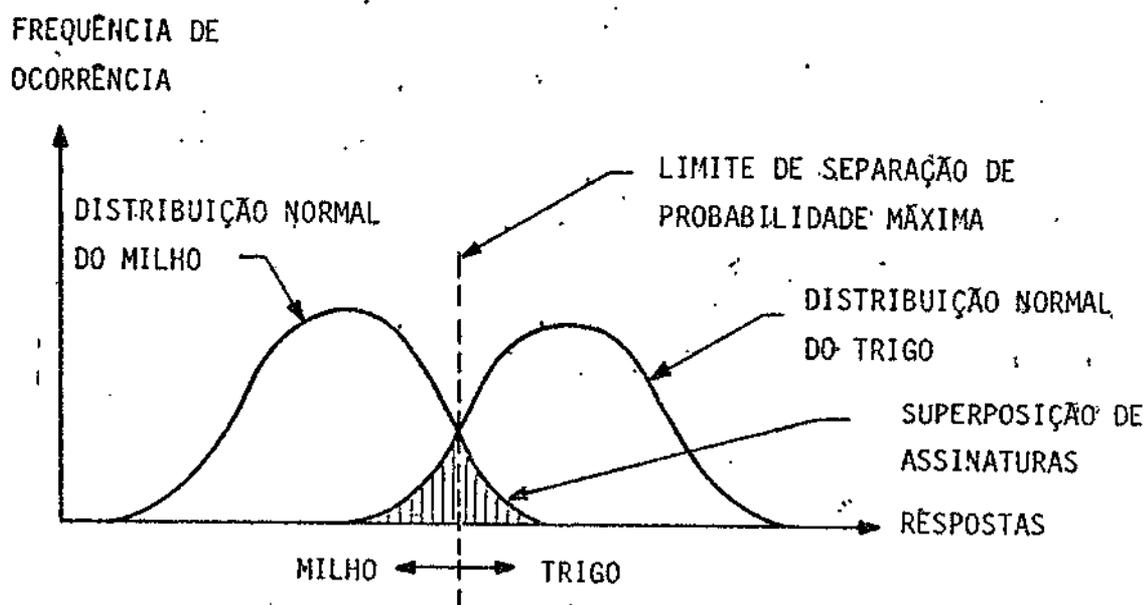


Fig. 17 - Ilustração do Procedimento da Técnica de Pós-processamento denominado "Probabilidade Máxima"

vídeo colorido. Estes temas poderão ser apresentados isoladamente ou combinados de acordo com o interesse do usuário, ou mesmo todos os oito temas ao mesmo tempo. É também permitido ao usuário realizar operações lógicas de soma ($A + B$) e subtração ($A - B$) e combinações lógicas do tipo "e" ($A \cap B$) e "ou" ($A \cup B$) com os dados temáticos.

Em qualquer ponto do processo acima, o usuário pode também pedir uma apresentação imediata, no vídeo do Terminal Gráfico, do número de pontos alarmados ou classificados em cada área de armazenamento. Este número representa o número de hectares, quilômetros quadrados, etc., de cada tema que ele classificou.

Existem diversas formas para o usuário gerar os produtos finais de sua análise, conforme esquematizado na Figura 18. A imagem apresentada no terminal de vídeo, poderá ser reproduzida num papel fotográfico colorido, por intermédio da "Unidade Opcional de Processamento de Imagens", vindo os dados diretamente da "Unidade de Memória de Imagens", ou de uma fita magnética, onde os dados da imagem foram anteriormente gravados, gerando assim imagens fotográficas coloridas de alta precisão e resolução. Esta fita, se guardada, poderá ser também, posteriormente processada no próprio sistema ou em outro computador. Em muitos casos, a imagem apresentada no vídeo pode ser fotografada diretamente, com uma câmera fotográfica comum, obtendo-se ainda produtos de alta qualidade. Estes produtos finais, como por exemplo, mapas temáticos, poderão ser também impressos em papel especial, na forma binária, alfanumérica ou semi-colorido, por intermédio da "Impressora de Linhas". Sumários estatísticos, histogramas, medidas de áreas e outros resultados, apresentados no vídeo do "Terminal Gráfico", poderão ser copiados em papel adequado, por intermédio de uma "copiadora" opcional.

5. EXEMPLOS DE APLICAÇÕES

O Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, órgão subordinado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, localizado na cidade de São José dos Campos - SP, possui um sis

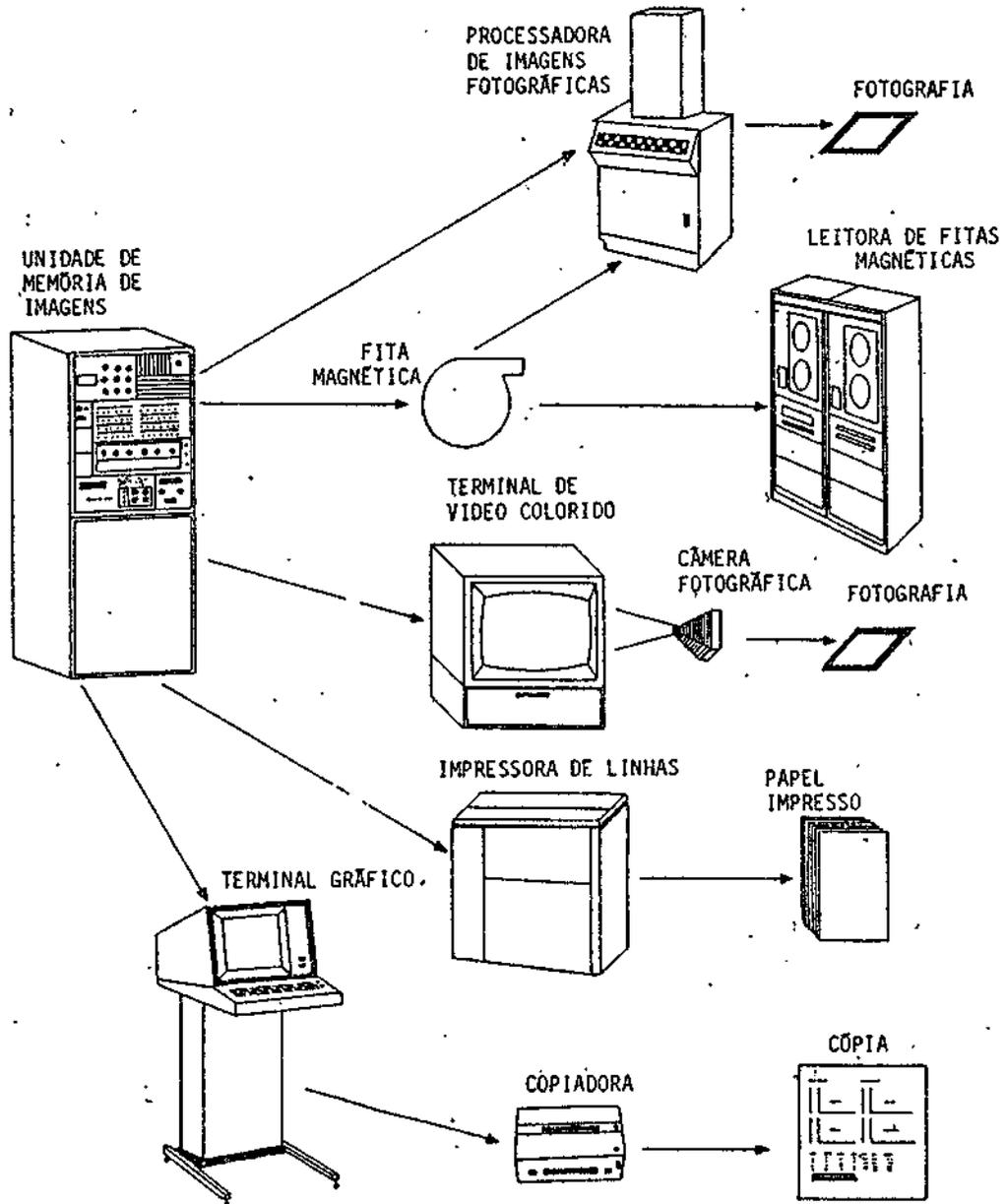


Fig. 18 - Esquema das Formas de Obtenção dos Produtos Finais

tema de processamento automático de dados, o IMAGE-100, oferecendo serviços de processamento e consultoria para qualquer ôrgão governamental, universidades, indústrias e outros, que estiverem interessados nos mesmos. Este sistema tem sido empregado pelos técnicos do INPE com os mais diversos fins, sendo aqui apresentados alguns exemplos desta utilização.

5.1 - LEVANTAMENTOS AGRÍCOLAS

O Sistema IMAGE-100 está sendo utilizado pelo pessoal responsável pelo Projeto de Estatísticas Agrícolas - EAGRI, para a identificção e caracterização de diferentes tipos de culturas, através de dados fornecidos pelo sensor MSS e fotografias aéreas, bem como para o o cálculo das áreas ocupadas por estas diversas culturas, para fins de previsão de safras. Resultados parciais deste projeto serão publicados proximamente. A grande vantagem do emprego desta técnica é a rapidez e o baixo custo dos trabalhos de classificação de grandes áreas geográficas.

Ele também pode ser utilizado para a detecção de pragas e doenças nas culturas agrícolas e florestais, planejamento agrícola e outras aplicações a serem pesquisadas.

5.2 - LEVANTAMENTO DE SOLOS

Trabalhos realizados nos Estados Unidos, demonstraram a possibilidade da utilização desses modernos sistemas de interpretação automática de dados multiespectrais para o mapeamento de solos. No INPE, foi realizado um trabalho preliminar, com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre as respostas apresentadas por alguns tipos de solos, tendo os seus resultados se mostrado promissores para esta utilização, conforme pode ser verificado no trabalho INPE-912-TPT/030.

5.3 - CONTROLE DE PASTAGENS

O trabalho INPE-1044-TPT/056, mostra um exemplo de utilização do Sistema IMAGE-100 para a avaliação da qualidade das pastagens. Com a utilização de dados do MSS, os autores conseguiram separar duas categorias de pastagens: pastagens com predominância de gramíneas e pastagens com predominância de rebrota de vegetação natural, sendo estimadas através do sistema as percentagens e as áreas ocupadas por cada uma delas.

5.4 - LEVANTAMENTOS FLORESTAIS

Foi desenvolvida no INPE uma pesquisa, utilizando o Sistema IMAGE-100, para a identificação e caracterização de diferentes comunidades florestais por intermédio de suas respostas espectrais nas imagens MSS do LANDSAT. Foi possível separar as respostas do gênero Pinus das do gênero Eucalyptus e algumas fases de desenvolvimento de seus espécimes. O resultado final desta pesquisa, foi apresentado na forma de um Projeto Coletivo, estando em fase final de publicação.

Este sistema poderá ser também utilizado para o cálculo de áreas desmatadas, como no caso apresentado no trabalho INPE-1044-TPT/056 já apresentado, ou para o cálculo de áreas reflorestadas.

5.5 - ASSOREAMENTO

Com o desenvolvimento desses sistemas, abrem-se muitas perspectivas para estudos visando o controle de corpos d'água, submetidos aos processos de assoreamento. Está sendo iniciado um Projeto no INPE, para a avaliação deste potencial, cujos resultados serão apresentados brevemente.

5.6 - AVALIAÇÃO DE CATÁSTROFES

Este sistema, juntamente com os dados fornecidos pelo sen sor MSS e/ou fotografias aéreas, permite avaliar em tempo-real os danos causados por acidentes naturais ou artificiais, tais como: seca, fogo, inundações, geadas, etc. Como exemplo, pode-se citar o resultado apre sentado no trabalho INPE-875-NTE/065, no qual foi realizada uma avalia ção dos danos provocados pela geada do ano de 1975 no Noroeste do Paraná.

5.7 - LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS

No INPE, o Sistema IMAGE-100 está sendo utilizado como um meio auxiliar para o mapeamento geológico regional, servindo para real çar aspectos de interesse nas imagens. A sua maior perspectiva é para a detecção de depósitos minerais, como por exemplo, foi realizado no tra balho INPE 964-NTE/073.

5.8 - PLANEJAMENTO URBANO

O Sistema IMAGE-100 pode ser utilizado para o mapeamento e o planejamento do uso da terra, controle de áreas alagadas, acompanha mento do desenvolvimento de cidades, da rede viária, etc. No INPE, está sendo desenvolvido um projeto para avaliar a utilidade dos dados do sen sor MSS do satélite LANDSAT, para a classificação de usos de solo urba no, com a utilização deste sistema de interpretação automática.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA FILHO, R.; PARADELLA, W.R.; PEQUENO, V.S. *Identificação de áreas de argila na região das cabeceiras do Rio Claro (MG) através de análise automática de dados do LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, Nov. 1976. (INPE-964-NTE/073).
- ANDERSON, A.T.; SCHULTZ, D.T.; BUCHMAN, N. LANDSAT inventory of surface-mined areas using extendible digital techniques. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-A, cap. E-7, p. 329-345. (NASA TM x 58168).
- BARKER, J.L. Monitoring water quality from LANDSAT. In: *NASA earth resources survey symposium*. Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-A, Cap. E-10, Part. II, p. 383-418. (NASA TM x 58 168).
- CRANE, R.B. Preprocessing techniques to reduce atmospheric and sensor variability in multispectral scanner data. In: *International symposium on remote sensing of environment, 7*, University of Michigan, May 1971. Proceedings. V. 2, p. 1345-1356. (10259 - 1 - X).
- DIETRICH, D.L.; FRIES, R.E.; EGBERT, D.D. Agricultural inventory capabilities of machine processed LANDSAT digital data. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-A, Cap. A-16, p. 221-232. (NASA TM X 58 168).
- ECONOMY, R.; GOODENOUGH, D.; RYERSON, R.; TOWLES, R. Classification accuracy of the Image-100. In: *Canadian Symposium on remote sensing, 2*, University of Guelph, April/29 - May/1, 1974. Proceedings. V. 1, p. 277-287.
- ERICKSON, J.D. Advances in automatic extraction of earth resources information from multispectral scanner data. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-B, p. 1275-1291. (NASA TM X -58168).

GENERAL ELECTRIC COMPANY. *Image-100 User Manual*. Florida, Space Division, Ground Systems Department, 1975.

HENZE, J.; DEZUR, R. Interactive digital image manipulation system. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V.I-B, p. 1415-1435. (NASA TM X 58 168).

JACSON, T.J.; RAGAN, R.M.; McCUEN, R.H. Land use classification for hydrologic models using interactive machine classification of LANDSAT data. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-D, Cap. W-14, p. 2365-2378. (NASA TM X - 58168).

JOHNSON, R.H. System for multispectral data analysis. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-B, p. 1323-1350. (NASA TM - X 58 168).

JOICE, A.T.; PENDLETON, T.W. Computer-implemented land use classification with pattern recognition software and ERTS digital data. In: *Earth resources technology satellite-1 symposium*, 3, Washington, D.C., Dec. 1973. Proceedings. V. I-A, Cap. L.1, p. 331-337. (NASA SP-351).

KRISTOF, S.J.; ZACHARY, A.L. Mapping soil types from multispectral scanner data. In: *International symposium on remote sensing of environment*, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, May 1971. Proceedings. V. 3, p. 2095-2118. (10259 - 1 - X).

RAJE, S.; ECONOMY, R.; WILLOUGHBY, G.; MCKNIGHT, J. Interactive analysis and evaluation of ERTS data for regional planning and urban development: A Los Angeles basin case study. In: *NASA earth resources technology satellite - 1 symposium*, 3, Washington, D.C., Dec. 1973. Proceedings. V.I-A, Cap. L.4, p. 351-369. (NASA-SP 351).

- REEVES, C.A.; FAULKNER, D.P. Discriminating coastal rangeland production and improvements with computer aided techniques. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-A, Cap. A-2, p. 9-17. (NASA TM X 58 168).
- SANTOS, A. P. dos; NOVO, E.M.L.M. *Uso de dados do LANDSAT-1 na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no sudoeste da Amazônia legal*. São José dos Campos, INPE, Jun. 1977. (INPE-1044-TPT/056).
- SCHALLER, E.S. and TOWLES, R.W. Image-100: the interactive multispectral image processing system. In: *NASA Earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-B, p. 1275-1291. (NASA-TM X 58 168).
- TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; SONNENBURG, C.R. *Levantamento de áreas ocupadas por café e trigo no Noroeste do Paraná por análise automática de dados do satélite LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, Maio 1976. (INPE-875-NTE/065).
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos*. São José dos Campos, INPE, Jul. 1976. (INPE-912-TPT/030).
- WHITLEY, S.L. Low cost data analysis systems for processing multispectral scanner data. In: *NASA earth resources survey symposium*, Houston, Texas, Jun. 1975. Proceedings. V. I-B, p. 1355-1375. (NASA TM X 58 168).



Indústria de Material Bélico do Brasil

Explosivos Industriais

Conceituação e Propriedades

Filial N.º 1 - Fábrica Presidente Vargas
PIQUETE - S. PAULO - BRASIL

1981

G. Lajolo
UFMG 1991

EXPLOSIVOS INDUSTRIAIS:

CONCEITUAÇÃO E PROPRIEDADES

"Se o seu trabalho não for reconhecido,
não desanime; cada dia, ao nascer, o
sol proporciona um magnífico espetáculo
e, no entanto, a maioria da pla-
téia dorme..."

TRABALHO ORGANIZADO A FPV-PIQUETE-SP

AUTOR: MAURITI MARANHÃO - ENG. CH. C. Q.

2ª EDIÇÃO - MARÇO 1961

EXPLOSIVOS INDUSTRIAIS

CONCEITUAÇÃO E PROPRIEDADES

RESUMO

1. OBJETIVO DO TRABALHO
2. HISTÓRICO DOS EXPLOSIVOS
 - Pólvora negra
 - Nitroglicerina e Dinamites
 - Nitrocelulose e Pólvoras colóidais
 - Explosivos Militares
 - Nitrato de Amônio
 - Anfo
 - Lama Explosiva
3. CONCEITUAÇÃO
 - Definição
 - Iniciação (ativação)
 - Trem explosivo
 - Deflagração e detonação
 - Classificação dos explosivos

4. PROPRIEDADES DOS EXPLOSIVOS (ESPECIFICAÇÕES)

- Mecânicas
- Físicas
- Químicas
- Termodinâmicas

5. ENSAIOS DE SEGURANÇA

6. O EXPLOSIVO E O MECANISMO PRIMÁRIO DE FRATURA DE ROCHAS

7. CONCLUSÃO

1. OBJETIVO

Proporcionar um mínimo de informações teóricas ao usuário de explosivos, para possibilitar-lhe a correta especificação, a otimização de emprego e a indispensável segurança no manuseio e armazenamento.

Julgamos que os esclarecimentos contidos nesta publicação, embora superficiais e genéricos, são suficientes para formar o arcabouço técnico do pessoal administrativo e de operação, envolvido em desmonte de rochas.

Nós, que fabricamos explosivos, consideramo-los com muito respeito e cautela, porque o conhecemos. E é importante respeitá-los, sem temê-los. Diminuir custos e evitar acidentes são deveres de todos. Nosso, em particular. Daí a apresentação deste trabalho.

Esquemáticamente, assim poderíamos resumir a nossa filosofia, ao considerar as tendências do mercado brasileiro, segundo a FIGURA 1:

QVITEB20 11

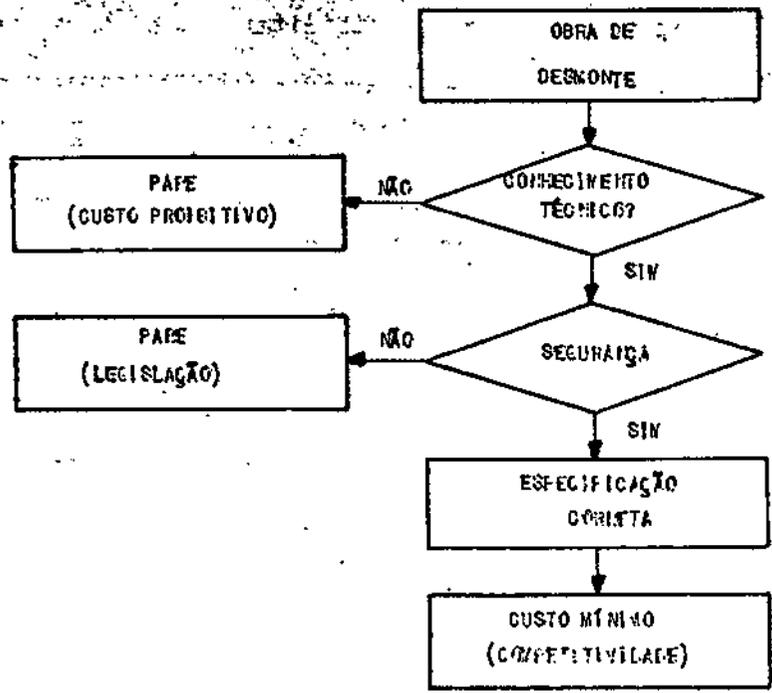


FIGURA 1: ESQUEMA DA TENDÊNCIA DO MERCADO BRASILEIRO DE EXPLOSIVOS

Parêce-nos evidente que dentro em breve só terão condições de competir no mercado de trabalhos essencialmente profissionais, isto é, respaldados em moldes técnicos. Igualmente a desconsideração dos aspectos de segurança, certamente acarretarão o impedimento de operação. Face aos alarmantes índices de acidentes do trabalho e ao natural desenvolvimento de nossa legislação, a curto prazo, tornar-se-ã imperioso operar em moldes seguros, como nos países desenvolvidos.

2. HISTÓRICO

A evolução dos explosivos industriais pode ser estratificada, cronologicamente, em três estágios:

- pólvora negra (até meados do século XIX);
- explosivos nitroglicerinados (de meados do século XIX até 1950);
- explosivos não convencionais ou não nitroglicerinados (a partir de 1950).

Hã informações que chineses, gregos e outros povos antigos, conheciam e utilizavam formas de pólvora negra. Supõe-se que a origem da pólvora negra (PN), foi uma mistura de nitrato de potássio com matérias combustíveis.

Somente na metade do século XIII, ROGER BACON des-

creveu o material em termos científicos. No início do século seguinte, BERTHOLD SCHWARZ criou a primeira arma de fogo, utilizando PN como propelente e pedras como projetéis. Com pequenas e paulatinas modificações, o homem utilizou a energia da PN para produzir trabalho, quase que exclusivamente para fins bélicos. Em 1425, foi possível granular a PN e em 1525 foi iniciada, pelos franceses, o controle de grão por peneiramento. A seleção granulométrica é essencial para aplicação bélica em termos técnicos.

Em 1838, PELOUZE obtém nitrocelulose (NC), por nitração do papel (nitração é o ataque de uma estrutura química, nela incorporando grupos ONO_2). Em 1846, SCHÖNBEIN e BÖTTGER, independentemente, descobrem as propriedades explosivas da nitrocelulose, passando a utilizá-la como propelente e como explosivo civil.

Em 1846 ou 1847, SOBRERO descobre a nitroglicerina (NG), sem aplicação prática, face às insuperáveis dificuldades de fabricação. Em 1863, finalmente ALFRED B. NOBEL produz NG industrialmente.

Em 1864, SCHULTZE faz a primeira pólvora sem fumaça (ou pólvora coloidal), à base de NC e não mais PN, a pólvora com fumaça.

Em 1867, NOBEL desenhiliza a NG, absorvendo-a em terra de infusório ("KIESELGUHR") criando a primeira dinamite comercial. Em 1868, E.A. BROWN descobre o princípio do reforçador ("BOOSTER"), fazendo detonar algodão-pólvora (NC) úmido com algodão-pólvora seco (usado como reforçador).

Em 1875, NOBEL produz "blasting" (mistura de NC e NG) que foi, e ainda é, a base da fabricação das dinamites nitroglicerinas.

Em 1912, o trinitrotolueno (TNT) passa a ser oficialmente utilizado como explosivo militar (carga de ruptura de granadas). Com as grandes guerras, novos e mais poderosos explosivos militares foram desenvolvidos, na medida da crescente sofisticação técnica demandada.

Modernamente vários explosivos não nitroglicerina-dos têm sido desenvolvidos, principalmente, para fugir às desvantagens em termos de segurança que a NG apresenta. A base destes explosivos é o nitrato de amônio (NA), conhecido desde o século passado, mas efetivamente utilizado como explosivo após dois acidentes. O primeiro em Oppau, na Alemanha em 1923, tentava-se fragmentar NA aglutinado pela umidade, com utilização de dinamites. Toda a massa de NA detonou, causando a destruição da cidade. O segundo

acidente grave, ocorreu no Porto de Texas City (USA) em 1947, quando em dois dias consecutivos dois navios carregados de NA explodiram, também destruindo parte da cidade.

Em 1950, foi possível obtenção de NA com cobertura que praticamente o tornava não higroscópico e, portanto, com grande aplicação na indústria de explosivos.

Rapidamente, desenvolveu-se o ANFO ("AMMONIUM NITRATE FUEL OIL EXPLOSIVES") ou "faça-o você mesmo".

O ANFO é uma mistura de NA com cerca de 5,5% de óleo "diesel", cuja finalidade é obtenção de máximo trabalho de desmonte. Só tem aplicação em diâmetros superiores a 150mm e a céu aberto. Em geral, necessita de cuidados especiais (furo seco e reforçado).

A lama explosiva ("SLURRY") é um explosivo à base de NA, aglutinado com uma goma de amido e sensibilizado por alumínio e TNT. Indisfarçavelmente reúne inúmeras vantagens em relação à dinamite convencional, tais como segurança de fabricação e manuseio, relativa insensibilidade à umidade e excelente relação custo/volume desmontado. Datam de 1956, as primeiras experiências positivas com lama explosiva e, parece-nos, será o explosivo mais largamente usado no futuro. É o que indica a crescente e firme ampliação da faixa de mercado ocupada pelas lamas explosivas.

Com relação aos explosivos atômicos, parece-nos que as pesquisas para fins industriais têm ainda um longo caminho a percorrer. O grande problema a solucionar, será a eliminação das sequelas de radiação. Tanto técnica quanto psicologicamente (e sobretudo sob este aspecto), o emprego de explosivos atômicos sempre gera conflitos. Em particular, nos países desenvolvidos, a opinião pública é fator decisivo no condenamento prévio de pesquisas e aplicações nucleares, mesmo para fins industriais.

Basicamente, o processo consiste em explosões subterrâneas e posterior extração de produto minerado por lixiviação e bombeamento.

3. CONCEITUAÇÃO DE EXPLOSIVO

Explosão é qualquer expansão violenta, provocada seja pela decomposição de matéria explosiva, seja por alívio descontrolado de pressão, como na explosão de uma garrafa de gás. Para fins industriais, tem interesse a explosão particularmente denominada detonação.

3.1. Definição:

DETONAÇÃO é uma reação química de elementos oxidantes (oxigênio) e combustíveis (carbono, hidrogênio), extremamente violenta e que ultrapassa a ve-

velocidade de 400m/seg., com liberação de calor (reação exotérmica). Esta reação é auto-propagada, uma vez iniciada, mesmo com a remoção da causa iniciadora.

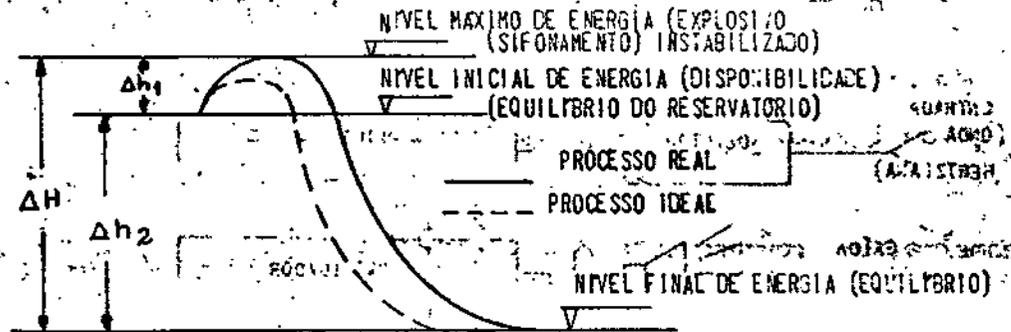
3.2ª Energia de Ativação

A energia necessária para iniciar a reação de detonação é chamada de energia de ativação.

Em linhas gerais, podemos dizer que o fenômeno da detonação ocorre naturalmente, isto é, com aumento líquido de entropia. Isto quer dizer que os produtos da decomposição de um explosivo são mais estáveis que os iniciais, ou seja, têm menor disponibilidade de energia. Há, entretanto, uma barreira a ser vencida: a (pequena) estabilidade do explosivo.

Os explosivos são essencialmente produtos de pequena estabilidade, mas há necessidade de rompê-la. A estabilidade do explosivo é a segurança contra uma iniciação acidental. O processo pode ser assimilado a um reservatório de líquido com uma determinada energia potencial. Se se fizer um sifão (energia de ativação) todo o líquido escoará para um nível mais baixo (produto da decomposição).

Esquemáticamente, teríamos:



- ΔH - ENERGIA TOTAL LIBERADA
- Δh_2 - ENERGIA LIBERADA PELO EXPLOSIVO
- Δh_1 - ENERGIA LIBERADA PELO INICIADOR = ENERGIA DE ATIVAÇÃO

FIGURA 2 - DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DA ENERGIA DE ATIVAÇÃO DE UM EXPLOSIVO

3.3. Trem Explosivo:

Com estas considerações surge, naturalmente, a idéia de trem ou cadeia explosiva. O trem explosivo pode ser entendido como o encadeamento lógico de explosivos, segundo a relação sensibilidade x efeito. Evidentemente, a massa explosiva de cada elemento na cadeia é maior que a massa do elemento antecedente, segundo o esquema geral: INICIADOR \Rightarrow REFORÇADOR \Rightarrow EXPLOSIVO DE FUTURA. Uma cadeia explosiva pode ser assemelhada a uma cadeia ge-

nerica de amplificação, tal como no esquema:

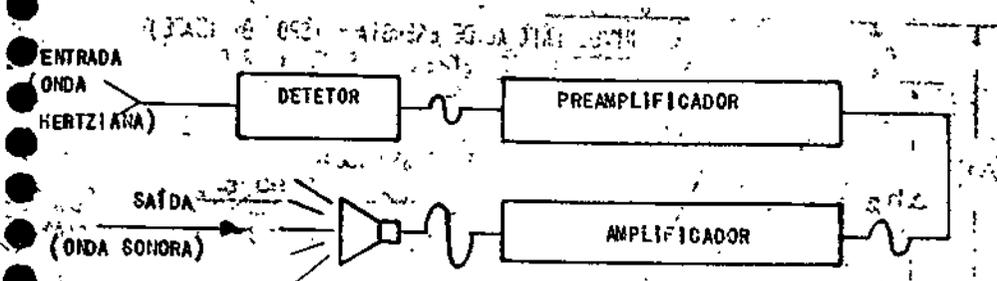


FIGURA 3 - ESQUEMA DE AMPLIFICAÇÃO

Vimos que energia de ativação é a energia necessária para romper a barreira da estabilidade de um explosivo. Teremos, portanto, "a priori" duas categorias de explosivos: iniciadores e de ruptura (militarmente a classificação é completada com a consideração dos explosivos propelentes, que são as pólvoras coloidais, pólvora negra e composite).

Os explosivos iniciadores são aqueles destinados a fornecer a energia de ativação ao explosivo de ruptura, que terá a função de realizar o trabalho principal pretendido. Em consequência, os explosivos iniciadores deverão ter uma sensibilidade relativamente elevada e por isto serão os mais críticos, a

serem manipulados com mais cuidado e sempre armazenados em quantidades reduzidas e obrigatoriamente separados dos explosivos de ruptura (por imposição legal).

Numa cadeia explosiva padrão, poderíamos identificar:

- explosivo iniciador ou primário - elemento ativador inicial;
- explosivo reforçador, secundário ou "booster" - elemento de ligação entre o iniciador e a carga principal, tendo propriedades intermediárias;
- explosivo de ruptura, principal ou terciário - principal elemento de fornecimento de energia e, portanto, de maior quantidade na cadeia. É relativamente insensível, tendo maior segurança ao manuseio e armazenamento.

O esquema, a seguir, mostra a variação relativa das propriedades efeito x sensibilidade nos explosivos.

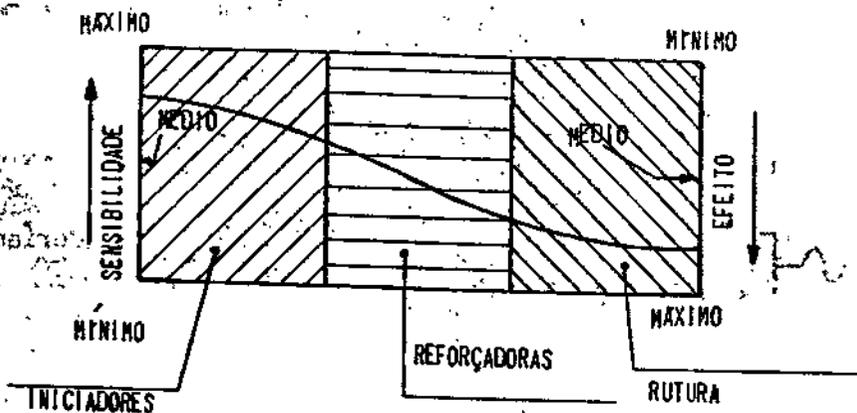


FIGURA 4 - COMPARAÇÃO SENSIBILIDADE X EFEITO

Existem diferentes maneiras de iniciar um explosivo, ou seja, romper a barreira da estabilidade, através de uma agressão.

Teoricamente, é aceito que a causa primária da iniciação é uma elevação localizada de temperatura, suficiente para atingir a temperatura de explosão. Quaisquer ações que possam provocar a elevação localizada de temperatura podem iniciar um explosivo. Como exemplo citamos: choque, calor, temperatura, centelhas (elétrica ou não), etc. Para fins de desmonte de rocha, a iniciação

é feita através de espoleta elétrica ou comum, cordel detonante e estopim.

A espoleta elétrica é constituída por uma resistência elétrica envolta em pólvora negra (o conjunto é chamado "squibb"), posicionada junto a um explosivo primário sensível à chama (em geral azida de chumbo), justaposto a um explosivo secundário (em geral nitropenta). Aí está um bom exemplo de cadeia explosiva: a corrente elétrica (não menor que 1 ampere) aquece a resistência, provocando a inflamação da pólvora negra. A chama é transmitida à azida de chumbo, detonando-a. A onda de choque resultante provoca a detonação da nitropenta. A energia liberada pelo conjunto - energia de ativação do explosivo de rutura - provoca a detonação da carga principal.

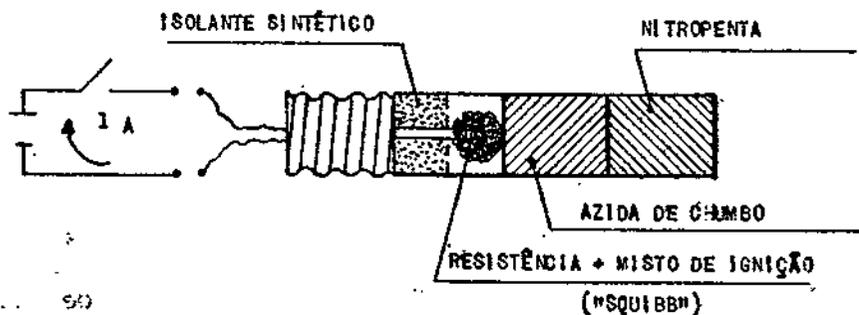


FIGURA 5 - ESQUEMA DE UMA ESPOLETA ELÉTRICA

A espoleta comum não possui "squibb". A CHAMA é transmitida à azida de chumbo por um estopim que é um tubo carregado com pólvora negra. A cadeia explosiva processa-se como na espoleta elétrica.

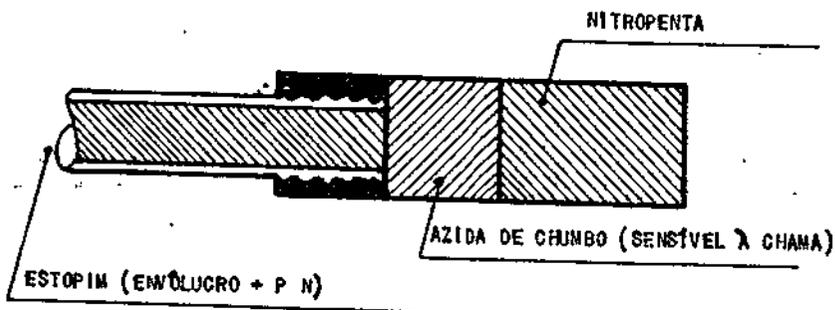


FIGURA 6 - ESQUEMA DE UMA ESPOLETA COMUM

Para transmissão da energia necessária à iniciação (praticamente instantânea), em vários furos ou obtenção de efeitos particulares, utiliza-se o cordel detonante que é um tubo plastificado e carregado com nitropenta. Este explosivo possui elevadíssima velocidade de decomposição (ordem de 7.000 m/seg), além de ter características peculia-

res à iniciação, possibilitando a transmissão da onda de choque em condições praticamente ideais.

Para obtenção de defasamento predeterminado utilizam-se ainda as espoletas simples de retardo, cujos detalhes podem ser obtidos em qualquer publicação sobre acessórios.

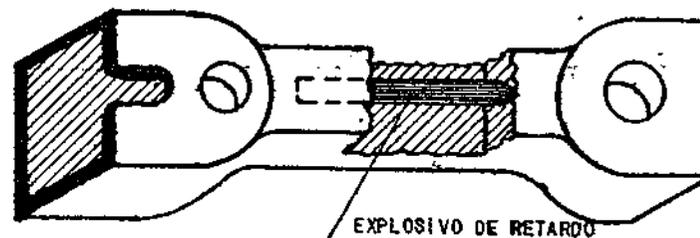


FIGURA 7 - ESQUEMA DE UMA ESPOLETA SIMPLES DE RETARDO (COM CORTE ILUSTRATIVO)

Vimos que toda e qualquer ação que pode resultar em aumento localizado de temperatura pode provocar a iniciação de um explosivo.

Face às diferenças físicas e químicas, os explosivos apresentam diferentes graus de sensibilidade aos diferentes tipos de ações agressivas.

Fornecemos a seguir, uma tabela ilustrativa,

com alguns exemplos, dentre os muitos que podem ocorrer

TABELA 1: Informações sobre sensibilidade de alguns explosivos

TIPO DE AÇÃO	EXPLOSIVO MAIS SENSÍVEL À PARTIC. AÇÃO	OUTROS EXPLOSIVOS SENSÍVEIS À PARTIC. AÇÃO
Chama ou centelha (*)	Pólvora negra	Iniciadores em geral (azida de chumbo, estifinato de chumbo, etc).
Choque	Fulminato de mercúrio	Iniciadores em geral, nitropenta, nitroglicerina, nitrocelulose.
Atrito	Nitroglicerina	Iniciadores em geral, nitropenta, ADX. Em geral os explosivos na forma cristalina.
Calor	Tetrazeno	Diazodinitrofenol, Heleíte, Ednatol, Nitroglicerina.

(*) - A centelha de origem não elétrica é mais perigosa, por ser mais energética.

3.4. Deflagração e Detonação:

Para melhor compreensão, consideremos as diferenças entre as reações de combustão, de deflagra-

ção e detonação:



- Na combustão, cujo exemplo mais típico é a combustão normal de um hidrocarboneto, a camada superficial se volatiliza e se inflama ao atingir o ponto de fulgor. Existe sempre a necessidade de um oxidante (oxigênio do ar ambiente ou insuflado) para continuar a reação de combustão.

- Na deflagração, cujo exemplo mais típico é um bloco de pólvora que se queima como um cigarro, a propagação da reação dá-se por uma condução térmica. Cada partícula que se queima transmite calor à partícula adjacente, que se inflama ao atingir a temperatura de explosão. A característica do propelente é possuir, intrinsecamente, os elementos combustíveis e comburentes para a reação, não necessitando, portanto, do oxigênio do ar para a reação.

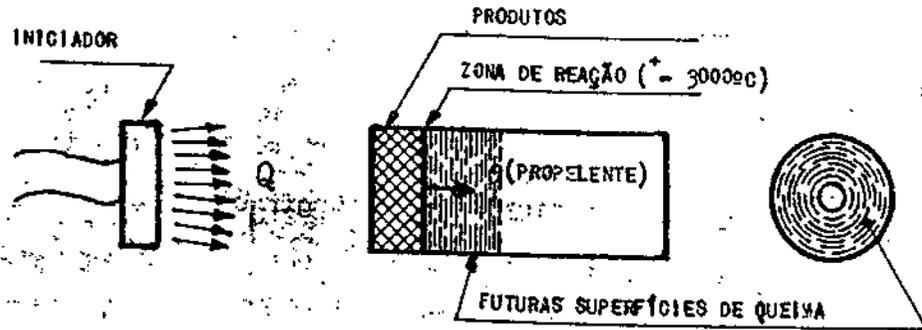


FIGURA 8 - ESQUEMA DE UMA REAÇÃO DE DEFLAGRAÇÃO

- Na detonação, a propagação da reação dá-se por ondas de choque. Cada partícula ao detonar cria uma onda de alta pressão chamada de onda de choque. Esta onda comprime adiabaticamente a partícula adjacente, fazendo com que ela se aqueça e detone ao atingir a temperatura de explosão. Desta forma, é um fenômeno essencialmente probabilístico, pois a concentração de energia sobre uma certa partícula é aleatória.

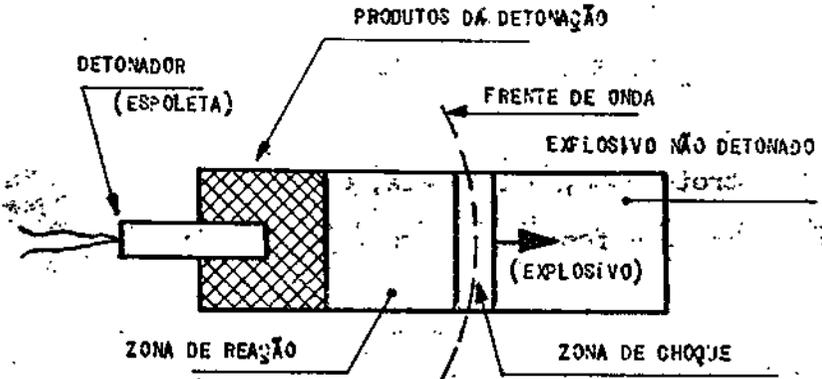


FIGURA 9 - ESQUEMA DE UMA REAÇÃO DE DETONAÇÃO

Em resumo, podemos afirmar que a causa primária da iniciação de um explosivo é a temperatura e que é necessário que haja suficiente energia liberada para propagação da reação.

3.5. Classificação dos Explosivos:

Didaticamente podemos estabelecer vários critérios de classificação dos explosivos. Dentre eles, podemos citar:

a. Quanto à finalidade ou emprego, segundo já visto:

- Explosivos iniciadores: Exemplo -

fulminato de mercúrio, azida de chumbo, etc.

- Explosivos de rutura: Exemplo-trinitrotolueno, nitropenta, etc.

- Propelentes; destinados a cumprir um trabalho balístico; como por exemplo pólvoras de base simples ou base dupla.

b. Quanto à constituição:

- Explosivos Químicos: São aqueles constituídos por substâncias quimicamente puras. Exemplo: trinitolueno, nitroglicerina, nitropenta, PDX, etc.

- Explosivos Mecânicos: São aqueles constituídos de substâncias explosivas ou não, misturadas intimamente e que atuarão como combustível e/ou comburente. Exemplo: Pólvora negra (carvão + salitre + enxofre).

- Explosivos Mistos: São aqueles constituídos de dois ou mais explosivos

químicos e de elementos inertes,

com um fim específico. Exemplo: Dinamite nitroglicerina (nitroglicerina + nitrocelulose + nitrato de amônio + elementos inertes).

c. Quanto à velocidade de decomposição:

- Altos Explosivos: São aqueles cuja velocidade está compreendida entre 1000 e 8500 m/seg. Nesta classificação, enquadram-se os iniciadores e quase todos os de rutura.

- Baixos Explosivos ou Propelentes - Têm a velocidade compreendida entre 6 e 400 m/seg. Destinam-se a promover um efeito balístico seja numa arma de fogo, seja num foguete. Têm como característica essencial o controle do processo, seja por geometria do "grão", seja por adição de sais moderadores de queima na massa. Exemplo: Pólvora de Base Simples (BS), Pólvora de Base Dupla (BD), Pólvora de Base Tripla (BT), Composites, etc.

4. PROPRIEDADES DOS EXPLOSIVOS

Para a correta ESPECIFICAÇÃO de um explosivo é indispensável conhecer-lhe as propriedades mecânicas, físicas, químicas, termodinâmicas e de segurança, de forma a garantir a melhor interação rocha x explosivo.

Evidentemente a relação custo/volume desmontado, decidirá o sistema a utilizar; tal relação, tecnicamente, só pode ser equacionada através do perfeito conhecimento das disponibilidades e limitações dos explosivos.

4.1. Propriedades Mecânicas:

São aquelas que informam a capacidade do explosivo de resistir às solicitações mecânicas de transporte, armazenamento e emprego. Só têm sentido, quando todo o cartucho é analisado em conjunto. Função da rusticidade de emprego, especificar-se-á a embalagem (plástico rígido, saco de polietileno, papel "KRAFT", etc).

4.2. Propriedades Físicas:

São as de importância:

4.2.1. Estado Físico: Que pode ser, didaticamente, sólido, líquido e gasoso. Destes, o explosivo no estado gasoso não tem aplicação

prática. A NG é um exemplo de explosivo no estado líquido. Praticamente, são ainda considerados os explosivos de estado intermediário, como a lama explosiva, normalmente de consistência pastosa.

4.2.2. Densidade real: Que é a relação entre a massa específica do explosivo e a massa específica da água a 4°C, que é unitária no sistema métrico. É, portanto, uma grandeza adimensional.

A tabela abaixo fornece valores de densidade real média de alguns explosivos:

TABELA 2: Densidade real de alguns explosivos

EXPLOSIVO (CRISTAL OU LÍQUIDO)	DENSIDADE REAL
NITROGLICERINA	1,596
TRINITROTOLUENO	1,654
ANFO	0,8
NITRATO DE AMÔNIO	0,9
GELATINA EXPLOSIVA	1,63

4.2.3. Densidade gravimétrica: É a relação entre a massa e o volume correspondente, em geral expressa em gramas/litro. É importante para a determinação da massa carregada no furo (determinação da razão de carga).

TABELA 3: Densidade gravimétrica média de alguns explosivos Piquete

EXPLOSIVOS IMBEL	DENSIDADE GRAVIMÉTRICA(g/l)
GEL ESPEC (60%)	1430
TRIMÔNIO (*)	1180
TUNEX (*)	1250
PV - 11	1450
PV - 15	1470

(*) LINHA PULVERULENTA

4.2.4. Metrológicas: As dimensões dos explosivos são padronizadas internacional ou regionalmente, face à necessidade de compatibilidade entre o explosivo e o furo (sistema de perfuração).

Para informações completas

consulte o catálogo da IMBEL ou solicite informações à DIRETORIA DE MERCADOLOGIA DA IMBEL. Em casos especiais, a FPV fabricação de explosivos fora de padronização para atender a necessidades específicas.

4.3. Propriedades Químicas:

Têm interesse prático:

4.3.1. Higroscopicidade: É o grau de afinidade do explosivo com a água; isto é, a tendência de o explosivo absorver umidade.

Normalmente, as dinamites a base de nitratos (amônio, sódio, etc), são higroscópicas e são desaconselhadas para carregamento úmido, sobretudo se há longo tempo decorrido entre o carregamento e a detonação. Os nitratos são ávidos por água e decompõem-se, acarretando detonações parciais, por vezes com grandes prejuízos à obra.

Os explosivos Piquete gelatinosos, em geral, e as lamas explosivas são garantidos para aplicação em presença de umidade por um mínimo de 72 ho-

ras. Os semi-gelatinosos (TUNEX), os pulverulentos (TRIMÔNIOS) e o Anfo são desaconselhados para uso em presença de umidade.

Como informação, no desmonte dos diques de desvio do Rio Paraná, Hidrelétrica de Itaipu, foram utilizados 57 toneladas de GEL ESPEC SUB-AQUÁTICA, que em parte ficaram submersas por 12 dias, apresentando um resultado perfeito, mesmo superior às expectativas, amplamente divulgado pela televisão.

4.3.2. Toxidez: A toxidez pode dizer respeito ao explosivo "in natura" ou aos produtos da explosão. Quase todos os materiais explosivos são tóxicos, mas em níveis compatíveis com a manipulação. A nitroglicerina, por ter efeito vaso dilatador, causa fortes dores de cabeça se tocada diretamente ou aspirada na forma de vapores. Por esta razão a dinamite nitroglicerinada deve merecer cuidados especiais na manipulação (fazê-lo sempre com luvas) e armazenamento.

Com relação aos gases

produtos da detonação, a toxidez assume importância essencial, pois os tipos de emissão de um explosivo é que o habilitam a trabalhos subterrâneos e mesmo a céu aberto, quando as condições de ventilação são precárias.

A toxidez dos produtos de combustão é medida pela concentração de gases nocivos à saúde: monóxido de carbono (CO), gases nitrosos (NO, NO₂) e anidrido sulfuroso (SO₂).

Para avaliar a importância deste assunto, informamos a seguir os efeitos de alguns gases tóxicos, em função de suas concentrações:

TABELA 4: Informações sobre gases tóxicos

GASES	IDENTIFICAÇÃO	SINTOMAS	PRIMEIROS SOCORROS
CO	ANALISADOR	MAL ESTAR DOR DE CABEÇA MORTE	RESPIRAÇÃO COM O ₂
NO ₂ , NO	VAPORES MARRONS	IRRITAÇÃO DE MUCOSAS E OLHOS	REPOUSO + RESP C/O ₂
SO ₂	VAPORES BRANCOS ODOR DE OVO PO- DRE	IRRITAÇÃO DE MUCOSAS E OLHOS	RESPIRAÇÃO AR-TIFICIAL OU AR FRESCO

TOXIDEX DO CO (% DE CO NO AR AMBIENTE)

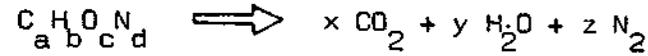
- Até 0,01% (100 PPM)..... Aceitável
- Até 0,03% (300 PPM)..... Dor de cabeça em aproxima-
madamente 2 horas
- Até 0,05% (500 PPM)..... Mal estar
- Até 0,08% (800 PPM)..... Morte em 2 horas
- Até 0,16% (1600 PPM)..... Morte instantânea

A toxidez, teoricamente, é avaliada pelo balanço de oxigênio (BO), que indica na formulação do explosivo o oxigênio em falta ou em excesso para proporcionar uma trans-

formação completa, isto é, tendo como produto CO₂, H₂O, N₂ e óxidos estáveis, todos não tóxicos.

Em geral, os explosivos podem ser representados pela fórmula química C_aH_bO_cN_dX_e, onde X é qualquer metal.

Consideremos a forma mais simples desta equação, sem elementos metálicos, no caso de transformação completa:



Equilibrando a equação:

a = x

b = 2y

c = 2x + y

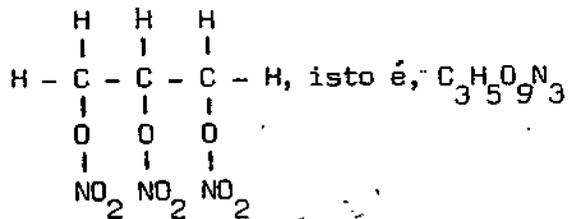
d = z/2

Resolvendo o sistema, resulta que: c = 2a + b/2, ou seja, a combustão completa é conseguida

quando:

$c = 2a + \frac{b}{2}$

Exemplo: Seja a Nitroglicerina, de fórmula



Temos: oxigênio existente na molécula: c = 9

$$\begin{aligned}
 \text{oxigênio necessário: } c &= 2a + \frac{b}{2} = (2)(3) + \frac{5}{2} = \\
 &= 8,5
 \end{aligned}$$

Logo, temos um excesso de 0,5 átomos/molécula.

$$\begin{aligned}
 \text{Peso molecular da NG: } &(3)(12) + (5)(1) + (9)(16) + \\
 &+ (3)(14) = 227\text{g}
 \end{aligned}$$

$$\text{Peso do excesso de oxigênio: } (0,5)(16) = 8\text{g}$$

$$\text{Balanço de oxigênio da NG: } \frac{8}{227} \times 100 = 3,52\%$$

Face às inúmeras variáveis que atuam numa detonação, o que se procura é a garantia de um balanço positivo de oxigênio, introduzindo na formulação elementos fornecedores de oxigênio, de forma a evitar a formação de compostos tóxicos.

Como exemplo, citamos os balanços de oxigênio de alguns explosivos Piquete, especiais para detonações subterrâneas.

TABELA 5: Alguns valores de balanço de oxigênio

EXPLOSIVO.	80% (%)
NG	+ 3,5
TNT	- 74
NA	+ 20
AMATOL (80 - 20)	0
ANFO	- 2,2
TUNEX (*)	+ 12,5
PV - 15 (*)	+ 14,4
TRIMÔNIO 300	+ 13,4
LAMA EXPLOSIVA (SLURRY)	+ 3,7

(*) especiais para uso subterrâneo

4.3.3. Estabilidade Química: É a propriedade de o explosivo conservar suas características de desempenho e segurança quando submetido a períodos de armazenamento. Nos explosivos nitrados é medida pelo desprendimento de gases nitrosos, quando se faz o explosivo sofrer um processo de envelhecimento artificial. 0

ensaio prático mais conhecido é o "TESTE DE ABEL".

A FPV analisa rigorosamente a estabilidade química de todos os seus produtos, em cada fase de fabricação. Por isto, garante um tempo mínimo de armazenamento de um ano, desde que a estocagem ocorra em boas condições.

São requisitos indispensáveis ao armazenamento de explosivos:

- ventilação
- ausência de umidade
- temperaturas inferiores a 40°C
- ausência de ambientes corrosivos, particularmente os ácidos.

As dinamites a base de nitratos, por vezes apresentam no envólucro de papel, um líquido proveniente de umidificação e decomposição dos nitratos. Por vezes, esta ocorrência é confundida com exsudação de NG. Como testes de diferenciação, indicamos os seguintes:

1. TESTE DA GOTA

Com o devido cuidado, recolher uma gota do líquido exsudado, colocando-o sobre uma folha de papel parafinado. Se for NG, a gota manchará o papel, "molhando-o"; se não for NG, a gota apresentar-se-á subdividida, sem "molhar" o papel.

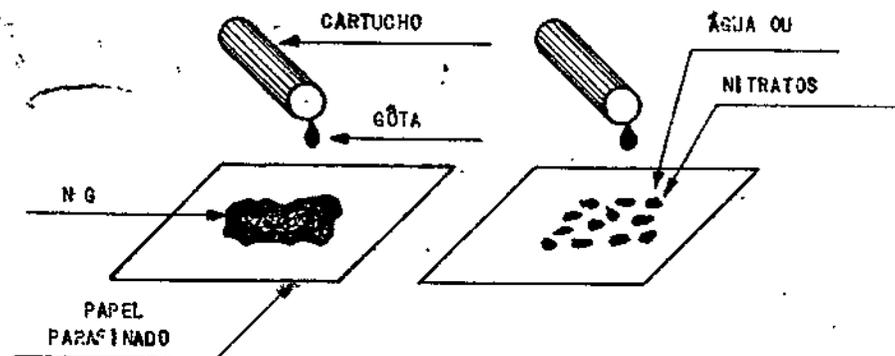


FIGURA 10 - TESTE DA GOTA

2. TESTE DA ÁGUA

Com o mesmo procedimento anterior, recolher uma gota do líquido exsudado, despejando-o em copo de água límpida. Se for NG, a gota permanecerá aglutinada e irá ao fundo do copo; se não for NG a gota dissolve-se na água, turvando-a (se for nitrato) ou subdividir-se-á em gotículas, sobrenadando na água (se for óleo ou parafina).

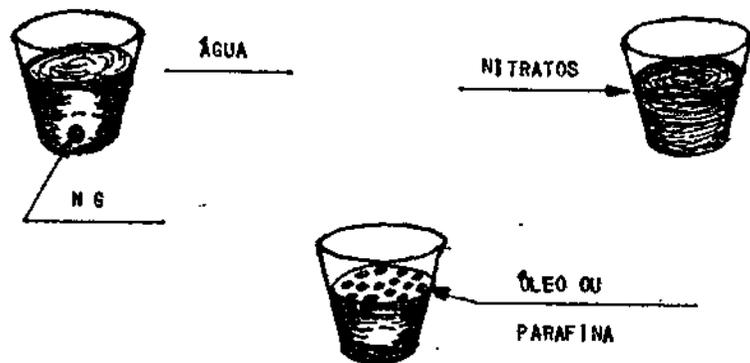


FIGURA 11 - TESTE DA ÁGUA

3. TESTE DE DETONAÇÃO

Com um alfinete, recolher uma gotícula do líquido exsudado, depositando-a sobre uma superfície metálica lisa. Portando óculos de segurança, bater vigorosamente sobre a gotícula com um martelo. Se for NG haverá detonação. Não há risco, porque a quantidade de explosivo é muito pequena (uma gota de NG pesa cerca de 0,02g).

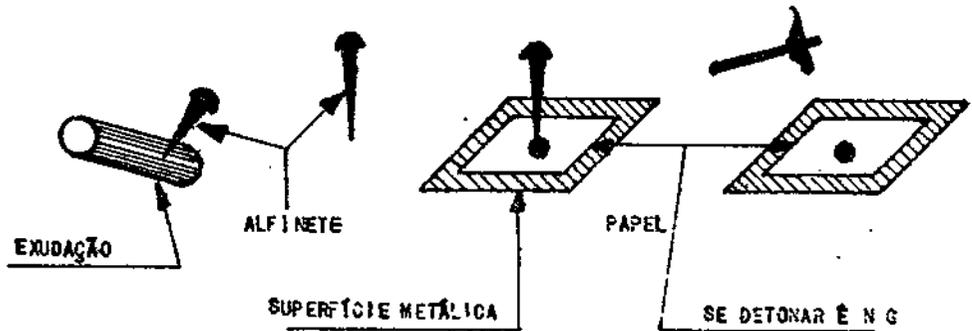


FIGURA 12 - TESTE DA DETONAÇÃO

4.4. Propriedades Termodinâmicas:

São as que informam sobre o desempenho e, em consequência a especificação do explosivo. São as principais:

4.4.1. Calor de Combustão (Qv): É a quantidade de calor liberada na detonação de um explosivo, supondo-se combustão completa e ideal. Em geral, mede-se-o a volume constante, em aparelhos denominados calorímetros ou bombas calorimétricas. A Tabela fornece alguns valores de calores de combustão a volume constante.

TABELA 6: Alguns valores de calor de combustão

MATERIAL	CALOR DE COMBUSTÃO A VOLUME-CONSTANTE (KCAL/KG)
GASOLINA	11.500
ÁLCOOL	6.500
ÓLEO COMBUSTÍVEL	10.000
TNT	925
NG	1.385
PETN	1.486
NA	346

4.4.2. Potencial: É a capacidade máxima de produção de trabalho de um explosivo, ou seja, sua disponibilidade (real).

Consideremos a 1ª Lei de Termodinâmica, aplicada a uma mudança de estado, representada pelos estados de equilíbrio antes (i) e depois (f) da detonação:

$$\int_i^f \delta q = \int_i^f d u + \int_i^f \delta w$$

onde:

$\int_i^f \delta q$ = calor trocado com a vizinhança, durante o processo (por unidade de massa ou "específico")

$\int_i^f d u$ = variação da energia interna ("específica")

$\int_i^f \delta w$ = trabalho ("específico") produzido

Imaginemos um processo ideal, no qual a pressão resistente é constante:

$\int_i^f \delta q = q_f - q_i$ = calor liberado pelo explosivo

$\int_i^f d u = u_f - u_i$ = diferença da energia interna específica entre

o explosivo (i) e os produtos gasosos em equilíbrio (f)

$$\int_i^f \delta w = \int_i^f P d v = P \int_i^f d v = P (v_f - v_i)$$

onde:

P = pressão resistente ao esforço, supostamente constante

$v_f - v_i$ = variação de volume específico, antes e depois da detonação

O Potencial específico (ou por unidade de massa) é a parcela $P (v_f - v_i)$, medido em unidades de energia por unidade de massa, ou seja, Kcal/kg ou m.kgf/kg (ou qualquer unidade "específica" de energia).

Os métodos usados para avaliar o potencial de um explosivo, são o Bloco de Trauzl e o Pêndulo ou Morteiro Balístico. No método do Bloco de Trauzl, FIGURA 13, faz-se detonar 10g de explosivo em teste num bloco com características físicas e mecânicas bem definidas. Mede-se a expansão produzida.

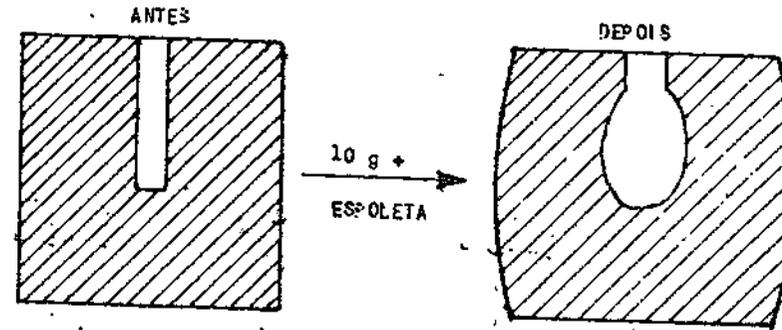


FIGURA 13 - MÉTODO DO BLOCO DE TRAUZL

O resultado é expresso em "FORÇA", que é definida como a relação entre a expansão produzida pelo explosivo em teste e a expansão produzida pelo TNT (para os explosivos militares) ou pela "Dinamite Gühr". A Dinamite Gühr é a dinamite composta de NG e terra de infusório ou "Gühr". Faz-se uma escala relacionando a expansão provocada pela Dinamite Gühr e o seu respectivo teor de NG. Por exemplo, uma Dinamite com 75% de NG e 25% de Gühr provocará uma expansão de 350cm³ no Bloco de Trauzl; Brunswick sugere a seguinte tabela.

TABELA 7: "FORÇA", segundo BRUNSWIG

COMPOSIÇÃO PORCENTUAL		EXPANSÃO (cm ³)	FORÇA (%)
NG	GUHR		
40	60	150	40
60	40	300	60
75	25	350	75
90	10	520	90

TABELA 8: "FORÇA" de Alguns Explosivos Militares

EXPLOSIVO	EXPANSÃO DO BLOCO (cm ³)	FORÇA (%)
T N T	292	100
N G	540	185
NITROPENTA	496	170
N A	163	56

TABELA 9: "FORÇA" de Alguns Explosivos Civis

EXPLOSIVOS IMBEL	EXPANSÃO DO BLOCO (cm ³)	FORÇA (%)
GE (BLASTING)	510	90
GE-350	358	75
GE-300	306	60
PV-15	290	55
TRIMÔNIO	355	60
LAMA EXPLOSIVA (SLURRY)	360	60

4.4.3. Temperatura de Explosão: É a temperatura na qual, o explosivo entra em decomposição exponencial, e é fundamental para a segurança de fabricação e análise.

TABELA 10: Valores de temperatura de explosão

EXPLOSIVO	TEMPERATURA DE EXPLOÇÃO (°C)
T N T	475
N G	222
NITROPENTA	225
TETRAZENO	154

4.4.4. Volume gasoso: É o volume liberado na detonação de um explosivo. É uma propriedade importante, porque o volume gasoso determina a capacidade de arremesso num desmorte de rocha, segundo visto na teoria do potencial.

Uma equação de estado que pode ser utilizada para descrever o processo é:

$$P \cdot (v - \eta) = RT,$$

onde:

P = pressão instantânea

v = volume específico instantâneo

η = covolume médio dos produtos da combustão

R = constante específica dos gases da combustão

$$= \frac{\tilde{R}}{\text{Mol}}$$

T = temperatura termodinâmica instantânea

Define-se covolume como o volume próprio das moléculas.

4.4.5. Pressão de Detonação: É a pressão ocorrente na zona de detonação de um explosivo. É da ordem de centenas de kilobares (cerca de 1000 vezes a pressão de uma garrafa de oxigênio).

A pressão de detonação está intimamente relacionada à BRISÂNCIA, que é a capacidade do explosivo fragmentar o seu envólucro. Na evolução do processo de desmorte de rocha, um dos eventos mais importantes é a rutura ou trinca da rocha, obtida pela BRISÂNCIA do explosivo, através da energia proveniente das ondas de choque.

A BRISÂNCIA é de difícil mensuração. Há entretanto, a possibilidade de avaliá-la através da velocidade de detonação, de fácil determinação prática. Assim, podemos dizer

2. CENSORES COM CONTADOR DIGITAL (FIGURA 15)

É um método simples, no qual um contador digital registra o tempo de passagem da onda explosiva entre dois reparos, nos quais são colocados sensores de abertura ou fechamento de um circuito, gerando pulsos que vão acionar o contador.

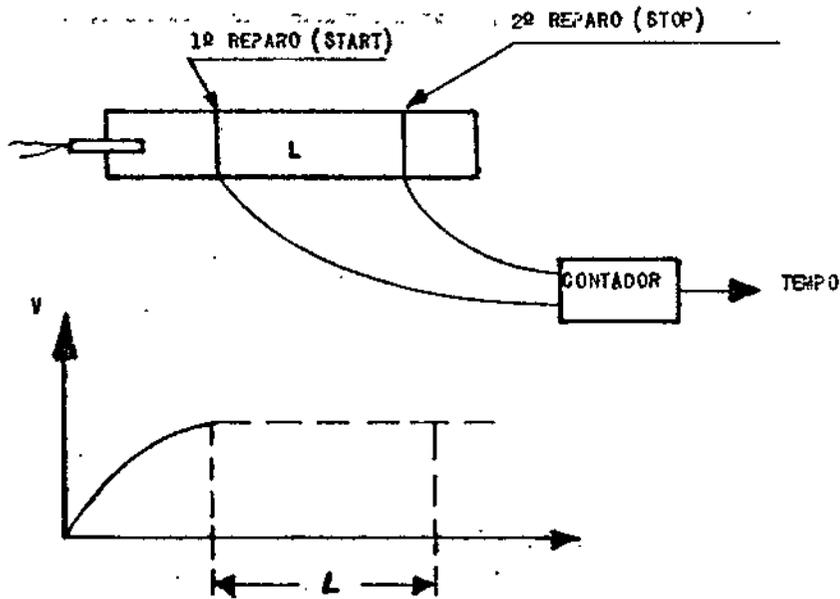


FIGURA 15 - MÉTODO DO CONTADOR DIGITAL.

3. MÉTODO DE DAUTRICHE (FIGURA 16)

É um método engenhoso e prático, que fornece resultados bastante aproximados, desde que conheça a velocidade do cordel detonante usado no ensaio.

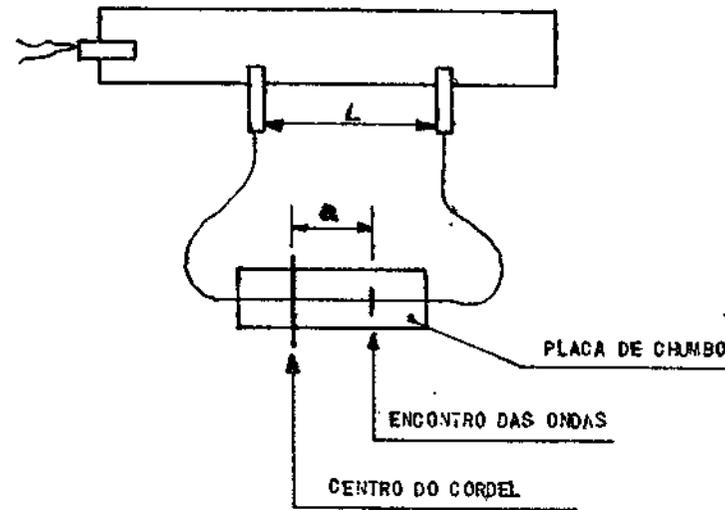


FIGURA 16 - MÉTODO DE DAUTRICHE

o método de Dautriche é baseado na medição do tempo de passagem da onda explosiva entre dois pontos fixos, nos quais são colocados sensores de abertura ou fechamento de um circuito, gerando pulsos que vão acionar o contador.

A onda explosiva inicia defasadamente as duas espoletas presas ao cordel. Este defasamento representa uma distância "a" em relação ao centro do cordel, que corresponde a um reparo na placa de chumbo.

Então:

$$\text{tempo} = \frac{C + a}{V} = \frac{L}{v} + \frac{C - a}{V}$$

onde,

C é a metade do comprimento do cordel

V é a velocidade do cordel (conhecida) e v

a velocidade do explosivo (procurada)

A resolução da equação fornece:

$$v = \frac{VL}{2a}$$

O encontro das ondas de choque, que corresponde à distância "a", fica bem marcado na placa e pode ser medido com precisão de 1mm.

A velocidade de um explosivo, varia com o diâmetro do cartucho, com tamanho das partículas (granulometria), com o grau de confinamento, com densida-

de de carregamento, etc.

Função do "modus faciendi" do ensaio, um explosivo pode apresentar mais de um valor de velocidade. A propriedade aqui referida é aquela medida a partir de condições ideais; esta assim obtida é a velocidade de "regime".

TABELA 11: Velocidade de alguns explosivos

EXPLOSIVO	VELOCIDADE (m/seg)
N G	7700
T N T	6900
SLURRY PIQUETE	3800 a 4300
GEL ESPEC 60	3800 a 4300

5. ENSAIOS DE SEGURANÇA DO EXPLOSIVO

São aqueles relacionados à prevenção de acidentes, ocasionados por explosão acidental. São aqui resumidos para proporcionar um mínimo de conhecimento, que minimize os riscos envolvidos na manipulação e transporte dos explosivos.

As propriedades de estabilidade química, que também podem ser enquadradas como propriedades de segurança, já foram discutidas anteriormente.

Os principais ensaios de segurança são:

5.1. Sensibilidade à Iniciação: É a propriedade de o explosivo ser iniciado por outro, fixadas determinadas variáveis. É medida pelo VALOR DE INICIAÇÃO. Os explosivos apresentam diferentes sensibilidades a outros explosivos. Como sabemos, uma espoleta elétrica nº 8 (800mg de explosivo), inicia praticamente quase todos os explosivos. Em geral, o ANFO exige um reforçador. A sensibilidade à iniciação, depende da carga do explosivo a ser detonado. Chama-se massa crítica, à quantidade de explosivo que assegura a detonação para uma certa iniciação.

Em geral, os explosivos com boas características de iniciação, iniciadores, têm elevada velocidade de detonação e forte brisância.

5.2. Sensibilidade à Detonação por Simpatia ou Por Influência: É o ensaio de fazer um explosivo iniciar-se por detonação de outro, em suas proximidades. É medida pelo "teste do intervalo" (gap test) e forne-

ce um valor aproximado, pois há inúmeras variáveis que podem influenciar no comportamento do explosivo. O teste consiste em posicionar axialmente os dois explosivos, verticalmente, separando-os por distâncias variáveis. O resultado é expresso na mínima distância (um múltiplo de 1 polegada) para a qual haja três falhas seguidas no cartucho receptor (norma USA).

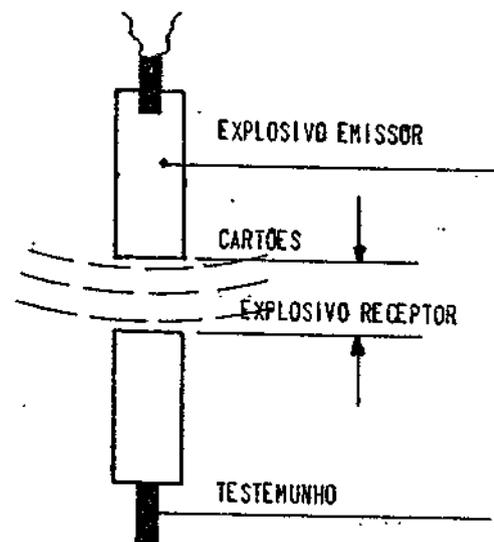


FIGURA 17 - TESTE DO INTERVALO ("GAP TEST")

Face ao caráter aleatório da distribuição da energia de uma detonação, é sempre de bom alvitre tomar todas as precauções possíveis no sentido de interpor obstáculos entre explosivos armazenados e o canteiro de obra. Recentemente, na França, uma instalação explodiu por simpatia, quando a distância entre oficinas era julgada segura. Considerando o rigor das normas de segurança daquele país, verificamos que é sempre conveniente isolar e não somente limitar os riscos de detonação por simpatia.

5.3. Sensibilidade ao Calor: É o ensaio de fazer o explosivo decompor-se quando submetido a elevadas temperaturas. É medido pela temperatura de explosão, já vista. Normalmente as temperaturas de explosão são superiores a 100°C, dificilmente atingíveis na manipulação. Há contudo, um importante fator a considerar quando se submete o explosivo a temperaturas da ordem de 40°C: a estabilidade química. Todos os compostos explosivos sofrem os efeitos de temperatura, modificando sua estrutura química e, por vezes, liberando produtos altamente sensíveis a choque, atrito ou mesmo calor.

É importante, portanto, evitar armazenamento ou longas exposições dos explosivos a temperaturas elevadas. Mesmo para uso imediato, é sempre conveniente manter os explosivos em locais frescos e ventilados.

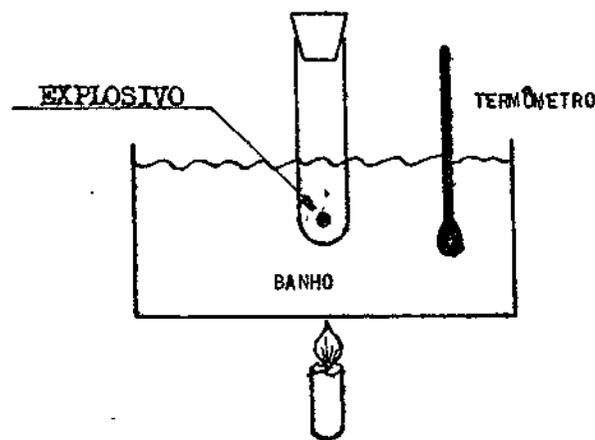


FIGURA 18 - TESTE DE SENSIBILIDADE AO CALOR

5.4. Sensibilidade ao Choque: É o ensaio de fazer o explosivo detonar quando submetido a choques mecânicos.

Os choques ocorrem na manipulação e transporte de explosivos ou carregamento de furos. Os explosivos devem possuir uma tão baixa quanto compatível sensibilidade ao choque, por razões de segurança.

O ensaio experimental é feito no aparelho "carneiro mecânico" (FIGURA 19), no qual a massa de 0,1g do explosivo é submetida ao choque de um martelo (em geral 2kg) que cai de altura variável. Há diferentes métodos de avaliação de resultados. O mais difundido é aquele que considera pelo menos um ensaio positivo (com detonação) em dez ensaios realizados. A altura de queda do martelo é considerada a "sensibilidade ao choque" do explosivo.

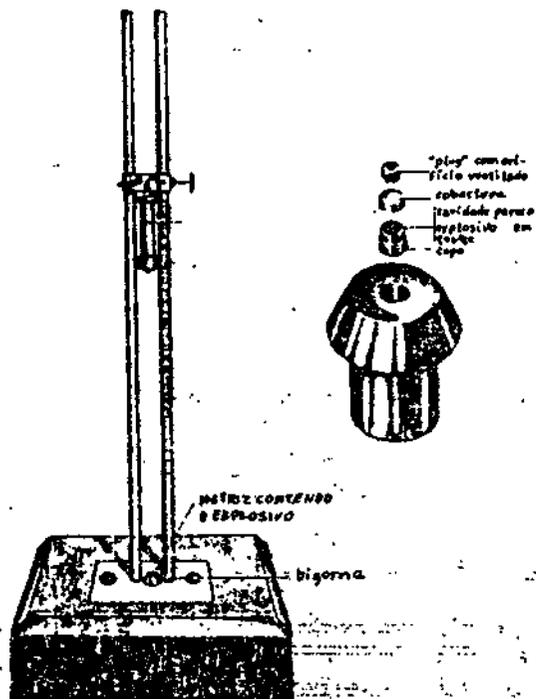


FIGURA 19 - TESTE DO CARNEIRO MECÂNICO

Todos os explosivos Piquete são exaustivamente testados e possuem valores considerados seguros nos testes de sensibilidade a choque.

TABELA 12: Alguns valores de sensibilidade ao choque

EXPLOSIVO	ALTURA DE SENSIBILIDADE (cm) (1)
N G	20
T N T (2)	100
PV-15	150
TUNEX	150

- (1) - Referenciados ao modo operatório
- (2) - Considerado dos mais insensíveis explosivos militares

5.5. Sensibilidade ao Atrito: É o ensaio de fazer explosivo detonar quando submetido ao atrito.

O ensaio prático mais comum é o do "pêndulo de atrito". O aparelho consiste de um pêndulo com uma sapata que atrita, a cada passagem, com o explosivo.

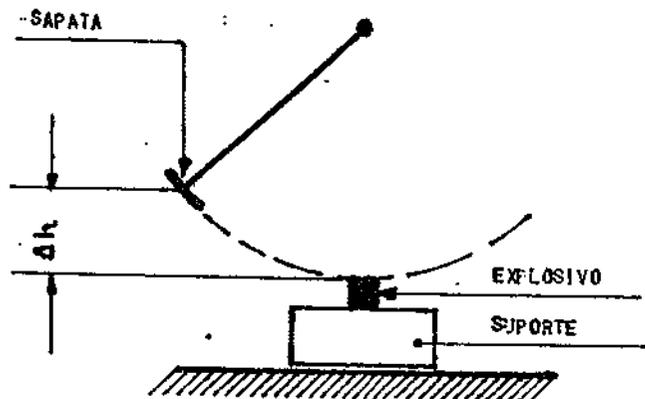


FIGURA 20 - PÊNULO DE ATRITO

de 30cm; diâmetro de 5cm, resultando em peso de 0,913kg.

A energia liberada por este cartucho é:

$$E = (Q_v) \cdot (\text{massa}) = (960 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}) \cdot (0,913 \text{ kg}) = 895 \text{ kcal},$$

que é liberada em $\frac{0,30\pi}{6435 \pi/\text{seg}} = 47 \times 10^{-6} \text{ seg},$

que gera uma potência de:

$$\dot{W} = \frac{895 \text{ kcal}}{47 \times 10^{-6} \text{ seg}}$$

$$= 80 \times 10^6 \text{ KW} = 80.000 \text{ MW}$$

Considerando a capacidade máxima de Itaipu, que é de 12.600 MW, a potência do cartucho será cerca de 6 vezes maior.

Evidentemente, a incrível potência demolidora é desenvolvida em tempo muito curto, mas suficiente para provocar os efeitos desejados, isto é: fratura e arremesso da rocha.

É importante lembrar que há uma sensível diferença entre energia disponível e energia utilizável. A diferença reside na degradação de par-

6. O EXPLOSIVO E O MECANISMO PRIMÁRIO DE FRATURA DE ROCHAS

6.1. Informação Preliminar: "O PODER DE CONCENTRAÇÃO" DE

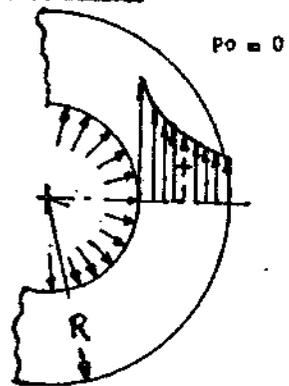
ENERGIA: Na conceituação do explosivo vimos que a principal característica dos explosivos era a enorme velocidade de liberação de energia. Face a esta propriedade, é possível obter uma apreciável concentração de energia, de forma a tornar possível os desmontes de rocha.

Como exemplo, citamos um cartucho de Amatol 50-50 (50% de TNT e 50% de NA) com comprimento

te da energia disponível em trabalho perdido, associado às variações líquidas (aumento) de entropia entre explosivo e meio ambiente.

6.2. Conceituação de Estado de Tensões: Para bem compreendermos o mecanismo primário de fratura de rocha, podemos associar o desmonte de rochas ao estudo de um cilindro de paredes espessas submetido a pressão interna (FIGURA 21).

TENSÕES TANGENCIAIS



TENSÕES RADIAIS

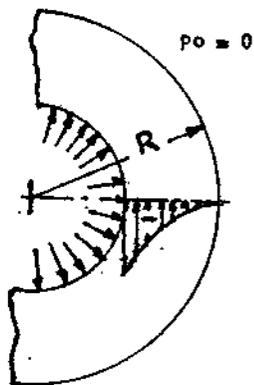


FIGURA 21 - DIAGRAMA DE TENSÕES EM CILINDRO SUBMETIDO A PRESSÃO INTERNA

A FIGURA 21, mostra-nos um diagrama de esforços. As tensões tangenciais são positivas ou de tração e as radiais são negativas ou de compressão.

A FIGURA 22, mostra-nos a existência de dois tipos de tensões: tangenciais e radiais, podendo cada uma delas ser de tração (positiva) e de compressão (negativa).

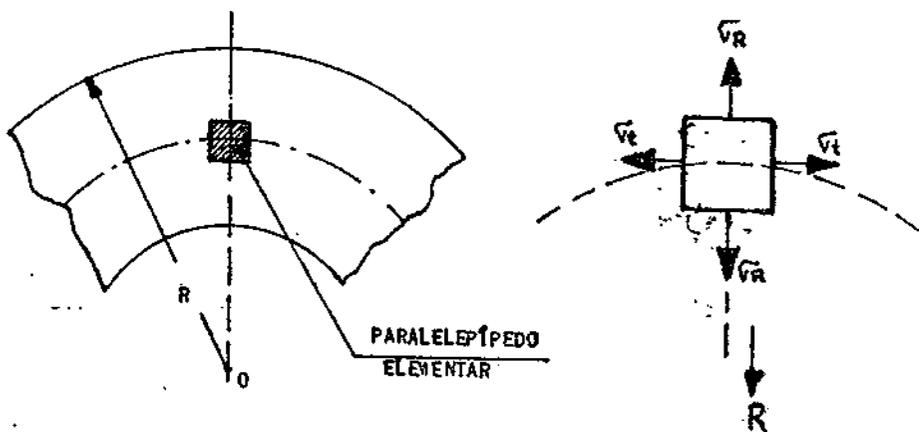


FIGURA 22 - PARALELEPÍPEDO ELEMENTAR E TENSÕES

que pressão de detonação, brisância e velocidade são propriedades com forte correlação.

4.4.6. Velocidade: É a velocidade de decomposição ou de reação do explosivo.

A velocidade de um explosivo pode ser avaliada teoricamente, através fórmulas empíricas. Há vários métodos de consecução prática da medida de velocidade.

Dentre eles, podemos citar:

CENSOR COM REGISTRO CONTÍNUO (FIGURA 14)

É um método que utiliza um sensor resistivo e é capaz de descrever toda a evolução da reação. É aplicado em pesquisas ou trabalhos mais acurados, tais como pesquisas aplicadas.

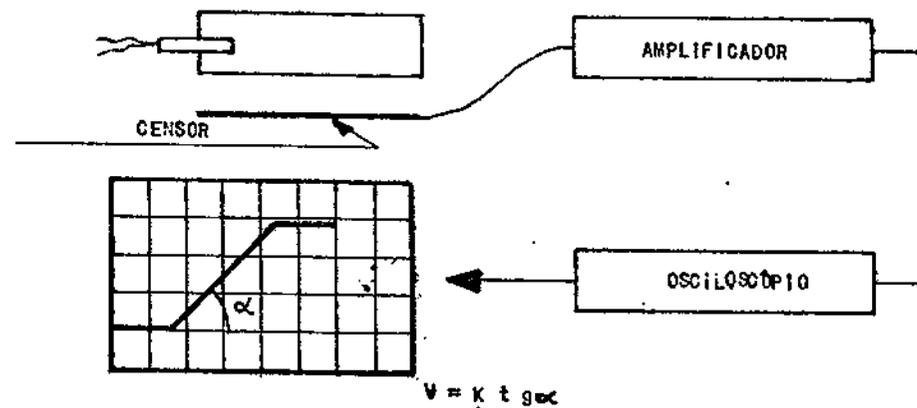


FIGURA 14 - MÉTODO DO REGISTRADOR CONTÍNUO

6.3. Estado de Tensão e Detonação em Materiais Isotrópicos:

cos:

A FIGURA 26, mostra-nos os diagramas de tensões ocorrentes em materiais isotrópicos, isto é, homogêneos sem propriedades orientadas; (os materiais cristalinos têm determinados sentidos preferenciais e são portanto, anisotrópicos).

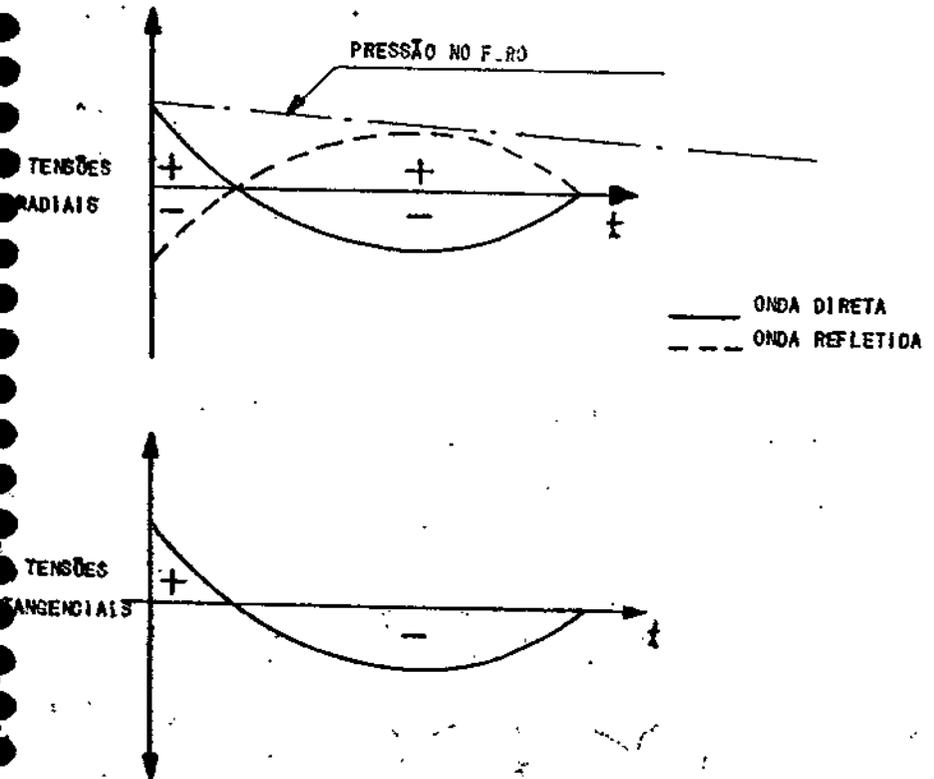


FIGURA 26. - DIAGRAMA DE TENSÕES NA VIZINHANÇA DE UMA DETONAÇÃO EM MATERIAL ISOTRÓPICO

NOTA: Tanto os diagramas de tensões, quanto as conclusões a seguir, são frutos de experimentos realizados em detonações em placas de "plexiglass", fotografadas com câmaras de alta velocidade (orden de microsegundos).

6.4. Características de Resistência das Rochas:

Os materiais rochosos tais como o concreto, têm em geral, elevada resistência à compressão e baixa resistência à tração. É por esta razão que o concreto é armado com vergalhões de aço. O concreto resiste à compressão e o aço resiste à tração. A combinação dos dois, promove grande relação resistência/peso.

É, portanto, esperado que nos desmontes a rocha seja fraturada por tensões de tração.

6.5. Sequência dos Fenômenos numa Detonação em Material Homogêneo:

A FIGURA 27 ilustra a sequência dos fenômenos verificados em detonação de material homogêneo, sequência esta detalhada a seguir e que deve ser acompanhada pela leitura das FIGURAS 24, 25 e 26:

1. A elevadíssima pressão durante a decomposição do explosivo, deforma e esmaga a rocha do contorno, provo-

cando alargamento de cerca de duas vezes no diâmetro original.

2. As tensões tangenciais são positivas ou de tração. A rocha não resiste e fissa-se radialmente, formando uma figura conhecida como rosa de fissuras.

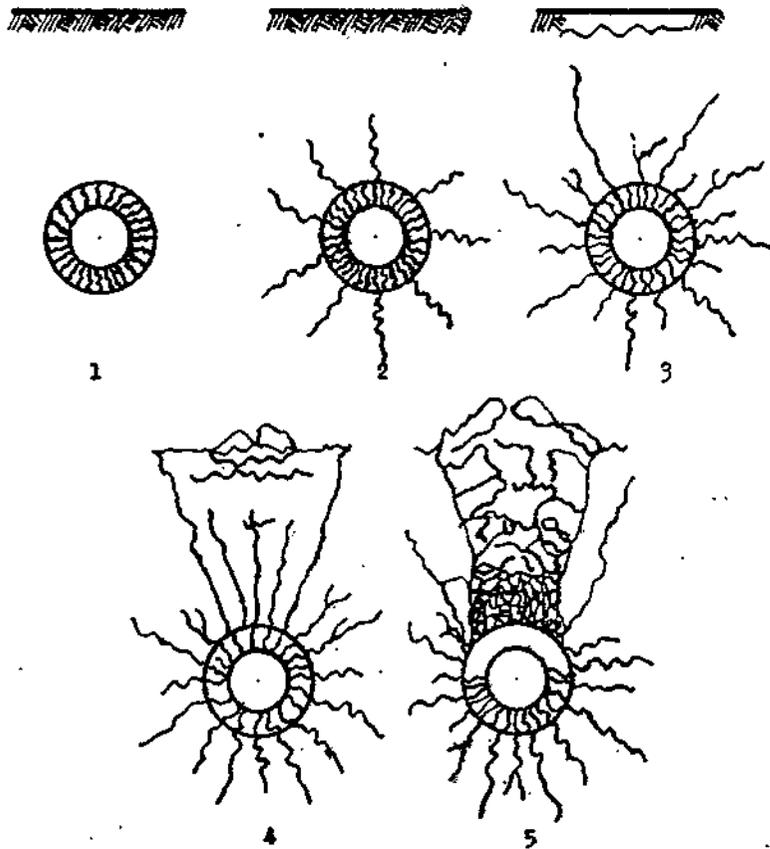


FIGURA 27 - VISUALIZAÇÃO SEQUENCIAL DE FRATURAS

3. A onda de choque caminha pela "rocha" circunferencialmente (considerando um estado de tensões biaxial, o que é aproximadamente verdadeiro). Chegando à face livre "bancada", a quantidade de movimento imprimida às partículas produz o chamado efeito de bola de bilhar, ilustrado na FIGURA 28.

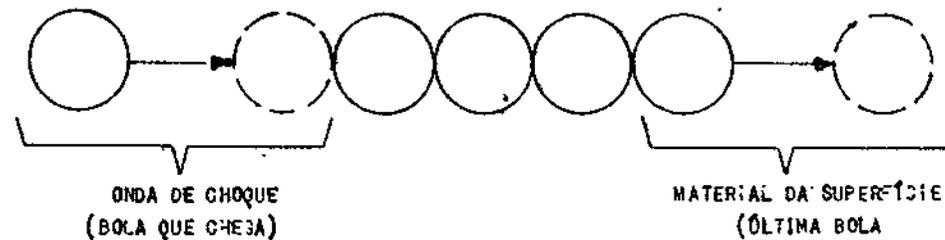
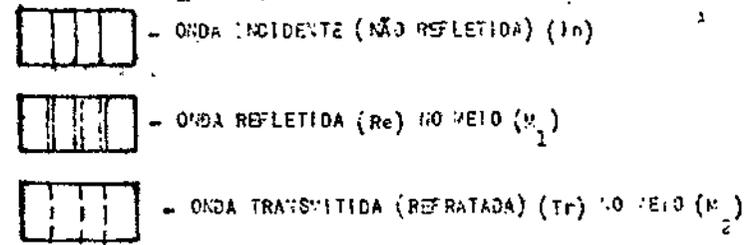


FIGURA 28 - EFEITO DA BOLA DE BILHAR

É o que ocorre numa mesa de bilhar quando se lança uma bola contra uma coluna de outras bolas, todas iguais e axialmente alinhadas. Pela equação da conservação da quantidade de movimento e elasticidade das bolas, a última parte com a velocidade da bola chegada ao grupo.

Tal fato, ocorre nos desmontes de rocha e torna-se perigoso se as rochas são fragmentárias. Neste caso, pode haver o lançamento das partículas livres. Além do perigo à segurança pessoal e material das vizinhanças, há destruição ou esburacamento da face livre da bancada, comprometendo o acabamento da obra.

4. Segundo mostrado na FIGURA 29, a energia da onda de choque, encontrando a descontinuidade de meios (rocha e ambiente) na face livre, divide-se em energia refratada (pela onda refratada) e energia refletida, tal como ocorre nas leis de ótica. A onda refratada provoca perturbações atmosféricas (efeito de sopro), que em geral deve ser bem estudado, caso haja construções nas proximidades da obra.



AB - SUPERFÍCIE DE SEPARAÇÃO DOS MEIOS REFRAINGENTES (M_1) E (M_2)

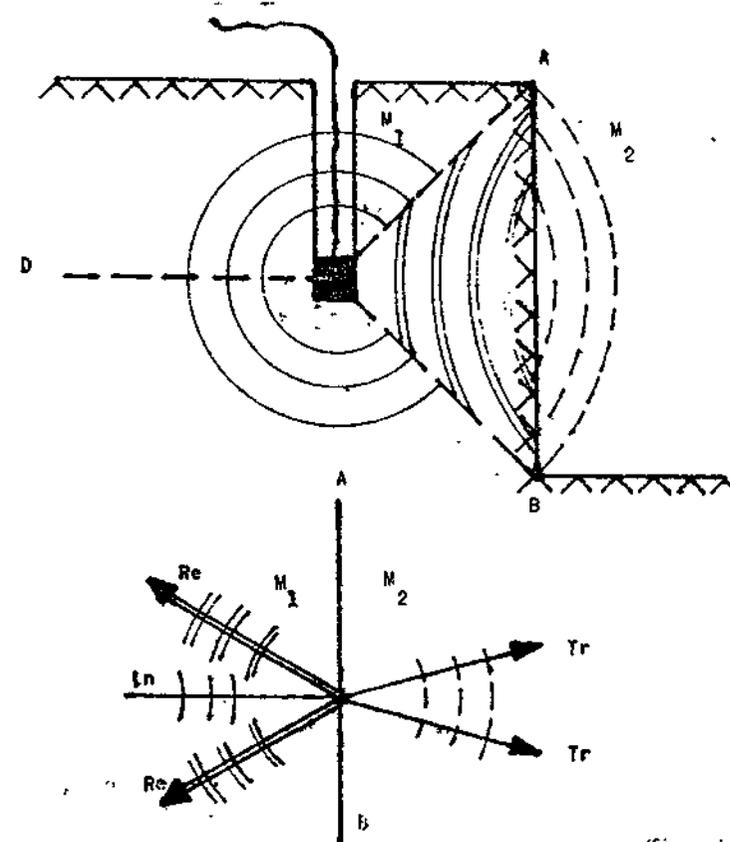


FIGURA 29 - REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA ONDA DE CHOQUE

A onda refletida inverte as tensões na rocha, inicialmente comprimindo-a (tensões radiais) o que não provoca efeitos sensíveis. Passa por um máximo para novamente inverter-se, provocando esforços de tração. Quando os valores das tensões de tração atingem o limite de resistência do material, inicia-se um processo de fragmentação tangencial ou circunferencial.

A análise diz respeito ao primeiro harmônico das ondas de choque. Evidentemente o fenômeno é de extrema complexidade e as interações de tensões de tração e compressão, radiais ou tangenciais, são de difícil análise e previsão, sendo função de inúmeras variáveis relacionadas ao explosivo, rocha e plano de fogo.

Como informação, vejamos a ordem de grandeza da energia envolvida nesta fase, em geral chamada de "fase dinâmica".

Teoricamente, é aceito que a energia contida nas ondas de choque, representa 5 a 15% da energia total do explosivo; adotemos o valor 9%.

Suponhamos que o explosivo seja suficiente-

mente longo, de forma a que possamos assumir um estado de tensões biaxial (ondas de choques cilíndricas).

Em geral a rocha fratura-se segundo um "ângulo" de quebra de 120° , segundo ilustrado na FIGURA 30.

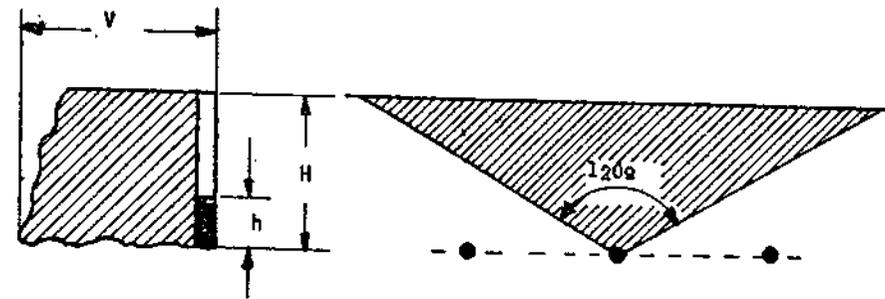


FIGURA 30 - ÂNGULO DE QUEBRA DA ROCHA

Portanto, a energia aproveitada no fraturamento seria $(120^\circ/360^\circ) \cdot 9\% = 3\%$, que chega a ser um resultado surpreendente, porém verificado experimentalmente.

5. Fraturada a rocha, falamos da "fase estática" ou de ação da "pressão estática". Os gases libera-

dos na detonação provocam uma pressão elevadíssima no furo. Como visto, ocorre o esmagamento da "rocha" do contorno. Aberta as primeiras trincas radiais (rosa de fissuras), a pressão interna no furo alarga e prolonga consideravelmente as fraturas. Como é um efeito lento em relação ao fraturamento, este último praticamente termina antes que o efeito de deslocamento do maciço ocorra. Então, inicia-se a fase denominada de arremesso, que nada mais é que uma impulsão do maciço fragmentado ou não (função da brisância do explosivo) pelos gases em expansão, tal como no lançamento de um projétil por arma de fogo.

Dai a importância do volume gasoso liberado pelo explosivo, pois ele está intimamente relacionado ao arremesso pretendido.

Agora podemos deduzir:

- para rochas duras e tenazes, o explosivo indicado é aquele de alta velocidade, ou seja, brisante para provocar o efeito de fraturamento;
- para rochas macias e fragmentárias é o

de baixa velocidade.

6.6. Teoria Elementar do Corte Prévio ("PRE-SPLITTING BLASTING")

O desenvolvimento de técnicas de fabricação de explosivos e de perfuratrizes, aliada à crescente sofisticação demandada pelas obras, permitiu a evolução de várias técnicas específicas de desmonte ou "fogo controlado".

O corte prévio é uma destas técnicas, e é aplicado quando é desejada uma parede tão regular quanto possível, como por exemplo, na abertura de canais.

A técnica consiste em fissurar previamente o maciço a ser deslocado, segundo uma orientação desejada. É análogo ao processo de corte de vidros.

Consideremos a FIGURA 31 e analisemos as tensões dos paralelepípedos elementares. Suponhamos que o elemento A esteja sofrendo a influência da detonação em O e que o elemento B a sofra de O!

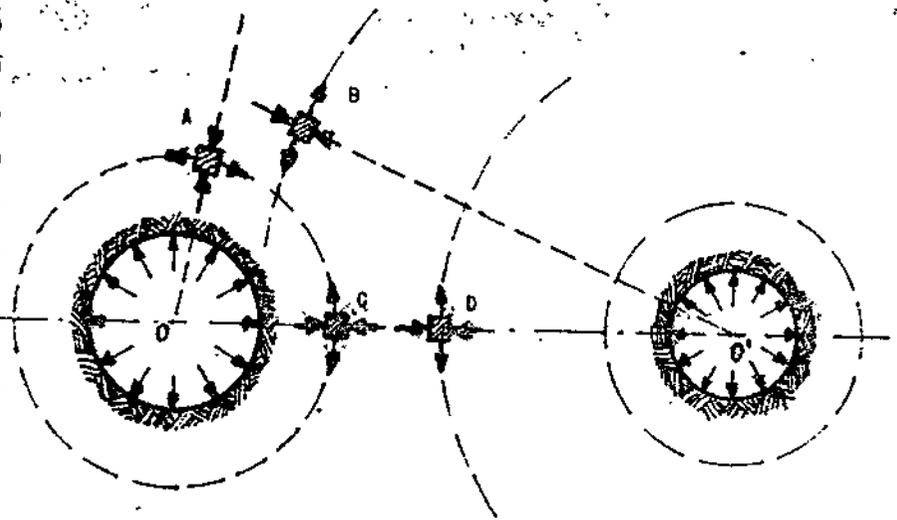


FIGURA 31 - TEORIA ELEMENTAR DO CORTE PRÉVIO

É fácil verificar quando fizermos tender um elemento para o outro que a composição de tensões dará uma redução dos efeitos, por anulação. Em contrá partida, verificamos que se C recebe influência de O e D de O', as tensões de compressão tender a anular-se e as de tração tangencial somam-se, assumindo valores de pico, ou seja, na linha OO' ocorrerão os máximos de tensões tangenciais de tração. Face à baixa resistência à tração das rochas, teremos uma linha de corte regular segundo OO'. O efei-

to é aprimorado pela realização de furos não carregados na linha de corte prévio, de modo a melhor orientar as fraturas na rocha, segundo a FIGURA 32.

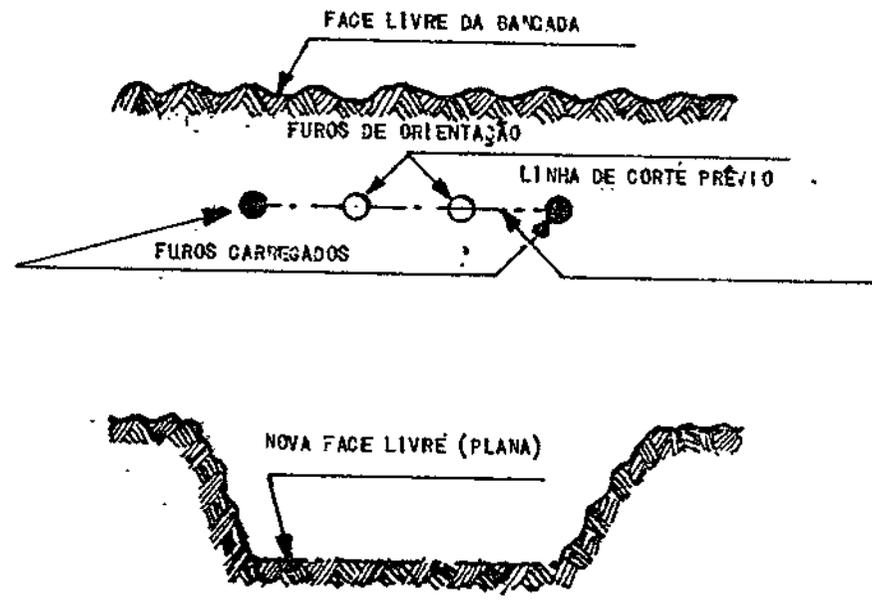


FIGURA 32 - ESQUEMA DE EVOLUÇÃO DE DESMONTE DE BANCADA

7. CONCLUSÃO

A competitividade do mercado brasileiro, cuja tendência natural é aumentar, obriga o apuro da técnica, como forma de sobrevivência.

A improvisação, que em geral conduz à insegurança e pesados custos, tornou-se incompatível com as atuais exigências brasileiras.

O trabalho técnico e consciente, ou seja, PROFISIONAL, exige um nível razoável de especialização.

Fornecer este nível de especialização, foi o objetivo do nosso trabalho.

Informações adicionais podem ser conseguidas na Fábrica Presidente Vargas, Piquete, Estado de São Paulo - C E P 12.620.

BIBLIOGRAFIA

1. MILITARY EXPLOSIVES - U.S.A. GOVERNMENT - 1966
2. THE SCIENCE OF HIGH EXPLOSIVES - MELVIN A. COOK - 1958
3. THE MODERN TECHNIQUE OF ROCK BLASTING - U. LANGEFORS AND B. KIHLSTRÖM
4. THE MECHANISMS OF ROCK BLASTINGS - C.H. JOHANSSON AND P.A. PERSON
5. MANUAL DE PERFURAÇÃO DE ROCHA - CURT HERRMANN
6. FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA CLÁSSICA - VAN WYLEN SONNTAG



Indústria de Material Bélico do Brasil

EMPREGO GERAL DOS EXPLOSIVOS

**Extração de Rocha a
Céu Aberto**

Filial N.º 1 - Fábrica Presidente Vargas

PIQUETE - S. PAULO - BRASIL

1981

G. Gayle
UFMB - 1991

EMPREGO GERAL DOS EXPLOSIVOS

EXTRAÇÃO DE ROCHA A CÉU ABERTO

EXTRATO REVISADO E AMPLIADO
DO "MANUAL PARA O USO DE EX-
PLOSIVOS - FÁBRICA PRESIDEN-
TE VARGAS - 1971"

REVISOR:

ENG LUIZ SÉRGIO BUENO DE MATTOS
IMBEL - DIRETORIA DE MERCADOLOGIA
DEPARTAMENTO TÉCNICO

R E S U M O

1. GENERALIDADES SOBRE EMPREGO DOS EXPLOSIVOS
2. DESMONTE DE ROCHA A CÉU ABERTO
3. PLANO DE FOGO - DETERMINAÇÃO TEÓRICA
4. CONCLUSÃO
5. BIBLIOGRAFIA

1. GENERALIDADES SOBRE EMPREGO DE EXPLOSIVOS

1.1. Detonação

Para fins de emprego industrial, a reação explosiva denominada DETONAÇÃO é de particular interesse, devido a sua propagação dar-se por ondas de choque que irão atuar no mecanismo de fratura de rocha, seguindo a expansão e liberação dos gases da reação, que lançarão o material fragmentado.

O conhecimento e aproveitamento deste fenômeno, permite a realização de inúmeros trabalhos que, se não impossíveis de execução pelo homem, seriam por demais onerosos.

1.2. Escolha do explosivo

Um dos principais problemas que ocorrem a um consumidor de explosivos, consiste na escolha do melhor produto para seu caso particular. Este fato é devido, muitas vezes, ao usuário não associar os diversos parâmetros do desmonte a executar com as características do explosivo a ser empregado.

1.2.1. Tipo de equipamento

Ao falarmos em tipo de equipamento, queremos diferenciar aqueles capazes de produzir furações de pequeno diâmetro (martelêtes) dos

que permitam a execução de furos de maior diâmetro (a partir de 1 3/4") como os "Wagon-drills" e perfuratrizes.

Os equipamentos de pequeno diâmetro, quando não exigidos devido as restrições e peculiaridades do trabalho, representam um menor empate de capital inicial, porém, furações menores apresentam sempre menores rendimentos, em função de maiores custos operacionais. Normalmente, os trabalhos que necessitam grandes capacidades de desmonte de rocha utilizam furação de grande diâmetro. Os equipamentos necessários à sua execução são normalmente o objetivo racional e econômico para o qual tendem os consumidores de explosivos.

Os maiores diâmetros permitem maiores concentrações de carga por furo, o que facilita a possibilidade de obter-se um desmonte mais econômico.

Em termos de equipamento devemos ainda avaliarmos e dimensionarmos os meios de carregamento e transporte do material detonado.

1.2.2. Tipo de rocha a ser extraída

As características do maciço a ser detonado é um dos fatores de maior importância na escolha do explosivo.

Como veremos, o método mais aprimorado para a escolha baseia-se na interação do explosivo com o material rochoso através da determinação e confronto, da impedância de cada elemento.

Lembrando-se do desenvolvimento da detonação na sua fase de fragmentação e arranque, poderíamos dizer que o ideal seria trabalhar-se sempre com explosivo de velocidade e densidade elevadas e conseqüente maior brisância, utilizando-se assim de altas pressões no desmonte. Porém os diferentes tipos de rocha com características tão variáveis como a resistência à tração, compressão e cisalhamento, afetam o resultado de uma detonação, visto que estas resistências deverão ser vencidas pelos efeitos do explosivo.

O fato das rochas manterem muito poucas vezes sua homogeneidade, dentro de cada tipo, além de dificultar a escolha, requer do res-

responsável pelo desmonte, a atenção e preparo necessários para eventuais mudanças.

Fissuras e falhas podem modificar total ou parcialmente a resistência da rocha em relação à atuação do explosivo. Em zonas com existência de falhas - onde a resistência da rocha em seu conjunto depende do atrito entre distintos planos - ou em maciços altamente fragmentados, a performance da detonação será em função destas situações, mesmo que a rocha tenha como características elevada dureza.

Resguardando-se dessas variações litológicas, podemos dizer que rochas duras do tipo granito, basalto e gnaisses necessitam de explosivos de alta velocidade e maior densidade; enquanto que as rochas brandas, como o calcário e alguns arenitos, bem como maciços altamente fragmentados podem ser operados com explosivos mais lentos e de menor densidade.

1.2.3. Condições de umidade.

Quando se utiliza um explosivo, é lógico que se deve esperar do mesmo seu rendimento máximo; consequentemente, devemos propiciar

ao explosivo as melhores condições ambientes a fim de que sua potência não venha a ser diminuída.

Sabemos que a água tende a encharcar os explosivos, dissolvendo os sais introduzidos em sua composição e reduzindo a sensibilidade do produto. Isto não quer dizer, em absoluto, que seja impossível trabalhar em furos preenchidos de água, pois que há explosivos imbecilizados a cada situação. Em detonações com presença de água e mesmo subaquáticas, nossos explosivos apresentam não só a vantagem de não se deteriorarem em presença de água, como também a de trabalharem nessas condições, com rendimento 10% superior ao nominal.

As dinamites gelatinosas, por exemplo, caracterizam-se pelo fato de possuírem uma relação sólido-líquido tal que praticamente impermeabiliza os cristais de substâncias solúveis, imputando-lhes uma resistência enorme à umidade, detonando mesmo após vários dias sob a água. A mesma resistência das dinamites amoniacais semi gelatinosas, está em função de acondicionamento. Em cartuchos de papel parafinado

resistem em média 24 horas e nos cartuchos de polietileno na ordem de 48 horas, considerando em ambos os casos, sob uma pressão máxima de 1 atmosfera.

Os explosivos tipo "Lama" (Slurry), por suas propriedades intrínsecas de composição, possuem grande resistência a água, sendo um dos produtos mais utilizados atualmente, não só por suas características de fabricação, como também pela vantagem de conseguir-se uma maior concentração de carga por furo e consequente economia de perfuração, obtendo-se excelentes resultados quando bem dimensionada.

1.2.4. Condições de aeração

A utilização de explosivos nem sempre é executada em condições ótimas de ventilação. No caso de túneis e minas onde o retorno a área de fogo se dá pouco tempo após a detonação, o emprego de "explosivos de segurança" se faz necessário. Há detonações praticadas a céu aberto em que o gás residual da detonação permanece por horas em torno do local de fogo; situação esta causada pela própria topografia

do terreno e/ou disposição da lavra.

Para esses casos especiais, a IMBEL dispõe em sua linha de explosivos do produto adequado, sempre que as condições de aeração não forem satisfatórias. Para isto, basta que se observe as especificações do produto quanto à sua classe de toxidez: (1) não tóxico; (2) parcialmente tóxico; (3) tóxico. Devemos lembrar também que, mesmo utilizando-se explosivos da classe (1), a frente de serviço deverá ter condições de ventilação, que forneça a quantidade mínima de 18% em volume de oxigênio. A NR-15, da Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho, especifica que "As situações, nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo deste valor, serão consideradas de risco grave e iminente.

Dos vários produtos IMBEL, de larga aplicação nos trabalhos subterrâneos, destaca-se o PV-15 CARBO, desenvolvido especialmente para a mineração de carvão, atendendo as exigências de segurança e rendimento, com resultados amplamente satisfatórios, nas carboníferas do Sul do país.

1.2.5. Potência do explosivo

Os EXPLOSIVOS IMBEL são produzidos segundo uma vasta gama de força ou efeitos úteis. A utilização de um produto para cada caso específico segue normalmente uma preferência e um conhecimento característico de cada usuário, relativamente ao tipo de rocha, e não necessita senão pequenas correções eventuais, em dependência de uma ocasional variação da textura do material.

Como já foi dito, o melhor processo de se escolher o explosivo correto, em função da rocha a ser extraída, é pelo método da interação do explosivo com o material rochoso, através do conhecimento da impedância de cada elemento.

Os que não possuem, entretanto, conhecimentos e meios para a sua determinação, podem utilizar, como base de raciocínio, o fato de que o explosivo de utilização mais geral é o de força 60%, ou seja, o correspondente a um efeito útil de cerca de 300cm³.

Em rochas brandas ou em matacões, devem

ser utilizadas velocidades e densidade mais baixas; em rochas de grande resistência ou se desejarmos obter maiores avanços das frentes de trabalho, deverão ser utilizados explosivos de maior velocidade e densidade.

Seguida essa regra geral e fixada aproximadamente a força da dinamite, é sempre conveniente executar pe enos tiros experimentais com forças próximas da inicialmente escolhida.

A observação simples do rendimento e da granulação do material arrancado indicará mais corretamente o explosivo adequado a cada caso.

1.3. Eficiência de confinamento

X A importância de um tamponamento é maior que a da espoleta e da natureza química do explosivo, pois, mesmo com um explosivo mal escolhido ou mesmo mal iniciado, mas perfeitamente tamponado, é possível obter-se melhor rendimento que com outro mais adequado e melhor iniciado, porém com tamponamento defeituoso ou absolutamente sem ele.

1.3.1. Hermetismo e Resistência

Como regra geral podemos dizer:

"Quanto mais lento um explosivo, tanto melhor e mais perfeito deve ser o tamponamento".

Podemos definir tamponamento como sendo o obstáculo à expansão dos gases, colocado no meio onde se dará a detonação. Nesta definição se englobam dois conceitos diferentes que, no entanto, se completam para aumentar os efeitos mecânicos da explosão:

- Hermetismo
- Resistência

Podemos especificar assim, mais nitidamente, em que consiste a perfeição de um tamponamento:

"O hermetismo deve ser tão mais estanque quanto mais lento seja o explosivo, e a resistência do tamponamento, tanto maior quanto mais dura for a rocha". Não basta, para se ter um tamponamento eficiente, atacar bem o furo até o local da carga; é necessário que na rocha não existam gretas ou fissu-

ras pelas quais os gases possam escapar. O tiro em muitas minas fracassa ou obtém arranques muito abaixo dos previstos, por não se levar em conta esse fator; além disso, não basta que as fissuras não estejam em comunicação direta com a mina; é necessário também que não se encontrem a pequenas distâncias do furo.

1.3.2. Comprimento e materiais do tamponamento

As observações práticas têm demonstrado que o tamponamento para pequenos diâmetros deve ser superior a meio metro, mas não deve exceder 1/3 do comprimento do furo.

Esta indicação tem por finalidade orientar o dimensionamento do tampão, quando houver variações topográficas e conseqüente diversificação nos comprimentos dos furos. Em desmontes onde a superfície perfurada mantém-se plana, pode-se adotar uma variação de 0,7 a 1,0 da distância entre duas carreiras de furos consecutivos ou da frente da bancada à carreira mais externa. Esta distância é denominada AFASTAMENTO (V), como veremos mais

adiante.

O melhor material para tamponamento é a água, por apresentar confinamento ideal. No entanto, por restrições operacionais, a sua utilização não é aconselhável na maioria das vezes. Os materiais mais empregados são: os resíduos provenientes da furação, desde que se consiga obter boa compactação; a areia e a argila, que podem ser consideradas adequadas ao tamponamento, principalmente quando ligeiramente úmidas.

O material de tamponamento deve ser comprimido fortemente, introduzindo-se no furo, sucessivamente, pequenas parcelas, que serão, em seguida, comprimidas com o atacador. Os atacadores deverão ser de madeira ou plástico. Os metálicos são de uso impróprio, pelo perigo que oferecem em produzir uma pré-iniciação da carga. A madeira ou plástico do "atacador" deve ser lisa e dura.

1.3.3. Vantagens do tamponamento na detonação.

Como complementação, podemos tecer alguns comentários sobre o comportamento do

o modo de tamponamento durante o fenômeno da detonação:

- Após o fraturamento da rocha, oriundo da "fase dinâmica", onde surgiram as fissuras radiais e tangenciais, inicia-se a "fase estática" ou de "pressão estática".

- Admitindo-se uma iniciação eficiente, o princípio da detonação do explosivo provocará a formação de um volume gasoso, o qual, por sua vez, será o responsável pelo grande aumento da pressão interna do furo.

- Esse aumento de pressão atua sobre a onda explosiva, acelerando-a cada vez mais, fazendo, conseqüentemente, com que o explosivo se decomponha com maior velocidade e mais rapidamente ocorra a formação de enormes volumes gasosos, que iniciam o arranque do tamponamento.

- À proporção que o tamponamento se escoa pela boca do furo, a formação gasosa irá não só compensando o aumento do

o volume da câmara de explosão, como também alargando as fissuras provenientes do fraturamento da rocha.

- Terminada a formação gasosa, o volume gerado exercerá sua ação mecânica, impulsionando o maciço à frente. A saída do tamponamento, ligeiramente antes deste momento, não influenciará sensivelmente no rendimento do explosivo, sendo na realidade, o que ocorre na prática em detonações bem orientadas.
- Diferentemente, num furo mal tamponado, ou mesmo sem tamponamento, ao ser iniciada a ação da "pressão estática", o rápido escoamento dos gases pela boca do furo pode comprometer ou não produzir o efeito de lançamento esperado.

1.3.4. Redução dos gases tóxicos

Em se falando de formação de gases tóxicos, as detonações à altas pressões, características de furos bem tamponados, realizam-se segundo combustões perfeitas a altas temperaturas não permitindo a formação sensível de

gases nitrosos ou monóxido de carbono.

Apesar da baixa aceitação e pouca aplicação do tamponamento nas minerações subterrâneas do país, o não tamponamento significa perda no rendimento e redução no padrão de segurança.

A ausência de tamponamento ou o seu uso inadequado, podem fazer com que os efeitos da detonação não sejam completados. No tamponamento inadequado, o material usado para esse fim poderá ser projetado para fora junto com os gases, em forte jorro sibilante, causado pela queima desses gases com o oxigênio da atmosfera. Uma detonação desse tipo, além de implicar em perda de tempo, carga e condições da frente de trabalho, pode ainda ocasionar sérios acidentes em atmosferas de pó de carvão e/ou com ocorrência de gás metano.

DESMONTE DE ROCHA A CÉU ABERTO

O trabalho de desmonte de rochas na construção civil e minerações é efetuado por uma série de etapas, destacando-se o correto emprego do explosivo como fator

de rendimento e economia. A aplicação do explosivo no maciço rochoso ou no corpo do minério se fará através da execução de um ou mais furos, convenientemente dimensionados e corretamente iniciados, a fim de obter-se os resultados esperados.

2.1. Bancadas

Dentre as várias modalidades de desmonte, a maneira mais usual e racional consiste na execução de uma bancada adequada. Denomina-se bancada a forma dada ao maciço a ser lavrado por detonações sucessivas. Uma bancada consta, essencialmente, de três planos (FIG 1). Dois planos são horizontais, o mais elevado formando o topo da bancada e o inferior "praça" da bancada. O terceiro plano é vertical ou levemente inclinado em relação à vertical e forma a face da bancada. A razão desta configuração dada ao terreno reside na necessidade de se obter o máximo possível de superfícies livres, na direção das quais o explosivo pode agir com intensidades e efeitos máximos.

Todos os trabalhos preparatórios devem conduzir à rápida formação da bancada projetada e os trabalhos posteriores devem ser desenvolvidos no senti-

2.2 do, da manutenção desta forma.

Uma bancada bem dimensionada e bem trabalhada apresenta as seguintes vantagens:

- a) maior rapidez do serviço;
- b) maior produção diária;
- c) melhor programação dos serviços;
- d) melhor plano de ataque e melhor plano de fogo;
- e) maior economia.

No sistema de desmonte por bancadas, muitas vezes é conveniente, para melhor aproveitamento do maciço, trabalhar em duas ou mais frentes de serviço, de acordo com a necessidade de material e otimização dos equipamentos.

Teoricamente, não há limite na altura de uma bancada, nem no número de furos a serem executados e detonados simultaneamente. Na prática, porém, bancadas muito altas tornam-se perigosas, mais difíceis de serem perfuradas e, portanto, mais caras.

Os dados conhecidos a respeito das bancadas de médias e grandes minerações dão o

seguinte quadro comparativo:

CARACTERÍSTICAS	EUROPA	USA
Alturas (metros).	15 a 30	9 a 15
Diâmetro do furo (pol)	3 a 4	6 a 15
Explosivo (g/ton)	30 a 100	100 a 200

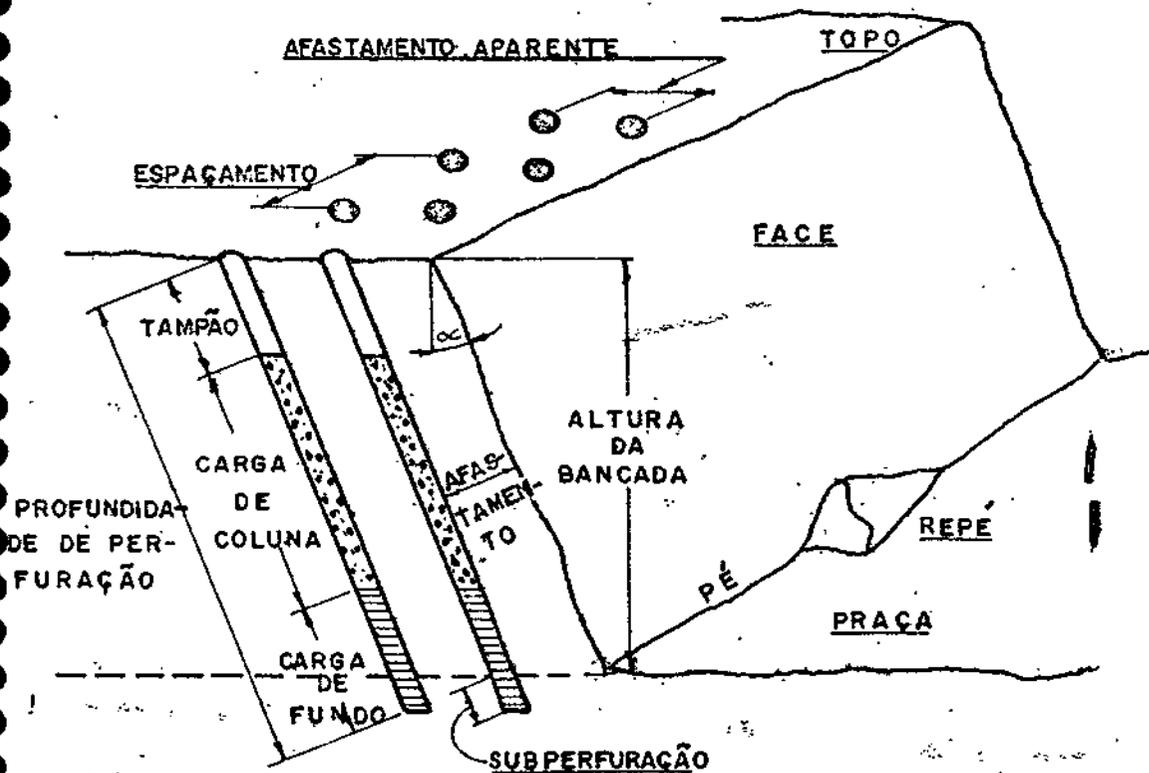


FIG 1

2.2. Plano de fogo

O cálculo dos diferentes elementos pertencentes a uma bancada, denominado "PLANO DE FOGO", resume-se, em última análise, na determinação da razão de carregamento de explosivos.

A base teórica disponível para os cálculos fundamenta-se em valores empíricos, proporcionados pelos ensaios com explosivos e por resultados práticos de campo.

A unidade "razão de carregamento" ou "carga específica" apresenta a relação entre a quantidade de explosivo e o volume de rocha arrancado.

O conjunto de elementos necessários à determinação do plano de fogo, apresentado a seguir, refere-se a bancadas executadas em granito ou gnaíse, tendo como explosivo a linha de produtos IMBEL.

2.2.1. Diâmetro do furo

O diâmetro do furo depende normalmente do equipamento de perfuração disponível. No caso de aquisição, seu dimensionamento será função da produção desejada e dos equipamentos de carregamento e transporte.

Na prática, quanto maior o furo mais al-

ta poderá ser a bancada. Esta relação é mais uma consequência da produção do que propriamente uma inter-relação matemática.

Existe também uma regra prática que relaciona o diâmetro do furo em polegadas com o volume da caçamba da carregadeira em jardas cúbicas.

$$\text{Vol da caçamba (yd}^3\text{)} = \text{diâmetro do furo (pol)}$$

Na utilização normal de equipamentos, verifica-se uma tendência para a aplicação dos seguintes valores:

- pedreiras..... 1" a 3"
- construções de estradas..... 1" a 4"
- grandes desmontes e minerações a partir de 2"

Tabela indicativa, construída com base em dados práticos e interpolações simples.

DIÂMETRO (pol)	ALTURA DAS BANCADAS (m)
1	3 a 4
1 1/2	6 a 8
2	10 a 15
3	12 a 17
	continua...

continuação

DIÂMETRO (pol)	ALTURA DAS BANCADAS (m)
4	13 a 18
5	15 a 20
6	17 a 22
8	20 a 25
10	22 a 27
11	25 a 30

2.2.2. Altura da Bancada

Fixado o diâmetro, pode-se julgar a parte do equipamento capaz de executar o trabalho e dimensionar a altura da bancada. Não sendo aconselhável alturas exageradas, devido à possibilidade de desvios na direção dos furos, a tabela a seguir apresenta alturas de bancadas em função do equipamento empregado.

EQUIPAMENTO	ALTURA
Perfuratrizes manuais	H < 4m
Béncher	4m < H < 8m
Wagon Drill	H > 8m
	continua...

continuação

EQUIPAMENTO	ALTURA
Crawler Drill	H > 8m
Super Drill	

Naturalmente, esses valores, como os da tabela anterior, poderão sofrer modificações, de acordo com o terreno e com as características próprias do trabalho, devendo ser vistas, portanto, como ordem de grandeza para uma estimativa numérica aproximada.

2.2.3. Sub-Perfuração

A necessidade de aumentar a furação além da cota a ser escavada decorre do engastamento da rocha no pé da bancada. Caso não seja observada a sub-perfuração, poderá a base não ser arrancada ao nível desejado, surgindo no pé da bancada o conhecido "repê".

O "repê" exigirá perfurações secundárias de acabamento, além de provocar atrasos nos serviços de limpeza da frente.

Valores a serem adotados na sub-perfuração, aconselhados por alguns autores:

$S = 0,3V$ ou $S = 1/10 H$ isto é; um acréscimo de 30% do afastamento ou 1/10 da altura da bancada.

Por outro lado, a sub-perfuração, em princípio, não deve ser superior a 1,0m, pois aumentará o consumo do explosivo, não se obtendo praticamente vantagem alguma deste fato.

Somente o desenrolar dos trabalhos indicará o melhor valor da sub-perfuração, aumentando-o até eliminar o "repê" ou diminuindo-o, se constatarmos estar havendo excesso de escavação no pé da bancada.

Assim, o comprimento total do furo executado (tratando-se de furos verticais) tem o seguinte valor:

$$H_1 = H + 0,3V$$

2.2.4. Ângulo de Furação (α)

Apesar do emprego habitual de furos verticais, devido principalmente à facilidade de execução, os furos inclinados são teoricamente mais adequados, por apresentarem algumas vantagens:

- a) aumento da fragmentação na parte correspondente ao tampão;
- b) melhor estabilidade da face da bancada;
- c) maior facilidade de arranque no pé da bancada;
- d) redução no excesso de escavação;
- e) melhor lançamento, facilitando a limpeza da frente.

Para obtermos os resultados esperados, os furos devem ser conduzidos na inclinação correta, para que o afastamento (V) no fundo do furo permaneça regular.

Ângulos entre 10° e 20° têm-se mostrado mais adequados, sem aumento de dificuldades de perfuração.

A profundidade total de furos inclinados deverá ser:

$$H_1 = \frac{1}{\cos \alpha} (H + 0,3V)$$

2.2.5. Afastamento

Denomina-se "afastamento" a distância

entre a frente da bancada (face livre) e a primeira carreira de furos ou entre duas carreiras consecutivas. Sendo (d) o diâmetro do furo em milímetros, o afastamento máximo é dado por

$$V_{max} = 45 \text{ a } 50.d$$

Na prática, raramente utiliza-se o V_{max} , por levar-se em consideração a menor ou maior precisão da perfuração. Os desvios variam de 10% para perfuratrizes mecânicas e de 20% para perfuratrizes manuais, reduzindo assim o afastamento de projeto.

$$V = 0,9 V_{max}$$

a

$$V = 0,8 V_{max}$$

Pode-se adotar, com boa margem de precisão, a seguinte fórmula

$$V (m) = d (pol)$$

2.2.6. Espaçamento

Dá-se o nome de espaçamento a distância entre dois furos de uma mesma fila. A deter-

mineração do espaçamento se faz segundo a relação:

$$1,20V \leq E \leq 3V$$

Ou mais comumente, para malhas retangulares:

$$E = 1.3V$$

Esta relação determina a condição de arrancamento e fragmentação. Variando-se E e V de tal forma que o produto E. V permaneça constante, obter-se-á, aproximadamente, o mesmo resultado. A fragmentação poderá ser alterada nas seguintes condições:

- Aumentando-se E e diminuindo-se V, a rocha ficará mais fragmentada e os blocos serão menores.
- Diminuindo-se E e aumentando-se V, a fragmentação será menor, resultando blocos maiores.

2.2.7. Razão de Carregamento

A quantidade de explosivo necessário ao desmonte de 1 (um) m³ ou 1 (uma) ton de rocha, denomina-se "razão de carregamento" ou

"carga específica".

As experiências práticas em desmontes a céu aberto, tem dado os seguintes valores:

Granito, gnaiss, basalto.....	180 a 270 g/m ³
Rocha decomposta.....	250 a 340 g/m ³
Arenito e folhelho.....	200 a 300 g/m ³
Hematita compacta.....	100 a 135 g/ton
Calcário.....	75 a 170 g/ton

OBS: Estes valores servem para iniciar a exploração devendo ser reajustados conforme os resultados obtidos. Atualmente, em pedreiras e desmontes que extraem grandes volumes por detonação, os valores de razão de carregamento chegam ao dobro dos fornecidos pela tabela. Este acréscimo tem por finalidade reduzir os fogos secundários e evitar a utilização excessiva de máquinas na limpeza das bancadas.

2.2.8. Carregamento do Furo

Os explosivos são, normalmente, fornecidos nos comprimentos de 8", 12" e 24" e em diâmetros diversos, função do diâmetro do furo.

O carregamento depende do tipo de perfuração executada, assim, em furos de pequeno diâmetro (até 1 1/2"), a carga é uniforme ao longo do furo. Em perfurações de grandes diâmetros (a partir de 2"), aplicam-se razões de carregamento diferentes ao longo do furo, concentrando no fundo uma densidade de carga da ordem de 1,2 a 2,0 vezes a densidade da coluna. Essa diferenciação obtém-se utilizando explosivos com densidades definidas para a carga de fundo (C_f) e carga de coluna (C_c).

Para este tipo de carregamento, podemos dividir o furo nas seguintes secções:

Carga de fundo (C_f).....	0,6V
Carga de coluna (C_c).....	H-1,3V
Tampão (t).....	<u>V</u>
	H+0,3V

Genericamente, utiliza-se a relação:

Carga de fundo = $1/3 (H_1 - t)$
 Carga de coluna = $2/3 (H_1 - t)$

A densidade de carregamento da carga de fundo deverá em princípio, obedecer à relação:

Carga de fundo (g/m) = $0,8 d^2 (mm^2)$ 3.5

3. PLANO DE FOGO - DETERMINAÇÃO TEÓRICA

A determinação de um plano de fogo tem por finalidade reunir todas as informações necessárias ao desmonte.

Para exemplificar a aplicação dos elementos anteriormente citados, apresentamos a seguir os cálculos dos principais parâmetros de um plano de fogo:

Determinar a razão de carregamento para uma pedreira com as seguintes características:

- tipo de rocha: gnaiss apresentando fraturas
- produção desejada: 60.000 m³/mês no corte
- frente disponível: 45m
- altura da bancada: 12m
- equipamento de perfuração: Wagon Drill (d = 2 1/2")

3.1. Tipo de Carregamento

Pelas vantagens de facilidade na variação da razão de carregamento e preenchimento correto dos furos, adotaremos o carregamento heterogêneo.

Explosivos PV 15: 2" x 24"

TRIMÔNIO: 2" x 12"

Características: vide catálogo

3.2. Determinação da malha

3.2.1. $V (m) = d (pol) \quad V_1 = 2,50m$

3.2.2. $V_{max} = 45 d$

$V = 0,9 V_{max} \quad V_2 = 2,57m$

3.2.3. $E = 1,3 V \quad E = 3,25m$

OBS: Devemos lembrar que estes valores são dados iniciais, sendo necessário posterior ajuste da malha.

3.3. Comprimento do furo

3.3.1. Sub-perfuração

$s = 0,3V = 0,75m$

3.3.2. Inclinação

$\alpha = 1:4 \quad \cos \alpha = 0,97$

3.3.3. Profundidade total do furo

$H_1 = \frac{1}{\cos \alpha} (H + s)$

$H_1 = \frac{1}{0,97} (12 + 0,75) \quad H_1 = 13,14m$

3.4. Determinação do número de carreiras

Temos:

Volume mensal 60.000.m

dias úteis por mês: 15

volume por dia: $4.000 m^3$

Volume por carreira detonada: $vol = H \times V \times F$

$Vol = 12 \times 2,50 \times 45 = 1.350m^3$

portanto, deve-se detonar 3 carreiras por detonação.

3.5. Determinação do número de furos e ajustagem do espaçamento

$N_E = 45m \div 3,25m = 13,8 \rightarrow N_E = 14$

o número de furos por carreira (N_F) será:

$N_F = 14 + 1 = 15$ furos

o novo espaçamento:

$E = 45 \div 14 = 3,21m \rightarrow E = 3,20m$

3.6. Determinação da carga por furo

Tampão..... $(t) = V = 2,50m$

carga de fundo..... $(C_f) = 0,8V = 2,00m$

Carga de coluna..... $(C_c) = H_1 - (C_f + t) = 8,64m$

outra distribuição seria:

Tampão..... $t = V = 2,50m$

Carga de fundo..... $1/3 (H_1 - t) = 3,54m$

Carga de coluna..... $2/3 (H_1 - t) = 7,10m$

comparando os dois resultados adotamos:

Tampão..... t = 2,64m

Carga de coluna..... (C_f) = 3,00m

Carga de coluna..... (C_c) = 7,50m

H₁ = 13,14m

Explosivo: Carga de fundo: 5 cart PV-15 2" x 24"

(1785 g/cart)

Carga de coluna: 25 cart TR 2" x 12"

(625 g/cart)

Carga total por furo: 24,55kg

3.7. Determinação da razão do carregamento

Para 3 carreiras em furação tipo "pé de galinha" o total de furos será:

$$15 + 14 + 15 = 44 \text{ furos}$$

total do explosivo por fogo:

$$44 \times 24,55 = 1.080,20 \text{ kg}$$

volume de rocha por detonação:

- avanço: carreiras (3) x afastamento (2,50) = 7,5m

- volume: 7,5m x 45m x 12m = 4.050 m³

razão de carregamento:

$$1.080,20 \text{ kg} / 4.050 \text{ m}^3 = 0,266 \text{ kg/m}^3 \text{ de rocha}$$

outro processo seria:

$$\text{volume} = V \times E \times H = 2,50 \times 3,20 \times 12,0 = 96 \text{ m}^3$$

carga por furo: 24,55 kg

razão de carregamento: 0,255 kg/m³ de rocha

OBS: Os dois métodos são válidos como base de cálculo, contudo o valor de interesse será o realmente obtido após cada detonação, mediante rigoroso controle dos explosivos utilizados e o total de rocha extraído. Para uma análise correta é imprescindível que no trabalho se tenha observado a correta execução do ângulo de inclinação, comprimento e alinhamento dos furos.

3.8. Ajustagem da malha

Apesar de devermos procurar reproduzir os valores teóricos no campo, quase sempre haverá necessidade de modificações, conforme os resultados obtidos. Assim, para o nosso problema:

a) Fragmentação excessiva; dá-se um acréscimo de 10%,

$$\text{ou seja: } V = 2,75 \text{ m e } E = 3,50 \text{ m}$$

b) Fragmentação deficiente; procede-se de modo inverso,

$$\text{portanto: } V = 2,25 \text{ m e } E = 2,90 \text{ m}$$

c) Caso bastante comum é ter-se arranque e lançamento

satisfatórios e fragmentação deficiente. É boa técnica, mantendo-se o produto E.V. constante, diminuir o afastamento e aumentar o espaçamento, obtendo-se uma relação E/V entre 2,0 e 3,0.

No exemplo podemos ter como malha opcional:

a) V = 2,00m e E = 4,00m

OBS: Tem-se conseguido bons resultados com valores onde o produto E.V é maior que o da malha inicial e a relação E/V supera o intervalo indicado. A experiência e o conhecimento técnico do profissional, bem como consultas à assistência técnica do fabricante de explosivos, poderão resultar em métodos dinâmicos e com maior economia.

3.9. Consumo de explosivos

O usuário, na medida do possível, deve racionalizar seus trabalhos, de modo a manter sempre em estoque a quantidade necessária ao serviço durante determinado período, geralmente 01 (um) mês. Deve-se observar também a capacidade oficial do paiol e determinar o "estoque mínimo". Toda vez que o estoque atingir este limite, o pedido de mer-

cadoria é feito, evitando assim, atropelos e contratempos.

A cada detonação haverá um consumo aproximado de:

PV-15 2" x 24" = 44 x 8,925 = 393kg

TR 2" x 12" = 44 x 15,625 = 688kg

Considerando média mensal de 15 detonações:

PV-15 2" x 24" = 15 x 393 = 5.895kg

TR 2" x 12" = 15 x 688 = 10.320kg

Para pedidos quinzenais temos:

PV-15 2" x 24" = 3.000kg

TR 2" x 12" = 5.500kg

3.10. Resumo do Plano de Fogo

Tipo de rocha..... gnaiss
Equipamento de perfuração.... wagon drill (Ø 2 1/2")
Frente de trabalho..... 45m
Altura da bancada..... H = 12m
Afastamento..... V = 2,50m
Espaçamento..... E = 3,20m
Inclinação..... = (1 : 4)
Sub-perfuração..... s = 0,75m

Comprimento dos furos.....	$H_1 = 13,14m$
Tampamento.....	$t = 2,64m$
Número de carreiras.....	$N_c = 3$
Número de furos.....	$N_f = 44$
Número de detonações.....	uma por dia, para um mínimo de 15 dias p/mês
Carregamento.....	$C_f = 5 \text{ cart PV-15}$ 2" x 24"
	$C_c = 25 \text{ cart TR}$ 2" x 12"
Carga por furo.....	= 24,55kg
Volume por furo.....	= 96m ³
Razão de carregamento.....	$R_c = 0,255kg \text{ expl/m}^3$ rocha
Tipo de furação.....	= "pé de galinha"
Iniciação.....	= Cordel
Retardos.....	= 20ms por sequência
Esquemas de fogo sugeridos...	= FIGURAS 2 e 3

CONCLUSÃO

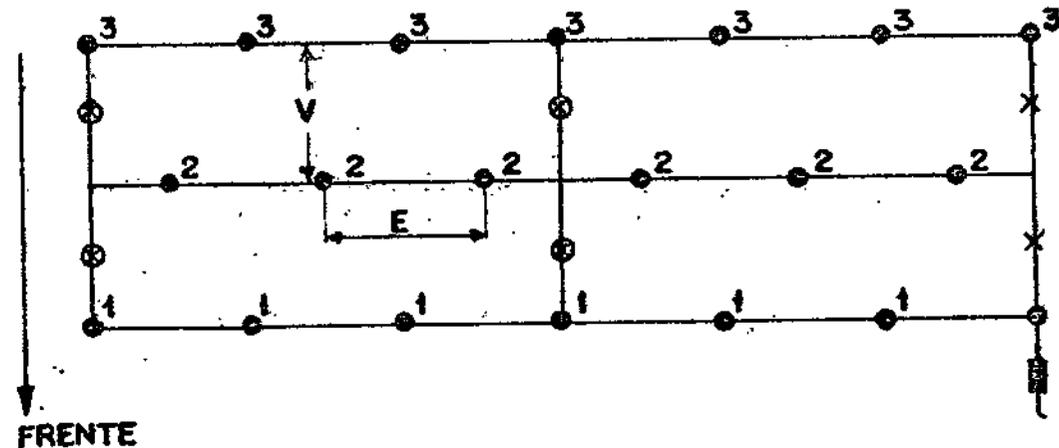
O nosso objetivo teve por finalidade apresentar as condições preliminares dos trabalhos em desmonte a céu aberto. A partir desse ponto, as peculiaridades de cada des-

monte, estarão a exigir do profissional soluções específicas.

O desenvolvimento e o aprimoramento dos métodos de desmonte, bem como dos explosivos disponíveis no mercado, exigem do elemento técnico a busca contínua de informações que possam ampliar seus conhecimentos e fundamentar sua experiência.

ESQUEMA DE FOGO SUGERIDO
PARA MELHOR LANÇAMENTO

FIG. 2



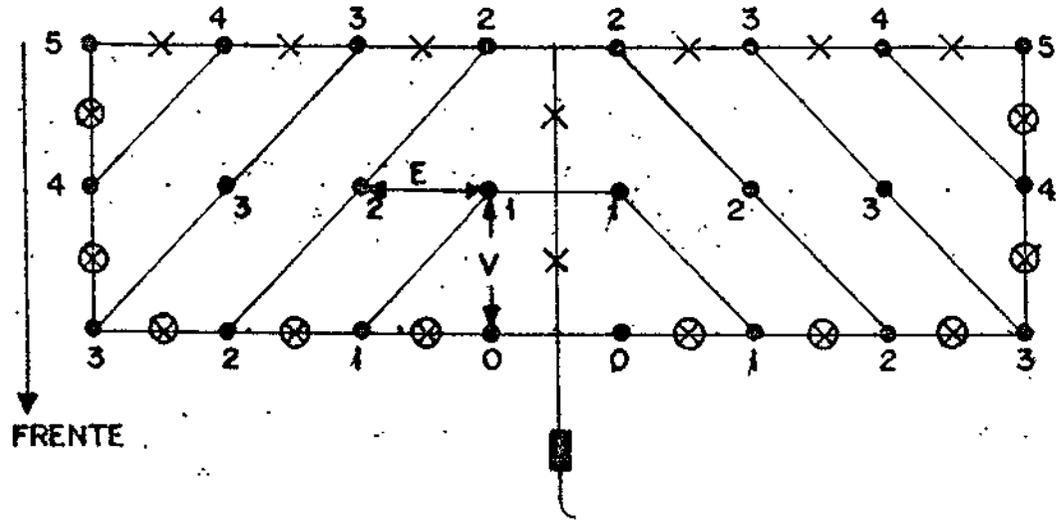
BIBLIOGRAFIA

1. LANGEFORS, U - Voladura de Rocas, Ed. Urno, 1971
- 2. GUSTAFSSON, R - Swedish Blasting Techine, Ed. SPI, 1971
3. HERRMAN, C - Manual de Perfuração de Rocha, Ed. Polígono 1968
4. STAGG-ZIENKIEWCZ - Mecânica de Rocas en la Ingenieria Practica, Ed. Blume, 1970
5. FÁBRICA PRESIDENTE VARGAS - Manual Para uso de Explosivo FPV - Piquete/1973

—■—	ESTOPIM COM ESPOLETA COMUM Nº 8
●	F U R O S
—	CORDEL DETONANTE-IMBEL MD I
—X—	RETARDOS PARA CORDEL DE 20 MS
—⊗—	RETARDOS DE SEGURANÇA OPCIONAL
1, 2 5	SÉQUÊNCIA DE DETONAÇÃO

ESQUEMA DE FOGO SUGERIDO
PARA CONTROLAR O LANÇAMENTO
E MAIOR FRAGMENTAÇÃO DA ROCHA

FIG. 3



	ESTOPIM COM ESPOLETA COMUM Nº 8
	FUROS OU MINAS
	RETARDOS DE 20 OU 30 MS PARA CORDEL DETONANTE
	LIGAÇÕES DE CORDEL COM RETARDOS QUE PODEM SER ELIMINADOS POR ECONOMIA
1, 2, 5	SEQUÊNCIA DE DETONAÇÃO



Indústria de Material Bélico do Brasil

EXPLOSIVOS NÃO CONVENCIONAIS

Filial N.º 1 - Fábrica Presidente Vargas
PIQUETE - S. PAULO - BRASIL

1981

G. Gayde
UFMG - 1991

EXPLOSIVOS NÃO CONVENCIONAIS

VALDYR ALFREDO PANNEITZ
Engenheiro Químico Oficial da Reserva do Exército
Mestre em Ciências - Doutor em Ciências - UNESP

R E S U M O

1. INTRODUÇÃO
2. MISTURA DE NITRATO DE AMÔNIO E ÓLEO DIESEL (AN/FO)
3. SLURRY OU PASTA DETONANTE
4. LAMAS EXPLOSIVAS DE BAIXA DENSIDADE
5. PRESSÃO DE DETONAÇÃO
6. TESTES DE CAMPO
7. PROBLEMAS DE ABRASÃO
8. BIBLIOGRAFIA

EXPLOSIVOS NÃO CONVENCIONAIS

1. INTRODUÇÃO

Com o intuito de minorar os custos de desmonte de rochas, várias tentativas foram feitas no sentido de introduzir explosivos que satisfizessem este requisito e apareceram o ANFO (mistura de nitrato de amônio e óleo diesel) e os SLURRIES (dinamites-lama ou pastas detonantes).

Desde o primeiro fogo com "Lama/Explosiva", em 1956, este explosivo foi empregado largamente em mineração a céu aberto. Experiências têm mostrado que os "Slurries" são capazes de romper rochas com maior segurança e com custos mais baixos do que o de muitos outros tipos de explosivos convencionais.

2. MISTURA DE NITRATO DE AMÔNIO E ÓLEO DIESEL (AN/FO)

O uso de AN/FO, como agente explosivo, já há alguns anos, promoveu o desenvolvimento e a preferência por grandes diâmetros de perfuração em mineração a céu aberto e subterrânea. Este fato se deve ao melhor desempenho e desenvolvimento de força do AN/FO em furação de grande diâmetro.

Em geral, e isto é muito mais pronunciado em rochas duras ou muito duras, o desmonte com AN/FD exige dimensões ótimas de perfuração, a fim de obtermos uma concentração de fogo maior no fundo da perfuração ou furo. Em minérios duros, maiores diâmetros de perfuração significam, no entanto, pesados equipamentos de perfuração, altos investimentos e custos de perfuração mais elevados, embora a velocidade de perfuração e o rendimento de rocha/furo sejam mais altos.

Aumentando-se o afastamento e o espaçamento para se obter um maior volume de rocha e usando-se AN/FD, os custos de perfuração e os custos totais frequentemente são reduzidos. Nos últimos anos, a experiência tem demonstrado que o resultado nem sempre é o desejado. O aumento de distância entre furos, por exemplo, é muito limitado devido à maior resistência natural no fundo da bancada, à má fragmentação, associada ao fator de baixa força do AN/FD e à baixa densidade da mistura (0,9 a 1,15/cm³).

Na realidade, o emprego de fogachos e fragmentação não uniforme da rocha fragmentada, elevam os custos.

Nas minerações, particularmente em rochas de difícil desmonte, os resultados com AN/FD podem ser reunidos no quadro a seguir:

FATOR	RESULTADO
Custo do explosivo.....	Reduzido
Volume de rocha.....	Pouco aumentado
Custo de perfuração.....	Reduzido, igual ou mais alto
Fogachos.....	Maior número
Transporte, carregamento, trituração, consumo de energia...	Mais alto

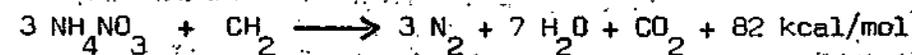
Os custos do explosivo foram reduzidos, mas os da perfuração variaram entre mais baixos, iguais e mais altos, de acordo com as condições das rochas. Levando-se em conta os custos dos fogachos e desmonte da base das bancadas, transporte e trituração, o custo total de operação é mais alto.

De modo geral, as maiores desvantagens do AN/FD são a falta de resistência à água e baixa densidade. AN/FD e outros altos explosivos amoniacais tendem a absorver água e umidade tão rapidamente, que é difícil, senão impossível, torná-los à prova d'água.

A principal vantagem é que o AN/FD ocupa inteiramente o volume de furação: uma característica, hoje reconhecida, de grande importância na prática do desmonte de rocha.

Para obter-se benefícios do AN/FO e suas vantagens econômicas, é necessário conhecer os principais fatores que afetam o seu desempenho, sob certas condições de ordem prática. Primeiramente, o AN/FO conduz à velocidade máxima de detonação quando precisamente balanceado no teor de oxigênio, ou seja, 5,67% de peso em óleo diesel.

A decomposição ideal do sistema com balanço de oxigênio, segue a seguinte reação química:



Um teor mais baixo de óleo, reduz o calor de reação e a velocidade de detonação e aumenta a sensibilidade da mistura. Um teor mais alto de óleo, dá origem à uma mistura deficiente em oxigênio, na qual a velocidade de reação é também reduzida, mas não de maneira tão acentuada como no caso anterior. Deficiência de oxigênio na mistura, conduz a uma decomposição incompleta, o que acarreta uma alta concentração de gases tóxicos após o fogo.

Em termos práticos, outros fatores influenciam a força e segurança do AN/FO. O efeito do diâmetro do furo e densidade de carregamento da mistura sobre a velocidade e sensibilidade do AN/FO é particularmente alto. A velocidade de detonação cresce com o diâmetro do furo e com a

densidade de carga. Este fenômeno resultou numa tendência para uso de maiores diâmetros e maior densidade em minas subterrâneas. No entanto, AN/FO de alta densidade (1,15 g/cm³) é mais difícil de ser iniciado que um de densidade de carga em torno de 0,9 g/cm³. Particularmente, em furos profundos e de pequeno diâmetro, deve-se usar um tipo bastante forte de iniciador.

Resultados econômicos com AN/FO podem ser obtidos, por exemplo, em minas subterrâneas secas, quando o explosivo é usado em furações dirigidas e quando o equipamento de carregamento adequado é usado.

3. SLURRY OU PASTA DETONANTE

Nas frequentes discussões sobre a minimização dos custos das operações de desmonte de rochas, um explosivo recentemente desenvolvido tem tido aceitação. Desde o primeiro fogo com "LAMA EXPLOSIVA" em dezembro de 1956, na Mina de Nob Lake, Labrador, Canadá e a introdução inicial da Lama Explosiva original baseada na patente americana 2930685 de M.A. Cook e H.E. Forman, tem se tornado aparente que este tipo de explosivo terá um emprego ainda mais largo que AN/FO e reduzirá consideravelmente o mercado dos outros explosivos comerciais.

Em geral, o termo "Lama Explosiva" (Slurry) se refere à uma composição aquosa coloidal baseada em uma fase de suspensão saturada, na qual há excesso de sólidos e uma grande variedade de combinações de combustíveis adequados e material detonável. A "Lama Explosiva" pode ser adaptada para exibir uma larga série de propriedades de detonação e está sendo desenvolvidas novas lamas explosivas para preencher as exigências especiais das minerações e dos trabalhos de construção.

O material básico para formar uma lama explosiva com boas características de força e resistência à água é um oxidante, que consiste de sais inorgânicos, como o nitrato de amônio, geralmente como oxidante principal, tanto só ou acompanhado de um ou mais sais oxidantes suplementares, como por exemplo nitrato de sódio e nitrato de cálcio ou qualquer outro. Exemplos de sensibilizadores adequados incluem explosivos como PETN, Trotil (TNT), Nitrostarch, Hexogênio, RDX, Pentolite, Pólvora e outros explosivos.

Pós metálicos são frequentemente incorporados à composição, como ativadores da sensibilidade ou da energia, como por exemplo alumínio finamente pulverizado, magnésio, silicon-iron, ferro-silicon, ligas de magnésio - alumínio

é semelhantes. Também são incorporados materiais carbonatados como amido, açúcar, líquidos petrolíferos e líquidos hidrocarbônicos. Incorporam-se também, estabilizadores de armazenagem, de detonação, produtos químicos para controle de densidade, agentes para espessamento e gelatinização, além de ligação e retardo.

Todos os componentes, são bem conhecidos na manufatura de explosivos e portanto nenhum pode ser chamado de novo ingrediente, pois há muito são usados como explosivos comerciais e combustíveis de foguetes. Água é a única exceção, já que é incorporada na maioria das referidas lamas.

A quantidade de água e outros fluídos empregados na lama explosiva, variam com a consistência final da mistura, junto com um espessador ou gelatinizador natural ou sintético, a fim de prevenir qualquer separação dos ingredientes e conferir um grau satisfatório de coesão, de tal forma que a composição retenha sua forma como uma massa unitária por períodos prolongados.

A consistência das lamas, particularmente daquelas que podem ser derramadas ou bombeadas, pode ser aumentada ou alterada para vir ao alcance de qualquer exigência quanto à resistência à água e à geologia. Uma importante

característica deste desenvolvimento é um controle apurado do tempo de espessamento, que é um importante fator para uma operação bem sucedida de mistura no local de emprego e outros métodos de carregamento, onde a lama é bombeada para dentro dos furos através de mangueiras longas e de pequeno diâmetro, à razão de centenas de quilos por minuto.

Uma lama bem preparada, tem uma alta tensão superficial e uma consistência elástica: qualquer água presente no furo não pode alterar ou dissolver a lama, de tal forma que é possível a detonação semanas ou meses depois de carregar os furos. Explosivos fluidos ou contendo apreciáveis quantidades de água, têm se tornado de considerável interesse em operações de desmonte, onde água do terreno não pode ser eliminada ou para condições de rochas duras.

Quando o conteúdo da água da composição é aumentado, a sensibilidade da mistura torna-se bastante baixa, dificultando portanto, a detonação. Por esta razão, um pó metálico sensível ou um componente altamente explosivo é usualmente incluído na composição. TNT é particularmente conhecido por suas propriedades que o fazem aproveitável em explosivos militares e comerciais. Gel aquo-

sa de TNT é relativamente insensível à detonação, quando iniciado por um booster ou primer do tipo alto explosivo.

Do ponto de vista da segurança e custos de armazenamentos, transporte e manuseio no local, estes tipos de lama são preferidos nas operações de desmonte. O emprego prático de lama explosiva, resulta que a rocha é completamente fragmentada e os custos de fogachos, furação, transporte e carregamento podem ser reduzidos.

4. LAMAS EXPLOSIVAS DE BAIXA DENSIDADE

Alta densidade de qualquer explosivo, leva a um mais alto grau de compactação do explosivo carregado, o que reduz o número de furos necessários em uma determinada área para um dado grau de quebra (breakage), ou se o mesmo número de furos é usado, eles podem ser espaçados em uma maior área. As lamas explosivas são caracterizadas por uma densidade de aproximadamente 0,5 a 1,8 g/cm³.

Entretanto, em condições práticas, a densidade da lama estará mais frequentemente na ordem de 1,2 a ... 1,5 g/cm³. Quando do bombeamento de uma lama de baixa densidade, frequentemente é melhor levar a mangueira até o fundo do furo, de maneira que se forma uma sólida coluna, deslocando a água e enchendo o furo.

Frequentemente é desejável ter-se uma lama com uma densidade tão alta quanto possível no furo e uma outra lama com densidade mais baixa como carga de coluna. Neste caso e também quando se usa uma lama de alta densidade que é difícil de detonar, mesmo com "booster", a densidade pode ser diminuída por meio de aeração ou gasificação, tanto mecânica como química. O ar ou o gerador químico de gás é diretamente injetado na mistura. A incorporação de ar ou gás na lama resultante é suficiente para abaixar a densidade e regular a força e sensibilidade do explosivo.

Várias operações estão sendo efetuadas por meios mecânicos, como sejam a mistura da lama, bombeamento e embalagem. Neste caso, a lama não deve ser sensível ao ponto de envolver nenhum risco substancial de explosão durante a mistura, transporte, manuseio ou bombeamento para dentro do furo.

A composição da lama não deve ser sensível ao ponto de explodir quando sujeita a uma fricção moderada ou choque, os quais podem ser inerentes à operação da maquinaria de carregamento. De outro lado, a lama tem de ser suficientemente sensível para detonar em uma coluna de diâmetro convencional.

Lamas sensíveis à espoleta nº 8 e detonáveis em pequenos diâmetros não devem ser usados em processos de bombeamento no local do fogo, especialmente em condições de clima quente. O termo "sensível" é definido como sensível a detonação por espoleta nº 8, a qual tem uma quantidade de explosivo equivalente a 2g de fulminato de mercúrio.

Entretanto, as lamas que são sensibilizadas apenas por pós metálicos e em particular aquelas baseadas em altos explosivos, com ou sem pós metálicos, podem ter as vantagens de serem altamente insensíveis à espoleta nº 8 e influência mecânica, choque e fricção, mas sensíveis à detonação quando iniciada por um "booster" ou "primer" forte, apresentando assim um desempenho de alto explosivo.

Na última década, muitos sistemas e métodos foram descobertos, dando uma larga variação em novas lamas explosivas. Há hoje, apenas dois métodos que comumente são preferidos em operações de desmonte. O primeiro cobre aqueles que envolvem métodos de transporte, de material misturado previamente, ao local de fogo, seguido de mistura e bombeamento para o fundo do furo. O segundo engloba a transferência de lama pronta, relativa-

mente insensível, da planta de manufatura em granel, em tanques e então bombeamento da lama para dentro dos furos.

As exigências quanto à lama são as seguintes:

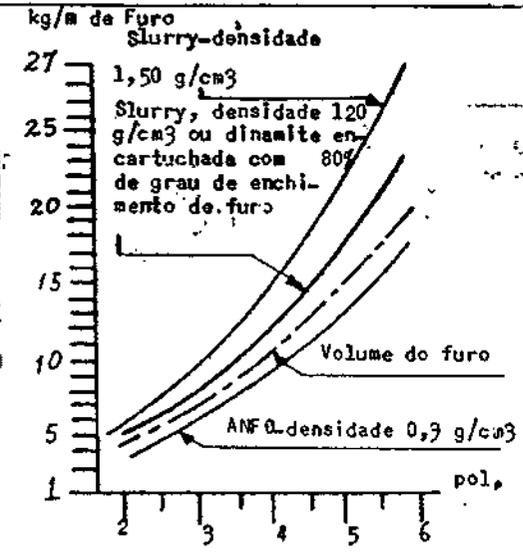
- a) Segurança quanto à ignição não intencional.
- b) Detonação para uma dada dimensão de furo.
- c) Resistência à água em um período desejado.
- d) Nível de energia suficiente.

Ao mesmo tempo, deve-se conhecer o diâmetro crítico no qual a carga inteira detona completamente. O diâmetro crítico, que é uma importante característica do material detonável, é definido como o diâmetro de uma carga cilíndrica, abaixo da qual uma detonação estável não pode propagar-se, independente da velocidade da onda de choque iniciadora, por mais alta que seja. O conhecimento do diâmetro crítico é de importância prática quando se leva em consideração a segurança de projetos envolvendo misturas detonáveis.

5. PRESSÃO DE DETONAÇÃO

A pressão de detonação é uma medida na onda de choque de um explosivo e calculada pela densidade do explosivo e pela velocidade. Isso significa que quanto maior a densidade de um explosivo e/ou sua velocidade, maior a

pressão de detonação, a qual até foi chamada brisância. A velocidade de detonação é uma característica fundamental e facilmente mensurável de um explosivo de alta energia. A velocidade de detonação depende da densidade de carga, da densidade do explosivo, do diâmetro, comprimento, quantidade e tipo de confinamento lateral de carga e do método de iniciação. A pressão de detonação para ANFO variará de 15000 a 40000 atmosferas e a lama liberará sob as mesmas condições, entre 60000 e 150000 atmosferas.



A Figura mostra como um explosivo de maior densidade e/ou, um furo de maior diâmetro aumenta a quantidade de explosivo/metro linear de furo. O resultado será um maior afastamento e espagamento com um maior volume de rocha e decréscimo do custo por m³ de rocha desmontada.

FIGURA 1 - DENSIDADE X DIÂMETRO

A pressão de detonação é a pressão da onda de choque de um explosivo e podemos verificar a grande diferença entre ANFO e uma Lama Explosiva de alta densidade e entre a dimensão do furo. O diâmetro do furo é um dos mais importantes fatores na potência do explosivo, aumentando esta com a dimensão do furo.

TIPO Nº	DENSIDADE (g/cm ³)	DIÂMETRO DO FURO (POLEGADAS)					
		2.1/2		3.1/2		6	
		VELOCIDADE (m/s)	PRESSÃO (kbars)	VELOCIDADE (m/s)	PRESSÃO (kbars)	VELOCIDADE (m/s)	PRESSÃO (kbars)
SLURRY 2	1,55	5000	96,8	5200	100,7	5350	103,6
SLURRY 3	1,50	4800	90,0	5000	93,0	5150	96,5
SLURRY 4	1,40	4400	77,0	4600	80,5	4750	83,1
ANFO 7	1,10	3150	33,3	3250	44,6	3450	47,4
ANFO 8	1,00	3000	37,5	3100	38,7	3350	41,8
ANFO 9	0,85	2650	28,1	2850	30,2	3050	32,4

FIGURA 2 - PRESSÃO DE DETONAÇÃO

A iniciação de qualquer explosivo, como ANFO e LAMA EXPLOSIVA é alcançada pela transferência da onda de choque do iniciador (chamado booster ou primer ao receptor). A temperatura e a pressão produzidas pelo iniciador devem ser desenvolvidas em um período de tempo relativamente curto. Por isso, quanto maior for a pressão de detonação, mais rapidamente a carga de material explosivo alcançará sua velocidade de detonação característica e começará provendo a máxima possível liberação de energia. As detonações produzem milhões de pequenas bolhas de gás no explosivo o que melhora a eficiência da reação de detonação. Quando este ponto quente decompõe-se, uma onda de choque é enviada ao explosivo não detonado e o aquece. O que ocorre depois, depende da energia inicial da onda de choque e quão rapidamente a onda de choque cresce.

Alguns explosivos, especialmente gelatinas e dinamites que contêm nitroglicerina, têm uma velocidade dupla, dependendo do diâmetro de carga e das condições em que eles explodem. Boosters deste tipo de explosivos não adequados para lama explosiva e ANFO.

Na base do peso-força, a energia das Lamas de mais baixa densidade pode ser próxima à do ANFO bem preparado. Entretanto, a lama desenvolve uma pressão de detonação três

oito vezes maior e uma velocidade de detonação 2,5 maior.

Uma outra composição de Lama que está ainda em experiência no campo e que é dita ser o mais poderoso explosivo não nuclear do mundo, produz o dobro do poder explosivo do TNT.

Lamas baseadas em TNT ou em uma mistura TNT/Alumínio em pó, podem ser consideradas como os mais seguros e fortes explosivos comerciais. Devido a sua alta densidade, de 1,45 a 1,5 g/cm³, estas Lamas (e a concentração de força assim obtida) são adequadas mesmo para trabalho em furos secos, em rochas muito duras, como carga de fundo e junto com ANFO em rochas de dureza média ou baixa.

Com relação a isto, um aumento drástico de 60 a 80 por cento no rendimento de rocha poderia facilmente ser conseguido. A concentração de explosivos e o comprimento da carga de fundo devem ser consideradas como os fatores principais no aumento do afastamento e espaçamento.

A FIGURA 3 mostra-nos a velocidade de detonação de SLURRY e ANFO em função do diâmetro e da densidade do explosivo.

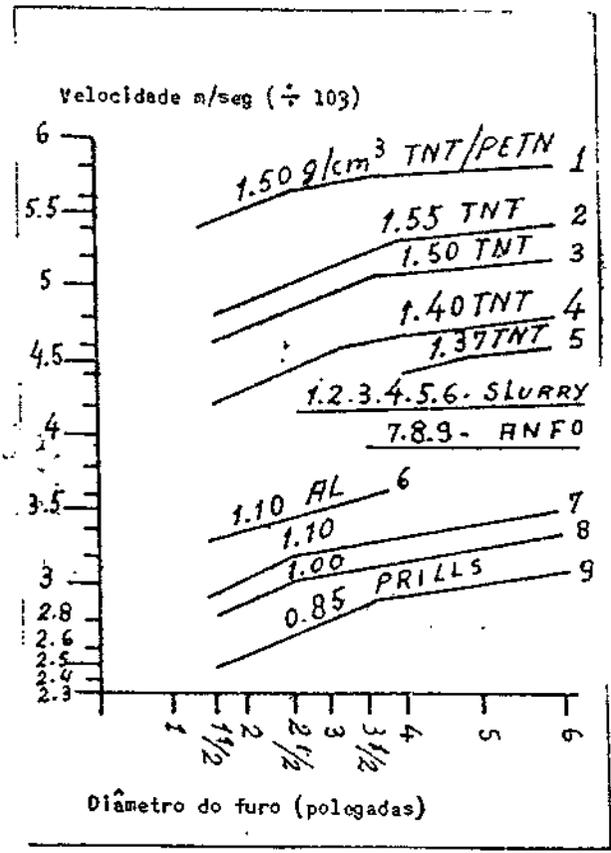


FIGURA 3 - VELOCIDADE DE DETONAÇÃO DE SLURRY E ANFO

TESTES DE CAMPO

Extensos testes de campo mostraram que as lamas explosivas desmontam rocha com maior segurança e a mais baixo custo que os explosivos convencionais. Da tendência do desenvolvimento das lamas, vê-se que quase todos os fabricantes adotam plantas estacionárias e daí transportam em caminhões aos furos, por bombeamento ou para tanques onde é armazenada a granel para uso no local.

Outras companhias distribuem a lama em containers especiais, tambores, latas, sacos plásticos e em cartuchos de diferentes diâmetros e comprimentos.

Misturação no local, transporte e armazenagem de lama em unidades de misturas montadas sobre caminhões e carros providos de bombas para distribuição a granel, demandam certas propriedades de lama que devem ser consideradas. Quando todos os ingredientes da mistura são previamente misturados para formar os explosivos, seu transporte, armazenamento e uso caem dentro de termos de várias normas legais para explosivos, que requerem e exigem a observação de certas condições rigorosas para transporte e armazenamento.

Em muitos países, a mistura de ingredientes de um

explosivo no campo mesmo usando componentes não explosivos é ilegal ou rigorosamente controlada por regulamentos e inspeção, primariamente no interesse da prevenção de acidentes. A mistura de explosivos no local de desmonte, resolve as dificuldades de transporte pesado e oneroso de explosivos à longa distância, mas também é complicado pela necessidade de ter-se de manusear e misturar materiais explosivos diretamente no local de trabalho. Isto significa que a lama deve ser trazida ao local de trabalho de uma forma segura e assim ser mantida.

Aquele que emprega a lama deve conhecer seus principais ingredientes e propriedades e deve ser capaz de classificar as diferentes lamas em categorias baseadas nos seguintes grupos:

- a) sensibilizada pelos tipos de explosivos contidos em sua composição;
- b) sensibilizada por explosivos e pós metálicos;
- c) sensibilizada apenas por pós metálicos;
- d) sensibilizada por carbonizáveis e combustíveis hidrocarbonatados, com ou sem pós metálicos ou explosivos;
- e) sensibilizada apenas por carbonatados ou hidrocarbonatados.

O usuário que deseja empregar ANFO ou outro explosivo qualquer como lama, deve estar completamente informado sobre as vantagens de diferentes tipos de sistema de lamas e seu uso em relação a sua condição particular de mineração.

EXPLOSIVO	SENSIBILIZANTE	DENSIDADE (g/cm ³)	FORÇA %	FORÇA MÀSSICA %	VELOCIDADE (m/s)	POTÊNCIA DOS EXPLOSIVOS
GELATINA (B.G.)	NITROGLICERINA-NG	1,40	100	199,0	7800	1,00
DINAMITE GELATINOSA	NC NG	1,50	80	85,7	6000	0,83
		1,45	60	62,1	5000	0,63
NITROGLICERINA	NG	1,10	60	47,0	4300	0,51
SLURRY	TNT/AL	1,55	90	99,6	5100	0,82
	TNT/AL	1,50	89	85,7	4800	0,74
	TNT	1,40	65	60,0	4400	0,54
ANFO		1,10	60	47,1	3150	0,43
		1,00	60	42,8	3000	0,40
		0,85	60	36,4	2700	0,35

dades; calor de combustão em kcal/kg e o volume gasoso em litros/kg que o explosivo pode produzir em condições ideais de detonação. A Força Mássica (Bulk strenght) é o resultado da força do explosivo relacionada à densidade; a Potência do Explosivo (strenght capacity) é praticamente o resultado do cômputo de força e força mássica, relacionadas com a densidade e a velocidade do explosivo. Contudo, devemos lembrar que a dinamite encartuchada, somente enche 70 a 80% de um furo, enquanto ANFO e SLURRY podem encher totalmente o furo (100%); o que resulta um maior efeito de detonação.

Lamas baseadas em TNT, reduzem sua sensibilidade com o aumento da densidade, pelo qual sua energia é aumentada ao mesmo tempo. A pressão resultante da presença de água sobre a lama, em furos cheios de água, aumenta a potencialidade de força, particularmente quando detonado em furos fundos ou de grandes diâmetros ou ainda de forma submersa. Lamas sensibilizadas por explosivos, apresentam melhor desempenho com a máxima densidade possível e melhor em pressões altas do que baixas.

Deve-se reconhecer entretanto que há ainda muitas

FIGURA 4 - POTÊNCIA DO EXPLOSIVO - A força (weight strenght) é calculada a partir de duas importantes proprie-

lamas que são extraordinariamente sensíveis à pressão. Alguns tipos de lama precisam ser cuidadosamente observados mesmo sob condições simples de detonação quando influência de pressão é esperada através de água ou furos longos ou de grande diâmetro: através autopressão ou compressão da carga de lama, ou através da detonação de cordel detonante, booster ou furos vizinhos.

O tamanho das minas e pedreiras na Europa é mais particularmente nas condições climáticas do norte da Europa tem conduzido a novos tipos de lama. Testes de campo com diferentes composições de lama, sob temperaturas extremas de inverno no Círculo Ártico, provaram-nas ser insatisfatórias e foi necessária intensa pesquisa.

As lamas que já são usadas em minas, pedreiras, engenharia civil e construção e que no futuro serão usadas em prospecção sísmica e outras operações, são fluidas ou bombeáveis em climas tropicais ou árticos e podem ser armazenadas em uma grande faixa de temperaturas.

Detonação completa e estável, bem como insensibilidade e influências mecânicas oferecem segurança e economia. Já se construiu uma planta automática, da qual a lama é distribuída em caminhões tanque a granel ao local de trabalho e aí bombeada para dentro dos furos, nos quais

as lamas são divididas, quanto à sua força em carga de fundo e carga de coluna.

A tendência presente no sentido de explosivos não sensíveis à espoleta - chave da segurança no manuseio - continuará no futuro.

Entretanto, a avaliação e uso de muitas lamas recentemente desenvolvidas, com níveis de energia muito diferentes, utilização e capacidade sob várias condições operacionais, produz exigências técnicas que não são fáceis de avaliar.

Os critérios prévios usados para seleção de explosivos são frequentemente insuficientes e decepcionantes para a maioria das lamas, como quase todos os métodos empregados para dinamites convencionais.

Para conhecer-se o comportamento de um explosivo em condições práticas, deve-se observá-lo cuidadosamente levando-se em consideração um número grande de fatores.

No que se refere ao consumo de explosivos, um só fogo tecnicamente perfeito é inadequado para avaliação de custos.

Mesmo se o consumo de explosivo e custo de perfuração são reduzidos, as despesas de operação depois do fogo podem não ter sido levadas em conta.

PROBLEMAS DE ABRASÃO

Devido aos níveis muito altos de abrasão na planta de tratamento de minério e sua conseqüente vida curta, é preferível usar quantidade maior de explosivos a fim de minimizar esta razão de uso. Quando uma grande produção contínua deve ser alcançada, uma grande quantidade de explosivos tem de ser usada nos furos e o desmonte é frequentemente realizado com volumes muito altos de explosivo. A quantidade de explosivo por tonelada de rocha que deve ser usada para ultrapassar a resistência natural da rocha e fragmentação e para obter uma boa distribuição do material, tendo em vista o carregamento e finalmente para garantir um fogo seguro sem qualquer falha é um ponto crítico.

A quantidade de explosivos usada, depende dos tipos de explosivos e de outros fatores como métodos de perfuração, estrutura geológica, distribuição dos explosivos no furo, da iniciação de carga e do sistema de fogo. Aqueles que empregam explosivos e que desejam obter uma redução de custos pelo uso de quantidades mais baixas de explosivos, devem levar em conta que um só fogo sem sucesso, pode afetar seriamente a economia do sistema durante um lon-

go período. A economia do desmonte de rochas pode ser otimizada apenas após uma muito cuidadosa investigação.

Não deve ser esquecido que nos últimos anos, têm ocorrido dramáticas mudanças no mercado, tecnologia e no uso prático de explosivos.

A tendência para explosivos menos sensíveis é um desenvolvimento encorajador. O desenvolvimento de lamas e outros explosivos não sensíveis à espoleta, obviamente não atingiu ainda sua conclusão e outros importantes desenvolvimentos se seguirão. Será interessante ver se os recentes desenvolvimentos no campo da segurança serão aceitos.

8. BIBLIOGRAFIA

- VOLADURA DE ROCHAS..... Langfors
- PERFURAÇÃO DE ROCHAS..... Kurt Hermann
- LAMAS EXPLOSIVAS..... Lothar Buchta

Os esforços de compressão produzem deformações elásticas; deformações plásticas e fratura por esmagamento, se o material não for dútil e se o esforço é suficientemente grande, conforme visualizado na FIGURA 23.

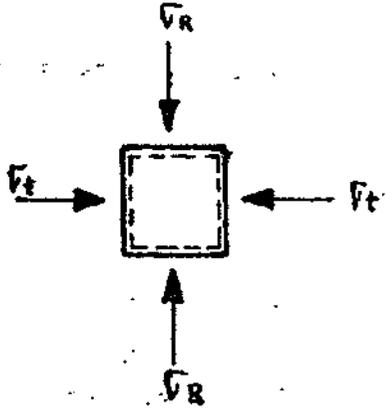


FIGURA 23 - EFEITOS DE ESFORÇOS DE COMPRESSÃO

Os esforços de tração radial (FIGURA 24), produzem deformações elásticas, deformações plásticas e tendem a fissurar o material segundo tangenciais ou circunferências.

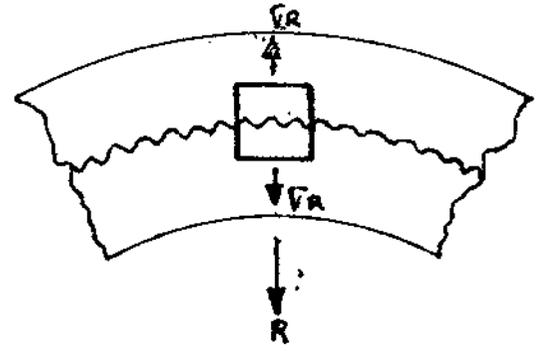


FIGURA 24 - EFEITO DE TENSÕES DE TRAÇÃO RADIAL

Os esforços de tração tangencial (FIGURA 25), produzem deformações elásticas, deformações plásticas e tendem a fissurar o material segundo linhas radiais.

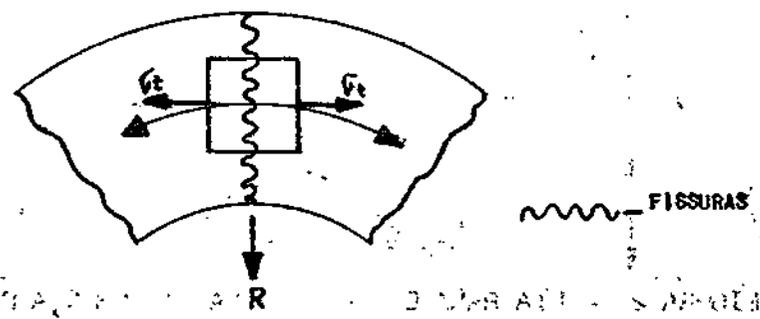


FIGURA 25 - EFEITO DE TENSÕES DE TRAÇÃO TANGENCIAL



Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

DIVISÃO DE MINAS E GEOLOGIA APLICADA

AGRUPAMENTO DE GEOFÍSICA

CAPACITAÇÃO

1 BREVE HISTÓRICO SOBRE A FORMAÇÃO DO IPT

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, nasceu de um núcleo agregado à Escola Politécnica de São Paulo. Este núcleo, sob a denominação de "Gabinete de Resistência de Materiais", foi criado pelo Prof. Francisco de Paula Souza em 1899. No início, os objetivos principais eram servir de apoio ao ensino dessa escola e desenvolver um programa de ensaios, visando determinar as principais características físicas, químicas e mecânicas dos materiais em uso corrente nas construções.

Em 1931, sob orientação do Prof. Ary Torres, o "Gabinete" passou a denominar-se oficialmente Laboratório de Ensaio de Materiais. Esse novo nome simbolizava uma significativa reestruturação do antigo "Gabinete", caracterizada por:

- . ampliação e renovação do aparelhamento técnico;
- . aumento e seleção do pessoal;
- . divisão de trabalho por seções especializadas;
- . aplicação progressiva de tempo integral aos seus funcionários (fato este o mais importante de todos).

A rápida expansão das atividades do Laboratório justificou a sua transformação em Instituto de Pesquisas Tecnológicas, anexo à Escola Politécnica, em 1934, quando também foi fundada a Universidade de São Paulo. O IPT começou então, a criar novas áreas de capacitação tecnológica, desempenhando um papel sempre crescente em diversos campos:

- . no desenvolvimento da pesquisa tecnológica;
- . na formação de recursos humanos;
- . na organização de um sistema de metrologia legal e de sistemas de padrões industriais;
- . na criação e desenvolvimento de um centro de documentação tecnológica;
- . no controle e proteção de marcas e patentes, e
- . na captação e difusão da informação tecnológica.

O desenvolvimento da industrialização brasileira, acelerado pe

la II Guerra Mundial, conduziu o País a realizar pesados investimentos em grandes obras como barragens e usinas hidrelêtricas, rodovias, pontes, edifícios públicos, conjuntos habitacionais, etc.. Todo esse esforço exigiu ampla participação do IPT e sua transformação em entidade autárquica do Estado de São Paulo, em 1944, possibilitava dinamizar significativamente essa participação, mantendo sempre estreitos vínculos culturais com a Escola Politécnica e a Universidade de São Paulo.

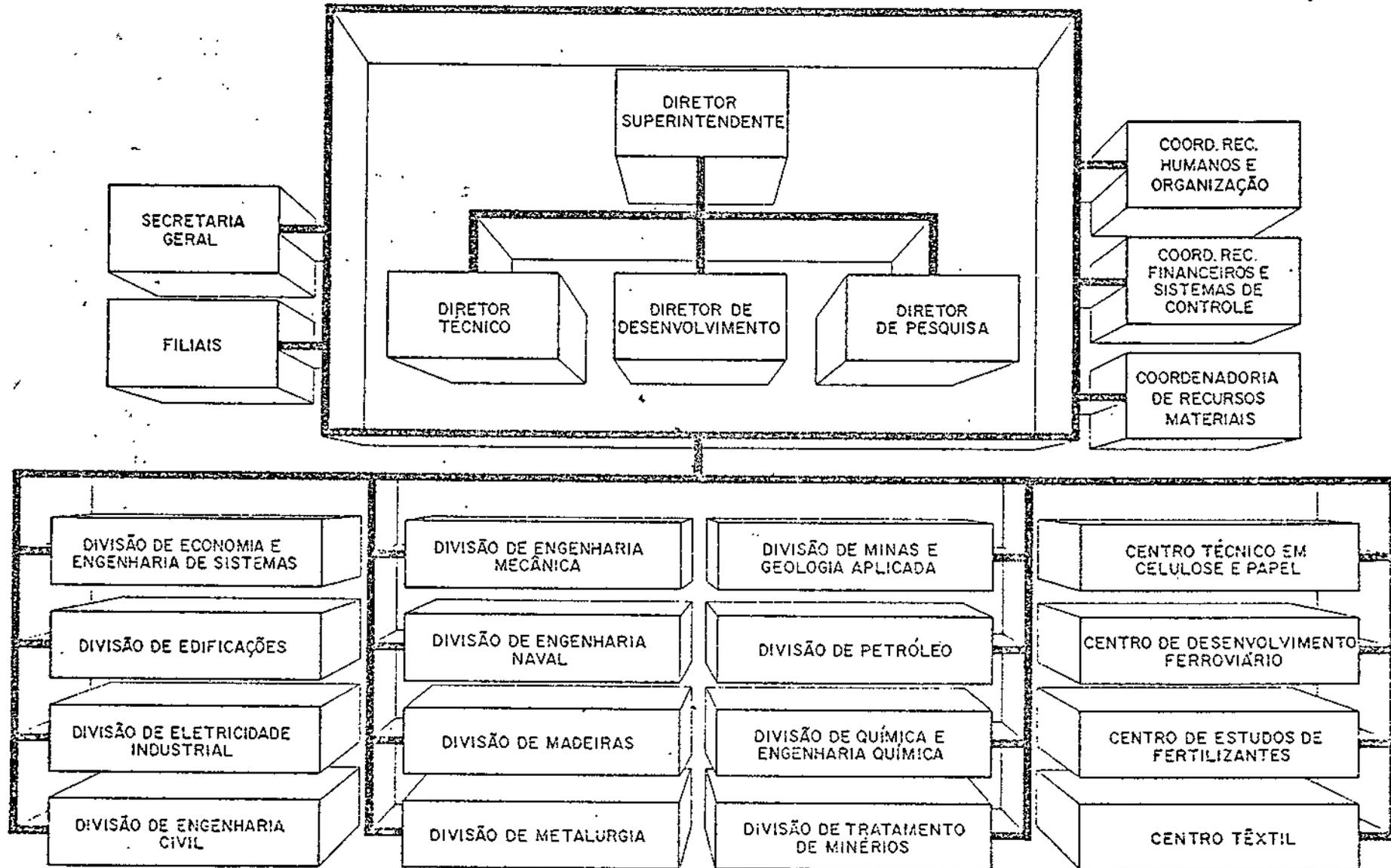
Em resumo, a história do IPT tem como característica marcante um processo de desenvolvimento natural, quer de instalações como de recursos humanos. Cada fase de sua existência significou, antes de mais nada, um processo de acompanhamento do desenvolvimento do País.

Em 1976, o IPT passou a ser uma Empresa Pública com a denominação de Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT. Atualmente, os seus recursos instrumentais e humanos distribuem-se por 12 Divisões Técnicas, 4 Centros Especialistas e 2 Filiais.

A Figura 1, mostra a Estrutura Organizacional do IPT onde podem ser vistos alguns detalhes dos dados anteriormente citados.

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DO IPT

Fig. - 1



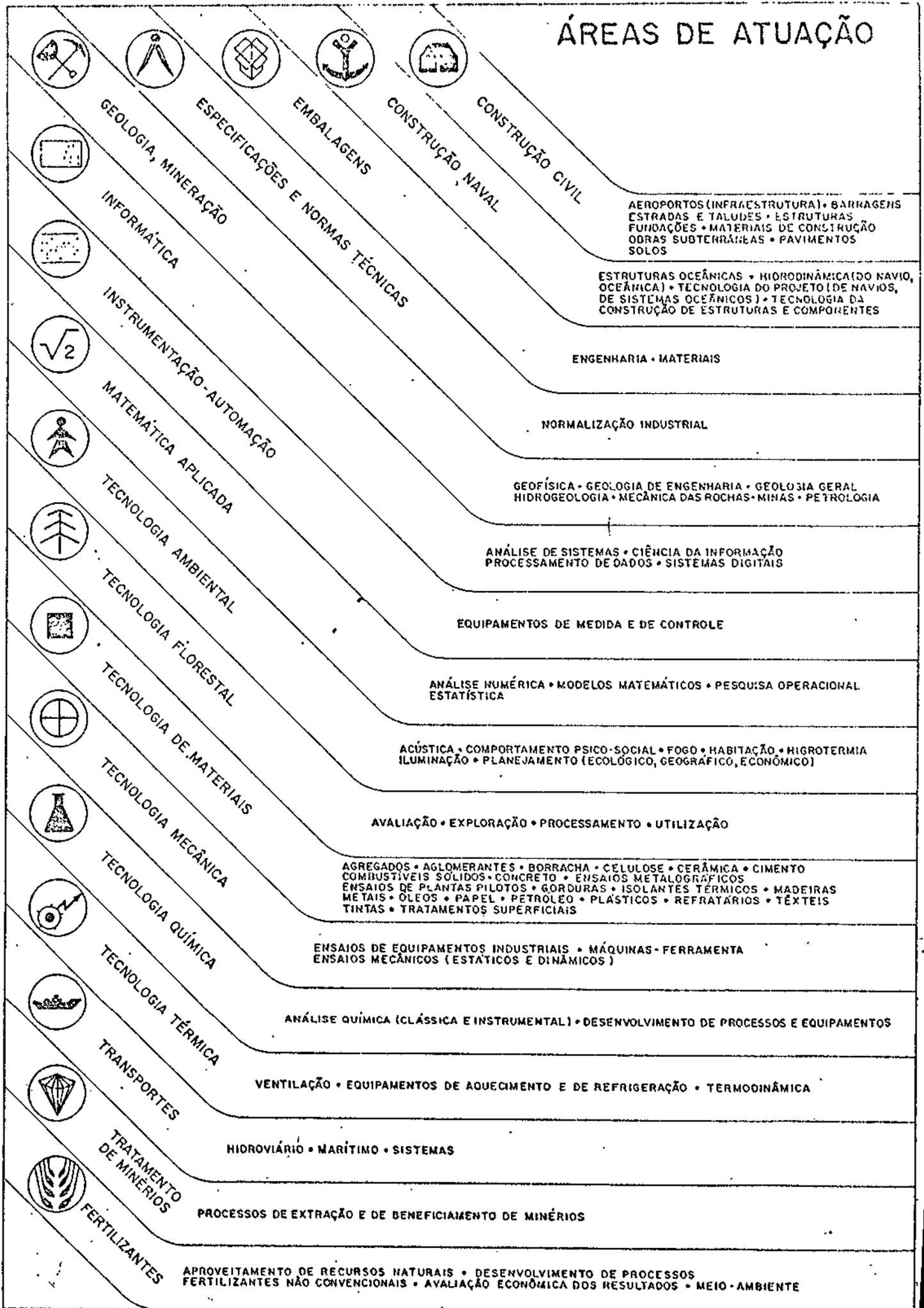
2 ÁREAS DE ATUAÇÃO DO IPT

A Figura 2, mostra as áreas em que o IPT atua. Esta atuação é feita principalmente através de:

- . Assessoria Técnica
- . Apoio Tecnológico
- . Consultores
- . Desenvolvimento de pesquisas encomendadas

Fig. - 2

ÁREAS DE ATUAÇÃO



3 MÉTODOS GEOFÍSICOS NOS QUAIS O AGRUPAMENTO DE GEOFÍSICA ATUA EM PESQUISA E PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS

MÉTODOS SÍSMICOS

- SÍSMICA DE REFRAÇÃO

- . Arranjo de superfície (convencional)
- . Down-hole
- . Up-hole

- TRANSMISSÃO DIRETA

- . Cross-hole
- . Arranjo de superfície (convencional)

- SÍSMICA DE REFLEXÃO

- . Perfilagem sísmica contínua de alta resolução
- . Sub-bottom profiling
- . Side Scan Sonar (sonografia)
- . Sísmica de reflexão a explosivo, para prospecção de hidrocarbonetos

MÉTODOS DE ELETRORRESISTIVIDADE E POLARIZAÇÃO INDUZIDA

A) Técnica de pseudo-seções (IP e resistividade)

- . Arranjo polo-dipolo (tripolo)
- . Arranjo dipolo-dipolo

B) Técnica de Caminhamento (Polarização Induzida e Resistividade)

- . Arranjo gradiente (retângulo)
- . Arranjo quadripolo simétrico

C) Técnica da Sondagem Elétrica e Polarização Induzida Verticais

- . Arranjos lineares (Schlumberger, Wenner)
- . Arranjos dipolares

D) Técnicas Direcionais (Polarização Induzida e Resistividade)

- . Energização de corpos em subsuperfície e estudo em superfície

MÉTODO ELETROMAGNÉTICO

- . Técnica "vertical loop"
- . Técnica "Slingram" ou "horizontal loop"
- . Técnica "Turam"

MÉTODOS POTENCIAIS

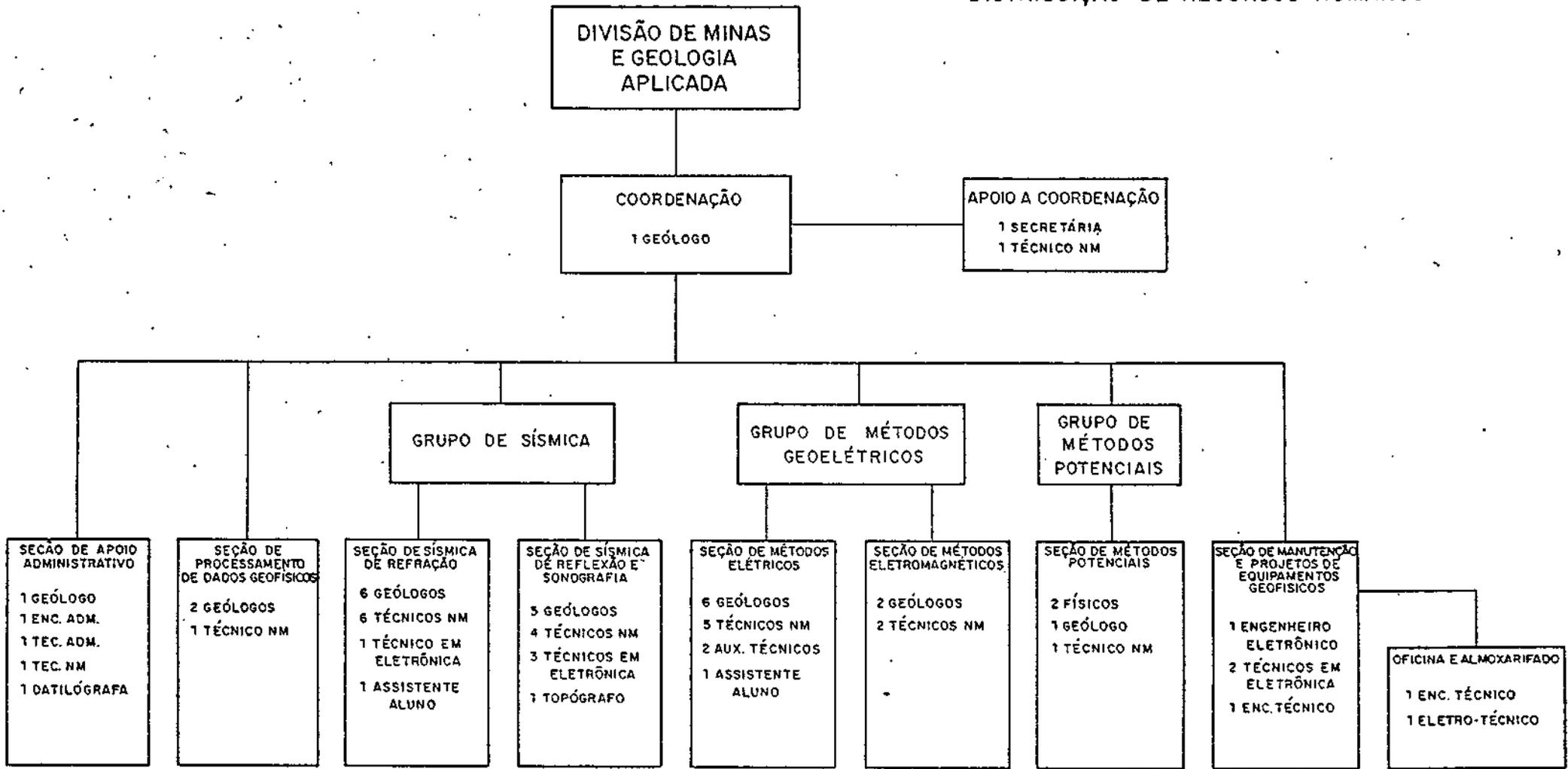
- . Levantamento gravimétrico terrestre
- . Levantamento magnetométrico terrestre

4 QUADROS DE PESSOAL NÍVEL UNIVERSITÁRIO E NÍVEL MÉDIO

QUADRO DE PESSOAL NÍVEL UNIVERSITÁRIO DO AGRUPAMENTO DE GEOFÍSICA

Nº DE TÉCNICOS	FORMAÇÃO BÁSICA	TEMPO DE FORMATURA	EXPERIÊNCIA NA ÁREA DE GEOFÍSICA	Nº DE TÉCNICOS QUE POSSUEM CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO E/OU ESPECIALIZAÇÃO NA ÁREA DE GEOFÍSICA
9	Geologia			1
1	Física	< 3 anos	< 3 anos	1
1	Engenharia Eletrônica			
5	Geologia	> 3 < 6 anos	< 6 anos	
5	Geologia			4
1	Geofísica	> 6 < 10 anos	> 6 < 10 anos	1
1	Física			1
4	Geologia	> 10 anos	> 10 anos	2

AGRUPAMENTO DE GEOFÍSICA
DISTRIBUIÇÃO DE RECURSOS HUMANOS



1971

5 EQUIPAMENTOS DISPONÍVEIS

SÍSMICA DE REFRAÇÃO

- . 3 sísmógrafos de 12 canais - modelo RS-4 da SIE - USA
- . 1 sísmógrafo de 24 canais - modelo RS-44 da SIE - USA
- . 1 sísmógrafo de 24 canais - modelo RA-49 da SIE - USA
- . 1 sísmógrafo de 12 canais - modelo RM-49S da SIE - USA
- . 1 sísmógrafo digital monocanal - modelo 1575B da BISON - USA
- . 1 sísmógrafo digital de 6 canais - modelo 1580-1 da BISON - USA
- . 1 gravador digital de sinais - modelo 1465 da BISON - USA
- . 1 registrador analógico - modelo 14 da BISON - USA
- . 1 conjunto para execução de ensaios "cross-hole" da BISON

SÍSMICA DE REFLEXÃO

- . 1 conjunto de sísmica de reflexão Hydrosonde M-2A da Huntec Canadá
- . 1 conjunto de sísmica de reflexão e sonografia Side Scan Sonar Sub-Bottom Profiler - mod. 530 da Klein - USA

MÉTODOS ELÉTRICOS

- Conjuntos de Eletroresistividade

- . 5 potenciômetros AE-631A SERCEL - França
- . 3 conversores (25 watts) AE-631B SERCEL - França
- . 4 conversores (200 watts) AE-631C SERCEL - França
- . 4 conversores (1000 watts) AE-631D SERCEL - França

*- Sistemas de Polarização Induzida (IP)**Transmissores IP*

- . 2 TSQ-3 (3 kW) Domínio do Tempo e Frequência - SCINTREX - Canadá
- . 1 IPC-7 (2,5 kW) Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 1 IPC-7 (15 kW) Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 1 PP-671 (4 kW) Domínio do Tempo - CGG - França
- . 2 ELPP-751 (1 kW) Domínio do Tempo - CGG - França

Receptores

- . 3 IPR-10A Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 1 IPR-10A Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 1 IPR-08 Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 2 IPR-07 Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 1 IPRF-2 Domínio do Tempo - SCINTREX - Canadá
- . 3 Registradores National
- . 1 Registrador Clevite Brush

MÉTODOS ELETROMAGNÉTICOS

- . 1 Sistema Turam da ABEM Suécia
- . 1 Sistema Turam da SCINTREX Canadá
- . 1 Sistema Maxmin II da APEX Canadá

MÉTODOS POTENCIAIS

- . 3 Magnetômetros - mod. G-816 da GEOMETRICS - USA
- . 1 Magnetômetro - mod. G-826 com base de registro contínuo da GEOMETRICS - USA
- . 2 Gravímetros Worden - mod. Master da TI - USA
- . 1 Gravímetro Worden - mod. Pioneer da TI - USA

6 PRINCIPAIS CAMPANHAS GEOFÍSICAS REALIZADAS

CLIENTE: Mineração Serras do Leste - ELUMA

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Campanha de sondagem elétrica vertical em apoio aos estudos hidrogeológicos para a determinação das fontes de abastecimento de água para o Projeto <u>Cha</u> <u>pada</u> do Cobre - GO.

CLIENTE: Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte - CAERN

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Sondagens elétricas verticais em apoio aos estudos hidrogeológicos na cidade de Mossoró-RN.

CLIENTE: SERMAR - Serviços Marítimos Ltda.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Determinação do valor da gravidade no cais comercial do Porto de Itajaí com base na estação gravimétrica BG-1 nº 40178A localizada em Florianópolis.

CLIENTE: Nuclebrás Construtora de Centrais Elétricas S.A. - NUCON

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1982	Ensaíos cross-hole na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto - Unidade III - Angra dos Reis - RJ.

CLIENTE: Caraiiba Metais S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1982	Levantamento de polarização induzida no Vale do Curuçá.

CLIENTE: Petrobrás Mineração S.A. - PETROMISA

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Ensaio geofísicos aplicados à prospecção de sulfetos metálicos no Estado de Sergipe.
1981	Ensaio geofísicos aplicados à prospecção de sulfetos metálicos no Estado de Sergipe (2ª Fase).
1983	Ensaio de polarização induzida (perfilagem IP) aplicados à prospecção mineral em áreas da Bacia Sedimentar do Sergipe-Alagoas.
1983	Ensaio de polarização induzida aplicados à prospecção mineral em área da Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas - Área Tenório/Pindoba.
1983	Ensaio de polarização induzida aplicados à prospecção mineral em áreas da Bacia Sedimentar Sergipe/Alagoas - Área Igreja Nova.
1983	Aplicabilidade de sondagens elétricas verticais em área da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas, Projeto Enxofre Castanhal.
1982/1983	Sondagens elétricas verticais em área sedimentar do Estado do Espírito Santo, em apoio ao Projeto Enxofre-Itaúnas.

CLIENTE: Rede Ferroviária Federal S.A. - RFF

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1978	Ensaio micro-sísmicos no túnel 5-V (Estrada de Ferro Central do Paraná).

CLIENTE: Indústrias Luchsinger Madörin

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Ensaio geofísicos aplicados à prospecção de sulfetos no município de Anitápolis - Estado de Santa Catarina.

CLIENTE: Consórcio CESP/IPT - PAULIPETRO

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1980	Sondagens elétricas verticais em apoio aos estudos geológicos dos Blocos 46 e 49 - PR.
1980	Sondagens elétricas verticais de grande alcance em apoio aos estudos geológicos de Bauru - Bloco 45.
1980	Sondagens elétricas verticais em apoio ao estudo geológico de Amadeu Amaral - Bloco 44.
1980	Ensaio de sísmica de refração na região de Bauru - Bloco 45 - Relatório Progressivo.
1980	Prospecção geofísica (sondagem elétrica vertical e magnetometria) em apoio aos estudos geológicos na região de São Pedro/Piracicaba - Bloco 47.
1981	Sondagens elétricas verticais em apoio às prospecções de hidrocarbonetos no Bloco 48 - Pirajú/Sarutaiã - SP.
1981	Sondagens elétricas verticais em apoio às prospecções de hidrocarbonetos no Bloco 45 (Garça/Gália/Marília) - Bacia do Paraná - SP.
1981	Sondagens elétricas verticais em apoio às prospecções de hidrocarbonetos na área da estrutura de Getúlio Vargas - RS - Bloco 79.
1981	Sondagens elétricas verticais em apoio às prospecções de hidrocarbonetos no Bloco 76.
1982	Ensaio de sísmica de refração em Cuiabá Paulista
1982/1983	Prospecção geofísica por sísmica de reflexão e refração rasa (para determinação de weathering) visando subsidiar as prospecções de hidrocarbonetos na Bacia do Paraná no território brasileiro.

CLIENTE: Construtora Andrade Gutierrez S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1977	Ensaio de sísmica de refração na área do vertedouro da Usina Hidroelétrica de Emborcação - MG.

CLIENTE: Construções e Comércio Camargo Corrêa S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Ensaio geofísicos (sísmica de reflexão) no Rio Tocantins em áreas de interesse para a Camargo Corrêa.

CLIENTE: ENGEVIX - Estudos e Projetos de Engenharia

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Prospecção por sísmica de reflexão em áreas da Barragem Summit Control da LIGHT - Represa Billings - SP.

CLIENTE: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo - SICCT-SP

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1980	Desenvolvimento de um sistema de perfilagem de polarização induzida.

CLIENTE: Construtora Norberto Odebrecht S.A. - CNO

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Ensaio cross-hole na obra do Reator II de Angra dos Reis - RJ.

CLIENTE: Companhia Brasileira do Cobre S.A. - CBC

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1981	Estudos geofísicos pelos métodos de polarização induzida em área de pesquisa próximas às minas do Camaquã em Caçapava do Sul - RS.

CLIENTE: Companhia Metropolitana de Águas do Estado de São Paulo - COMASP

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1971	Estudos micro-sísmicos: determinação das constantes elásticas das rochas ao longo do túnel de ligação dos Rios Cachoeira-Atibainha - Sistema Cantareira.
1971	Estudos micro-sísmicos: determinação das constantes elásticas das rochas ao longo do túnel de ligação dos Rios Atibainha-Juqueri - Sistema Cantareira.

CLIENTE: UNIGEO Geologia e Mineração S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1978	Ensaio eletromagnético aplicado à prospecção de sulfetos nas proximidades de Castro - PR.
1980	Ensaio magnetométrico e de polarização induzida aplicados à prospecção de ouro associados a sulfetos metálicos na região de Pitangui - MG.
1980	Ensaio de polarização induzida aplicados à prospecção de sulfetos metálicos no Vale do Ribeira na região de Tunas - PR.
1980	Levantamento de polarização induzida aplicados à prospecção de sulfetos metálicos na região de Porangatu e Goianésia - GO.
1983	Ensaio de polarização induzida aplicados à prospecção de sulfetos metálicos na região de Goianésia - GO.

CLIENTE: Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRÁS

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1970	Reconhecimento geológico e geofísico do local de implantação da Barragem do Rio Mato Grosso - RJ.
1980	Ensaio geofísico de transmissão direta na obra do COFEN - SE.

CLIENTE: Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores - CNEC

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1971	Estudos eletro-sísmicos em Cerritos Uscheurumi e Caloguru - Equador.
1971	Estudos preliminares de eletroresistividade nas regiões de Santo Agostin e São Francisco - Equador.
1976	Ensaaios eletro-sísmicos no local de implantação da futura Barragem de Pedra do Cavalo - BA.
1980	Ensaaios geofísicos (sísmica de refração e eletroresistividade) em locais de estudo do Projeto Babaquara - Altamira - PA.
1980	Ensaaios de sísmica de reflexão em locais de estudo do Projeto Babaquara - Rio Xingu - Altamira - PA.

CLIENTE: Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. - ELETROSUL

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1973	Sondagens sísmicas na área dos túneis de desvio em Salto Santiago - PR.
1973	Sondagens elétricas verticais na área de construção da Termo-Elétrica Sotelca III - Cabeçudas - SC.
1980	Ensaaios eletro-sísmicos no local de implantação da Usina Hidroelétrica de Ilha Grande - Mato Grosso do Sul - PR.
1980	Ensaaios de sísmica de reflexão no Rio Paranã na área de implantação da UHE de Ilha Grande - Mato Grosso/Paraná.

CLIENTE: Air Lift Engenharia e Comércio

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1973	Sondagem elétrica vertical de grande alcance na região de Fernandópolis - SP.

CLIENTE: Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1970	Execução de sondagens sísmicas na área da Barragem de Lara - Anhembi - SP.
1977	Sondagens elétricas verticais de grande alcance em apoio ao Projeto Água Subterrânea no Estado de São Paulo.
1979	Sondagens elétricas verticais para complementação de estudos hidrogeológicos em áreas do Vale do Paraíba - SP.
1980	Ensaio de sísmica de refração na área de implantação dos túneis das Usinas Hidrelétricas Reversíveis na Bacia do Rio Juquiã.
1981	Sondagem elétrica vertical no Estado de São Paulo, em auxílio à locação de projetos de poços tubulares para abastecimento de água em municípios situados nas regiões administrativas 4 (Sorocaba) e 5 (Campinas).

CLIENTE: Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis - DNPVN

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1974	Ensaio eletro-sísmico na área de interesse à implantação das obras de transposição do Salto de Piracicaba - SP.
1975	Ensaio geofísico (eletro-sísmico) na área de implantação do canal de jusante da Eclusa de Itatinga - Rio Tietê - SP.

CLIENTE: Instituto Geológico "Eduardo Terra Arrocena"

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1980	Sondagens elétricas verticais de grande alcance para fins hidrogeológicos executados na região no oeste da República Oriental del Uruguay - Monte <u>v</u> ideo.

CLIENTE: Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1976	Ensaio geofísicos no local de implantação da Barragem de Itaparica.
1976	Ensaio micro-sísmicos e de transmissão direto na obra de implantação da Central Hidroelétrica de Paulo Afonso IV.
1979	Ensaio geofísicos (sísmica de refração e sísmica de reflexão) em áreas de interesse para projetos da CHESF - Pão de Açúcar e Canindê - Rio São Francisco.
1979	Ensaio geofísicos (sísmica de reflexão) em área de interesse para projetos da CHESF - Xingô - Rio São Francisco.
1982	Ensaio de sísmica de reflexão no Rio São Francisco, nas localidades de Pão de Açúcar (AL/SE), Canindê (AL/SE) e Xingô (BA/PE).
1982	Ensaio de sísmica de reflexão de alta resolução no aproveitamento hidrelétrico de Itaparica - Rio São Francisco - PE/BA.

CLIENTE: THEMAG Engenharia Ltda.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1976	Sondagens elétricas verticais sobre água, testes preliminares no terminal marítimo da COSIPA.
1976	Ensaio de sísmica de refração no terminal marítimo da COSIPA, Ilha do Casqueirinho, Cubarão-SP.
1978	Ensaio eletro-sísmicos nas áreas da Eclusa de Porto Primavera - SP.
1979	Ensaio geofísicos no leito do Rio Paraná Usina e Eclusa de Porto Primavera.
1981	Sísmica de refração para estudo do local de implantação da Usina Hidrelétrica de Nilo Peçanha II - RJ.

CLIENTE: HIDROSERVICE Engenharia de Projetos Ltda.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1975	Ensaio micro-sísmicos nos locais de implantação da Casa de Força e da Eclusa da Barragem de Sobradinho.

CLIENTE: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1977	Estudos geofísicos em áreas de interesse ao Sistema Cantareira - Canal de Interligação Jaguari - Jacaré.

CLIENTE: Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - CODEVASF

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1977	Resultados da campanha de prospecção gravimétrica efetuadas na área do Projeto Jaíba - Mocambinho, MG.
1978	Estudos geofísicos na área de implantação do Projeto de Irrigação de Jaíba - MG.
1978	Ensaio de sísmica de refração no local de implantação da Barragem de Mirorós - BA.

CLIENTE: Metais de Goiás S.A. - METAGO

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1980	Ensaio geofísicos aplicados à prospecção de sulfetos de níquel e cobre em Goiás.
1982	Ensaio geofísicos de polarização induzida nas regiões de Crixás e Goianésia - GO.

CLIENTE: Empresas Nucleares Brasileiras S.A. - NUCLEBRÁS

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1976	Ensaio geofísicos (sísmica de refração e eletroresistividade) para complementação dos estudos geológico-geotécnicos preliminares para a abertura da Cava da Mina do Cercado - Poços de Caldas - MG.
1977	Ensaio geofísicos (sísmica de refração e eletroresistividade) para detalhamento das características gerais das rochas que ocorrem sobre os corpos de minério A e B.
1978	Ensaio de sísmica de refração no Corpo A da Mina Osamu Utsumi - Poços de Caldas - MG.
1979	Ensaio de sísmica de refração na área de implantação da Barragem dos rejeitos - Mina Osamu Utsumi - Poços de Caldas - MG.
1982	Ensaio cross-hole na Ponta do Grajaúna - Iguape - SP.
1982	Ensaio de sísmica de reflexão de alta resolução no litoral da região da Ponta do Grajaúna - Peruíbe - SP.
1982	Ensaio de sonografia no litoral, na região da Ponta do Grajaúna - Peruíbe - SP.

CLIENTE: ORESCO do Brasil S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Ensaio eletromagnéticos aplicados à prospecção de sulfetos nas proximidades de Livramento do Brumado - BA.
1979	Ensaio eletromagnéticos e magnetométricos aplicados à prospecção de sulfetos nas proximidades de Itaguarai e Livramento do Brumado - BA.

CLIENTE: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1976	Ensaio eletro-sísmicos no local do aproveitamento hidroelétrico de Tucuruí - PA.
1977	Estudos geofísicos (sísmica de refração) para a Eclusa de Tucuruí - PA.
1977	Ensaio eletro-sísmicos na área de implantação da Usina Hidroelétrica de Tucuruí - PA.
1977	Estudos geofísicos (sísmica de reflexão) para a Barragem de Tucuruí - PA.
1977	Estudos geofísicos (sísmica de refração) na área de implantação da Usina Hidroelétrica de Balbina - Rio Uatumã - AM.
1978	Ensaio geofísicos (sísmica de refração) nas alternativas de traçado da Eclusa da margem esquerda da UHE de Tucuruí - PA.
1979	Ensaio de sísmica de refração no Morrote ME e de micro-sísmica no muro de transição direito da UHE de Tucuruí. -
1980	Ensaio de sísmica de reflexão em áreas de interesse ao desvio da 3ª Fase da UHE de Tucuruí - Rio Tocantins - PA.
1981	Ensaio de sísmica de refração na fuga do Canaipê - Reservatório da UHE de Tucuruí - PA.
1981	Ensaio sísmicos na Bacia de dissipação da UHE de Tucuruí - PA.

CLIENTE: SOGEMINE - Empresa de Mineração Ltda.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Prospecção de corpos de cromita pelos métodos geofísicos de gravimetria e magnetometria em áreas situadas na região de Jacobina e Piritiba, no Estado da Bahia.

CLIENTE: Billiton Metais S.A. (SHELL)

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1978	Levantamento de gravimetria e magnetometria, Projeto Encruzilhada.
1980	Ensaio eletromagnético aplicado à prospecção de sulfetos metálicos na região de Palmeirópolis - GO.
1981	Ensaio de polarização induzida (perfilagem, IP Direcional) em áreas dos Projetos Palmeirópolis e Termerid.
1982	Levantamento magnetométrico em apoio à detecção de sulfetos metálicos na região de Ibiajara-BA.
1982	Levantamentos geofísicos pelo método de polarização induzida aplicados à prospecção de sulfetos metálicos na região de Paracatu - MG.

CLIENTE: Superintendência do Vale do São Francisco - SUVALE

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1972	Determinação das características e espessuras da decomposição cárstica em regiões próximas a Iracê - BA.

CLIENTE: Companhia de Planejamento Técnico - INTARCO

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1973	Construção do mapa de contorno estrutural do embasamento cristalino por sondagens elétricas em área próxima à Bragança Paulista - SP.

CLIENTE: Consórcio OESA Tec. - OTI-EPTISA

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1972	Prospecção geofísica no Vale do Rio Fífaldo - PI.

CLIENTE: Companhia Energética de São Paulo - CESP

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1972	Estudos eletro-sísmicos para determinação da natureza e espessura do manto de decomposição das rochas na Barragem de Água Vermelha - MG.
1974	Determinação da continuidade da zona anômala na Barragem de Água Vermelha por eletrorresistividade.
1974	Estudo eletro-sísmico à fase de planejamento da Usina Reversível de Caraguatatuba - SP.
1974	Ensaio eletro-sísmico na área de implantação da futura Usina Hidrelétrica de Porto Primavera - Eixo 2.
1975	Estudos eletro-sísmicos no local de implantação do canal de tomada d'água da futura Usina Reversível de Caraguatatuba - SP.
1977	Ensaio de sísmica de refração no local de implantação da Barragem de Taquaruçu - Eixo Canabira.
1977	Ensaio de sísmica de refração no local de implantação da Barragem de Rosana - Eixo R1.
1977	Ensaio sísmico para determinação do grau de escaurificabilidade das rochas - Canal de Pereira Barreto - SP.
1977	Levantamento geofísico por sísmica de reflexão na área de Rosana entre os Eixos RA e R1.
1977	Ensaio geofísico (sísmica de reflexão) no desenvolvimento Paraitinga-Paraibuna.
1978	Estudos eletro-sísmicos em local de interesse à implantação da Barragem de Taquaruçu - SP.
1978	Prospecção geofísica em locais de interesse à implantação da Usina de Canoas - PR.
1978	Ensaio de sísmica de refração no local de implantação do vertedouro da Barragem de Graminha - SP.
1978	Ensaio de sísmica de refração em área de implantação da UHE de Caraguatatuba - SP.
1979	Ensaio eletro-sísmico na área da UHE de Eloy Chaves - Espírito Santo do Pinhal - SP.

CLIENTE: Companhia Energética de São Paulo - CESP

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1979	Ensaio de sísmica de refração da Usina Hidroelétrica de Eloy Chaves - Espírito Santo do Pinhal - SP.
1979	Ensaio de sísmica de refração nas áreas das Alternativas II e III do vertedouro da UHE de Graminha - Caconde - SP.
1980	Ensaio de sísmica de refração na área de UHE de Bariri - Obra Hidrovia do Alcool - SP.
1980	Ensaio de sísmica de refração na área de implantação da UHE de Rosana - SP.
1980	Ensaio eletro-sísmico na área de aproveitamento hidrelétrico do Rio Turvo - SP.
1981	Ensaio geofísico (métodos geoeletricos) aplicados à detecção de zonas por onde estaria havendo infiltração e conseqüente carregamento do material da ensecadeira de 1ª Fase da UHE de Nova Avanhandava.
1982	Métodos geoeletricos aplicados à detecção de zonas saturadas em taludes da Barragem do Rio Jaguari - SP.

CLIENTE: Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1974	Estudo do local do Eixo 2 da Usina Hidrelétrica de Foz do Areia por eletrorresistividade.

CLIENTE: Itatiba Agro-Industrial S.A.

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1974	Prospecção geofísica (gravimetria e eletrorresistividade) em área próxima à Capão Bonito.

CLIENTE: *British Petroleum Mineração*

ANO	NATUREZA DO TRABALHO
1983	<i>Ensaio eletromagnético em apoio às prospecções de sulfetos metálicos na região de Araputanga, Estado de Mato Grosso.</i>



Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo - SICCT
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT — nasceu de um núcleo agregado à Escola Politécnica de S. Paulo. Esse núcleo, sob a denominação de Gabinete de Resistência de Materiais, foi criado pelo Prof. Francisco de Paula Souza, em 1899. No início, os objetivos principais eram servir de apoio ao ensino dessa Escola e desenvolver um programa de ensaios, visando determinar as principais características físicas, químicas e mecânicas dos materiais em uso corrente nas construções. Em 1931, sob orientação do Prof. Ary Torres, o Gabinete passou a denominar-se oficialmente Laboratório de Ensaio de Materiais. Esse novo nome simbolizava uma significativa reestruturação do antigo Gabinete, caracterizada pela ampliação e renovação do aparelhamento técnico, pelo aumento e seleção do pessoal, pela divisão de trabalho por seções especializadas e, como fator dos mais importantes, pela aplicação progressiva de tempo integral aos seus funcionários.

A rápida expansão das atividades do Laboratório justificou a sua transformação em Instituto de Pesquisas Tecnológicas, anexo à Escola Politécnica, em 1934, quando também foi fundada a Universidade de São Paulo. O IPT começou, então, a criar novas áreas de capacitação tecnológica, desempenhando um papel sempre crescente em diversos campos: no desenvolvimento da pesquisa tecnológica, na formação de recursos humanos, na organização de um sistema de metrologia legal e de sistemas de padrões industriais, na criação e desenvolvimento de um centro de documentação tecnológica, no controle e proteção de marcas e patentes, e na captação e difusão da informação tecnológica.

O desenvolvimento da industrialização brasileira, acelerado pela II Guerra Mundial, con-

duziu o País a realizar pesados investimentos em grandes obras como barragens e usinas hidrelétricas, rodovias, pontes, edifícios públicos, conjuntos habitacionais etc.

Todo esse esforço exigiu ampla participação do IPT e sua transformação em entidade autárquica do Estado de São Paulo, em 1944, possibilitava dinamizar significativamente essa participação, mantendo sempre estreitos vínculos culturais com a Escola Politécnica e a Universidade de São Paulo.

Em resumo, a história do IPT tem como característica marcante um processo de desenvolvimento natural, quer de instalações como de recursos humanos. Cada fase de sua existência significou, antes de mais nada, um processo de acompanhamento do desenvolvimento do País.

Em 1976, o IPT passou a ser uma Empresa Pública com a denominação de Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. - IPT. Atualmente, os seus recursos instrumentais e humanos distribuem-se por doze Divisões Técnicas e quatro Centros Especializados: Divisão de Minas e Geologia Aplicada, Divisão de Engenharia Civil, Divisão de Edificações, Divisão de Engenharia Naval e Oceânica, Divisão de Engenharia Mecânica, Divisão de Eletricidade Industrial, Divisão de Metalurgia, Divisão de Química e Engenharia Química, Divisão de Madeiras, Divisão de Tratamento de Minérios, Divisão de Economia e Engenharia de Sistemas, Centro de Estudos de Fertilizantes, Centro Técnico em Celulose e Papel, Centro de Tecnologia Têxtil, Centro de Desenvolvimento Ferroviário, Núcleo de Tecnologia e Equipamentos Industriais. Por outro lado, o IPT conta, ainda, com a Campus de Lorena (SP) e o Núcleo Tecnológico de Couros, Calçados e Afins, em Franca (SP).

ANEXOS

Decreto-lei nº 2.016, de 03 de março de 1983.

Altera a redação dos artigos 20, 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, que estabelece normas relativas ao "Imposto Único sobre Minerais", e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

D E C R E T A:

Art. 1º - Os artigos 20, "caput", 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passam a vigorar com a seguinte redação:

"Art.20. O comércio e a primeira aquisição de pedras preciosas, semipreciosas, carbonados, metais nobres e demais substâncias minerais, em bruto, cuja extração se faça pelo regime de matrícula definido no artigo 9º do Código de Mineração, somente poderão ser exercidos, e a título precário, por pessoas jurídicas autorizadas pelo Ministério da Fazenda."

"Art.21. Aplicar-se-ão as seguintes multas, calculadas sobre o valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando encontradas em poder de:

I - Garimpeiro, faiscador ou catador, fora do município do garimpo, faisqueira ou cata, desacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

II - Extrator, fora do local da extração, desacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

III - Prepostos, administradores ou titulares de pessoas jurídicas que satisfaçam às exigências do artigo 20 deste Decreto-lei, desacompanhadas da Nota Fiscal de Aquisição, ou se a segunda via desta não houver sido entregue à repartição fiscal - 50% (cinquenta por cento);

IV - Garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, não matriculados na Secretaria da Receita Federal, ou de qualquer outra pessoa além das referidas nos itens I, II e III deste artigo - 100% (cem por cento);

V - De qualquer pessoa, fora da área, de

terminada por ato administrativo, em que a Caixa Econômica Federal tiver a exclusividade de sua comercialização - 100% (cem por cento);

§ 1º - Se as substâncias minerais forem encontradas em qualquer área de aeroportos, portos marítimos, fluviais ou lacustres, trapiches e embarcadouros, estações ferroviárias ou rodoviárias, ou a bordo de qualquer veículo transportador, as multas previstas nos itens I, II e III deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º - Somente quando obrigatório o registro da Guia de Trânsito na repartição fiscal, a sua falta acarretará a aplicação das multas previstas nos itens I e II deste artigo.

§ 3º - A multa prevista no item V deste artigo não será aplicada se ficar comprovado que a Caixa Econômica Federal não quis adquirir a substância mineral, embora extraída em área onde aquele órgão público detenha a exclusividade de sua comercialização."

"Art.22. Aplicar-se-ão, ainda, as seguintes multas às pessoas jurídicas, calculadas sobre:

I - O valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 100% (cem por cento);

b) promoverem sua saída do estabelecimento, sem emissão de nota fiscal - 30% (trinta por cento);

II - O valor do imposto incidente sobre as substâncias minerais diversas das referidas no artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 50% (cinquenta por cento);

b) promoverem a sua saída, sem destacar o imposto na respectiva nota fiscal - 100% (cem por cento);

III - O valor do imposto incidente sobre qualquer das substâncias minerais constantes da lista anexa a este Decreto-lei, quando:

a) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido até 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 50% (cinquenta por cento);

b) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido depois de 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 100% (cem por cento).

§ 1º Se a pessoa jurídica dedicar-se à atividade constante do artigo 20 deste Decreto-lei, sem autorização do Ministério da Fazenda, as multas previstas no item I deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º As multas previstas nos itens II e III deste artigo serão de 150% (cento e cinquenta por cento), quando se tratar de infração qualificada."

Art. 2º - Este Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogada as disposições em contrário.

Brasília-DF, em 03 de março de 1983;
1629 da Independência e 959 da República.

JOÃO FIGUEIREDO
Ernane Galvêas
Cesar Cals Filho
Delfim Netto

Publicada no D.O.U. de 04 de março de 1983, fls. 3.521/22.

INSTRUÇÃO NORMATIVA DO SRF Nº 018, DE 02 DE MARÇO DE 1983

Dispõe quanto ao lançamento do IUM
"a posteriori" ou "por estimativa"

O SECRETÁRIO DA RECEITA FEDERAL, no uso de suas
atribuições,

R E S O L V E:

1. Declarar que os casos previstos nas letras a e b do artigo 9º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970 (RIUM), abrangem situações em que no local da jazida, mina ou depósito não se disponha de elementos absolutamente necessários ao perfeito lançamento do imposto na Nota-Fiscal, pela impossibilidade de conhecimento das quantidades ou teor da substância mineral que servirá de base para incidência tributária e, bem assim, aquelas de saídas contínuas através de esteiras transportadoras, teleféricos, frotas de caminhões e semelhantes.
2. Declarar que é permitido, também, o lançamento do Imposto Único sobre Minerais (IUM), "a posteriori" ou "por estimativa", nas saídas para estabelecimentos de terceiros.
3. Determinar que, em qualquer das hipóteses-saídas de substâncias minerais para estabelecimentos da mesma empresa ou para estabelecimentos de terceiros -, observado sempre o disposto nos §§ 1º e 2º do artigo 9º do RIUM, o Ato Declaratório a ser expedido pela Unidade da Secretaria da Receita Federal com jurisdição sobre o local da jazida, mina ou depósito, resulte de exame caso a caso, por solicitação dos interessados, e a autorização para lançamento "a posteriori" ou "por estimativa" com emissão de uma única Nota-Fiscal restrinja-se ao movimento correspondente a um período máximo de 1 dia (24 horas).

FRANCISCO NEVES DORNELLES

Publicada no D.O.U. de 04 de Março de 1983, fls. 3.553.

ADENDO



IMPOSTO UNICO SOBRE MINERAIS - IUM

ADENDO À COLETÂNEA DA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA

Dispositivos alterados e/ou acrescentados através de decretos-lei, decretos e normas posteriores, que deixaram de ser mencionados nos respectivos textos.

Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
D.L. 1.038/69	09	3º	Ver pág. 42, art. 3º do D.L. nº 1.412/75 (Revogado).
	09	6º	Ver pág. 16, art. 2º do D.L. nº 1.083/70 e pág. 41, art. 1º, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	8º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	10	Ver pág. 40, D.L. 1.172/71 e pág. 41, art. 1º, inc. II, do D.L. 1.412/75.
	10	12	Ver pág. 16, art. 4º do D.L. nº 1.083/70, pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 1º do RIUM.
D.L. 1.083/70	12	17	Ver pág. 41/2, D.L. 1.412/75.
	16	3º	Ver pág. 40, art. 1º do D.L. 1.172/71, e pág. 20, art. 7º do RIUM (Alíquotas em vigor).
	16	4º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 1º do RIUM.
Decreto 66.694/70 - RIUM	19	2º	Ver pág. 41/2, art. 1º, inc. III e art. 3º do D.L. 1.412/75
	19	3º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. I do D.L. 1.412/75.
	20	6º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. II do D.L. 1.412/75.
	22	11	Ver pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75.
	23	15	Leia-se: O imposto será recolhido através do DARF, ao Banco do Brasil ou, na falta deste, a outro estabelecimento da rede bancária autorizada a arrecadar tributos federais, até o último dia do segundo mês... (Portaria MF nº 64, de 12.04.73).



Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
Decreto 66.694/ 70 - RIUM	23	16	Dispensada a apresentação de guia negativa, devendo o fato ser mencionado no campo 31 do DARF.
	23	18	O regime especial de que trata o artigo está disciplinado atualmente pela I.N. do SRF nº 13, de 12.02.81.
	24/27	21/36	Ver pág. 44/71 - Instrução Normativa do SRF nº 22/73.
	35	73	Ver pág. 61, sub-item 2.3 do Cap. III da I.N. 22/73.



de responsabilidade, darão conhecimento à repartição competente, dentro de oito dias do recebimento da substância mineral, ou antes do início do consumo ou da venda, se este se der em prazo menor, avisando, ainda, o fato, na mesma ocasião, ao remetente da substância mineral.

§ 2º - Se a falta consistir na inexistência de documentação comprobatória da procedência da substância mineral, relativamente à identificação do remetente (nome e endereço), o destinatário que receber ficará responsável pelo imposto e sujeito às sanções cabíveis.

Art. 38 - As pessoas mencionadas no artigo anterior são obrigadas a franquear, aos agentes do Fisco, os seus estabelecimentos, depósitos, dependências e móveis, permitindo-lhes o mais amplo exame das substâncias minerais, documentos e livros fiscais e comerciais.

Art. 39 - Os transportadores não poderão aceitar despachos ou efetuar o transporte de substâncias minerais que não estiverem acompanhadas dos documentos exigidos por este Regulamento.

Parágrafo único - A proibição estende-se aos casos de manifesto desacordo entre a substância mineral ou volumes que as acondicionarem e a sua discriminação nos documentos, aos de descrição incompleta, e aos de falta de indicação do nome e endereço do remetente ou do destinatário.

Art. 40 - Os transportadores prestarão aos funcionários fiscais todo o concurso para facilitar-lhes o exame dos documentos e das mercadorias em despacho, já despachadas ou em trânsito, sendo pessoalmente responsáveis pelo extravio dos documentos que lhes tenham sido entregues pelo remetente dos produtos.

CAPÍTULO XI

Infrações e Penalidades

SEÇÃO I Infrações

Art. 41 - Constitui infração toda ação ou omissão, voluntária ou involuntária que importe em inobservância por parte do sujeito passivo de obrigações tributárias estabelecidas ou disciplinadas neste Regulamento ou pelos atos administrativos de caráter normativo destinados a complementá-lo.

Parágrafo único - Salvo disposição expressa em contrário, a responsabilidade por infração independe da intenção do agente ou responsável e da efetividade, natureza e extensão dos efeitos do ato.

Art. 42 - As infrações serão apuradas mediante processo administrativo, que terá por base o auto ou a representação, conforme a verificação da falta se dê no serviço externo de fiscalização ou no serviço interno das repartições.

SEÇÃO II Penalidades

Art. 43 - As infrações serão punidas com as seguintes penas, aplicáveis se parada ou cumulativamente:

I - Multa;

II - Proibição de transacionar com as repartições públicas ou autárquicas federais e com os estabelecimentos bancários controlados pela União.

Parágrafo único - O pagamento da multa não exime o infrator da obrigação de reparar os danos resultantes da infração, nem o exime do cumprimento das exigências regulamentares que tiverem determinado.

Art. 44 - Compete à autoridade julgadora, atendendo aos antecedentes do infrator, aos motivos determinantes da infração e à gravidade de suas consequências efetivas ou potenciais:

I - Determinar a pena ou as penas aplicáveis ao infrator;

II - Fixar, dentro dos limites legais, a quantidade da pena aplicável.

Art. 45 - A falta de lançamento do imposto único sobre substâncias minerais ou de seu recolhimento ao órgão arrecadador, no prazo e na forma deste Regulamento, sujeitará o contribuinte às seguintes multas:

I - De 50% (cinquenta por cento) do valor do imposto, se o contribuinte o lançou devidamente e não efetuou o seu recolhimento até 90 (noventa) dias do término do prazo regulamentar;

II - De 100% (cem por cento) do valor do imposto que deixou de ser lançado, ou que, devidamente lançado, não foi recolhido, depois de 90 (noventa) dias do término do prazo legal;

III - De 150% (cento e cinquenta por cento) do valor do imposto que deixou de ser lançado ou recolhido, quando se tratar de infração qualificada.

§ 1º - Incorrerão ainda nas penas previstas nos incisos II ou III, conforme o caso:

I - Os que transportarem substâncias minerais tributadas ou isentas, de sacompanhadas da documentação comprobatória de sua procedência;

II - Os que possuírem, nas condições do inciso anterior, substâncias minerais para venda ou transformação.

§ 2º - A falta de identificação do contribuinte ou responsável não exclui a aplicação das multas previstas neste artigo e parágrafos, cuja cobrança, juntamente com a do imposto que for devido, será efetuada pela venda, em leilão, da substância mineral a que se referir a infração.

§ 3º - São infrações qualificadas as praticadas mediante sonegação, fraude ou conluio.

§ 4º - Os conceitos de sonegação, fraude e conluio são os adotados pela legislação do Imposto sobre Produtos Industrializados.

Art. 46 - O recolhimento espontâneo, feito fora do prazo regulamentar, sujeitará o contribuinte a multas de 5% (cinco por cento), 10% (dez por cento) e 20% (vinte por cento) do imposto, cobradas juntamente com este numa mesma guia conforme o recolhimento se tenha verificado, respectivamente, até 30 (trinta), 60 (sessenta) e após 60 (sessenta) dias do término do prazo regulamentar do pagamento. (*)

(*) - OBS.: Alterado pelo DL 1.736 de 20.12.79 (Mora 30%, reduzida para 15% se pago até o último dia útil do mês calendário subsequente).

Art. 47 - Serã aplicada a multa de 100% (cem por cento) do valor comercial das pedras preciosas, semi-preciosas, carbonados, metais nobres e demais substâncias minerais, em bruto cuja extração se faça pelo regime de matrícula definido no Código de Mineração, quando encontradas em poder de pessoas que não satisfaçam às exigências deste Regulamento.

Art. 48 - As infrações para as quais não se estabeleça pena proporcional ao valor do imposto serão punidas com multas fixadas, a partir das penas básicas constantes do § 1º, observados os limites mínimos de Cr\$ 50,00 (cinquenta cruzeiros) e máximos de Cr\$ 500,00 (quinhentos cruzeiros). (*)

§ 1º - As multas básicas serão de:

I - Cr\$ 250,00 (duzentos e cinquenta cruzeiros) para as infrações aos dispositivos contidos nos Capítulos I a IV; (**)

II - Cr\$ 150,00 (cento e cinquenta cruzeiros) para as infrações aos dispositivos contidos no Capítulo IX. (***)

III - Cr\$ 50,00 (cinquenta cruzeiros) para as infrações aos dispositivos não compreendidos nos incisos I e II. (****)

§ 2º - A inobservância de normas prescritas em atos administrativos de caráter normativo será punida com multa estabelecida no inciso I.

Art. 49 - Sem prejuízo do procedimento penal cabível fica sujeito à multa de 5 (cinco) vezes o limite máximo, previsto no artigo anterior, aquele que:

I - Simular, viciar ou falsificar documentos ou a escrituração de livros fiscais e comerciais, ou utilizar documentos falsos para iludir a fiscalização ou fugir ao pagamento do imposto, se outra maior não couber por falta de lançamento ou pagamento do tributo.

II - Por qualquer meio ou forma, desacatar os agentes da fiscalização, ou embaraçar, dificultar ou impedir a sua atividade fiscalizadora, sem prejuízo de qualquer outra penalidade cabível por infração a este Regulamento.

Art. 50 - Iniciado o procedimento para cobrança de débito fiscal, o devedor gozará de redução de 50% (cinquenta por cento) do valor da multa, se liquidar o débito no prazo fixado na intimação, e de 30% (trinta por cento) quando, proferida a decisão administrativa de primeira instância, o débito exigido for liquidado no prazo em que caberia interposição de recurso.

Parágrafo Único - O pagamento porã fim ao processo administrativo em relação aos acusados que o efetuarem, perdendo direito à redução os que, pagando o débito, procurarem a via judicial para contraditar a exigência.

Art. 51 - Se às substâncias minerais declaradas isentas, for dada destinação diferente da prevista no art. 11, responderã o titular da autorização de pesquisa, de concessão de lavra ou de manifesto de mina, pelo pagamento do imposto, com a penalidade cabível, aplicada solidariamente ao adquirente.

OBS.: (*) Para 1981 - Cr\$ 1.000,00 (hum mil cruzeiros)
 Para 1981 - Cr\$10.000,00 (dez mil cruzeiros)
 (**) Para 1981 - Cr\$ 5.000,00 (cinco mil cruzeiros)
 (***) Para 1981 - Cr\$ 3.000,00 (três mil cruzeiros)
 (****) Para 1981 - Cr\$ 1.000,00 (hum mil cruzeiros)

CAPÍTULO XII

Fiscalização

Art. 52 - A direção dos serviços de fiscalização do Imposto Único sobre os Minerais compete à Secretaria da Receita Federal.

§ 1º - A execução dos serviços incumbe, nos limites de suas jurisdições, aos órgãos regionais e locais da Secretaria e aos seus agentes fiscalizadores.

§ 2º - A fiscalização será exercida sobre todas as pessoas naturais ou jurídicas, contribuintes ou não, que forem sujeitos passivos de obrigações tributárias previstas na legislação sobre minerais.

§ 3º - As pessoas a que se refere o parágrafo anterior exibirão aos agentes fiscalizadores, sempre que exigido, as substâncias minerais, os livros fiscais e comerciais e todos os documentos ou papéis, em uso ou já arquivados, que forem julgados necessários à fiscalização e lhes franquearão os seus estabelecimentos, depósitos, dependências e móveis, a qualquer hora do dia ou da noite, se à noite estiverem funcionando.

Art. 53 - A fiscalização do embarque de substâncias minerais destinadas à exportação caberá ao Ministério da Fazenda através dos órgãos da Secretaria da Receita Federal, ao Conselho Nacional do Comércio Exterior, à Carteira do Comércio Exterior do Banco do Brasil S.A., e ao Departamento Nacional da Produção Mineral, nas respectivas áreas de competência.

CAPÍTULO XIII

Substâncias Minerais e Efeitos Fiscais em Situação Irregular

Art. 54 - Serão apreendidas e apresentadas à repartição competente, mediante as formalidades legais, as substâncias minerais, notas fiscais e guias em contravenção às disposições deste Regulamento, bem como todas as coisas móveis que forem necessárias à comprovação das infrações.

Parágrafo Único - Se não for possível efetuar a remoção das substâncias minerais ou objetos apreendidos, o apreensor, tomadas as necessárias cautelas, incumbirá da sua guarda ou depósito, pessoa idônea ou o próprio infrator, mediante termo de depósito.

Art. 55 - Havendo prova ou suspeita fundada de que as coisas a que se refere o artigo anterior se encontram em residência particular ou em dependência de estabelecimento comercial, industrial, profissional ou qualquer outra utilizada como moradia, tomadas as necessárias cautelas para evitar a remoção clandestina, será promovida a busca e apreensão judicial, se o morador ou detentor, pessoalmente intimado, se recusar a fazer a sua entrega.

Art. 56 - No caso de suspeita de estarem em situação irregular as substâncias minerais que devam ser expedidas nas estações de empresas ferroviárias, fluviais, marítimas ou aéreas serão tomadas as medidas necessárias à retenção dos volumes pela empresa transportadora, na estação de destino.

§ 1º - Retiradas as substâncias minerais a empresa transportadora fará a mediata comunicação do fato ao órgão fazendário do lugar de destino e aguardará as providências deste durante 5 (cinco) dias úteis, a contar da chegada, e fin

do este prazo poderá liberar as substâncias minerais, mencionando o fato ao conhecimento de transporte.

§ 2º - Se a suspeita ocorrer na ocasião da descarga, a empresa transportadora agirá pela tomada indicada no final deste artigo e no seu § 1º.

Art. 57 - As substâncias minerais apreendidas poderão ser restituídas antes do julgamento definitivo do processo, a requerimento do interessado, depois de sanadas as irregularidades que motivaram a apreensão, ficando retidos os espécimes necessários ao esclarecimento do processo.

Parágrafo Único - As substâncias minerais e os objetos que, depois do julgamento definitivo do processo, não forem retiradas dentro de trinta dias, contados da data da intimação do último despacho considerar-se-ão abandonados e serão vendidos em leilão, em concorrência pública ou incorporados ao patrimônio da Fazenda Nacional na forma da lei específica.

CAPÍTULO XIV

Exame da Escrita Fiscal e Comercial

Art. 58 - No interesse da Fazenda Nacional, os agentes fiscalizadores procederão ao exame da escrita geral das pessoas sujeitas à fiscalização.

§ 1º - No caso de recusa da exibição da escrita, o agente fiscalizador, por intermédio da repartição providenciará junto ao representante do Ministério Público para que se faça a exibição judicial dos livros e documentos, sem prejuízo da imediata lavratura do auto de infração cabível.

§ 2º - Se pela documentação própria não se puder apurar o movimento comercial da empresa colher-se-ão os elementos necessários nos livros ou documentos de outras empresas ou de estabelecimentos que com o fiscalizado transacionem, nos despachos, livros e papéis de empresas de transporte, suas estações ou agências, ou em quaisquer outras fontes subsidiárias.

Art. 59 - Constituem elementos subsidiários para a determinação do imposto devido pelos contribuintes, o valor das despesas gerais efetivamente feitas, o da mão-de-obra empregada e o dos demais componentes do custo das substâncias minerais.

Art. 60 - Apurada qualquer diferença no caso de substâncias minerais, sujeitas a alíquotas diversas ou com valores tributáveis diferentes, o imposto será calculado com base na alíquota ou valor mais elevado, se não for possível fazer a discriminação com base nos elementos oferecidos pelo fiscalizado.

CAPÍTULO XV

Receita

SEÇÃO I

Escrituração

Art. 61 - A receita proveniente da arrecadação do imposto será escriturada, como depósito, pelas repartições arrecadoras e, deduzidos 0,5% (cinco de

cimos por cento), a título de despesas de arrecadação e fiscalização, recolhida diariamente ao Banco do Brasil S.A., agência local, ou, na sua falta, na mais próxima, no mais curto prazo.

Parágrafo Único - As guias de depósito discriminarão a receita por Município produtor e por substância mineral, e indicarão a destinação das parcelas, a saber:

I - 10% (dez por cento) à conta e ordem do Departamento Nacional da Produção Mineral - Fundo Nacional de Mineração - no que se refere à receita proveniente dos minérios em geral, exceto o carvão mineral;

II - 10% (dez por cento) à conta e ordem da Comissão do Plano do Carvão Nacional, no que se refere à receita proveniente do carvão mineral;

III - 70% (setenta por cento) à conta e ordem do Estado, do Território Federal ou do Distrito Federal, em cujo território houver extraído o mineral produtor da receita;

IV - 20% (vinte por cento) à conta e ordem do Município, em cujo território houver sido extraído o mineral produtor da receita.

Art. 62 - O Banco do Brasil S.A. procederá, relativamente aos recebimentos feitos em todas as suas agências, da seguinte forma:

I - Centralizará na Agência Central do Rio de Janeiro (GB) as contas do Departamento Nacional da Produção Mineral - Fundo Nacional de Mineração - e da Comissão do Plano do Carvão Nacional;

II - Centralizará nas agências das sedes dos governos dos Estados, dos Territórios Federais e do Distrito Federal as contas dessas entidades;

III - Centralizará nas agências das sedes dos Municípios ou nas mais próximas, as contas dessas entidades.

Art. 63 - Para efeito da distribuição prevista no art. 61, ao Distrito Federal, ao Território Federal de Fernando Noronha e ao Estado da Guanabara, em quanto permanecerem indivisos, caberá, cumulativamente, a quota do imposto Único atribuída aos Municípios, como se os tivessem.

Art. 64 - O Banco do Brasil S.A., fornecerá ao Departamento Nacional da Produção Mineral e à Secretaria da Receita Federal, no primeiro semestre de cada ano, os quadros demonstrativos da arrecadação e da distribuição de que trata este Regulamento.

Parágrafo Único - Os quadros deverão discriminar:

a) As arrecadações, por Município produtor e por substância mineral, separadamente, de acordo com a classificação constante da lista de substâncias minerais em anexo a este Regulamento.

b) Os valores creditados ao Departamento Nacional da Produção Mineral, à Comissão do Plano do Carvão Nacional, aos Estados e Municípios produtores.

c) As despesas de arrecadação e fiscalização e quaisquer comissões cobradas pelo Banco do Brasil S.A.

SEÇÃO II Aplicação

Art. 65 - Os Estados, Territórios, Distrito Federal e Municípios aplica -

rão a cota do Imposto Único sobre Minerais da seguinte forma:

I - Os Estados em investimento e financiamento de obras ou projetos que direta ou indiretamente, interessem à indústria da mineração;

II - Os territórios, o Distrito Federal e os Municípios, prioritariamente, em investimentos nos setores de educação, saúde pública, assistência social, construção de estradas, energia elétrica, bem como financiamento e investimentos em outros setores que promovam o desenvolvimento da mineração.

Art. 66 - Os Estados, Territórios, Distrito Federal e Municípios apresentarão ao Departamento Nacional da Produção Mineral;

I - No primeiro trimestre de cada exercício, a estimativa da receita e respectivo plano de aplicação para o exercício subsequente;

II - No primeiro semestre de cada exercício, a prova da aplicação dos recursos oriundos do Imposto Único, recebidos no exercício anterior, e o encaminhamento das respectivas contas ao órgão competente para julgá-las.

§ 1º - A inobservância das exigências deste artigo autoriza a retenção das cotas subsequentes.

§ 2º - A retenção e posterior liberação destas cotas serão feitas pelo Banco do Brasil S.A., mediante instruções do Ministério da Fazenda, por proposta do Ministério das Minas e Energia.

§ 3º - O disposto neste artigo não se aplica aos que tiverem recebido, no exercício anterior ao da elaboração do plano de aplicação, recursos oriundos do Imposto Único sobre Minerais em importância inferior a 500 (quinhentas) vezes o valor do maior salário-mínimo vigente no País naquele exercício.

Art. 67 - Aos recursos resultantes da cota de Imposto Único incidente sobre o sal marinho, não se aplicam as normas estabelecidas nesta seção.

CAPÍTULO XVI

Fundo Nacional de Mineração

Art. 68 - O Fundo Nacional de Mineração, movimentável pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), do Ministério das Minas e Energia, destina-se a prover e financiar estudos e trabalhos de levantamento geológico, pesquisa mineral e investigação e desenvolvimento de processos de beneficiamento mineral, inclusive instalações e equipamentos, relacionados com o aproveitamento dos recursos minerais no território nacional, e será aplicado, em execução indireta, mediante convênio, na forma legal, com a Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais - C.P.R.M.

Parágrafo Único - O Fundo Nacional de Mineração será constituído:

I - da cota do Imposto Único sobre Minerais pertencentes à União;

II - da parte destinada ao Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), do Ministério das Minas e Energia dos 5% (cinco por cento) de que trata o § 4º do artigo 27 da Lei nº 2.004, de 03 de outubro de 1953, acrescentado pelo artigo 1º do Decreto-lei nº 523, de 08 de abril de 1969;

III - da parcela de 20% (vinte por cento) dos dividendos da União da Companhia Vale do Rio Doce - CVRD.

IV - dos valores que lhe devam ser creditados, na forma do Código de Mi

neração (Decreto-lei nº 227, de 08 de fevereiro de 1967), e demais disposições legais em vigor;

V - de dotações consignadas no Orçamento Geral da União;

VI - dos rendimentos de depósitos e aplicações do próprio Fundo.

CAPÍTULO XVII

Disposições Finais e Transitórias

Art. 69 - Os casos omissos neste Regulamento serão resolvidos de acordo com as normas vigentes para o Imposto sobre Produtos Industrializados, no que couber.

Art. 70 - Aos atuais compradores autorizados de pedras preciosas, ouro e demais substâncias minerais em bruto, cuja extração se faça pelo regime de matrícula definido no Código de Mineração, bem como as Pessoas Jurídicas e profissionais autônomos que não satisfaçam os requisitos estabelecidos neste Regulamento, fica marcado o prazo de 180 dias para se ajustarem às suas normas.

Parágrafo Único - O não cumprimento do disposto neste artigo implicará na caducidade das autorizações já concedidas.

Art. 71 - O valor dos depósitos ou jazidas minerais não será levado em conta no lançamento de impostos que incidirem sobre a propriedade de terreno onde estejam localizados.

Art. 72 - A partir de 1º de Janeiro de 1971, a parcela do Imposto Único sobre Minerais, atualmente destinada à Comissão do Plano do Carvão Nacional, será creditada à conta e ordem do Departamento Nacional da Produção Mineral - Fundo Nacional de Mineração.

Art. 73 - As indústrias consumidoras de substâncias minerais do País poderão abater o Imposto Único pago relativamente aos minerais do País entrados em seus estabelecimentos, do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e do Imposto sobre Produtos Industrializados, devidos por esses estabelecimentos, na proporção de noventa por cento e dez por cento, respectivamente.

§ 1º - O direito ao crédito do imposto está condicionado às exigências de escrituração estabelecidas pela legislação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e do Imposto sobre Produtos Industrializados.

§ 2º - Os comerciantes de substâncias minerais do País poderão requerer à Secretaria da Receita Federal a constituição de regime especial de escrituração de livros e de emissão de notas fiscais, tendo em vista garantir às indústrias consumidoras o abatimento de que trata este artigo.

Art. 74 - O Ministério da Fazenda fixará os modelos dos livros, notas fiscais e guias necessárias ao controle e à fiscalização das normas deste Regulamento e poderá, no interesse da Fazenda Nacional ou da estatística da produção mineral, baixar normas complementares de escrituração e modificar as estabelecidas por este Regulamento.

Art. 75 - A expressão "substância mineral" é empregada neste Regulamento em sentido geral e compreende as substâncias minerais e fósseis originárias do País relacionadas em lista anexa.

Art. 76 - Não serão aplicadas penalidades, inclusive as do artigo 46, aos que, por errônea interpretação, tenham cometido infração aos novos dispositivos legais, no período de 21 de outubro de 1969 à data da publicação deste Regulamento, salvo quando a infração consistir:

I - Em falta de pagamento do imposto sobre substância mineral já tributada no regime da legislação anterior;

II - Em falta parcial de pagamento do imposto quando o valor tributável for menor do que o valor da pauta prevista para a substância mineral pela legislação anterior.

§ 1º - O disposto neste artigo aplica-se até 90 (noventa) dias da data da publicação deste Regulamento, relativamente aos novos dispositivos por ele introduzidos.

§ 2º - Somente serão beneficiados pelo disposto neste artigo e seu § 1º aqueles que, dentro do prazo previsto no mesmo parágrafo, espontaneamente, recolham o imposto ou regularizem falta não relativa a pagamento de tributo.

Art. 77 - No exercício de 1973, a parcela correspondente a 10% do montante destinado à distribuição dos Impostos Únicos sobre Minerais do País, sobre Lubrificantes e Combustíveis Líquidos e Gasosos e sobre Energia Elétrica, constituirá Reserva Especial.

Parágrafo Único - Não se aplica o estabelecido neste artigo às parcelas atribuídas aos Estados, Distrito Federal e Municípios.

LISTA DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS DO PAÍS A QUE SE REFERE O ARTIGO 19 DO DECRETO Nº 66.694, DE 11 DE JUNHO DE 1970

CÓDIGO E MINERAL		
1.0 - FERRO	14.0 - CHUMBO	28.0 - CÉSIO
1.1 - Itabirito	14.1 - Sulfetado	29.0 - ITRIO
1.2 - Hematita	14.2 - Oxidado	29.1 - Xenotímio
1.3 - Canga	15.0 - ZINCO	30.0 - GERMÂNIO
1.4 - Magnetita	15.1 - Sulfetado	31.0 - ARSENIO
1.5 - Siderita	15.2 - Silicatado	31.1 - Sulfetado
2.0 - MANGANÊS	15.3 - Oxidado	31.2 - Lollingita
2.1 - Silico-carbonatado	16.0 - COBRE	32.0 - MOLIBDÊNIO
2.2 - Óxido	16.1 - Sulfetado	32.1 - Molibdenita
2.3 - Ferro-manganês	16.2 - Oxidado	33.0 - GRANITO
2.4 - Wad	16.3 - Silicatado	33.1 - Brita
3.0 - COBALTO	17.0 - ESTANHO	33.2 - Ornamental
3.1 - Asbolânio	17.1 - Cassiterita	33.3 - Pegmatito
4.0 - NIÓBIO	17.2 - Escória Cassiterita	34.0 - GNAISSE
4.1 - Pirocloro	18.0 - EURÓPIO	34.1 - Brita
4.2 - Columbita	19.0 - MAGNÊSIO	34.2 - Ornamental
5.0 - TÂNTALO	20.0 - BERILO	35.0 - ARDÓSIA
5.1 - Tantalita	20.1 - Berilo Industrial	35.1 - Brita
6.0 - CROMO	20.2 - Gema	35.2 - Ornamental
6.1 - Cromita	21.0 - LÍTIQ	35.3 - Industrial
7.0 - NIQUEL	21.1 - Ambligonita	36.0 - AREIA
7.1 - Sulfetado	21.2 - Petalita	36.1 - Industrial
7.2 - Silicatado	21.3 - Espodumênio	36.2 - Argamassa
7.3 - Laterítico	21.4 - Lepidolita	36.3 - Arenito
8.0 - TITÂNIO	22.0 - OURO	37.0 - CASCALHO
8.1 - Ilmenita	22.1 - Aluvionar	38.0 - ARGAMASSA
8.2 - Rutilo	22.2 - Rocha	38.1 - Seixos rolados
9.0 - TUNGSTÊNIO	23.0 - PRATA	39.0 - SAÍBRO
9.1 - Scheelita	24.0 - SELÊNIO	39.1 - Argamassa
9.2 - Wolframita	25.0 - PLATINA	
10.0 - VANÁDIO	25.1 - Aluvionar	
10.1 - Vanadinita	25.2 - Rocha	
11.0 - ANTIMÔNIO	25.3 - Ródio	
11.1 - Stibnita	26.0 - BISMUTO	
12.0 - ZIRCÔNIO	26.1 - Metálico	
12.1 - Zirconita	26.2 - Bismutina	
12.2 - Baddeleyrita	26.3 - Bismutita	
13.0 - ALUMÍNIO	27.0 - MERCÚRIO	
13.1 - Bauxita	27.1 - Nativo	
13.2 - Alúmen	27.2 - Cinábrio	
13.3 - Argila aluminosa		

*40.0 - FOSFATO	61.0 - NEFELINA-SIENITO	81.0 - FELDSPATO
40.1 - Fosforita	61.1 - Industrial	82.0 - CIANITA
40.2 - Apatita	61.2 - Ornamental	82.1 - Silimani ta
40.3 - Guana	62.0 - PIROFILITA	82.2 - Andaluzi ta
40.4 - Calcário Fos fático	63.0 - SAPONITO	82.3 - Sericita
40.5 - Fosfato de a lúminio	63.1 - Industrial	82.4 - Clorita
40.6 - Fonólito	63.2 - Ornamental	
41.0 - POTÁSSIO	64.0 - ESTEATITO	83.0 - OCRE
41.1 - Glauconita	64.1 - Industrial	83.1 - Pinguita
41.2 - Silicatos	64.2 - Ornamental	83.2 - Limonita
41.3 - Evaporitos		
42.0 - SALITRE	65.0 - SERPENTINITO	84.0 - ALGAMATOLITO
42.1 - Sal de Glau ber	65.1 - Industrial	85.0 - GIPSITA
42.2 - Sulfato de Sódio	65.2 - Ornamental	85.1 - Anidrita
43.0 - CARVÃO	66.0 - MÁRMORE	86.0 - BENTONITA
44.0 - LINHITO	66.1 - Industrial	87.0 - DIATOMITO
45.0 - TALCO	66.2 - Ornamental	87.1 - Tripolito
45.1 - Talcoxisto	67.0 - SODALITO	88.0 - DOLOMITO
46.0 - GALEITA ^{Wollastonita}	68.0 - GABRO	89.0 - FLUORITA
47.0 - Wollastonita ^{Wollastonita}	68.1 - Ornamental	90.0 - MAGNESITA
48.0 - DUMORTIERITA	68.2 - Brita	91.0 - GRAFITA
48.1 - Industrial	68.3 - Bassalto	92.0 - BARITA
48.2 - Ornamental	68.4 - Diabário	93.0 - VERMICULITA
49.0 - BORO	69.0 - SIENITO	94.0 - ENXOFRE
50.0 - BROMO	69.1 - Ornamental	95.0 - SALGEMA
51.0 - IODO	69.2 - Brita	96.0 - AMIANTO
52.0 - CELESTITA	69.3 - Traquito	96.1 - Autofili, ta
53.0 - ESTRONCIANITA	70.0 - JASPE	96.2 - Crisotila
54.0 - PIRITA	70.1 - Ornamental	96.3 - Tremolita
55.0 - LEUCITA	70.2 - Industrial	96.4 - Actinoli- ta
56.0 - LEOCOFILITO	71.0 - TURFA	96.5 - Amosita
57.0 - HIDARGILITA	71.1 - Resina Fós sil (âmbar)	96.6 - Crocidoli ta
58.0 - FÍLITO	72.0 - SAPROPELITO	97.0 - SÍLEX
59.0 - QUARTZITO	73.0 - FOLHELHO BETUMINOSO	97.1 - Ornamen- tal
59.1 - Industrial	74.0 - ARENITO BETUMINOSO	97.2 - Industrial
59.2 - Ornamental	75.0 - FOLHELHO PIROBETUMI NOSO	98.0 - GRANADA
60.0 - XISTO	76.0 - CALCÁRIO	98.1 - Industrial
60.1 - Industrial	77.0 - CONCHAS CALCÁRIAS	98.2 - Gema
60.2 - Ornamental	78.0 - ARGILA	
	79.0 - ARGILA REFRAATÁRIA	
	80.0 - CAULIM	

- 99.0 - CORTINDON
 99.1 - Industrial
 99.2 - Gema
- 100.0 - DIAMENTE
 100.1 - Gema
 100.2 - Industrial
- 101.0 - MICA
 101.1 - Muscovita
 101.2 - Flogopita
 101.3 - Biotita
- 102.0 - QUARTZO
 102.1 - Hialino
 102.2 - Leitoso
- 103.0 - GEMA
 103.1 - Esmeralda
 103.2 - Rubi
 103.3 - Água Marinha
 103.4 - Turmalina
 103.5 - Safira
 103.6 - Topázio
 103.7 - Quartzo roseo
 103.8 - Citrino
 103.9 - Morganita
 103.10 - Kunzita
 103.11 - Fenacita
 103.12 - Lápis Lazuli
 103.13 - Euclásio
 103.14 - Brazilianita
 103.15 - Zircão
 103.16 - Quartzo enfumaçado
 103.17 - Andaluzita Diacrônica
 103.18 - Crisoberilo
 103.19 - Ametista
 103.20 - Calcedônia
 103.21 - Ágata
 103.22 - Ônix
 103.23 - Opala
- 104.0 - ESCÂNDIO
- 105.0 - GÁLIO
- 106.0 - HÁFNIO
- 107.0 - IRÍDIO
- 108.0 - ÍNDIO
- 109.0 - OSMIO
- 110.0 - PALÁDIO
- 111.0 - DIÓRITO
- 112.0 - BRÔMO
- 113.0 - ÁGUAS
 113.1 - Água Mineral
 113.2 - Água Subterrânea
- 114.0 - RADIOATIVOS
 114.1 - Monazita
 114.2 - Caldasito
 114.3 - Terras Raras
 114.4 - Carnotita
 114.5 - Samarquita
 114.6 - Euxenita
 114.7 - Urânio
 114.8 - Tório
 114.9 - Policrasita
- 115.0 - CÂDMIO
- 116.0 - CÉRIO
- 117.0 - RÁDIO
- 118.0 - RÊNIO
- 119.0 - RUBÍDIO
- 120.0 - RUTÊNIO
- 121.0 - TÁLIO
- 122.0 - TELÚRIO
- 123.0 - SAL-MARINHO

DECRETO-LEI Nº 1.172, DE 02 DE JUNHO DE 1971

Altera a legislação do imposto único sobre minerais e dá outras providências.

O Presidente da República, usando das atribuições que lhe confere o inciso II do artigo 55 da Constituição decreta:

Art. 1º - A partir de 1º de Janeiro de 1972, o artigo 10 do Decreto - lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passará a vigorar com a seguinte redação:

Art. 10 - O imposto único será calculado mediante aplicação das seguintes alíquotas sobre o valor tributável das substâncias minerais:

I - Metais nobres, pedras preciosas, carbonados e semipreciosas lapidáveis - 1% (hum por cento);

II - Sal-gema e sal-marinho:

a) no exercício de 1972 - 16% (dezesseis por cento);

b) no exercício de 1973 - 15,5% (quinze e meio por cento);

c) a partir de 1974 - 15% (quinze por cento);

III - Demais substâncias minerais - 15% (quinze por cento).

Parágrafo único - No caso de substâncias minerais destinadas ao exterior, o imposto único será calculado mediante aplicação das seguintes alíquotas sobre o valor tributável:

I - Metais nobres, pedras preciosas, carbonados e semipreciosas lapidáveis - 1% (hum por cento);

II - Minério de ferro e de manganês - 7,5% (sete e meio por cento);

III - Demais substâncias minerais - 4% (quatro por cento).

Art. 2º - É suspensa até o exercício de 1971, inclusive, a aplicação do disposto no artigo 16 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969.

Art. 3º - Esse Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação revogadas as disposições em contrário.

Brasília, 02 de Junho de 1971, 150ª da Independência e 83ª da República.

OBS.: O DL 1.038/69 e o DL 1.083/70 foram regulamentados pelo Dec. 66694/70 (RIUM) Desta forma, a alteração do DL 1172/71 funciona como alteração do artigo 7º, incisos I a IV do Decreto 66694/70 (atual RIUM).

DECRETO-LEI Nº 1.412 - DE 31 DE JULHO DE 1975

Altera o Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, que "estabelece normas relativas ao Imposto Único sobre Minerais", e autoriza remissão de débitos fiscais.

O Presidente da República, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

DECRETA:

Art. 1º - Os artigos 6º, 10, 12 e 17 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passam a vigorar com as seguintes alterações:

I - O artigo 6º fica acrescido do seguinte parágrafo, renumerado o seu parágrafo único para § 2º.

"Art. 6º
.....

§ 1º Na hipótese prevista no artigo 8º o fato gerador ocorrerá no momento em que a substância mineral for consumida ou utilizada economicamente."

II - O artigo 10, alterado pelo Decreto-lei nº 1.172, de 2 de junho de 1971, fica acrescido dos seguintes parágrafos, renumerado o seu parágrafo único para § 1º.

"Art. 10
.....

§ 2º O Ministro da Fazenda poderá autorizar a saída de substâncias minerais, com suspensão total ou parcial do imposto, até que a venda para o mercado interno ou a exportação se efetive ou seja comprovada nos prazos fixados por essa autoridade.

§ 3º Não atendidos os requisitos a que se refere o parágrafo anterior, a obrigação tributária suspensa será imediatamente exigível do contribuinte originário ou do adquirente, conforme o caso."

III - O artigo 12 passa a ter a seguinte redação

"Art. 12 São isentas do imposto único:

I - As substâncias minerais extraídas por titular de autorização de pesquisa, de concessão de lavra ou de manifesto de mina, para análise ou ensaio industrial, declarada a isenção, em cada caso, pelo Ministério da Fazenda, de acordo com parecer conclusivo do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério das Minas e Energia;

II - A extração de substâncias minerais destinadas a emprego efetivo na construção e conservação de estradas de rodagem e de ferro, de aeroportos, túneis, barragens e outras obras semelhantes, ainda que submetidas às operações referidas nos incisos I e II do § do artigo 2º deste Decreto-lei".

IV - O artigo 17, alterado pela Lei nº 5.874, de 11 de maio de 1973, fica acrescido do seguinte parágrafo:

"Art. 17
.....

§ 6º O Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM baixará instruções quanto às formas de liberação e de aplicação das cotas."

Art. 2º - O Ministro da Fazenda poderá conceder remissão dos créditos tributários decorrentes da inobservância dos dispositivos alterados pelo artigo 1º deste Decreto-lei, vedada qualquer compensação ou restituição.

Art. 3º - Este Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente o artigo 3º do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969.

Brasília, 31 de julho de 1975; 154º da Independência e 87º da República.

ERNESTO GEISEL
Mário Henrique Simonsen
Shigeaki Ueki

3. DOCUMENTÁRIO FISCAL

INSTRUÇÃO NORMATIVA DO SRF Nº 22, DE 18/07/73

Institui o documentário fiscal do I. U.M. e estabelece normas sobre o regime previsto no § 2º do artigo 73 do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66:694 de 11/06/70.

O SECRETÁRIO DA RECEITA FEDERAL, tendo em vista o disposto no artigo 74 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, aprovado pelo Decreto número 66.694, de 11 de junho de 1970; e no uso das atribuições que lhe confere o item III da Portaria GB nº 437 de 16 de dezembro de 1970, do Senhor Ministro da Fazenda,

RESOLVE:

- I - Instituir o documentário fiscal do Imposto Único sobre Minerais;
- II - Estabelecer normas para emissão e escrituração do referido documentário;
- III - Regulamentar o regime previsto no § 2º do artigo 73 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais;
- IV - Aprovar os modelos dos livros, notas fiscais e guias a que se refere o artigo 74 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, anexo a esta Instrução Normativa. - Líneo Emílio Kluppel, Secretário da Receita Federal.

DOCUMENTÁRIO FISCAL DO IMPOSTO ÚNICO SOBRE MINERAIS

CAPÍTULO I

Dos Documentos Fiscais

1 - Das Disposições Comuns

1.1 - São documentos fiscais do Imposto Único sobre Minerais:

- a) Nota Fiscal - modelo 1
- b) Nota Fiscal de Aquisição - modelo-2.
- c) Guia de Trânsito dos Minerais - modelo 3
- d) Documento Único de Arrecadação
- e) Declaração de Informações do Imposto Único sobre Minerais.

1.1.1 - Os documentos fiscais mencionadas nas alíneas "a", "b" e "c" do subitem anterior obedecerão aos modelos anexos.

1.1.2 - O Documento Único de Arrecadação será conforme o modelo instituído pela Instrução Normativa nº 28, de 29 de maio de 1970 e a Declaração de Informação do Imposto Único sobre Minerais segundo modelo a ser fixado pela Secretaria da Receita Federal.

1.2 - Os documentos fiscais referidos nas alíneas "a" "b" e "c" do subitem 1.1 serão preenchidos a máquina ou manuscrito a tinta ou lápis-tinta, e as suas cópias extraídas por decalque a carbono ou em papel-carbonado, devendo ainda os seus dizeres e indicações estar bem legíveis, em todas as vias.

1.2.1 - É considerado inidôneo para todos os efeitos fiscais, fazendo prova apenas em favor do Fisco, o documento que:

- a) omita indicações;
- b) não seja o exigido para a respectiva operação;
- c) não guarde as exigências ou requisitos desta Instrução Normativa;
- d) contenha declarações inexatas, esteja preenchido de forma ilegível ou apresente emendas ou rasuras que lhe prejudique a clareza.

1.2.2 - Relativamente aos documentos fiscais referidos, permitir-se-á o acréscimo de indicações de interesse do emitente, desde que não lhes prejudique a clareza.

1.3 - As diversas vias dos documentos fiscais não poderão ser utilizadas como substitutas umas das outras nas respectivas funções.

1.4 - Quando a operação for beneficiada por isenção ou amparada por diferimento ou suspensão do imposto, esta circunstância será mencionada no documento fiscal, indicando-se o dispositivo legal permissivo.

1.5 - Os documentos fiscais, previstos nas alíneas "a", "b" e "c" do subitem 1.1 serão numerados por espécie, em ordem crescente de 000001 a 999.999 e enfileirados em blocos uniformes de 20 (vinte), no mínimo, e 50 (cinquenta) no máximo.

1.5.1 - Atingindo o número 999.999, a numeração deverá ser recomeçada

com a mesma designação de série e subsérie;

1.5.2 - A emissão dos documentos fiscais, em cada bloco, será feita pela ordem de numeração referida no subitem precedente;

1.5.3 - Os blocos serão usados pela ordem de numeração dos documentos, não devendo nenhum bloco ser utilizado sem que estejam simultaneamente em uso, ou já tenham sido usados, os de numeração inferior;

1.5.4 - Quando o documento fiscal for cancelado, todas as vias deverão ser conservadas no talonário, com a declaração dos motivos que determinaram o seu cancelamento e referência, se for o caso, ao novo documento emitido.

1.5.5 - Cada jazida, mina, salina, estabelecimento tratador ou outro depósito de substância mineral, bem como cada estabelecimento do primeiro adquirente das substâncias minerais obtidas por fiação, garimpagem, cata ou trabalhos rudimentares a que se refere o parágrafo 2º do art. 5º do RIUM, terá documento próprio.

1.6 - Os documentos fiscais referidos nas alíneas "a" e "b" do subitem 1.1. são poderão ser impressos mediante prévia autorização da repartição fiscal que jurisdicionar o usuário.

1.6.1 - Caberá autorização prévia, mesmo quando a impressão dos documentos fiscais aludidos no subitem anterior for realizada em tipografia do próprio usuário.

1.6.2 - Concedida a autorização prévia pela repartição fiscal que jurisdicionar o usuário, os documentos fiscais poderão ser impressos por estabelecimento gráfico situado em qualquer jurisdição fiscal.

1.7 - Para cumprimento do disposto no subitem anterior, será preenchida a "Autorização de Impressão de Documentos Fiscais", que conterá as seguintes indicações:

- a) Denominação "Autorização de Impressão de Documentos Fiscais";
- b) Número de ordem;
- c) Número da via;
- d) Nome, endereço do estabelecimento gráfico e os números de sua inscrição estadual e no C.G.C.;
- e) Nome, endereço do usuário dos documentos fiscais a serem impressos e os números de sua inscrição estadual e no C.G.C.;
- f) Espécie do documento fiscal, série e subsérie, quando for o caso, número inicial e final dos documentos a serem impressos, quantidade e tipo;
- g) Identidade pessoal do responsável pelo estabelecimento que fizer o pedido;
- h) Assinatura dos responsáveis pelo estabelecimento encomendante e estabelecimento gráfico, e assinatura do funcionário que autorizou a impressão, além do carimbo da repartição.
- i) Data da entrega dos documentos impressos, número, série e subsérie do documento fiscal do estabelecimento gráfico responsável pelo trabalho de impressão, bem como a identidade e assinatura da pessoa a quem tenha sido feita a entrega.

1.7.1 - A indicação mencionada na alínea "b" deste subitem será fornecida pela repartição que autorizou a impressão, a qual manterá registro dos pedidos, numerando-os de acordo com a sua data de entrada.

1.7.2 - O formulário será preenchido no mínimo em 3 (três) vias, que, após a concessão de autorização pela repartição fiscal a que estiver jurisdicio

*rudo o estabelecimento usuário, terão o seguinte destino:

- 1a. via - Repartição Fiscal;
- 2a. via - Estabelecimento usuário;
- 3a. via - Estabelecimento gráfico.

2 - Da Nota Fiscal:

2.1 - A Nota Fiscal será emitida obrigatoriamente;

a) Na saída de substância mineral, constante da Lista de Substâncias Mineraias anexa ao Regulamento do IUM, das áreas mencionadas no inciso I do artigo 5º do IUM, e dos estabelecimentos a que se refere o parágrafo único do art. 6º do mesmo Regulamento.

b) Na saída de substância mineral, constante da Lista de Substâncias Mineraias anexa ao Regulamento do IUM, dos estabelecimentos revendedores por atacado.

2.1.1 - A Nota Fiscal, além das hipóteses previstas neste subitem, será emitida:

a) Antes da substância mineral constante da lista anexa ao Regulamento do IUM ser consumida dentro da área titulada da jazida, do depósito de mineral, da salina ou da mina ou ser destinada a instalações ali situadas em que se realizem processos de aglomeração ou transformação;

b) Na complementação de lançamento do imposto por reajustamento de preço em virtude de contrato escrito de que decorra alteração do valor das substâncias mineraias, se for o caso;

c) Na complementação de lançamento do imposto em virtude de diferença de preço ou quantidade, quando efetuada no período de apuração do imposto em que tenha sido emitida a Nota Fiscal originária;

d) Quando autorizado o lançamento do tributo "a posteriori" ou por estimativa;

e) Na complementação de lançamento do imposto, em virtude de erro de cálculo ou de classificação fiscal, quando a regularização ocorrer no período de apuração do imposto em que tenha sido emitida a Nota Fiscal originária;

2.1.2 - Nas hipóteses previstas nas alíneas "c" e "e" do subitem anterior, caso a regularização não se efetue dentro dos prazos mencionados, a Nota Fiscal será também emitida, constando da mesma esta circunstância, mencionando-se o número e a data do documento de recolhimento.

2.2 - A Nota Fiscal será extraída no mínimo em

a) 3 (três) vias em se tratando de saída de substâncias mineraias para destinatário localizado na mesma unidade da Federação ou no Exterior;

b) 5 (cinco) vias, em se tratando de saída de substâncias mineraias para destinatário localizado em outra unidade da Federação.

2.2.1 - Na saída de substâncias mineraias para a mesma unidade da Federação, ou para o Exterior, as vias da Nota Fiscal terão o seguinte destino:

1a. via - Acompanhará as substâncias mineraias e será entregue

• pelo transportador, ao destinatário;

2a. e 3a. vias - Ficarão presas no bloco para exibição ao Fisco.

2.2.2 - Na saída para outra unidade da Federação, as vias da Nota Fiscal terão o seguinte destino:

a) A 1a. via acompanhará as substâncias minerais e será entregue, pelo transportador, ao destinatário;

b) A 2a. via será entregue diretamente pelo emitente:

- À Agência Municipal de Estatística da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do seu domicílio, até o dia 10 do mês subsequente ao da emissão, no caso de remessa por vias internas;

- À repartição fazendária, juntamente com uma cópia adicional, no caso de ter sido utilizado transporte marítimo, cabendo a mesma encaminhar a 2a. via ao órgão regional de Estatística da unidade da Federação e arquivar a cópia.

c) A 3a. via acompanhará as substâncias minerais, destinar-se-á a fins de controle de unidade da Federação do destinatário;

d) A 4a. e 5a. vias ficarão presas ao bloco para exibição ao Fisco.

2.2.3 - Na hipótese de o contribuinte utilizar Nota Fiscal-Fatura, a última via será substituída pela folha do livro Copiador.

2.3 - As Notas Fiscais obedecerão à seriação alfabética de "A" a "C" e serão utilizadas na forma prescrita abaixo:

a) Nota Fiscal série "A" - quando da saída de substâncias minerais, sujeitas ao lançamento de IUM, para destinatário localizado na mesma unidade da Federação.

b) Nota Fiscal série "B" - quando da saída de substâncias minerais, não sujeitas ao lançamento do IUM, para destinatário localizado na mesma unidade da Federação.

c) Nota Fiscal série "C" - quando da saída de substâncias minerais, sujeitas ou não ao lançamento do IUM, para destinatário localizado em outra unidade da Federação ou no Exterior.

2.4 - A Nota Fiscal conterá as seguintes indicações mínimas:

a) A denominação "Nota Fiscal";

b) O número de ordem, a série e subsérie e o número de vias;

c) A natureza da operação de que decorrer a saída: venda, transferência, devolução, consignação, remessa (para fins de análise ou ensaio industrial, ou outra qualquer);

d) Via de transporte;

e) Local e data da emissão;

f) O local da extração, quando o estabelecimento der saída a substâncias minerais das áreas definidas no inciso I do art. 5º do RIUM;

g) O nome, o endereço do estabelecimento destinatário e os números de sua inscrição estadual e no C.G.C.;

h) O nome, o endereço do estabelecimento emitente e os números de sua inscrição estadual e no C.G.C.;

- i) A data da saída efetiva das substâncias minerais do estabelecimento emitente;
- j) A discriminação das substâncias minerais: unidade, quantidade, tipo, espécie, qualidade e demais elementos que permitam sua perfeita identificação;
- l) Código da Lista de Substâncias minerais anexa ao RIUM;
- m) Os valores unitário e total da operação, e se for o caso, os valores que serviram de base de cálculo do imposto;
- n) A alíquota e o valor do imposto;
- o) O valor do Imposto Único sobre Minerais, pago na aquisição do produto, a ser utilizado como crédito pelo estabelecimento industrial;
- p) O nome e endereço do transportador;
- q) A característica dos volumes, bem como a quantidade, espécie e o peso bruto;
- r) O nome, o endereço do impressor da Nota Fiscal e os números da sua inscrição estadual e no CGC, a data e a quantidade impressa, o número de ordem da primeira e da última Nota Fiscal impressa, respectiva série e subsérie e o número da autorização para impressão das notas fiscais e a repartição que autorizou;

2.4.1 - As indicações de que tratam as alíneas "a", "b", "f", "h" e "r" serão impressas.

2.4.2 - Numa mesma Nota Fiscal poderão constar substâncias minerais diferentes, desde que, em relação a cada uma delas sejam destacados a quantidade, especificação, o valor da operação, a base de cálculo e o valor do tributo devido, se for o caso.

2.4.3 - As indicações de que trata a alínea "n" e as referentes à base de cálculo do imposto da alínea "m", são privativas dos contribuintes do IUM, em operações tributadas, e deverão constar apenas da Nota Fiscal modelo 1 anexa.

2.4.4 - A indicação da alínea "o" é privativa dos estabelecimentos que derem saída a substâncias minerais em operações não tributadas, e se destina a ser utilizada como crédito pelo estabelecimento industrial e deverá constar apenas da Nota Fiscal modelo 1-A, anexa.

2.4.5 - A Nota Fiscal será de tamanho não inferior a 14,8 cm X 21 cm, impressa em qualquer sentido.

2.5 - A Nota Fiscal poderá servir como fatura, feita a inclusão dos elementos necessários, caso em que a denominação prevista na alínea "a" do subitem 2.4 passará a ser nota fiscal-fatura.

2.6 - Os estabelecimentos que emitam Notas Fiscais por processo mecanizado poderão usar, independentemente de autorização, jogos soltos de notas fiscais, incluídas as Notas Fiscais-Faturas numeradas tipograficamente, desde que uma das vias seja copiada em ordem cronológica; em copiador, previamente autenticado ou reproduzida em microfilme, que ficará à disposição do Fisco.

2.6.1 - É dispensada a cópia, em copiador registrado, quando as Notas Fiscais forem emitidas em formulários contínuos com numeração tipográfica seguida, impressa apenas em uma das vias, desde que esse número seja repetido em outro local, mecânica ou datilograficamente, em todas as vias, por cópia a carbono.

2.6.2 - Em substituição aos blocos, as Notas Fiscais-Faturas poderão

ANEXOS

Decreto-lei nº 2.016, de 03 de março de 1983.

Altera a redação dos artigos 20, 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, que estabelece normas relativas ao "Imposto Único sobre Minerais", e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

D E C R E T A:

Art. 1º - Os artigos 20, "caput", 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passam a vigorar com a seguinte redação:

"Art.20. O comércio e a primeira aquisição de pedras preciosas, semipreciosas, carbonados, metais nobres e demais substâncias minerais, em bruto, cuja extração se faça pelo regime de matrícula definido no artigo 9º do Código de Mineração, somente poderão ser exercidos, e a título precário, por pessoas jurídicas autorizadas pelo Ministério da Fazenda."

"Art.21. Aplicar-se-ão as seguintes multas, calculadas sobre o valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando encontradas em poder de:

I - Garimpeiro, fiscador ou catador, fora do município do garimpo, fisqueira ou cata, de sacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

II - Extrator, fora do local da extração, desacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

III - Prepostos, administradores ou titulares de pessoas jurídicas que satisfaçam às exigências do artigo 20 deste Decreto-lei, desacompanhadas da Nota Fiscal de Aquisição, ou se a segunda via desta não houver sido entregue à repartição fiscal - 50% (cinquenta por cento);

IV - Garimpeiro, fiscador, catador ou extrator, não matriculados na Secretaria da Receita Federal, ou de qualquer outra pessoa além das referidas nos itens I, II e III deste artigo - 100% (cem por cento);

V - De qualquer pessoa, fora da área, de

terminada por ato administrativo, em que a Caixa Econômica Federal tiver a exclusividade de sua comercialização - 100% (cem por cento);

§ 1º - Se as substâncias minerais forem encontradas em qualquer área de aeroportos, portos marítimos, fluviais ou lacustres, trapiches e embarcadouros, estações ferroviárias ou rodovias, ou a bordo de qualquer veículo transportador, as multas previstas nos itens I, II e III deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º - Somente quando obrigatório o registro da Guia de Trânsito na repartição fiscal, a sua falta acarretará a aplicação das multas previstas nos itens I e II deste artigo.

§ 3º - A multa prevista no item V deste artigo não será aplicada se ficar comprovado que a Caixa Econômica Federal não quis adquirir a substância mineral, embora extraída em área onde aquele órgão público detenha a exclusividade de sua comercialização."

"Art.22. Aplicar-se-ão, ainda, as seguintes multas às pessoas jurídicas, calculadas sobre:

I - O valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 100% (cem por cento);

b) promoverem sua saída do estabelecimento, sem emissão de nota fiscal - 30% (trinta por cento);

II - O valor do imposto incidente sobre as substâncias minerais diversas das referidas no artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 50% (cinquenta por cento);

b) promoverem a sua saída, sem destacar o imposto na respectiva nota fiscal - 100% (cem por cento);

III - O valor do imposto incidente sobre qualquer das substâncias minerais constantes da lista anexa a este Decreto-lei, quando:

a) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido até 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 50% (cinquenta por cento);

b) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido depois de 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 100% (cem por cento).

§ 1º Se a pessoa jurídica dedicar-se à atividade constante do artigo 20 deste Decreto-lei, sem autorização do Ministério da Fazenda, as multas previstas no item I deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º As multas previstas nos itens II e III deste artigo serão de 150% (cento e cinquenta por cento), quando se tratar de infração qualificada."

Art. 2º - Este Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogada as disposições em contrário.

Brasília-DF, em 03 de março de 1983;
162º da Independência e 95º da República.

JOÃO FIGUEIREDO
Ernane Galvêas
Cesar Cals Filho
Delfim Netto

Publicada no D.O.U. de 04 de março de 1983, fls. 3.521/22.

INSTRUÇÃO NORMATIVA DO SRF Nº 018, DE 02 DE MARÇO DE 1983

Dispõe quanto ao lançamento do IUM
"a posteriori" ou "por estimativa"

O SECRETÁRIO DA RECEITA FEDERAL, no uso de suas
atribuições,

R E S O L V E:

1. Declarar que os casos previstos nas letras a e b do artigo 9º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970 (RIUM), abrangem situações em que no local da jazida, mina ou depósito não se disponha de elementos absolutamente necessários ao perfeito lançamento do imposto na Nota-Fiscal, pela impossibilidade de conhecimento das quantidades ou teor da substância mineral que servirá de base para incidência tributária e, bem assim, aquelas de saídas contínuas através de esteiras transportadoras, teleféricos, frota de caminhões e semelhantes.
2. Declarar que é permitido, também, o lançamento do Imposto Único sobre Minerais (IUM), "a posteriori" ou "por estimativa", nas saídas para estabelecimentos de terceiros.
3. Determinar que, em qualquer das hipóteses saídas de substâncias minerais para estabelecimentos da mesma empresa ou para estabelecimentos de terceiros -, observado sempre o disposto nos §§ 1º e 2º do artigo 9º do RIUM, o Ato Declaratório a ser expedido pela Unidade da Secretaria da Receita Federal com jurisdição sobre o local da jazida, mina ou depósito, resulte de exame caso a caso, por solicitação dos interessados, e a autorização para lançamento "a posteriori" ou "por estimativa" com emissão de uma única Nota-Fiscal restrinja-se ao movimento correspondente a um período máximo de 1 dia (24 horas).

FRANCISCO NEVES DORNELLES

Publicada no D.O.U. de 04 de Março de 1983, fls. 3.553.

A D E N D O



IMPOSTO ÚNICO SOBRE MINERAIS - IUM

ADENDO À COLETÂNEA DA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA

Dispositivos alterados e/ou acrescentados através de decretos-lei, decretos e normas posteriores, que deixaram de ser mencionados nos respectivos textos.

Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
D.L. 1.038/69	09	3º	Ver pág. 42, art. 3º do D.L. nº 1.412/75 (Revogado).
	09	6º	Ver pág. 16, art. 2º do D.L. nº 1.083/70 e pág. 41, art. 1º, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	8º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	10	Ver pág. 40, D.L. 1.172/71 e pág. 41, art. 1º, inc. II, do D.L. 1.412/75.
	10	12	Ver pág. 16, art. 4º do D.L. nº 1.083/70, pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 11 do RIUM.
D.L. 1.083/70	12	17	Ver pág. 41/2, D.L. 1.412/75.
	16	3º	Ver pág. 40, art. 1º do D.L. 1.172/71, e pág. 20, art. 7º do RIUM (Alíquotas em vigor).
Decreto 66.694/70 - RIUM	16	4º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 11 do RIUM.
	19	2º	Ver pág. 41/2, art. 1º, inc. III e art. 3º do D.L. 1.412/75
	19	3º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. I do D.L. 1.412/75.
	20	6º	Ver pág. 41, art. 1º, inc. II do D.L. 1.412/75.
	22	11	Ver pág. 41, art. 1º, inc. III do D.L. 1.412/75.
	23	15	Leia-se: O imposto será recolhido através do DARF, ao Banco do Brasil ou, na falta deste, a outro estabelecimento da rede bancária autorizada a arrecadar tributos federais, até o último dia do segundo mês... (Portaria MF nº 84, de 12.04.73).



Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
Decreto 66.694/ 70 - RIUM	23	16	Dispensada a apresentação de guia negativa, devendo o fato ser mencionado no campo 31 do DARF.
	23	18	O regime especial de que trata o artigo está disciplinado atualmente pela I.N. do SRF nº 13, de 12.02.81.
	24/27	21/36	Ver pág. 44/71 - Instrução Normativa do SRF nº 22/73.
	35	73	Ver pág. 61, sub-item 2.3 do Cap. III da I.N. 22/73.

ser confeccionadas em formulários contínuos, observados os requisitos estabelecidos para os documentos correspondentes.

2.7 - Os estabelecimentos poderão usar simultaneamente duas ou mais subséries em cada série da Nota Fiscal.

2.7.1 - As Notas Fiscais deverão conter o algarismo designativo da subsérie, em ordem crescente a partir de 1, que será aposto à letra indicativa da série.

2.7.2 - Os estabelecimentos deverão utilizar subsérie distinta, sempre que promoverem saídas da seguinte natureza:

- a) com diferimento ou suspensão do imposto;
- b) com isenção do imposto;
- c) com destinação ao mercado externo.

2.7.3 - No caso do subitem anterior, as Notas Fiscais deverão conter, além das formalidades previstas no subitem 2.4 deste capítulo a expressão "Suspensão do Imposto" ou "Isenção do Imposto" ou "Exportação", conforme o caso.

2.7.4 - O Fisco poderá restringir o número das subséries em uso, não sendo permitida a adoção de subséries em função do número de empregados.

2.8 - No caso de venda a estabelecimento industrial em operação não tributada, em virtude de incidência anterior do imposto, o imposto único pago na aquisição da substância mineral será mencionado na última coluna à direita da Nota Fiscal modelo 1-A, discriminadamente, para fins de crédito do estabelecimento industrial adquirente.

3 - Da Nota Fiscal de Aquisição: (Redação constante da IN nº 12, de 11.02.81, D.O.U. de 13.02.81)

3.1 - A Nota Fiscal de Aquisição será emitida pelo primeiro adquirente de substâncias minerais obtidas por garimpagem, faiscação, cata ou extraídas por outros trabalhos rudimentares:

- a) no momento da aquisição das substâncias minerais;
- b) nas hipóteses mencionadas nas alíneas "c" e "e" do subitem 2.1.1 do item anterior, aplicando-se, no que couber, o disposto no subitem 2.1.2. do mesmo item.

3.2 - A Nota Fiscal de Aquisição conterá as seguintes indicações mínimas, ressalvado o disposto no subitem 3.3.2.:

- a) denominação "Nota Fiscal de Aquisição";
- b) número de ordem, série, subsérie e número da via;
- c) data da emissão;
- d) nome, endereço e números de inscrição no Cadastro Estadual e no C.G.C., do estabelecimento emitente;
- e) nome, endereço, número de matrícula e de inscrição no CPF, do garimpeiro, faisgador, catador ou extrator, e local onde exerce a atividade;
- f) discriminação das substâncias minerais, unidade, quantidade e código de classificação na lista anexa ao Regulamento do Imposto Único sobre Minerais;

g) valores unitário e total das substâncias minerais;

h) alíquota e valor do imposto;

i) nome, endereço e número de inscrição do impressor no Cadastro Estadual e no CGC; data da impressão, a quantidade impressa, o número de ordem da 1ª. e da última nota impressa e respectiva série e subsérie, e o número da autorização para impressão, bem como indicação da repartição autorizante.

3.2.1 - As indicações das alíneas "a", "b", "d" e "i" serão impressas.

3.2.2 - A Nota Fiscal de Aquisição será de tamanho não inferior a 14,8 cm x 21 cm, impressa em qualquer sentido.

3.3 - A Nota Fiscal de Aquisição será emitida em série e subsérie, como segue:

a) Nota Fiscal de Aquisição série "A": quando o estabelecimento adquirente das substâncias minerais estiver situado na mesma unidade da Federação de localização do garimpo, faisqueira ou área de cata ou extração;

b) Nota Fiscal de Aquisição série "C": quando o estabelecimento adquirente estiver situado em unidade da Federação diversa da do garimpo, faisqueira ou área de cata ou extração.

3.3.1 - Nas operações realizadas fora do estabelecimento adquirente, a Nota Fiscal de Aquisição deverá ter subsérie, expressa em ordem numérica, acrescentada após a letra indicativa da série.

3.3.1.1 - Os estabelecimentos que mantiverem preposto habilitado a adquirir substâncias minerais deverão adotar, para cada série de Nota Fiscal de Aquisição, tantas subséries quantos forem os prepostos nomeados para esse fim.

3.3.2 - Em se tratando de operações efetuadas por intermédio de preposto, a Nota Fiscal de Aquisição, além dos elementos referidos no subitem 3.2, deverá trazer impressa, em lugar de destaque, a expressão "OPERAÇÃO EFETUADA POR PREPOSTO" e a indicação do nome do preposto.

3.4 - A Nota Fiscal de Aquisição será emitida, no mínimo, em:

a) 4 (quatro) vias, quando o estabelecimento adquirente estiver localizado na mesma unidade da Federação em que se situar o garimpo, faisqueira ou área de cata ou extração;

b) 5 (cinco) vias, quando o estabelecimento adquirente estiver localizado em unidade da Federação diversa da do garimpo, faisqueira ou área de cata ou extração.

3.4.1 - No caso previsto na alínea "a", as vias da Nota Fiscal de Aquisição terão a destinação seguinte:

1ª. via - a) ficará no estabelecimento adquirente, quando se tratar de operação nele efetuada;

b) acompanhará as substâncias minerais e, em seguida, ficará no estabelecimento adquirente, quando se tratar de operação efetuada fora dele;

2ª. via - será entregue à unidade local da Secretaria da Receita Federal, com jurisdição sobre a área do garimpo, faisqueira, cata ou extração:

a) pelo primeiro adquirente, quando a aquisição se der no município de origem das substâncias minerais;

b) pelo próprio garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, que a receberá do primeiro adquirente, quando a aquisição se der em município diverso do de origem das substâncias minerais;

3a. via - será entregue ao garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, para fins de comprovação do rendimento auferido;

4a. via - ficará presa ao bloco, para exibição ao Fisco.

3.4.2 - No caso referido na alínea "b" do subitem 3.4 deste item, dar-se-á às vias da Nota Fiscal de Aquisição e destinação seguinte:

1a. via - a) ficará no estabelecimento adquirente, quando se tratar de operação nele efetuada;

b) acompanhará as substâncias minerais e, em seguida, ficará no estabelecimento adquirente, quando se tratar de operação efetuada fora dele;

2a. via - será entregue à unidade da Secretaria da Receita Federal com jurisdição sobre o local de atividade do garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, observados, conforme o caso, os procedimentos relativos à destinação da 2a. via, descritos nas alíneas "a" ou "b" do subitem 3.4.1;

3a. via - será entregue ao garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, para fins de comprovação do rendimento auferido;

4a. via - será entregue, juntamente com a 2a. via, à unidade da Secretaria da Receita Federal, para posterior encaminhamento à repartição fiscal estadual com jurisdição sobre o município onde estiver o garimpo, a faisqueira, ou a área de cata ou extração;

5a. via - ficará presa ao bloco, para exibição ao Fisco.

3.5 - É facultada a utilização de Nota Fiscal de Aquisição, série "A" ou "C", conforme o caso, para o registro globalizado das entradas, no estabelecimento, de substâncias minerais adquiridas fora dele, respeitado o período de apuração.

3.5.1 - Na Nota Fiscal de Aquisição de que trata este subitem, as substâncias minerais serão discriminadas, segundo sua classificação na lista anexa ao RIUM, pelas quantidades constantes das respectivas Notas Fiscais de Aquisição originárias, a cujos números e subséries deverá ser feita remissão.

3.5.2 - O estabelecimento que se utilizar da faculdade prevista no subitem 3.5.1 ficará obrigado a arquivar, juntamente com a 1a. via da Nota Fiscal de Aquisição global, as 1a. vias das Notas Fiscais de Aquisição que deram origem à emissão do referido documento.

3.6 - O estabelecimento que optar pelo regime previsto no subitem 3.5 utilizará, para a globalização, os mesmos talonários destinados às aquisições de substâncias minerais no próprio estabelecimento.

3.7 - Aplicam-se à Nota Fiscal de Aquisição, no que couber, as prescrições relativas à Nota Fiscal.

4 - Da Guia de Trânsito de Minerais:

4.1 - A Guia de Trânsito de Minerais será emitida pelo:

a) garimpeiro, faiscador ou catador sempre que o produto de sua atividade for por ele próprio transportado para fora da área do município do garimpo, faisqueira ou cata;

b) extrator, quando da saída da substância mineral do local de extração.

4.2 - A Guia de Trânsito é de emissão e uso exclusivo do garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, e está sujeita a registro na repartição fiscal que jurisdicione a área de atividade do emitente.

4.3 - A Guia de Trânsito conterá as seguintes indicações mínimas:

- a) A denominação "Guia de Trânsito de Minerais";
- b) O número de ordem;
- c) O número da via;
- d) A data da emissão;
- e) O nome, endereço, CPF e a matrícula do garimpeiro, faiscador, catador ou extrator;
- f) A repartição fiscal responsável pelo certificado de matrícula;
- g) A discriminação das substâncias minerais, unidade e a classificação da substância do Código da Lista de Substâncias Minerais, anexa ao RIUM;
- h) O valor total estimado da substância mineral;
- i) Características do veículo transportador;
- j) Data e assinatura do emitente.

4.3.1 - As indicações de que tratam as alíneas "a" e "c" serão impressas.

4.4 - A Guia de Trânsito será confeccionada em blocos de, no mínimo, 20 (vinte) e, no máximo, 50 (cinquenta) guias, e será emitida em 2 (duas) vias, que terão a seguinte destinação:

Primeira via - Depois de registrada na repartição fiscal do domicílio do garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, será conduzida pelo próprio emitente e acompanhará a substância mineral até sua venda total, devendo ser reapresentada à repartição de origem, no prazo de 60 dias, contados da data do registro, juntamente com a segunda via das notas fiscais emitidas pelos adquirentes da substância mineral, para fins de conferência, anotação e baixa de registro.

Segunda via - Ficará presa ao bloco, para fins de fiscalização.

4.5 - A baixa do registro, dada no livro respectivo, será anotada pela repartição fiscal no anverso da própria guia.

4.6 - É facultativo ao extrator, que exerça sua atividade de acordo com o § 2º do art. 5º do Regulamento do IUM, utilizar a Guia de Trânsito modelo 3-A anexa, em substituição à Guia de Trânsito de que trata o subitem 4.1.

4.6.1 - A Guia de Trânsito modelo 3-A independe de registro, ficando, contudo, o extrator obrigado à apresentação do bloco à repartição fiscal para autenticação, bem como a estar devidamente matriculado na mesma.

4.6.2 - A autenticação prevista no subitem anterior, a partir do segundo bloco, só será feita mediante a entrega do bloco anterior já esgotado, acompanhado das segundas vias das notas fiscais de aquisição correspondentemente.

CAPÍTULO II

Dos Livros Fiscais

1. Das Disposições Comuns:

1.1 - São livros fiscais do Imposto Único sobre Minerais:

- a) Registro de Apuração do Imposto Único sobre Minerais - Modelo 1;
- b) Registro de Controle da Produção e do Estoque - Modelo 2;
- c) Registro de Controle da Transferência do Imposto Único sobre Minerais - Modelo 3;
- d) Registro de Utilização de Documentos Fiscais e Termos de Ocorrências.

1.1.1 - Os livros fiscais a que fazem referência as alíneas "a", "b" e "c" obedecerão aos modelos anexos.

1.1.2 - O livro Registro de Utilização de Documentos Fiscais e Termos de Ocorrências, anexo, obedecerá ao modelo aprovado pelo Sistema Nacional Integrado de Informações Econômico-Fiscais.

1.1.3 - O livro Registro de Apuração do Imposto Único sobre Minerais, modelo 1, será utilizado pelos estabelecimentos contribuintes do Imposto Único sobre Minerais.

1.1.4 - O livro Registro de Controle da Produção e do Estoque, modelo 2, será utilizado pelos estabelecimentos que extraem, tratam, comercializam por atacado, ou exportam substâncias minerais, contribuintes ou não, do IUM.

1.1.5 - O livro Registro de Controle da Transferência do Imposto Único sobre Minerais será utilizado pelos estabelecimentos comerciais atacadistas que mencionem na nota fiscal de saída de substâncias minerais, em operações não tributadas, o valor do imposto único pago na aquisição das mesmas, com vistas a ser utilizado como crédito pelo estabelecimento industrial adquirente das substâncias.

1.1.6 - O livro Registro de Utilização de Documentos Fiscais e Termos de Ocorrências será utilizado pelos estabelecimentos obrigados à emissão dos documentos fiscais a que se referem as alíneas "a" e "b" do subitem 1.1 do Capítulo I desta Instrução Normativa.

1.1.7 - Relativamente aos livros fiscais de que trata este item, o contribuinte poderá acrescentar outras indicações do seu interesse, desde que não prejudiquem a clareza dos modelos oficiais.

1.2 - Os livros fiscais serão impressos e terão folhas numeradas tipograficamente em ordem crescente, só podendo ser utilizados depois de visados pela repartição fiscal da jurisdição do estabelecimento sendo admitida, em substituição, a sua autenticação pela Junta Comercial.

1.2.1 - Os livros fiscais terão suas folhas costuradas e encadernadas, de forma a impedir sua substituição.

1.2.2 - O "visto" será gratuito e aposto em seguida ao termo da abertura lavrado e assinado pelo responsável pelo estabelecimento.

1.2.2.1 - Em não se tratando de início de atividade, será exigida a apresentação do livro anterior a ser encerrado.

1.2.3 - Para efeitos do subitem precedente, os livros a serem encerrados serão exibidos à repartição fiscal da jurisdição do estabelecimento, dentro de 5 (cinco) dias após se esgotarem.

1.3 - Os lançamentos nos livros fiscais serão feitos a tinta, com clareza, não podendo a escrituração atrasar-se por mais de 5 (cinco) dias, ressalvado o livro a que for atribuído prazo especial.

1.3.1 - Os livros não poderão conter emendas ou rasuras e seus lançamentos serão somados nos prazos estipulados.

1.4 - Será permitida a escrituração dos livros fiscais por processo mecanizado, desde que as folhas sejam confeccionadas e numeradas tipograficamente em ordem crescente e só venham a ser utilizadas depois de visadas pela repartição fiscal da jurisdição.

1.4.1 - As folhas, após utilizadas, serão costuradas e encadenadas, de forma a impedir sua substituição, em blocos de 20 (vinte) folhas, no mínimo, e de 100 (cem) folhas no máximo.

1.5 - Cada jazida, mina, salina, estabelecimento tratador ou outro depósito de substância mineral, bem como, cada estabelecimento do primeiro adquirente das substâncias minerais obtidas por fiação, garimpagem, cata ou trabalhos rudimentares a que se refere o § 2º do art. 5º do RIUM, terá escrituração própria, vedada a sua centralização.

1.6 - Os livros fiscais não poderão ser retirados do estabelecimento, salvo nos seguintes casos:

- a) Para serem levados à repartição fiscal;
- b) Para serem escriturados fora do estabelecimento, por impossibilidade de escrituração no local.

1.6.1 - No caso previsto na alínea "b", fica vedada a manutenção e escrituração dos livros fiscais fora do município da jurisdição do estabelecimento e o contribuinte comunicará, previamente, à repartição fiscal de sua jurisdição, o nome e o endereço do responsável pela escrituração e guarda dos livros.

1.6.2 - Excetuados os casos previstos nas alíneas "a" e "b" do subitem 1.6, os Agentes do Fisco arrecadarão, mediante termo, todos os livros fiscais encontrados fora do estabelecimento e os devolverão aos contribuintes, adotando, no ato da devolução, as providências fiscais cabíveis.

1.7 - Os contribuintes que cessarem suas atividades ficam obrigados a apresentar os livros fiscais à repartição fiscal competente, para serem lavrados os termos de encerramento dentro de 30 (trinta) dias contados da cessação da atividade.

1.8 - Nos casos de fusão, incorporação, transformação ou aquisição, o novo titular do estabelecimento deverá transferir para seu nome, por intermédio da repartição fiscal da jurisdição, no prazo de 30 (trinta) dias da data da ocorrência, os livros fiscais em uso, assumindo a responsabilidade pela sua guarda, conservação e exibição ao Fisco.

1.8.1 - A repartição fiscal da jurisdição poderá autorizar a adoção de livros novos em substituição aos anteriores em uso.

2. Do Registro de Apuração do Imposto Único Sobre Minerais

2.1 - O livro Registro de Apuração do Imposto Único sobre Minerais, modelo 1, destina-se à escrituração da apuração do imposto lançado pelos estabelecimentos, quando da saída de substâncias minerais das áreas estabelecidas no inciso I do art. 5º e no parágrafo único do art. 6º do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais ou da primeira aquisição das substâncias minerais obtidas por garimpeiro, fiscador ou extrator.

2.1.1 - Os lançamentos serão feitos em ordem cronológica, segundo a data da emissão dos documentos fiscais, sendo permitido o registro em conjunto das operações da mesma natureza efetuadas diariamente, com emissão de documentos de numeração seguida, em talonário da mesma série e subsérie.

2.1.2 - A escrituração será feita com utilização de páginas distintas para cada espécie de substância mineral de código diferente.

2.1.3 - Os lançamentos serão feitos nas colunas próprias da seguinte forma:

2.1.3.1 - Colunas sob o título "Documento Fiscal";

- a) Espécie do documento fiscal;
- b) Série e subsérie do documento fiscal;
- c) Número do documento;
- d) Data: ano, dia e mês da emissão do documento fiscal.

2.1.3.2 - Colunas sob o título "Valor da Operação"

- a) "Mercado Interno" - escriturar o valor das substâncias minerais destinadas ao mercado interno;
- b) "Mercado Externo" - escriturar o valor das substâncias minerais destinadas à exportação.

2.1.3.3 - Colunas sob o título "IUM - Valores Fiscais";

2.1.3.3.1 - "Operações com Débito de Imposto": escriturar as colunas sob este título;

a) "Base de Cálculo":
Coluna "Mercado Interno" - escriturar o valor sobre o qual incidiu o imposto na saída de substâncias minerais destinadas ao mercado interno.

b) "Alíquota" - escriturar a alíquota que foi aplicada sobre a base de cálculo indicada na coluna anterior.

c) "Imposto Debitado" - escriturar o imposto lançado resultante da aplicação da alíquota sobre a base de cálculo.

2.1.3.3.2 - "Operações sem Débito de Imposto":

a) "Isenção" - escriturar o valor das substâncias minerais saídas com isenção do imposto;

b) "Suspensão" - escriturar o valor das substâncias minerais saídas com suspensão do imposto.

2.1.3.4 - Coluna "Observação": anotações diversas.

2.1.4 - A escrituração do livro deverá ser encerrada no último dia de cada mês.

3. Do Registro de Controle da Produção e do Estoque:

3.1 - O livro Registro de Controle da Produção e do Estoque, modelo 2, destina-se à escrituração do controle das quantidades entradas e saídas e do estoque, por estabelecimento que extrai, trata ou comercializa por atacado substâncias minerais e por estabelecimento do primeiro adquirente das substâncias minerais extraídas por garimpeiro, fiscador, catador ou extrator.

3.1.1 - Os lançamentos serão feitos operação a operação, devendo ser utilizadas páginas distintas para cada espécie de substância mineral de código diferente, sendo permitida a escrituração de livros distintos para cada espécie.

3.1.2 - Os lançamentos serão feitos nas colunas próprias, da seguinte forma:

3.1.2.1 - Colunas sob o título "Entradas":

3.1.2.1.1 - Colunas "Documento Fiscal" - escriturar os documentos fiscais de entrada:

- a) Espécie de documento fiscal;
- b) Série e subsérie do documento fiscal;
- c) Número do documento fiscal;
- d) Dia, mês e ano da emissão do documento fiscal.

3.1.2.1.2 - Coluna "Produção" - escriturar as quantidades extraídas;

3.1.2.1.3 - Coluna "Transferência" - escriturar as quantidades de substâncias minerais entradas sob a forma de transferência.

3.1.2.1.4 - Coluna "Aquisição" - escriturar as quantidades de substâncias entradas por compra ou por aquisição a garimpeiros, fiscadores, catadores ou extratores.

3.1.2.2 - Coluna sob o título "Saídas"

3.1.2.2.1 - Coluna "Documento Fiscal": escriturar os documentos fiscais de saída:

- a) Espécie do documento fiscal;
- b) Série e subsérie do documento fiscal;
- c) Número do documento fiscal;
- d) Dia, mês e ano da emissão do documento fiscal.

3.1.2.2.2 - "Mercado Interno" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento a destinatários localizados dentro do País:

a) "IUM LANÇADO" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento com imposto lançado;

b) "SUSPENSÃO" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento com suspensão do imposto;

c) "ISENÇÃO" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento com isenção do imposto;

d) "OUTRAS" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento sob forma não prevista nas demais alíneas.

3.1.2.2.3 - "Mercado Externo" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento para exportação:

a) "IUM LANÇADO" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento com imposto lançado;

b) "OUTRAS" - escriturar as quantidades de substâncias minerais saídas do estabelecimento sem lançamento do imposto.

3.1.2.3 - Coluna "Estoque" - escriturar as quantidades de substâncias minerais existentes após cada lançamento de entrada ou saída.

3.1.2.4 - "Observações" - anotações diversas.

3.1.3 - O livro Registro de Controle da Produção e do Estoque poderá ser substituído por fichas, as quais deverão ser:

- a) Impressas com os mesmos elementos do livro substituído;
- b) Numeradas tipograficamente, observando-se, quanto à numeração o disposto no subitem 1.5, do Capítulo I desta Instrução Normativa;
- c) Autenticadas prévia e individualmente pela repartição fiscal da jurisdição.

3.1.4 - Na hipótese do subitem anterior, será obrigatória a adoção de "Ficha-Índice" que deverá ser previamente autenticada pela repartição fiscal da jurisdição, e obedecerá ao modelo anexo a esta Instrução Normativa, na qual, observada a ordem crescente, será registrada a utilização de cada ficha.

3.1.5 - A escrituração do livro Registro de Controle da Produção e do Estoque ou das fichas não poderá atrasar-se por mais de 15 (quinze) dias.

3.1.6 - No último dia de cada mês deverão ser somadas as quantidades das colunas "Entradas" e "Saídas", acusando o saldo das quantidades em estoque, que será transportado para o mês seguinte.

4. Do Registro de Controle da Transferência do IUM:

4.1 - O livro Registro de Controle de Transferência do IUM, destina-se à escrituração de controle da transferência do imposto único pago na primeira operação, pelos estabelecimentos atacadistas de substâncias minerais, com vistas à ser utilizado como crédito pelo estabelecimento industrial adquirente das substâncias.

4.1.1 - Os lançamentos serão feitos em ordem cronológica da data de entrada ou da data de emissão das notas fiscais, sendo permitido o registro em conjunto das operações da mesma natureza, efetuadas diariamente, com emissão de notas fiscais de numeração seguida, em talonários da mesma série e subsérie.

4.1.2 - Os lançamentos serão feitos nas colunas próprias, da seguinte forma:

4.1.2.1 - Colunas sob o título "Entradas"

4.1.2.1.1 - Coluna "Documento Fiscal" - escriturar os documentos fiscais de entrada, com lançamento de imposto:

- a) "Espécie" - escriturar a espécie de documento fiscal;
- b) "Série e subsérie" - escriturar a série e subsérie;
- c) "Número" - escriturar o número do documento fiscal;
- d) Dia, mês e ano da emissão do documento fiscal.

4.1.2.1.2 - Colunas sob o título "Crédito" - escriturar as entradas com imposto lançado ou mencionado no documento fiscal, quando da aquisição.

4.1.2.1.2.1 - Valor da Operação - escriturar o valor da operação de que decorra a entrada das substâncias minerais;

4.1.2.1.2.2 - "IUM - Valores Fiscais" - escriturar:

- a) "Base de Cálculo" - escriturar o valor tributável das substâncias minerais;
- b) "Alíquota" - escriturar a alíquota que foi aplicada sobre a base de cálculo indicada na coluna anterior;
- c) "Imposto Lançado" - escriturar o imposto que foi lançado ou mencionado no documento fiscal.

4.1.2.2 - Colunas sob o título "Saídas":

4.1.2.2.1 - Coluna "Documento Fiscal" - escriturar os documentos fiscais relativos à saída de substâncias minerais:

- a) "Espécie" - escriturar a espécie de documento fiscal;
- b) "Série e Subsérie" - escriturar a série e subsérie do documento fiscal;
- c) "Número" - escriturar o número do documento fiscal;
- d) Dia, mês e ano da emissão do documento fiscal.

4.1.2.2.2 - Colunas sob o título "Débito" - escriturar as saídas de substâncias minerais em que o imposto único pago na primeira operação foi mencionado no documento fiscal, para aproveitamento das indústrias.

- a) "Valor da Operação" - escriturar o valor da operação de que tenha decorrido a saída da substância mineral;
- b) "Imposto Transferido" - escriturar o imposto transferido para fins de crédito do consumidor industrial.

4.1.2.3 - Coluna "Saldo" - escriturar o saldo existente, após cada lançamento de entrada e saída.

4.1.2.4 - Coluna "Observações" - anotações diversas.

CAPÍTULO III

Da Matrícula do Garimpeiro, Faiscador, Catador ou Extrator e das Disposições Finais
(Redação constante da IN nº 12, de 11.02.81, D.O.U. de 13.02.81)

1. Da Matrícula

1.1 - A matrícula de que tratam os artigos 110 e 111 do Regulamento do Código de Mineração (Decreto nº 62.934, de 2 de julho de 1968) será feita, a pedido verbal do garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, pela unidade da Secretária da Receita Federal com jurisdição sobre o(s) município(s) em que o interessado pretender executar os trabalhos de garimpagem, faiscação, cata ou extração.

1.2 - Ao solicitar a matrícula, o interessado deverá apresentar:

- a) documento de identidade;
- b) prova de inscrição no Cadastro de Pessoas Físicas do Ministério da Fazenda (CPF);
- c) prova de quitação da contribuição sindical; e
- d) 3 (três) retratos 3 x 4.

1.2.1 - Os documentos referidos nas alíneas "a", "b" e "c" serão devolvidos ao interessado, no ato da matrícula.

1.3 - A unidade da SRF referida no subitem 1.1 emitirá, até o primeiro dia útil seguinte ao da solicitação da matrícula, Certificado de Matrícula, em 3 (três) vias, conforme modelo 7, anexo.

1.3.1 - O Certificado de Matrícula conterá número de registro que deverá obedecer a sequência numérica crescente, renovada a cada ano.

1.3.2 - As vias do Certificado de Matrícula terão a seguinte destinação:

- I via: Interessado;
- II via: Unidade expedidora;
- III via: Repartição do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, com jurisdição sobre a área onde o interessado exercerá a atividade autorizada.

1.3.2.1 - Na unidade da SRF far-se-á controle das matrículas a través das 2as. vias do Certificado de Matrícula, arquivadas, por ano, em ordem numérica crescente.

1.4 - A autorização para o exercício das atividades de garimpagem, fiação, cata ou extração, constante do Certificado de Matrícula, será válida, exclusivamente, para a área do(s) município(s) nele indicado(s) e vigorará pelo prazo de 1(um) ano, renovável a pedido do interessado.

1.4.1 - Para fins de renovação da matrícula, o interessado, ao final do prazo de validade, apresentará à unidade da SRF, junto à qual estiver matriculado, os elementos enumerados no subitem 1.2 deste Capítulo, devendo, por ocasião do recebimento do novo Certificado de Matrícula, devolver o Certificado anterior.

1.5 - O Certificado de Matrícula não poderá conter emendas ou rasuras, devendo ser aposto carimbo da unidade expedidora sobre o retrato.

1.6 - A confecção do Certificado de Matrícula obedecerá às seguintes especificações:

- a) dimensões:
 - fórmula aberta: 95 mm x 130 mm
 - fórmula dobrada: 65 mm x 95 mm
- b) tipo e cor de papel:
 - 1a. via: filigranado CMB - 94 g, na cor branca;
 - 2a. via: AP - 50 g, na cor azul claro;
 - 3a. via: AP - 50 g, na cor rosa.
- c) tipo de impressão: texto, fundo e fios em "offset", numeração tipográfica;
- d) cores de impressão:
 - 1a. via: Armas da República, texto e fios em "offset", em preto; fundo numismático com logotipo da Secretaria da Receita Federal, em amarelo-ocre claro; numeração tipográfica, em preto.
 - 2a. e 3a. via: Armas da República, texto e fios em "offset", em preto; numeração tipográfica em preto.
- e) fórmulas com numeração de controle, identificadas por série (2 letras) e números (000.001 a 999.999).

1.7 - Na emissão do Certificado de Matrícula, a unidade da SRF observará a ordem crescente de seriação e numeração das fórmulas, somente utilizando a série seguinte quando esgotada a numeração da série anterior ou em atendimento a determinação superior.

1.8 - Será mantido controle, a nível central, da distribuição das fórmulas às unidades subordinadas.

2. Das Disposições Finais:

2.1 - As unidades da SRF manterão livro de Registro de Guias de Trânsito, que obedecerá ao modelo 9, anexo.

2.2 - Os estabelecimentos gráficos que confeccionarem os documentos referidos no subitem 1.1 do Capítulo I desta Instrução Normativa deverão escriturar o livro "Registro de Impressão de Documentos Fiscais", modelo 5, do SINIEF.

2.3 - O estabelecimento que der saída a substância mineral em operação não tributada, em virtude de incidência anterior do imposto, e que mencionar o imposto único pago na aquisição da substância mineral, com vistas a beneficiar o consumidor industrial do abatimento de que trata o artigo 73 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, baixado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, deverá comunicar a unidade fiscal que o jurisdicionar, para efeito de controle, que está procedendo na forma acima descrita.

2.4 - A expressão "estabelecimento" utilizada nesta Instrução Normativa diz respeito ao local onde são exercidas atividades geradoras de obrigação prevista no Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970.

IV - Será admitida a utilização das Notas Fiscais de Aquisição existentes em poder do adquirente, na forma e condições anteriormente previstas, até que se esgotem os respectivos estoques.

V - A partir da publicação deste ato, a emissão do Certificado de Matrícula far-se-á conforme modelo e sistemática previstos nesta Instrução, assegurada a matrícula efetuada segundo as disposições anteriormente em vigor validade até 31 de julho de 1981, exceto se o vencimento do prazo de validade indicado no Certificado emitido de acordo com as normas anteriores ocorrer antes da aquela data.

FRANCISCO NEVES DORNELLES
Secretário da Receita Federal

Mod. I

Dados Relatores e Firma Emittente

Local de Emissão _____

NOTA FISCAL
(1ª VIA)

Endereço do estabelecimento emitente _____

Município _____ Estado _____

Inscrição no C.D.C.M. N.º _____

Inscrição Estadual N.º _____

Matrícula de Operação _____

Via de Transporte _____

Data de Emissão da Nota _____

REGIMIMENTO DE CONTRIBUIÇÃO MERCANTIL

Nome da Firma _____ Estado _____

Endereço _____ Inscrição Estadual n.º _____

Qtd	Descrição das Substâncias	Valor da Operação		Valor Tributável		Imposto Devido
		Quantidade	Tarif	Quantidade	Tarif	
Totais CF\$						

Dados da Substância
 Dia ___ / Mes ___ / Ano ___

Dados da Assessoria
 Frete CF\$ _____
 Seguro CF\$ _____
 Taxa CF\$ _____

Valores Totais
 Valor Total da Nota CF\$ _____

Nome do Transportador _____

Endereço _____

Placa de Veículo ou N.º dos Veículos _____

CANCELAMENTO DA CONTRIBUIÇÃO MERCANTIL

QUANTIDADE _____ VALOR BRUTO _____

Nome, Endereço, N.º de Inscricao Estadual e no C.D.C.M.F., do Impositor de Imposto, Data, Quantidades de Imposto, Numero de Ordem de Fatura e Ultima Nota Imposta e Respectivo Gibo e Substancias, N.º de Autorização de Imposto de Documentos Fiscais, Repreção que Autorizam.

Mod. 1-A

NOTA FISCAL
(1ª VIA)

Serie _____
Sub Serie _____
E° _____

Dados Relativos a Firma Emitente

(É nome do estabelecimento emissor)

Local de Emissão

Município _____ Estado _____
Inscrição no C. G. C. N° _____
Inscrição Estadual N° _____
Natureza do Comércio _____
Via de Transporte _____
Data de Emissão de Nota _____ / _____ / _____

DESTINATÁRIO DE SUBSTÂNCIA MINERAL

Nome do Fornecedor _____
Endereço _____
Município _____ Estado _____
Inscrição no C. G. C. (M. F.) N° _____ Inscrição Estadual N° _____

UNIDADE	QUANT. POR UNID.	ESPECIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS	CÓDIGO	Valor de Compração		I.U.U.
				UNITARIO	TOTAL	

Total CR\$ _____
Valor Total de Nota CR\$ _____
Valor Total de I.U.U. Emitido _____

Deduzidos Aceites
(DE CONTAS DO DESTINATÁRIO)
Fretos CR\$ _____
Seguros CR\$ _____
Totais CR\$ _____

Saida das Substâncias
De _____ / _____ / _____
Até _____ / _____ / _____

Nome do Transportador _____
Endereço _____
Pista do Veículo _____ Estado _____ Município _____

CARACTERÍSTICAS DO RECORRIDO

QUANTIDADE	ESPÉCIE	PESO BRUTO

Nome Emissor N° Incrição, C. G. C. e Estadual, Impressor de Nota, Data, Quantidade de impressão, Número de Ordem de primeira e ultima nota impressa e respectiva Serie e Subserie, N° de Autorização de Impressão de Documentos Fiscais e a Repetição das autorizações.

Mod. 2

NOTA FISCAL DE AQUISIÇÃO
(1ª VIA)

Dados Relativos à Firma Emitente

N.º _____

Endereço do estabelecimento emissor _____
Município _____ Estado _____
Inscrição no C. O. C. N.º _____
Inscrição Estadual N.º _____
Natureza do Operato _____
Via de Transporte _____
Data de Emissão da Nota _____ / _____ / _____

Nome do Vendedor _____ C.P.F. N.º _____
Endereço _____ Município _____
Município _____ Estado _____
Local onde ocorre a prestação _____ Expedida por _____
Curso de Trabalho N.º _____
Registro N.º _____ Emissão _____ / _____ / _____
Data _____ / _____ / _____

Quantidade	Unidade	Descrição das Substâncias Misturadas	Códigos	Valor da Despesa		Aliquota	Imposto Devido
				UNITÁRIO	TOTAL		
Total CR\$							
Valor Total da Nota CR\$							

Nome, Endereço, N.º Inscrição Estadual e no C.O.C.(M.F.) do Impressor da Nota, Data, Quantidade de impressão, N.º de Ordem de impressão e última Nota impressa, N.º de Autorização de Impressão de Documentos Fiscais, e o Registro que autorizar.

Mod. 3 GUIA DE TRÂNSITO DE MINERAIS				
				Nº _____ VIA _____
Nome do Emissor: _____				
Endereço: _____				
Município: _____		Estado: _____		
C.P.F. _____		Matrícula N.º _____		Data: ____/____/____
Órgão da S.R.F. que expediu o Certificado de Matrícula: _____				
Transportados para venda em outra localidade os Minerais acima:				
Quantidade	Unidade	ESPECIFICAÇÃO	Valor	VALOR (Total da Operação)
Características do Veículo Transportador: _____ _____ de _____ de 19____ Emissor: _____ Assinatura: _____ Imposto: _____				
PARA USO EXCLUSIVO DO ÓRGÃO DA S. R. F.				
Registrado no livro próprio, de nº _____ de _____ de 19____				
(Assinatura do Dept.) _____		Ass. do Formulário Automático _____		
Anexo a este guia de registro, mediante apresentação dos documentos exigidos				
(Assinatura do Dept.) _____		Ass. do Formulário Automático _____		

Mod. 3-A **GUIA DE TRÁNSITO DE MINERAIS**
INSTRUMENTO DE REGISTRO

N.º _____ VIA _____

Nome do Emitente _____

Endereço _____

Município _____ Estado _____

C.P.F. _____ Matrícula N.º _____ Data _____/_____/____

Orgão de S.R.F. que expedir a Carteira de Matrícula _____

Transportados para venda em outra localidade os Minerais abaixo

Quantidade	Unidade	ESPECIFICAÇÃO	Compro	VALOR

Características do Veículo Transportador: _____

_____ de _____ de 19____

Emitente _____ Assinatura _____

Carimbo do Emitente

Mod. 1

REGISTRO DE APURAÇÃO DO I.U.M.

Forma _____ C.G.C. _____

Estabelecimento _____ Rua _____

Sistema Monetário _____

Documento Fiscal					Valor da Operação		I. U. M. - Valores Fiscais					Observações	
ESPÉCIE	SÉRIE	SUBSÉRIE	NÚMERO	DATA		MERCADO INTERNO	MERCADO EXTERNO	Operações com Débito I. U. M.			Créditos do Débito I. U. M.		
				DIAS	MESES			DIAS DE CANCELAMENTO	ANOS	VALORES DEBITADOS	ISSUÇÕES		SUSPENSÕES
								INTERNO	EXTERNO				
Total													

Mod. 2

REGISTRO DE CONTROLE DA PRODUÇÃO E DO ESTOQUE

Forma _____ C.G.C. _____

Estabelecimento _____ Rua _____

Sistema Monetário _____

Unidade Usada: T Kg m m³

ENTRADAS											SAÍDAS						Estoque	Observações
Documento Fiscal					FABRIL	REPARAÇÃO	MIXEL	Documento Fiscal				MERCADO INTERNO			Mercado Externo			
ESPÉCIE	SÉRIE	SUBSÉRIE	NÚMERO	DATA				ESPÉCIE	SÉRIE	SUBSÉRIE	NÚMERO	DIAS	MESES	I. U. M. LANÇADO	SÉRIE	FRANCA		

Mod. 3

REGISTRO DE CONTROLE DA TRANSFERÊNCIA DO L.U.M.

C. D. C. Mar. Estadual N.º

Estado

ENTRADAS										SAÍDAS						SALDO	Observações	
Documento Fiscal					CREDITO					Documento Fiscal				DEBITO				
ESPECIE	SERIE	NUMERO	DATA		VALOR DA OPERAÇÃO	L.U.M. - Valor Fictício			ESPECIE	SERIE	NUMERO	DATA		VALOR DA OPERAÇÃO	IMPOSTO TRANSFERIDO			
			dia	mes		base de calculo	aliq. quota	imposto lançado				dia	mes					

Registro de Utilização de Documentos

ESPECIE: _____ SERIE E NUMERO: _____ TIPO: _____

AUTORIZAÇÃO DE IMPRESSÃO	IMPRESSÃO		FORNECE	
	NUMERADO	DE	DE	DE
NUMERO	DE	DE	NOME	ENDEREÇO

Fiscais e Termos de Ocorrências

FINALIDADE DA UTILIZAÇÃO: _____

D O R		RECEBIMENTO					OBSERVAÇÕES
INDICADOR	E. C. C. N.º	DATA		NOME FISCAL			
		dia	mes	ano	nome e num. ficha		

USO DA REPARTIÇÃO FISCAL
MERCADO

AUTORIZAÇÃO DE IMPRESSÃO DE DOCUMENTOS FISCAIS

NÚMERO DE ORDEM _____

NÚMERO DA VIA _____

ESTABELECIMENTO QUEMILHO

Nome _____
 Endereço _____
 Inscrição Estadual _____ Inscrição no C.G.C. (M.F.) _____

ESTABELECIMENTO USUÁRIO

Nome _____
 Endereço _____
 Inscrição Estadual _____ Inscrição no C.G.C. (M.F.) _____

ESPECIE	Serie Subserie	NUMERAÇÃO	Quantidade	TIPO

OBSERVAÇÕES

1ª VIA REPARTIÇÃO FISCAL
2ª VIA USUÁRIO
3ª VIA ESTABELECIMENTO GRÁFICO

PEDIDO

Data _____ de _____ de 19____
 Nome do responsável pelo estabelecimento usuário _____
 Documento de Identidade _____

ENTREGA

Data _____ de _____ de 19____
 Documento Fiscal _____
 Série e Subserie _____
 Recebimento _____
 Nome da pessoa a quem for feito o entrega _____
 Documento de Identidade _____

REPARTIÇÃO FISCAL

AUTORIZAMOS

Em _____ de _____ de 19____

 Assessor(a) e Controlador(a) da Autorização Competente

P. 00. 7


MINISTERIO DA FAZENDA
SECRETARIA DE MINERAÇÃO
CERTIFICADO DE MATRÍCULA DE GARIMPEIRO

Nome		Fotografia
Profissão		
End. Residência	Estado	
End. Trabalho	CP	

Objeto de Autorização:

Autorizado a exercer atividades de Garimpagem, Furação, Cava ou Extração no área do(s) município(s) _____

_____ (legisla UF)

 (Assinatura do SPT Estadual)

 (Assinatura do SPT Municipal)

 (Assinatura do SPT Estadual)

5. CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

- 1 - Objetivamos, com a apresentação do material didático em anexo, dar-lhe condições, após este curso, de localizar, interpretar e aplicar a legislação do IUM em cada caso específico, muito embora este tributo, como os demais, seja complexo e sofra constantes alterações.
 - 1.1 - Vários são os atos normativos expedidos pelas autoridades administrativas, tais como Portarias do Ministro da Fazenda, Instruções Normativas do Secretário da Receita Federal, Atos Declaratórios Normativos e Pareceres Normativos, estes últimos da Coordenação do Sistema de Tributação. Não devemos nos esquecer que os precitados Atos Normativos constituem normas complementares das leis e dos decretos, como dispõe o artigo 100 do Código Tributário Nacional (Lei nº 5.172, de 25.10.66).
 - 1.2 - Por outro lado, o artigo 69 do RIUM estabelece que os casos omissos serão resolvidos de acordo com as normas vigentes para o Imposto sobre Produtos Industrializados, no que couber. Assim, somos obrigados, às vezes, a buscar subsídios no RIPI para uma melhor interpretação da legislação de regência do IUM.
- 2 - Para aqueles que, em cada Empresa associada do IBRAM, lidam diariamente com a matéria, prontificamo-nos a prestar os esclarecimentos complementares de que possam necessitar futuramente, colocando-nos à sua disposição na Assessoria Fiscal do IBRAM.
- 3 - Desejamos, finalmente, que os nossos objetivos tenham sido plenamente alcançados. O nosso, procurando transmitir-lhes conhecimentos da legislação tributária do IUM, adquiridos em longos anos de prática; os de alguns de vocês, talvez, adquirindo esses conhecimentos; e os da maioria, certamente, esclarecendo dúvidas e incertezas. Muito sucesso na vida prática, é o que, sinceramente, desejamos a todos. --

ANEXOS

Decreto-lei nº 2.016, de 03 de março de 1983.

Altera a redação dos artigos 20, 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, que estabelece normas relativas ao "Imposto Único sobre Minerais", e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

D E C R E T A:

Art. 1º - Os artigos 20, "caput", 21 e 22 do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passam a vigorar com a seguinte redação:

"Art.20. O comércio e a primeira aquisição de pedras preciosas, semipreciosas, carbonados, metais nobres e demais substâncias minerais, em bruto, cuja extração se faça pelo regime de matrícula definido no artigo 9º do Código de Mineração, somente poderão ser exercidos, e a título precário, por pessoas jurídicas autorizadas pelo Ministério da Fazenda."

"Art.21. Aplicar-se-ão as seguintes multas, calculadas sobre o valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando encontradas em poder de:

I - Garimpeiro, faiscador ou catador, fora do município do garimpo, faisqueira ou cata, de sacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

II - Extrator, fora do local da extração, desacompanhadas da Guia de Trânsito, devidamente registrada na repartição fiscal - 10% (dez por cento);

III - Prepostos, administradores ou titulares de pessoas jurídicas que satisfaçam às exigências do artigo 20 deste Decreto-lei, desacompanhadas da Nota Fiscal de Aquisição, ou se a segunda via desta não houver sido entregue à repartição fiscal - 50% (cinquenta por cento);

IV - Garimpeiro, faiscador, catador ou extrator, não matriculados na Secretaria da Receita Federal, ou de qualquer outra pessoa além das referidas nos itens I, II e III deste artigo - 100% (cem por cento);

V - De qualquer pessoa, fora da área, de

terminada por ato administrativo, em que a Caixa Econômica Federal tiver a exclusividade de sua comercialização - 100% (cem por cento);

§ 1º - Se as substâncias minerais forem encontradas em qualquer área de aeroportos, portos marítimos, fluviais ou lacustres, trapiches e embarcadouros, estações ferroviárias ou rodoviárias, ou a bordo de qualquer veículo transportador, as multas previstas nos itens I, II e III deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º - Somente quando obrigatório o registro da Guia de Trânsito na repartição fiscal, a sua falta acarretará a aplicação das multas previstas nos itens I e II deste artigo.

§ 3º - A multa prevista no item V deste artigo não será aplicada se ficar comprovado que a Caixa Econômica Federal não quis adquirir a substância mineral, embora extraída em área onde aquele órgão público detenha a exclusividade de sua comercialização."

"Art.22. Aplicar-se-ão, ainda, as seguintes multas às pessoas jurídicas, calculadas sobre:

I - O valor comercial das substâncias minerais a que se refere o artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 100% (cem por cento);

b) promoverem sua saída do estabelecimento, sem emissão de nota fiscal - 30% (trinta por cento);

II - O valor do imposto incidente sobre as substâncias minerais diversas das referidas no artigo 20 deste Decreto-lei, quando:

a) as mantiverem em seu poder, sem prova de sua aquisição regular - 50% (cinquenta por cento);

b) promoverem a sua saída, sem destacar o imposto na respectiva nota fiscal - 100% (cem por cento);

III - O valor do imposto incidente sobre qualquer das substâncias minerais constantes da lista anexa a este Decreto-lei, quando:

a) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido até 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 50% (cinquenta por cento);

b) devidamente destacado na respectiva nota fiscal, não for recolhido depois de 90 (noventa dias) do término do prazo legal - 100% (cem por cento).

§ 1º Se a pessoa jurídica dedicar-se à atividade constante do artigo 20 deste Decreto-lei, sem autorização do Ministério da Fazenda, as multas previstas no item I deste artigo serão aplicadas em dobro.

§ 2º As multas previstas nos itens II e III deste artigo serão de 150% (cento e cinquenta por cento), quando se tratar de infração qualificada."

Art. 2º - Este Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogada as disposições em contrário.

Brasília-DF, em 03 de março de 1983;
1629 da Independência e 959 da República.

JOÃO FIGUEIREDO
Ernane Galvêas
Cesar Cals Filho
Delfim Netto

Publicada no D.O.U. de 04 de março de 1983, fls. 3.521/22.

INSTRUÇÃO NORMATIVA DO SRF Nº 018, DE 02 DE MARÇO DE 1983

Dispõe quanto ao lançamento do IUM
"a posteriori" ou "por estimativa"

O SECRETÁRIO DA RECEITA FEDERAL, no uso de suas
atribuições,

R E S O L V E:

1. Declarar que os casos previstos nas letras a e b do artigo 9º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970 (RIUM), abrangem situações em que no local da jazida, mina ou depósito não se disponha de elementos absolutamente necessários ao perfeito lançamento do imposto na Nota-Fiscal, pela impossibilidade de conhecimento das quantidades ou teor da substância mineral que servirá de base para incidência tributária e, bem assim, aquelas de saídas contínuas através de esteiras transportadoras, teleféricos, frotas de caminhões e semelhantes.
2. Declarar que é permitido, também, o lançamento do Imposto Único sobre Minerais (IUM), "a posteriori" ou "por estimativa", nas saídas para estabelecimentos de terceiros.
3. Determinar que, em qualquer das hipóteses saídas de substâncias minerais para estabelecimentos da mesma empresa ou para estabelecimentos de terceiros -, observado sem pre o disposto nos §§ 1º e 2º do artigo 9º do RIUM, o Ato Declaratório a ser expedido pela Unidade da Secretaria da Receita Federal com jurisdição sobre o local da jazida, mina ou depósito, resulte de exame caso a caso, por solicitação dos interessados, e a autorização para lançamento "a posteriori" ou "por estimativa" com emissão de uma única Nota-Fiscal restrinja-se ao movimento correspondente a um período máximo de 1 dia (24 horas).

FRANCISCO NEVES DORNELLES

Publicada no D.O.U. de 04 de Março de 1983, fls. 3.553.

A D E N D O



IMPOSTO UNICO SOBRE MINERAIS - IUM

ADENDO À COLETÂNEA DA LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA

Dispositivos alterados e/ou acrescentados através de decretos-lei, decretos e normas posteriores, que deixaram de ser mencionados nos respectivos textos.

Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
D.L. 1.038/69	09	39	Ver pág. 42, art. 39 do D.L. nº 1.412/75 (Revogado).
	09	69	Ver pág. 16, art. 29 do D.L. nº 1.083/70 e pág. 41, art. 19, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	89	Ver pág. 41, art. 19, inc. I, do D.L. 1.412/75.
	10	10	Ver pág. 40, D.L. 1.172/71 e pág. 41, art. 19, inc. II, do D.L. 1.412/75.
	10	12	Ver pág. 16, art. 49 do D.L. nº 1.083/70, pág. 41, art. 19, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 11 do RIUM.
D.L. 1.083/70	12	17	Ver pág. 41/2, D.L. 1.412/75.
	16	39	Ver pág. 40, art. 19 do D.L. 1.172/71, e pág. 20, art. 79 do RIUM (Alíquotas em vigor).
Decreto 66.694/70 - RIUM	16	49	Ver pág. 41, art. 19, inc. III do D.L. 1.412/75 e pág. 22, art. 11 do RIUM.
	19	29	Ver pág. 41/2, art. 19, inc. III e art. 39 do D.L. 1.412/75
	19	39	Ver pág. 41, art. 19, inc. I do D.L. 1.412/75.
	20	69	Ver pág. 41, art. 19, inc. II do D.L. 1.412/75.
	22	11	Ver pág. 41, art. 19, inc. III do D.L. 1.412/75.
	23	15	Leia-se: O imposto será recolhido através do DARF, ao Banco do Brasil ou, na falta deste, a outro estabelecimento da rede bancária autorizada a arrecadar tributos federais, até o último dia do segundo mês... (Portaria MF nº 84, de 12.04.73).



Diploma legal	Página	Art.	Alterações e/ou acréscimos
Decreto 66.694/ 70 - RIUM	23	16	Dispensada a apresentação de guia negativa, devendo o fato ser mencionado no campo 31 do DARF.
	23	18	O regime especial de que trata o artigo está disciplinado atualmente pela I.N. do SRF nº 13, de 12.02.81.
	24/27	21/36	Ver pág. 44/71 - Instrução Normativa do SRF nº 22/73.
	35	73	Ver pág. 61, sub-item 2.3 do Cap. III da I.N. 22/73.

CP 1/1885

IBRAM

CURSO: INCENTIVO FISCAL
QUOTA DE EXAUSTÃO MINERAL

Instrutor: Edwaldo Almada
de Abreu

IBRAM - maio de 1981

I N D I C E

	<u>PÁGINA</u>
TEXTO BÁSICO - DECRETO Nº 84.450/80, de 04/12/80 - EXAUSTÃO DE RECURSOS MINERAIS	2/56
1. LEI Nº 4.506, de 30/11/64	5/56
2. PARECER NORMATIVO N. 44 - de 27/06/77	10/56
3. PARECER NORMATIVO CST Nº 153, de 28/04/72	21/56
4. DECRETO-LEI N. 1.096, de 23/03/70	24/56
DECRETO-LEI N. 1.493, de 07/12/76	26/56
5. DECRETO-LEI Nº 1.598/77, de 26/12/77	28/56
DECRETO-LEI Nº 1.730, de 17/12/79	31/56
6. DECRETO-LEI Nº 1.779, de 26/03/80	33/56
7. DECRETO-LEI Nº 1.038, de 21/10/69	35/56
DECRETO-LEI Nº 1.412, de 31/07/75	38/56
8. DECRETO N. 69.885, de 31/12/71	41/56
9. PARECER NORMATIVO CST 93/76	43/56
PORTARIA 264, de 03/06/80	44/56
PORTARIA 420, de 30/12/80	45/56
PORTARIA 95, de 13/04/81	46/56
PORTARIA 316, de 06/09/80	47/56
PORTARIA 361, de 05/11/80	48/56
PORTARIA 421, de 30/12/80	49/56
PORTARIA 422, de 30/12/80	50/56
10. PROCESSO Nº 0915-04.048/79 - PARECER CST/SIPR Nº 1.185.	52/56
11. PROCESSO Nº 0915-04.048/79 - PARECER CST/SIPR Nº 1.185.	54/56
12. ARRENDAMENTO DE DIREITOS DE DECRETO DE LAVRA	56/56

T E X T O B Á S I C O

DECRETO Nº 84.450 - 04.12.80

NOVO REGULAMENTO DO IMPOSTO DE RENDA - RIR

EXAUSTÃO DE RECURSOS MINERAIS

DECRETO Nº 84.450 - 04.12.80
NOVO REGULAMENTO DO IMPOSTO DE RENDA - RIR.
EXAUSTÃO DE RECURSOS MINERAIS

Art. 215 - Poderá ser computado, como custo ou encargo, em cada período-base, a importância correspondente à diminuição do valor de recursos minerais, resultante da sua exploração (Lei nº 4.506/64, art. 59). (V. Nota 257)

Nota 257 - Sobre o assunto, v. PN 44/77 (empresas alcançadas; jazidas ou minas enquadráveis; base de cálculo; cálculo do valor dedutível e arrendamento).

§ 1º - A quota anual de exaustão será determinada de acordo com os princípios de depreciação (Subseção II), com base no custo de aquisição ou prospecção, corrigido monetariamente, dos recursos minerais explorados (Lei nº 4.506/64, art. 59, § 1º).

§ 2º - O montante anual da quota de exaustão será determinado tendo em vista o volume da produção no ano e sua relação com a possança conhecida da mina, ou em função do prazo de concessão (Lei nº 4.506/64, art. 59, § 2º).

Art. 216 - Para efeito de determinar o lucro real, as empresas de mineração poderão excluir do lucro líquido apurado em cada exercício, quota de exaustão de recursos minerais equivalente à diferença entre 20% (vinte por cento) da receita bruta da exploração de cada jazida, auferida até o período-base relativo ao exercício financeiro de 1989 e o valor computado nos termos do artigo anterior (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, Decreto-lei nº 1.598/77, art. 15, § 2º, e Decreto-lei nº 1.779/80, art. 1º). (V. Nota 258)

Nota 258 - Sobre o assunto, v. PN 153/72 e 44/77 (empresas beneficiadas; jazidas ou minas enquadráveis; base de cálculo; cálculo do valor dedutível; arrendamento).

§ 1º - A receita bruta que servirá de base de cálculo da quota de exaustão será a correspondente ao valor dos minerais extraídos no local da extração, de acordo com os critérios estabelecidos no artigo 7º do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969 (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, § 2º).

§ 2º - O limite global de dedução abrangerá as quotas de exaustão que já tenham sido deduzidas com base na lei nº 4.506 de 30 de novembro de 1964, e no Decreto-lei nº 1.096, de 23 de março de 1970 (Decreto-lei nº 1.779/80, art. 2º).

§ 3º - A dedução da quota de exaustão, nos termos deste artigo, não prejudica o direito à dedução de quotas de depreciação e de amortização, nos termos das Subseções II e III, respectivamente (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, § 5º).

§ 4º - É assegurado direito equivalente ao definido neste artigo às empresas de mineração que, em 24 de março de 1970, eram detentoras, a qualquer título, de direitos de decreto de lavra, e às empresas de mineração cujas jazidas tenham tido início de exploração a partir de 24 de março de 1970 (Decreto-lei nº 1.779/80, art. 3º).

to-lei nº 1.096/70, art. 2º, e Decreto-lei nº 1.779/80 art. 1º). (V. Nota 259)

Nota 259 - Sobre o assunto, v. FN 44/77 (conceito de direitos de lavra e de direitos de decreto de lavra).

§ 5º - O início do período de exploração será aquele que constar do plano de aproveitamento econômico da jazida, de que trata o Código de Mineração, aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, § 1º).

Art. 217 - É facultado à empresa de mineração excluir, em cada exercício, quota de exaustão superior ou inferior a 20% (vinte por cento) da receita bruta do exercício, desde que a soma das deduções realizadas, de acordo com os artigos 215 e 216 até o exercício em causa, não ultrapasse 20% (vinte por cento) da receita bruta auferida desde o início da exploração, a partir do período-base relativo ao exercício financeiro de 1971 (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, § 3º).

Parágrafo único - A exclusão poderá ser realizada em exercícios subsequentes ao de 1989, desde que observado o mesmo limite global de 20% (vinte por cento) da receita bruta auferida até o período-base de 1988 (Decreto-lei nº 1.096/70, art. 1º, § 4º, e Decreto-lei nº 1.779/80, art. 2º).

Art. 218 - A quota de exaustão calculada nos termos dos artigos 216 e 217, na parte em que exceder à prevista no artigo 215, será creditada a conta especial de reserva de lucros, que somente poderá ser utilizada para absorção de prejuízos ou incorporação ao capital social (Decreto-lei nº 1.598/77, art. 15, § 2º).

Parágrafo único - A inobservância do disposto neste artigo importa perda do benefício, observado o disposto nos parágrafos 1º e 2º do artigo 413 (Decreto-lei nº 1.598/77, art. 19, § 5º).

IMPORTANTE: Todos os grifos são do Instrutor.

1. LEI Nº 4.506, de 30/11/64

LEI Nº 4.506, DE 30/11/64

- Art. 57 - Poderá ser computada como custo ou encargo, em cada exercício, a importância correspondente à diminuição do valor dos bens do ativo resultante do desgaste pelo uso, ação da natureza e obsolescência normal.
- § 1º - A quota de depreciação registrável em cada exercício será estimada pela aplicação da taxa anual de depreciação sobre o custo de aquisição do bem depreciável, atualizado monetariamente, observadas nos exercícios financeiros de 1965 e 1966, as disposições constantes do § 15 do artigo 3º da Lei n. 4.357, de 16 de julho de 1964.
- § 2º - A taxa anual de depreciação será fixada em função do prazo durante o qual se possa esperar a utilização econômica do bem pelo contribuinte, na produção dos seus rendimentos.
- § 3º - A administração do Imposto de Renda publicará periodicamente o prazo de vida útil admissível a partir de 1º de janeiro de 1965, em condições normais ou médias, para cada espécie de bem, ficando assegurado ao contribuinte o direito de computar a quota efetivamente adequada às condições de depreciação dos seus bens, desde que faça a prova dessa adequação, quando adotar taxa diferente.
- § 4º - No caso de dúvida, o contribuinte ou a administração do imposto de renda poderão pedir perícia do Instituto Nacional de Tecnologia, ou de outra entidade oficial de pesquisa científica ou tecnológica, prevalecendo os prazos de vida útil recomendados por essas instituições, enquanto os mesmos não forem alterados por decisão administrativa superior ou por sentença judicial, baseadas, igualmente, em laudo técnico idôneo.
- § 5º - Com o fim de incentivar a implantação, renovação ou modernização de instalações e equipamentos, o Poder Executivo poderá mediante decreto, autorizar condições de depreciação acelerada, a vigorar durante prazo certo para determinadas indústrias ou atividades.
- § 6º - Em qualquer hipótese, o montante acumulado das cotas de depreciação não poderá ultrapassar o custo de aquisição do bem, atualizado monetariamente.
- § 7º - A depreciação será deduzida pelo contribuinte que suporta o encargo econômico do desgaste ou obsolescência, de acordo com as condições de propriedade, posse ou uso do bem.
- § 8º - A quota de depreciação é dedutível a partir da época em que o bem é instalado, posto em serviço ou em condições de produzir.
- § 9º - Podem ser objeto de depreciação todos os bens físicos sujeitos a desgaste pelo uso ou por causas naturais, ou obsolescência normal, inclusive edifícios e construções.

§ 10 - Não será admitida quota de depreciação referente a:

- a) terrenos, salvo em relação aos melhoramentos ou construções;
- b) prédios ou construções não alugados nem utilizados pelo proprietário na produção dos seus rendimentos, ou destinados à revenda;
- c) os bens que normalmente aumentam de valor com o tempo, como obras de arte ou antiguidades.

§ 11 - O valor não depreciado dos bens sujeitos à depreciação que se tornarem imprestáveis, ou, caírem em desuso, importará na redução do ativo imobilizado.

§ 12 - Quando o registro do imobilizado for feito por conjunto de instalação ou equipamentos, sem especificação suficiente para permitir aplicar as diferentes taxas de depreciação de acordo com a natureza do bem, e o contribuinte não tiver elementos para justificar as taxas médias adotadas para o conjunto, será obrigado a utilizar as taxas aplicáveis aos bens de maior vida útil que integrem o conjunto.

§ 13 - Não será admitida depreciação dos bens para os quais seja registrada quota de exaustão.

§ 14 - A quota de depreciação dos bens aplicados exclusivamente na exploração de minas, jazidas e florestas, registrável em cada exercício, poderá ser determinada de acordo com o § 2º do artigo 59, se o período de exploração total da mina, jazida ou floresta for inferior ao tempo de vida útil dos mesmos bens.

Art. 58 - Poderá ser computada como custo ou encargo, em cada exercício, a importância correspondente à recuperação do capital aplicado na aquisição de direitos cuja existência ou exercício tenha duração limitada, ou de bens cuja utilização pelo contribuinte tenha o prazo legal ou contratualmente limitado, tais como:

- a) patentes de invenção, fórmulas e processos de fabricação, direitos autorais, licenças, autorizações ou concessões;
- b) investimento em bens que, nos termos da lei ou contrato que regule a concessão de serviço público, devem reverter ao poder concedente ao fim do prazo da concessão, sem indenização;
- c) custo de aquisição, prorrogação ou modificação de contratos e direitos de qualquer natureza, inclusive de exploração de fundos de comércio;
- d) custo das construções ou benfeitorias em bens locados ou arrendados, ou em bens de terceiros, quando não houver direito ao recebimento do seu valor.

§ 1º - A quota anual de amortização será fixada com base no custo de aquisição do direito ou bem, atualizado monetariamente, e tendo em vista o número de anos restantes de existência do direito, observado o disposto no § 1º do artigo 57 desta Lei.

§ 2º - Em qualquer hipótese, o montante acumulado das quotas anuais de amortização não poderá ultrapassar o custo de aquisição do direito ou bem, atualizado monetariamente.

§ 3º - Poderão ser também amortizados, no prazo mínimo de 5 (cinco) anos:

- a) a partir do início das operações as despesas de organização pré-operacionais ou pré-industriais;
- b) o custo de pesquisas referidas no artigo 53 e seu §1º, se o contribuinte optar pela sua capitalização;
- c) a partir da exploração da jazida ou mina, ou do início das atividades das novas instalações, os custos e as despesas de desenvolvimento de jazidas e minas ou de expansão de atividades industriais que foram classificadas como ativo até o término da construção, ou da preparação para exploração;
- d) a partir do momento em que é iniciada a operação ou atingida a plena utilização das instalações a parte dos custos, encargos e despesas operacionais registrados como ativo durante o período em que a empresa na fase inicial de operação, utilizou apenas parcialmente o seu equipamento ou as suas instalações.

§ 4º - Se a existência ou exercício do direito, ou a utilização do bem terminar antes da amortização integral do seu custo, o saldo não amortizado constituirá prejuízo no ano em que se extinguir o direito ou terminar a utilização do bem.

§ 5º - Somente são admitidas as amortizações de custos ou despesas que observem as condições estabelecidas nesta Lei.

§ 6º - Não será admitida amortização de bens, custos ou despesas para os quais seja registrada quota de exaustão.

Art. 59 - Poderá ser computada como custo ou encargo, em cada exercício, a importância correspondente à diminuição do valor de recursos minerais e florestais, resultante da sua exploração.

§ 1º - A quota anual de exaustão será determinada de acordo com os princípios de depreciação a que se refere o § 1º do artigo 57 desta Lei, com base:

- a) no custo de aquisição ou prospecção, corrigido monetariamente, dos recursos minerais explorados;
- b) no custo de aquisição ou plantio, corrigido monetariamente, dos recursos florestais explorados.

§ 2º - O montante anual da quota de exaustão será determinado tendo em vista o volume da produção no ano e sua relação com a produção conhecida da mina, ou a dimensão da floresta explorada, ou em função do prazo de concessão ou do contrato de exploração.

- § 39 - O proprietário de florestas exploradas poderá optar pela dedução, como quota anual de exaustão, das importâncias efetivamente aplicadas em cada ano do replantio de árvores destinadas ao corte.
- * § 49 - A quota de exaustão na exploração dos recursos minerais cujo relatório de pesquisa venha a ser aprovado a partir da data de publicação desta Lei poderá ser determinada como equivalente a 15% (quinze por cento) da receita bruta ou dos "royalties" pagos a terceiros pelo direito à exploração da mina.
- § 59 - A receita bruta que servirá de base à quota de exaustão, no caso do parágrafo anterior, será a correspondente ao valor dos minerais extraídos no local da extração, deduzido dos "royalties" pagos a terceiros pelo direito à exploração da mina.
- § 69 - A quota de exaustão, para aquele que recebe "royalties" da exploração das minas referidas no § 49, será calculada sobre o montante dos "royalties" recebidos, deduzido dos "royalties" porventura pagos a terceiros em relação à mesma mina.

* Os parágrafos 49, 59 e 69 foram revogados pelo Decreto-Lei 1.096/70.

2. PARECER NORMATIVO N. 44 - DE 27 DE JUNHO DE 1977

IMPOSTO SOBRE A RENDA - IR

- Dã parecer sobre quota de exaustão dos recursos minerais como incentivo fiscal às empresas de mineração.

MINISTÉRIO DA FAZENDA
SECRETARIA DA RECEITA FEDERAL
COORDENAÇÃO DO SISTEMA DE TRIBUTAÇÃO

PARECER NORMATIVO N. 44 - DE 27 DE JUNHO DE 1977

Imposto sobre a Renda e Proventos

- MNTPJ - 2.20.09.88 - Quota de exaustão dos recursos minerais
2.48.45.01 - Quotas de exaustão como incentivo fiscal às empresas de mineração

Exaustão mineral de que tratam os artigos 197 e 198 do RIR/75: empresas e jazidas que se enquadram nas hipóteses legais; determinação do valor sujeito a exaustão; cálculo da quota, limites dos valores dedutíveis, prazos e formas de apropriação; destinação das reservas constituídas com os valores deduzidos; exame de outros aspectos inerentes à dedutibilidade da exaustão mineral.

1. Objetiva-se a saber o alcance dos dispositivos da legislação tributária que versam sobre a exaustão mineral, consubstanciados nos artigos 197 e 198, e respectivos parágrafos, do Regulamento do Imposto sobre a Renda aprovado pelo Decreto n. 76.186 (*), de 2 de setembro de 1975, a fim de ser esclarecido o seguinte:

- I - empresas que podem deduzir quotas anuais de exaustão mineral;
- II - jazidas ou minas enquadráveis nas hipóteses legais;
- III - determinação do valor que servirá de base de cálculo das quotas;
- IV - cálculo do valor dedutível, limites dos valores acumulados, prazos e formas de apropriação;
- V - destinação das reservas constituídas por determinação legal;
- VI - exame de outros aspectos da legislação inerentes à dedutibilidade na apuração do lucro operacional e à exclusão do lucro real.

2. Legislação Aplicável

- 2.1 A legislação tributária prevê dois tratamentos distintos e alternati

vos para a exaustão mineral, adiante expostos:

- 2.1.1 - O artigo 198 do RIR, cuja matriz legal é o artigo 59 e seus §§ 1º e 2º da Lei n. 4.506 (*), de 30 de novembro de 1964, permite que as empresas de mineração computem como custo ou encargo, em cada exercício, na apuração do lucro operacional, a importância correspondente à diminuição do valor de aquisição ou prospecção dos recursos minerais, corrigido monetariamente, resultante de sua exploração industrial.
- 2.1.2 - Como alternativa ao critério anteriormente referido e a título de incentivo à pesquisa e lavra mineral, o artigo 197 do RIR, com fundamento no Decreto-Lei n. 1.096 (*), de 23 de março de 1970, assegura às empresas de mineração o direito de apropriar, como custo ou encargo, exaustão equivalente a 20% (vinte por cento) da receita bruta auferida num período de dez anos de exploração industrial de cada jazida, receita essa correspondente ao valor dos minerais extraídos, no local da extração, de acordo com os critérios estabelecidos no artigo 7º do Decreto-Lei n. 1.038 (*), de 21 de outubro de 1969.
- 2.1.3 O Parecer Normativo CST n. 153/72, publicado no "Diário Oficial" da União de 7 de junho de 1972, já exarou esclarecimentos quanto ao valor e base de cálculo da quota de exaustão incentivada e ao decênio favorecido, à compensação de quotas utilizadas anteriormente com base no § 4º do artigo 59 da Lei n. 4.506/64, bem como quanto à compulsória incorporação ao capital social da reserva constituída com as quotas utilizadas.

2.2 A legislação que rege a exploração e ao aproveitamento econômico dos recursos minerais do País submete-se ao comando superior da Constituição Federal, na redação da Emenda n. 1 (*), de 17 de outubro de 1969, que dispõe:

"Art. 168. As jazidas, minas e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para o efeito de exploração ou aproveitamento industrial.

§ 1º - A exploração e o aproveitamento das jazidas, minas e demais recursos minerais e dos potenciais de energia hidráulica dependerão de autorização ou concessão federal, na forma da lei, dadas exclusivamente a brasileiros ou a sociedades organizadas no País."

- 2.2.1 - Os assuntos referentes (I) aos direitos relativos às massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País, (II) ao regime de sua exploração e aproveitamento e (III) à fiscalização, pelo Governo Federal, da pesquisa, da lavra e de outros aspectos da indústria mineral, estão disciplinados, atualmente, pelo Código de Mineração baixado com o Decreto-Lei n. 227 (*), de 28 de fevereiro de 1967, regulamentado pelo Decreto n. 62.934 (*), de 2 de julho de 1968, observadas as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n. 318 (*), de 14 de março de 1968, e pela Lei n. 6.403 (*), de 15 de dezembro de 1976. Cabe mencionar que, anteriormente, a matéria

encontrava-se regida pelo Código de Minas baixado com o Decreto-Lei n. 1.985 (*), de 29 de janeiro de 1940, que revogara, por sua vez, o Decreto n. 24.642, de 10 de julho de 1934.

- 2.3 O Decreto n. 69.885 (*), de 31 de dezembro de 1971, determinou o registro obrigatório dos direitos de lavra em conta do ativo fixo das empresas de mineração, esclarecendo no § 3º do seu artigo 1º que são consideradas como:

"valor original dos direitos de lavra as importâncias despendidas na obtenção desses direitos, principalmente as consignadas em relatório de pesquisa aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, ou o seu custo de aquisição."

Determina ainda, no § 4º do mesmo artigo, que o registro contábil deve ser efetuado, mesmo que o valor original já tenha sido apropriado ou amortizado total ou parcialmente nos resultados, hipóteses em que tais direitos deverão figurar no ativo, respectivamente, pelo valor simbólico equivalente à unidade monetária ou pelo valor residual.

3. Considerações Gerais

- 3.1 O RIR/75, em ambos os dispositivos em exame (subitem 2.1), refere-se a empresa de mineração, designativo que se encontra em sintonia com a legislação minerária ora vigorante, a qual estabelece definições, conceitos e requisitos formais e materiais no que concerne à pesquisa e lavra mineral, e à constituição e funcionamento das aludidas empresas.

- 3.2 O Decreto-Lei n. 227/67, em seu artigo 79, define empresa de mineração como:

"a firma ou sociedade constituída e domiciliada no País, qualquer que seja a sua forma jurídica, e entre cujos objetivos esteja o de realizar aproveitamento de jazidas minerais no território nacional",

acrescentando que:

"os componentes da firma ou sociedade (...) podem ser pessoas físicas ou jurídicas, nacionais ou estrangeiras, mas nominalmente representadas no instrumento de constituição",

e que:

"a firma individual só poderá ser constituída por brasileiros".

Em seu artigo 80, exige que a empresa obtenha prévia autorização para funcionar, conferida por Alvará do Ministro das Minas e Energia, sem a qual estará impedida de habilitar-se à obtenção do direito de pesquisar ou lavrar jazida mineral, ou exercer atividade de mineração.

Oportuno acentuar que, de acordo com o artigo 36, parágrafo único:

"somente as Empresas de Mineração poderão se habilitar ao direito de lavra".

3.3 Na legislação anterior, enquanto o Decreto n. 24.642/34, em seu artigo 32, determinava a "empresa social ou individual" que pretendesse a concessão de lavra a apresentação de prova de seu funcionamento legal e da existência de recursos financeiros, o Decreto-Lei n. 938 (*), de 8 de dezembro de 1938, passou a exigir das "sociedades" que tivessem em mira tal objeto, prévia autorização do Governo para funcionar ou exercer suas atividades, bem como o arquivamento do ato constitutivo no Registro do Comércio, sob pena de nulidade de seus atos, norma que encontrou correspondência no artigo 6º e seu § 1º do Decreto-Lei n. 1.985/40.

3.4 Em conformidade com o artigo 6º do Decreto-Lei n. 227/67, os direitos de lavra são representados por duas formas:

"I - Mina manifestada, a em lavra, ainda que transitoriamente suspensa a 16 de julho de 1934 e que tenha sido manifestada na conformidade do artigo 10 do Decreto n. 24.642, de 10 de julho de 1934 e da Lei n. 94, de 10 de setembro de 1935;

II - Mina concedida, quando o direito de lavra é consubstanciado em Decreto outorgado pelo Governo Federal".

3.5 Pelo enunciado nos artigos 1º e 2º do Decreto-Lei n. 1.096/70, constata-se que duas são as hipóteses que esses dispositivos pretendem abranger:

1º) relativamente a jazidas cujo plano de aproveitamento econômico, de que trata o artigo 39 do Código de Mineração de 1967, haja sido ou venha a ser aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, após 24 de março de 1970, tendo sido fixado como período de cômputo das receitas brutas o decênio iniciado na data que naquele plano constar como de início dos trabalhos de lavra;

2º) relativamente às jazidas sobre as quais as empresas de mineração já estivessem exercendo direitos de decreto de lavra, a qualquer título, em data de 24 de março de 1970.

3.6 Deve-se tomar em consideração, pelo já exposto, que o exercício da lavra tem como objeto a mina concedida ou a manifestada, cujos componentes físicos são propriedade distinta da do solo:

3.6.1 - convém lembrar que os artigos 4º e 36 do Decreto-Lei n. 227/67 definem, respectivamente, como:

"jazida", toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil, aflorando à superfície ou existente no interior da terra, e que tenha valor econômico; e "mina", a jazida em lavra, ainda que suspensa",

e por

"lavra", o conjunto de operações coordenadas objetivando o aproveitamento industrial da jazida, desde a extração das substâncias minerais úteis que contiver, até o beneficiamento das mesmas".

3.6.2 - Observe-se, outrossim, que os "direitos de lavra" ou "direitos de decreto de lavra" a que aludem, respectivamente, o Decreto n. 69.885/71 e o § 8º do artigo 197 do RIR, são os provenientes do respectivo título, isto é, do decreto de concessão ou do manifesto de mina, registrados em livros próprios do DNPM, quer por obtenção originária, quer por transmissão.

3.7 Portanto, o valor sujeito a registro no ativo fixo é o custo (1) de obtenção ou (2) de aquisição dos direitos decorrentes do título hábil à lavra, na forma admitida em lei, indicando-se o valor respectivo, no primeiro caso, como as importâncias despendidas nos trabalhos de pesquisa a que alude o artigo 14 do Código de Mineração - desde que não tenham sido apropriadas ou amortizadas com base no § 1º do artigo 173 ou da alínea "c" do § 3º do artigo 196 do RIR - bem como os dispêndios necessários à consecução do decreto concessivo, tais como os estudos para elaboração do plano de aproveitamento econômico e as taxas e emolumentos devidos até formal obtenção dos referidos direitos. No segundo caso, o valor será o preço pago a terceiros pela aquisição (a) dos direitos provenientes de relatório de pesquisas já aprovado pelo DNPM, acrescido das posteriores despesas de obtenção do decreto de concessão, ou (b) dos próprios direitos de lavra, quer se apresentem sob a forma de concessão, quer de manifesto (v. artigos 31 e 55 do Decreto-Lei n. 227/67).

3.8 Note-se que, segundo a regra contida no artigo 253 do RIR e esclarecido pelos Pareceres Normativos CST ns. 89/74 e 92/74 publicados no "Diário Oficial" da União de 15 de julho de 1977, o valor do ativo imobilizado está sujeito à correção monetária segundo os coeficientes oficiais.

3.9 Oportuno acrescentar que o artigo 8º do Decreto-Lei n. 227/67 faculta ao proprietário do solo ou a quem dele tiver expressa autorização, o aproveitamento imediato, pelo regime de licenciamento, das jazidas enquadradas na Classe II, as quais correspondem, segundo o artigo 8º do Regulamento baixado com o Decreto n. 62.934/68, às

"ardósias, areias, cascalhos, gnaisses, granitos, quartzitos e saibros, quando utilizados "in natura" para o preparo de agregados, pedras de talhe ou argamassa, e não se destinem, como matéria-prima, à indústria de transformação".

3.9.1 - neste caso, inexistirão formalmente os direitos de lavra definidos pela legislação específica, dado que tal expressão só é aplicada em relação a minas manifestadas e concedidas. Entretanto, permite-se que o interessado, cuja atividade seja licenciada, opte pelo regime de autorização e concessão (§ 2º do artigo 8º do Decreto-Lei n. 227/67), quando, então, a espécie passará a subordinar-se às normas pertinentes.

4. Conclusões

4.1 Exaustão real de que trata o artigo 198 do RIR;

4.1.1 - Empresas que podem deduzir quotas anuais de exaustão real:

As empresas que podem deduzir a quota anual, calculada em função da extração do período, são as empresas de mineração constituídas e em funcionamento de acordo com os artigos 79 e 80 do Código de Mineração. Incluem-se nessa conceituação, excepcionalmente, as empresas individuais ou sociedades que estejam exercendo a lavra amparadas pela legislação anteriormente vigente (v. subitem 3.3). Note-se, porém, que as mesmas devem ser titulares dos direitos de lavra, qualidade em que suportam o onus econômico da desvalorização decorrente da extração (art. 193, § 6º, combinado com o artigo 198, § 1º, do RIR). Outrossim, convém assinalar que outras condições, além da forma jurídica e do funcionamento legal da empresa, devem estar presentes concomitantemente.

4.1.2 - Jazidas ou minas enquadráveis na hipótese legal:

Somente as minas concedidas ou as minas manifestadas, mencionadas no subitem 3.4 deste Parecer, podem ser objeto de exaustão real. Excluem-se, por isso, os depósitos minerais aproveitados sob regime de licenciamento (v. subitem 3.9), salvo se o aproveitamento passar a submeter-se ao regime de autorização e concessão.

4.1.3 - Determinação do valor que servirá de base de cálculo das quotas:

Atendendo-se aos comandos dos artigos 59 e seus §§ 1º e 2º da Lei n. 4.506/64 e do Decreto n. 69.885/71, o valor a ser tomado como base de cálculo será o correspondente ao custo dos direitos de lavra registrado no ativo fixo, corrigido monetariamente, na forma mencionada nos subitens 3.7 e 3.8, e não, literalmente, ao valor dos minerais explorados. Em consequência, incorre a possibilidade de estimar-se ou arbitrar-se o custo sujeito a exaustão, quer em função do preço pago pelo direito superficiário, quer do valor intrínseco da jazida ou dos minerais extraídos. Inexistindo tal custo, por ter havido apropriação ou amortização total do mesmo, ou por razão diversa qualquer, não haverá pressuposto legal e econômico sobre o qual possa assentar o cálculo da quota e sua dedutibilidade, em face da aplicação dos princípios inerentes à depreciação.

4.1.4 - Cálculo do valor dedutível - Limites dos valores acumulados - Prazos e formas de apropriação:

O valor dedutível corresponderá à parcela do custo dos direitos de lavra, corrigido com observância do artigo 253 do RIR, proporcionalmente à extração do período em relação com a potência conhecida da mina. As quotas são apropriáveis anualmente, como custo ou encargo, na apuração do lucro operacional, obedecendo ao regime de competência, não sendo permitido cumular valores não deduzidos oportunamente, nem cumular com valores já computados como amortização ou depreciação. A exaustão real, tal como a depreciação normal, tem a função de regularização do ativo, sendo apropriada como débito à conta de lucros e perdas, não podendo o valor acumulado das quotas ultrapassar o custo ativado.

4.1.5 - Outros aspectos da legislação inerentes à dedutibilidade na apuração do lucro operacional:

No caso de cessão temporária do uso e fruição (arrendamento) dos direitos do título de lavra, caberá à empresa arrendante o direito à utilização de quotas de exaustão real, enquanto à arrendatária será lícito apropriar como custo ou encargo os "royalties" ou aluguéis pagos, segundo as regras dos artigos 161 e 162 do RIR.

4.2 Exaustão incentivada de que trata o artigo 197 do RIR:

4.2.1 - Empresas que podem deduzir quotas anuais de exaustão incentivada:

As empresas destinatárias dos benefícios do Decreto-Lei n. 1.096/70 são as identificadas no subitem 4.1.1, sendo pertinentes a este exame todas as observações ali feitas.

4.2.2 - Jazidas ou minas enquadráveis na hipótese legal:

Além das considerações feitas no subitem 4.1.2, aqui aplicáveis, deve-se observar que o diploma legal refere-se a duas hipóteses diversas entre si (v. subitem 3.5). Em ambas é indispensável que a empresa beneficiária seja titular dos direitos de lavra, os quais devem estar registrados no ativo fixo.

4.2.3 - Determinação do valor que servirá de base de cálculo das quotas:

O assunto titulado já foi esclarecido pelo Parecer Normativo CST n. 153/72. Cumpre acrescentar que as receitas brutas sobre as quais incidirá o percentual do incentivo não podem ser objeto de correção ou atualização monetária, face a falta de previsão legal para realizá-la.

4.2.4 - Cálculo do valor dedutível - Limites dos valores acumulados - Prazos e formas de apropriação:

4.2.4.1. A apropriação das quotas pode ser feita em qualquer exercício, quer no de competência como em diverso dele, compreendido ou não no período decenal de computo das receitas brutas; deve proceder-se, em qualquer caso, à sua compensação com as quotas deduzidas com base no ora revogado § 4º do artigo 59 da Lei n. 4.506/64, conforme o assinala o Parecer Normativo CST n. 153/72, ao interpretar o parágrafo único do artigo 2º do Decreto-Lei n. 1.096/70, observados os valores originais das últimas, isto é, sem atualização monetária. Saliente-se, ainda, que as compensações não são referentes aos valores globais dos incentivos anteriormente utilizados pela empresa e decorrentes do aproveitamento de todas e quaisquer jazidas, mas apenas aqueles valores que se vinculam a cada jazida, individualmente considerada, que tenha sido abrangida pela situação mencionada no artigo 2º do Decreto-Lei n. 1.096/70 (§ 8º do artigo 197 do RIR);

4.2.4.2. O valor acumulado pode ultrapassar o custo corrigido dos direitos de lavra, hipótese em que as quantias excedentes ao investimento passarão a caracterizar - se

como um custo ou encargo por ficção legal, podendo-se concluir, por conseguinte:

- a) se o valor-limite resultante da aplicação do percentual da exaustão incentivada não houver alcançado, decorrido o decênio, o custo corrigido dos direitos, pode a empresa complementar este último com quotas de exaustão real;
- b) se a empresa optou, em determinado exercício, pela exaustão real, será indispensável a compensação do seu valor com aquele a ser utilizado como incentivo, em exercício ou exercícios posteriores, em decorrência do princípio implícito da não cumulatividade;
- c) se a exaustão incentivada houver atingido ou ultrapassado o valor atualizado do investimento, não será permitido utilizar a exaustão real;
- d) se a exaustão real, utilizada em parte ou durante todo o decênio, houver atingido o custo atualizado, ainda assim será permitido beneficiar-se do incentivo, que corresponderá à diferença a maior que resultar da aplicação do percentual de 20% (vinte por cento) sobre a receita bruta, em confronto com as quotas (real e incentivada) já apropriadas.

4.2.4.3. de se observar que a opção permitida pelo "caput" do artigo 198 do RIR confirma o entendimento acima exposto, quanto à impossibilidade de se deduzirem, simultânea ou consecutivamente, a exaustão real e a incentivada;

4.2.4.4. segundo a legislação, a exaustão ora em estudo é apropriável mediante (1) dedução na determinação do lucro operacional, ou, por opção (2) exclusão do lucro real (esta última forma a partir do exercício financeiro de 1977, "ex-vi" dos artigos 14 e 17 do Decreto-Lei n. 1.493 (*), de 7 de dezembro de 1976, que deu nova redação ao § 6º do artigo 1º do Decreto-Lei n. 1.096/70);

4.2.4.5. por fim, cumpre assinalar que a cumulatividade admitida pelo § 5º do artigo 197 do RIR, diz respeito às hipóteses em que os dispêndios com prospecção e cubagem de jazidas e depósitos naturais, e os relativos ao desenvolvimento de minas em exploração, sejam objeto de amortização ou depreciação, com base nos artigos 57 e 58 da Lei n. 4.506/64, desde que obedecido o § 4º do artigo 1º do Decreto n. 69.885/71.

4.2.5 - Destinação das reservas constituídas com os valores deduzidos:

Os valores deduzidos a título de exaustão incentivada deverão ser creditados a uma conta de reserva específica, por ocasião do balanço patrimonial do exercício, destinada a incorporação ao capital social da empresa de mineração. O aumento de capital pode ser efetuado na época considerada conveniente pela empresa, segundo o permite o § 6º do artigo 1º do Decreto-Lei n.

1.096/70, na redação dada pelo artigo 14 do Decreto-Lei n. 1.493/76; atente-se, outrossim, que até o exercício financeiro de 1976 a capitalização deveria ser feita dentro dos 12 (doze) meses seguintes a constituição da reserva.

4.2.6 - Outros aspectos da legislação inerentes à dedutibilidade na apuração do lucro operacional e à exclusão do lucro real:

4.2.6.1. O Decreto-Lei n. 1.096/70 considerou do mesmo nível de importância da extração mineral, a que visou a incrementar, a descoberta e o aproveitamento de novas jazidas no território nacional, eis que seu dispositivo básico, ao vincular o incentivo às jazidas cujo plano de aproveitamento econômico viesse a ser aprovado após 24 de março de 1970 (§ 1º do artigo 1º), pretendeu projetar-se para o futuro e alcançar um número ilimitado de beneficiários, só posteriormente identificáveis; de outro lado, em seu artigo 2º, estendeu o tratamento em relação a um número limitado de jazidas e minas, isto é, sobre as quais, na data acima referida, as empresas de mineração estivessem exercendo direitos de decreto de lavra, a qualquer título, ficando estas, de imediato, abrangidas pelo favor.

4.2.6.2. Por ser obrigatório o registro dos direitos de lavra, depreende-se que as arrendatárias não poderão enquadrar-se no benefício, visto que lhes falta o requisito da titularidade dos mesmos, que fundamente recuperação de despesas de capital, como custo ou encargo, real ou ficto, daí decorrendo a falta de legitimidade para exercer opção pelo incentivo.

4.2.6.3. As empresas arrendantes, por sua vez, não se incluem no rol das favorecidas, pois as receitas de "royalties" ou alugueis não se submetem às normas de tributação do Decreto-Lei n. 1.038/69 (Imposto Único sobre Minerais), entendimento que se encontra corroborado pela revogação do § 4º do artigo 5º da Lei n. 4.506/64, que admitia exaustão calculada sobre tais receitas.

4.2.6.4. Os fundamentos e conclusões dos subitens precedentes são aplicáveis à exploração industrial, pelo regime de licenciamento, de jazidas da Classe II, nas quais se incluem as vulgarmente chamadas "pedreiras", mesmo a considerar-se a hipótese de ser a atividade exercida por empresa de mineração com regular constituição e funcionamento.

À consideração superior.

Carlos Ervino Gulyas, FTP

De acordo.

Publique-se e, a seguir, encaminhem-se cópias às SS.RR.R.F. para conhecimento e ciência aos demais órgãos subordinados. - Antônio Augusto de Mesquita Neto, Coordenador do Sistema de Tributação.

(D.O. de 6 de julho de 1977, págs. 8.476 a 8.479).

(*) V. LEX, Leg. Fed., 1975, Supl.; 1964, pāg. 1.241; 1970, pāg. 179; 1969, pāgs. 1.693 e 1.501; 1967, pāg. 499; 1968, pāgs. 889 e 1.134; 1967, pāg. 810; 1976, pāg. 810; 1976, pāg. 890; 1940, pāg. 47; 1971, pāg. 1.761; 1938, pāg. 609; 1976, pāg. 859.

S

3. PARECER NORMATIVO CST Nº 153, DE 28 DE ABRIL DE 1972

INCENTIVOS FISCAIS A EMPRESAS DE MINERAÇÃO - APLICAÇÃO DO DECRETO-LEI Nº 1.096/70.

PARECER NORMATIVO CST Nº 153, DE 28 DE ABRIL DE 1972

02 - Imposto sobre a Renda e Proventos.
02.02 - Pessoas Jurídicas.
02.02.03 - Custos, Despesas Operacionais e Encargos.
02.02.03.03 - Depreciação, Exaustão e Amortização.

Incentivos Fiscais às empresas de mineração.

Aplicação do Decreto-Lei número 1.096/70 às jazidas cujos planos sejam aprovados após 24 de março de 1970 e àquelas cuja exploração tenha sido iniciada anteriormente a essa data.

Conceito de receita bruta para cálculo das cotas de exaustão, limite destas e compensação do valor das anteriormente deduzidas. Contagem do decênio de obtenção da receita.

Tendo por objetivo estimular o afluxo de investimentos para a indústria de mineração e incrementar a produção desse setor da economia, as normas do Decreto-lei nº 1.096, de 24 de março de 1970, destinam-se tanto às empresas que no ramo vierem a se instalar, como as que a época já existissem. Assim, permitem o gozo do incentivo fiscal, quer o empreendimento envolva jazidas cujos planos de aproveitamento econômico sejam aprovados após 24 de março de 1970 (data da publicação do referido diploma legal), quer outros depósitos naturais cuja exploração tenha sido iniciada em data anterior.

Referidas normas asseguram substancial redução da base de cálculo do imposto incidente sobre os lucros da pessoa jurídica e isenção do tributo nos aumentos do capital social realizados com o aproveitamento, sob a forma de reserva, dos mesmos valores cuja dedução, como custo ou encargos, é autorizada.

2 - Na forma do Decreto-lei nº 1.096, as cotas de exaustão podem ter sua base de cálculo na receita bruta auferida anualmente no decurso de um decênio; não a efetivamente apurada na venda dos minerais, mas, consoante a sistemática estabelecida pelo § 2º, do artigo 1º, o valor que nela se contenha, correspondente à base de cálculo do Imposto Único sobre Minerais, determinada segundo a norma aplicável à espécie dentre as previstas no artigo 7º do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969.

3 - O citado Decreto-lei número 1.096/70 eleva o limite global das cotas de exaustão o valor equivalente a 20% (vinte por cento) da receita bruta decenal acima definida, inferindo-se da meticulosa análise de seus dispositivos que a contagem do período de obtenção dessa receita far-se-á.

- a) a partir da data constante no respectivo plano de aproveitamento econômico, para a jazida que tenha esse plano aprovado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral após 24-3-70 (art. 1º, § 1º);

- b) a partir do exercício financeiro de 1971, ano-base de 1970 - como se neste tivesse início a exploração - para a jazida cuja exploração tenha sido iniciada em data anterior a 24 de março de 1970 (art. 2º).

4 - É permitido o cômputo de cota de exaustão de valor superior ou inferior a 20% (vinte por cento) da receita bruta do ano. Tendo em vista, porém, a limitação do valor dedutível global das referidas cotas, a soma das parcelas a esse título contabilizadas em qualquer fase do decênio não poderá ultrapassar ao percentual de 20% (vinte por cento) da receita bruta auferida a contar do início do mesmo período (artigo 1º, § 3º).

No caso particular da exploração iniciada antes de 24 de março de 1970, as cotas de exaustão já deduzidas de conformidade com o artigo 59 § 4º, da Lei número 4.506/64 serão consideradas como parcelas utilizadas do referido valor global e obrigatoriamente compensadas das cotas a deduzir no decênio 1970/1979 (art. 2º, parágrafo único).

5 - A cota de exaustão deduzida na forma prevista no Decreto-lei número 1.096/70 - 20 por cento da receita bruta auferida nas jazidas novas ou o complemento às cotas antes deduzidas sob o amparo da Lei número 4.506/64 - constituirá reserva compulsoriamente incorporável ao capital social.

6 - Referida incorporação, que deverá efetivar-se dentro dos doze meses subsequentes à constituição da reserva, não implicará pagamento do imposto de renda, quer pela pessoa jurídica, quer pelo respectivo titular ou pelos sócios ou acionistas que dela se beneficiarem. Tal isenção é extensiva não só aos aumentos de capital das sociedades que, sócias ou acionistas de primeira, utilizem o acréscimo de valor do seu ativo decorrente das bonificações recebidas, mas, também, aos destinatários das ações ou cotas derivadas desses aumentos de capital.

À consideração superior.

S.L.T.N., 27 de abril de 1972 - Ary de Almeida Pinho, Técnico de Tributação.

De acordo.

Publique-se e, a seguir, encaminhem-se cópias às SS.RR.R.F., para conhecimento e ciência dos órgãos subordinados.

S.R.F. - Coordenação do Sistema de Tributação. - Em 27 de abril de 1972 - Vicente de Paulo Campos - Chefe Substituto do S.L.T.N. - Del. Comp. - Port. 01/70.

D.O.U. 7-6-72 - Parte I

4. DECRETO-LEI N. 1.096 - DE 23 DE MARÇO DE 1970
DECRETO-LEI N. 1.493 - DE 07 DE DEZEMBRO DE 1976

DECRETO-LEI N. 1.096 - DE 23 DE MARÇO DE 1970

Concede incentivos fiscais às empresas de mineração

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição, decreta:

- Art. 1º Na determinação do lucro real para efeito do imposto de renda as empresas de mineração poderão deduzir, como custo ou encargo, cota de exaustão de recursos minerais equivalente a vinte por cento da receita bruta auferida nos dez primeiros anos de exploração de cada jazida.
- § 1º O início de exploração será aquele que constar do Plano de Aproveitamento Econômico da jazida, de que trata o Código de Mineração, e que vier a ser aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral após a data de publicação do presente Decreto-Lei.
- § 2º A receita bruta que servirá de base ao cálculo da cota de exaustão será a correspondente ao valor dos minerais extraídos, no local da extração, de acordo com os critérios estabelecidos no artigo 7º do Decreto-Lei n. 1.038 (*), de 21 de outubro de 1969.
- § 3º É facultado à empresa de mineração deduzir, em cada exercício, cota de exaustão superior ou inferior a vinte por cento da receita bruta do exercício, desde que a soma das deduções realizadas até o exercício em causa, não ultrapasse de vinte por cento da receita bruta auferida desde o início da exploração.
- § 4º A dedução poderá ser realizada em exercícios subsequentes ao período inicial de dez anos, observado o mesmo limite global de vinte por cento da receita bruta auferida nos dez primeiros anos de exploração.
- § 5º A dedução da cota de exaustão, nos termos deste artigo, não prejudica o direito à dedução de cotas de amortização e de depreciação, nos termos dos artigos 57 e 58 da Lei n. 4.506(*), de 30 de novembro de 1964.
- § 6º A cota de exaustão, deduzida nos termos deste artigo, constituirá reserva a ser incorporada, até doze meses após a data de sua constituição, ao capital social da empresa de mineração, independentemente do pagamento do imposto de renda, quer pela pessoa jurídica, quer pelos seus titulares, sócios ou acionistas.
- § 7º A isenção tributária prevista no parágrafo anterior aplica-se, também, aos aumentos de capital das pessoas jurídicas mediante a utilização do aumento do valor do ativo decorrente dos aumentos de capital realizados, nos termos do parágrafo anterior, por sociedades das quais sejam elas acionistas ou sócias, bem como as ações novas ou cotas distribuídas em virtude desses aumentos de capital.

Art. 2º Fica assegurado às empresas de mineração, que na data da publicação deste Decreto-Lei, forem detentoras, a qualquer título, de direitos de decreto de lavra, direito equivalente ao definido no artigo 1º e seus parágrafos, pelo prazo de dez anos, a partir do exercício de 1971.

Parágrafo único. O limite global estabelecido no artigo 1º abrange gerã as cotas de exaustão que já tenham sido deduzidas com base no § 4º do artigo 59 da Lei n. 4.506, de 30 de novembro de 1964.

Art. 3º O presente Decreto-Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogados os parágrafos 4º, 5º e 6º do artigo 59 da Lei n. 4.506, de 30 de novembro de 1964, e demais disposições em contrário.

Emílio G. Médici - Presidente da República
Antônio Delfim Netto
Mário David Andreazza
Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Antônio Dias Leite Júnior
João Paulo dos Reis Velloso

(*) V. LEX, Leg. Fed., 1969, pág. 1.693; 1964, pág. 1.241.

DECRETO-LEI N. 1.493 - DE 7 DE DEZEMBRO DE 1976

Altera a legislação do Imposto sobre a Renda, e dá outras providências.

Art. 14. O § 6º do artigo 1º do Decreto-Lei n. 1.096 (*) de 23 de março de 1970, passa a vigorar com a seguinte redação:

"§ 6º A cota de exaustão, que também pode ser excluída do lucro real, constituirá reserva a ser incorporada ao capital social da empresa de mineração, independentemente do pagamento do Imposto sobre a Renda quer pela pessoa jurídica, quer pelos seus titulares, sócios ou acionistas".

Art. 17. Este Decreto-Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

(*) V. LEX, Leg. Fed., 1964, pág. 1.241; 1971, pág. 936; 1973, pág. 270; 1970, pág. 179; 1962, pág. 331; 1975, pág. 660.

5. DECRETO-LEI Nº 1.598/77
DECRETO-LEI Nº 1.730, DE 17 DE DEZEMBRO DE 1979

DECRETO-LEI Nº 1.598/77

Despesas Operacionais

Art. 15. O custo de aquisição de bens do ativo permanente não poderá ser deduzido como despesa operacional, salvo se o bem adquirido tiver valor unitário não superior a Cr\$ 3.000,00 ou prazo de vida útil que não ultrapasse um ano.

§ 1º Poderão ser amortizados os encargos e as despesas, registrados no ativo diferido, que contribuirão para a formação do resultado de mais de um exercício social, tais como:

- a) os juros durante o período de construção e pré-operação;
- b) os juros pagos ou creditados aos acionistas durante o período que anteceder o início das operações sociais, ou de implantação do empreendimento inicial;
- c) os custos, despesas e outros encargos com a reestruturação, reorganização ou modernização da empresa.

§ 2º A quota de exaustão, calculada nos termos do Decreto-Lei n. 1.096 (2), de 23 de março de 1970, na parte em que exceder da quota de exaustão com base no custo de aquisição dos direitos minerais, será creditada à conta especial de reserva de lucros, que somente poderá ser utilizada para absorção de prejuízos ou incorporação ao capital social, observado o disposto nos §§ 3º e 4º do artigo 19.

Tributos

Art. 16. Os tributos são dedutíveis como custo ou despesa operacional no período-base de incidência:

- I - em que ocorrer o fato gerador da obrigação tributária, se o contribuinte apurar os resultados segundo o regime de competência, ou
- II - em que forem pagos, se o contribuinte apurar os resultados segundo o regime de caixa.

§ 1º Na determinação do lucro real, a pessoa jurídica não pode deduzir como custo ou despesa o Imposto sobre a Renda de que for sujeito passivo como contribuinte ou como responsável em substituição ao contribuinte.

§ 2º A dedutibilidade, como custo ou despesa, de rendimentos pagos ou creditados a terceiros abrange o imposto sobre os rendimentos que o contribuinte, como fonte pagadora, tiver o dever legal de reter e recolher, ainda que o contribuinte assumo o ônus do imposto.

§ 3º Os impostos pagos pela pessoa jurídica na aquisição de bens do ativo permanente poderão, a seu critério, ser registrados como custo de aquisição ou deduzidos como despesas operacionais, salvo os pagos na importação de bens, que se acrescentarão ao custo de aquisição.

§ 4º Não são dedutíveis como custos ou despesas operacionais as multas por infrações fiscais, salvo as de natureza compensatória e as impostas por infrações de que não resultem falta ou insuficiência de pagamento de tributo.

Receitas e Despesas Financeiras

Art. 17. Os juros, o desconto, a correção monetária prefixada, o lucro na operação de reporte e o prêmio de resgate de títulos ou debêntures, ganhos pelo contribuinte, serão incluídos no lucro operacional e, quando derivados de operações ou títulos com vencimento posterior ao encerramento do exercício social, poderão ser rateados pelos períodos a que competirem.

Parágrafo único. Os juros pagos ou incorridos pelo contribuinte são dedutíveis como custo ou despesa operacional, observadas as seguintes normas:

- a) os juros pagos antecipadamente, os descontos de títulos de crédito, a correção monetária prefixada e o deságio concedido na colocação de debêntures ou títulos de crédito deverão ser apropriados, "pro rata tempore", nos exercícios sociais a que competirem;
- b) os juros de empréstimos contraídos para financiar a aquisição ou construção de bens do ativo permanente, incorridos durante as fases de construção e pré-operacional, podem ser registrados no ativo diferido, para serem amortizados.

Variações Monetárias

Art. 18. Deverão ser incluídas no lucro operacional as contrapartidas das variações monetárias, em função da taxa de câmbio ou de índices ou coeficientes aplicáveis, por disposição legal ou contratual, dos direitos de crédito do contribuinte, assim como os ganhos cambiais e monetários realizados no pagamento de obrigações.

Parágrafo único. As contrapartidas de variações monetárias de obrigações e as perdas cambiais e monetárias na realização de créditos poderão ser deduzidas para efeito de determinar o lucro operacional.

Lucro da Operação

Art. 19. Considera-se lucro da exploração o lucro líquido do exercício ajustado

tado pela exclusão dos seguintes valores:

- I - a parte das receitas financeiras (artigo 17) que exceder das despesas financeiras (artigo 17, parágrafo único);
- II - os rendimentos e prejuízos das participações societárias; e
- III - os resultados não operacionais.

(*) § 1º Aplicam-se ao lucro da exploração:

- a) as isenções de que tratam os artigos 1º e 2º do Decreto-Lei n. 1.564 (*), de 29 de julho de 1977;
- b) as isenções reguladas pelos artigos 13 da Lei n. 4.239⁽⁴⁾, de 27 de junho de 1963; 34, da Lei n. 5.508⁽⁵⁾, de 11 de outubro de 1968; 23, do Decreto-Lei n. 756⁽⁶⁾, de 11 de agosto de 1969; e 1º, do Decreto-Lei n. 1.328⁽⁷⁾, de 20 de maio de 1974;
- c) a redução da alíquota do imposto de que tratam os artigos 14, da Lei n. 4.239, de 27 de julho de 1963; 35, da Lei n. 5.508, de 11 de outubro de 1969; 22, do Decreto-Lei n. 756, de 11 de agosto de 1969 e artigos 4º a 6º do Decreto-Lei n. 1.439⁽⁸⁾, de 30 de dezembro de 1975.

§ 2º O valor da exclusão do lucro correspondente a exportações incentivadas será determinado mediante a aplicação, sobre o lucro da exploração de que trata este artigo, de porcentagem igual à relação, no mesmo período, entre a receita líquida de vendas nas exportações incentivadas e o total da receita líquida de vendas da pessoa jurídica.

§ 3º O valor do imposto que deixar de ser pago em virtude das isenções de que trata o § 1º não poderá ser distribuído aos sócios e constituirá reserva de capital da pessoa jurídica, que somente poderá ser utilizada para absorção de prejuízos ou aumento do capital social.

§ 4º Consideram-se distribuição do valor do imposto:

- a) a restituição de capital aos sócios, em caso de redução do capital social, até o montante do aumento com incorporação da reserva;
- b) a partilha do acervo líquido da sociedade dissolvida, até o valor do saldo da reserva de capital.

§ 5º A inobservância do disposto nos §§ 3º e 4º importa perda da isenção e obrigação de recolher, com relação à importância distribuída, o imposto que a pessoa jurídica tiver deixado de pagar, sem prejuízo da incidência do imposto sobre o lucro distribuído, como rendimento do beneficiário.

(2) *Leg. Fed.*, 1970, pág. 179; (3) *Leg. Fed.*, 1977, pág. 552; (4) 1963, pág. 678; (5) 1968, págs. 1.174 e 1.457; (6) 1969, pág. 1.179; (7) 1974, pág. 757; (8) 1975, pág. 857; 1976, pág. 60.

(*) Os §§ 1º, 2º e 3º foram revogados pelo Decreto-Lei n. 1730/79.

DECRETO-LEI Nº 1.730, DE 17 DE DEZEMBRO DE 1979

Altera a legislação do imposto sobre a renda das pessoas jurídicas e dá outras providências.

O Presidente da República, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

DECRETA:

Art. 1º São procedidas as seguintes alterações no Decreto-Lei nº 1.598, de 26 de dezembro de 1977:

I - Os parágrafos 1º, 2º e 3º do artigo 1º passam a vigorar com a seguinte redação:

"§ 1º Aplicam-se ao lucro da exploração:

- a) as isenções de que tratam os artigos 13 da Lei nº 4.239, de 27 de junho de 1963; 34 da Lei nº 5.508, de 11 de outubro de 1968; 23 do Decreto-lei nº 756, de 11 de agosto de 1969; 1º do Decreto-lei nº 1.328, de 20 de maio de 1974; e 1º e 2º do Decreto-lei nº 1.564, de 29 de julho de 1977;
- b) a redução da alíquota do imposto de que tratam os artigos 14 da Lei nº 4.239, de 27 de junho de 1963; 35 da Lei nº 5.508, de 11 de outubro de 1968; e 22 do Decreto-lei nº 756, de 11 de agosto de 1969;
- c) a isenção de que trata o artigo 80 do Decreto-lei nº 221, de 28 de fevereiro de 1967;
- d) as isenções de que tratam os artigos 2º e 3º do Decreto-lei nº 1.191, de 27 de outubro de 1971;
- e) a redução da alíquota do imposto de que tratam os artigos 4º a 6º do Decreto-lei nº 1.439, de 30 de dezembro de 1975.

§ 2º O valor da exclusão do lucro correspondente a exportações incentivadas e a exploração de atividades monopolizadas será determinado mediante a aplicação, sobre o lucro da exploração referido neste artigo, de porcentagem igual à relação, no mesmo período, entre a receita líquida de vendas nas exportações incentivadas, ou a receita líquida oriunda das vendas correspondentes às atividades monopolizadas, e o total da receita líquida de vendas da pessoa jurídica.

§ 3º O valor do imposto que deixar de ser pago em virtude das isenções e reduções de que tratam as letras a, b, c e e do § 1º, não poderá ser distribuído aos sócios e constituirá reserva de capital da pessoa jurídica, que somente poderá ser utilizada para absorção de prejuízos ou aumento do capital social."

6. DECRETO-LEI Nº 1.779 - DE 26 DE MARÇO DE 1980

DECRETO-LEI N. 1.779 - DE 26 DE MARÇO DE 1980

Amplia o prazo estabelecido no Decreto-Lei n. 1.096(1), de 23 de março de 1970, que concede incentivos fiscais às empresas de mineração, e dá outras providências.

O Presidente da República, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição, decreta:

- Art. 1º O prazo fixado no "caput" do artigo 1º e seu § 4º e no artigo 2º do Decreto-Lei n. 1.096, de 23 de março de 1970, fica ampliado por mais 10(dez) anos, a partir do exercício de 1980.
- Art. 2º O limite global de dedução abrangerá as cotas de exaustão que já tenham sido deduzidas com base na Lei n. 4.506 (2), de 30 de novembro de 1964, e no Decreto-Lei n. 1.096, de 23 de março de 1970.
- Art. 3º Este Decreto-Lei entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

João Figueiredo - Presidente da República
César Cals Filho

(1) Leg. Fed., 1970, pág. 179.

(2) 1964, pág. 1.241.

7. DECRETO-LEI Nº 1.038 - DE 21 DE OUTUBRO DE 1969
DECRETO-LEI Nº 1.412 - DE 31 DE JULHO DE 1975

DECRETO-LEI N. 1.038 - DE 21 DE OUTUBRO DE 1969

Estabelece normas relativas ao Imposto Único sobre Minerais e dá outras providências.

Os Ministros da Marinha de Guerra, do Exército e da Aeronáutica, usando das atribuições que lhes confere o artigo 39 do Ato Institucional n. 16 (*), de 14 de outubro de 1969, combinado com o § 19 do artigo 29 do Ato Institucional n. 5 (*), de 13 de dezembro de 1968, decretam:

CAPÍTULO I
Do Imposto Único e sua incidência

Art. 19 A extração, a circulação e a exportação das substâncias minerais ou fósseis originárias do País, enumeradas neste Decreto-Lei, ficam sujeitas ao imposto único sobre minerais, cobrado pela União.

Art. 29 A incidência do imposto único exclui a cota de previdência e qualquer outro tributo sobre os produtos minerais brutos, as operações de extração, tratamento, circulação, distribuição ou consumo das substâncias minerais ou fósseis.

§ 19 Para efeito do disposto neste artigo, são consideradas operações de tratamento de substâncias minerais:

I - os processos de beneficiamento realizados por fragmentação, pulverização, classificação, concentração, inclusive por separação magnética e flotação, homogeneização, desaguamento, inclusive secagem, desidratação, filtragem, e levigação;

II - os demais processos de beneficiamento de que não resulte modificação essencial na identidade dos minerais, ainda que exijam adição de outras substâncias;

III - os processos de aglomeração realizados por briquetagem, nodulação, sinterização e pelotização.

§ 29 Os processos citados no parágrafo anterior, passíveis de dúvida na sua conceituação, serão objeto de consulta ao Ministério da Fazenda, ouvido o Ministério das Minas e Energia.

§ 39 O valor dos depósitos ou jazidas minerais não será levado em conta no lançamento de impostos que incidirem sobre a propriedade do terreno onde estejam localizados.

§ 49 O disposto neste artigo não abrange o imposto sobre a renda e as taxas pela utilização de serviços públicos prestados ao contribuinte ou postos à sua disposição.

§ 59 A incidência do imposto único é restrita à fase anterior à industrialização e não exclui a dos impostos sobre a produção e a circulação de produtos industrializados, inclusive serrados, polidos ou lapidados, obtidos de substâncias minerais.

- Art. 39 Não constituem operações tributáveis a extração e a remoção de terra e pedras simplesmente escavadas, transferidas ou compactadas durante a execução de obras de construção e conservação de estradas de rodagem, pistas de aeroportos, túneis, barragens e outras obras semelhantes.

CAPÍTULO II Dos Contribuintes

- Art. 49 São contribuintes do imposto único sobre minerais:

- I - o titular de direitos sobre a substância mineral;
- II - o primeiro comprador, quando o mineral for obtido por fiação, garimpagem, cata ou extraído por trabalhos rudimentares;
- III - As pessoas físicas ou jurídicas que se dedicarem às atividades constantes do artigo 2º deste Decreto-Lei.

- Art. 59 São também responsáveis, com o contribuinte, o beneficiador, o transportador, o adquirente e o consumidor.

CAPÍTULO III Do Fato Gerador e do Valor Tributável

- *Art. 69 Constitui fato gerador do imposto:

- I - a saída de mineral enumerado na lista anexa da área titulada da jazida ou das áreas limítrofes ou vizinhas onde se situem as suas instalações de beneficiamento, previstas nos incisos I e II do § 1º, do artigo 2º, deste Decreto-Lei;
- II - a primeira aquisição ao produtor, quando se tratar de mineral enumerado na lista anexa obtido por fiação, garimpagem, cata ou extraído por trabalhos rudimentares.

Parágrafo único. Quando o mineral for consumido dentro da área titulada da jazida ou destinado a instalações nela situadas, em que se realizem processos de aglomeração ou transformação, considera-se ocorrido o fato gerador antes de realizadas essas operações.

- Art. 79 Constitui valor tributável:

- I - nos casos de minérios de ferro e de manganês, o valor industrial do minério na ocorrência do fato gerador, traduzido, respectivamente, por percentuais do preço médio FOB do ano anterior, fixados pelo Ministério da Fazenda, ouvido o Ministério das Minas e Energia;
- II - no caso do carvão mineral, o preço de venda fixado pelo Governo Federal, deduzido o valor correspondente às cotas do imposto atribuídas à União e aos Estados, na parte referente ao carvão destinado às usinas geradoras de energia elétrica;

III - no caso de substância mineral consumida, transformada, utilizada ou beneficiada pelo próprio titular da jazida, ou remetida a outro estabelecimento da mesma pessoa jurídica ou firma com a qual mantenha relações de interdependência, o seu valor industrial na ocorrência do fato gerador;

IV - nos casos não previstos nos itens precedentes, o preço da operação de que decorrer o fato gerador, incluídas as despesas acessórias debitadas ao comprador ou destinatário, salvo as de transporte e utilização de porto e seguro, efetivamente despendidas ou pagas, nas condições e limites fixados em regulamento, quando escrituradas em separado.

§ 1º Para efeito do inciso III deste artigo, considera-se valor industrial o somatório das despesas diretas e indiretas das operações de lavra e beneficiamento, acrescidas das parcelas de lucro atribuídas às citadas operações.

§ 2º O Ministério da Fazenda poderá permitir o lançamento do tributo "a posteriori" ou por estimativa nas condições em que especificar:

a) quando o valor tributável de qualquer substância mineral só puder ser conhecido após o fato gerador;

b) quando o local e as características da lavra, carregamento ou transporte de substâncias minerais impossibilitarem ou dificultarem a extração de nota fiscal.

§ 3º Quando as jazidas de minérios de ferro ou de manganês apresentarem condições que dificultem a aplicação do disposto no inciso I, poderá o Ministério da Fazenda, ouvido o Ministério das Minas e Energia, adotar o critério constante dos incisos III e IV deste artigo.

Art. 89* Não são tributáveis, enquanto não aproveitadas economicamente, as substâncias minerais estêreis eliminadas como rejeito ou resultantes de desmonte.

Art. 90 Para atender a programas específicos de estímulo à indústria extrativa mineral, ou em casos de interesse nacional, o Ministério da Fazenda, ouvido o Ministério das Minas e Energia, poderá fixar o valor tributável de qualquer substância mineral.

* Alterado pelo artigo 6º, § 1º, do Decreto-Lei 1412/75.

DECRETO-LEI Nº 1.412 - DE 31 DE JULHO DE 1975

Altera o Decreto-Lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, que "estabelece normas relativas ao Imposto Único sobre Minerais" e autoriza remissão de débitos fiscais.

O Presidente da República, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 55, item II, da Constituição,

DECRETA:

Art. 1º Os artigos 6º, 10, 12 e 17 do Decreto-Lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969, passam a vigorar com as seguintes alterações:

I - O artigo 6º fica acrescido do seguinte parágrafo, renumerado o seu parágrafo único para § 2º.

"Art. 6º

§ 1º Na hipótese prevista no artigo 8º o fato gerador ocorrerá no momento em que a substância mineral for consumida ou utilizada economicamente".

II - O artigo 10, alterado pelo Decreto-Lei nº 1.172, de 2 de junho de 1971, fica acrescido dos seguintes parágrafos, renumerado o seu parágrafo único para § 1º.

"Art. 10

§ 2º O Ministro da Fazenda poderá autorizar a saída de substâncias minerais, com suspensão total ou parcial do imposto, até que a venda para o mercado interno ou a exportação se efetive ou seja comprovada nos prazos fixados por essa autoridade.

§ 3º Não atendidos os requisitos a que se refere o parágrafo anterior, a obrigação tributária suspensa será imediatamente exigível do contribuinte originário ou do adquirente, conforme o caso".

III - O artigo 12 passa a ter a seguinte redação:

"Art. 12 São isentas do imposto único:

I - As substâncias minerais extraídas por titular de autorização de pesquisa de concessão de lavra ou manifesto de mina, para análise ou ensaio industrial, declarada a isenção, em cada caso, pelo Ministério da Fazenda, de acordo com parecer conclusivo do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério das Minas e Energia;

II - A extração de substâncias minerais destinadas a emprego efetivo na construção e conservação de estradas de rodagem e de ferro, de aeroportos, túneis, barragens e outras obras semelhantes, ainda que submetidas às operações referidas nos incisos I e II do § do artigo 2º deste Decreto-Lei".

IV - O artigo 17, alterado pela Lei nº 5.874, de 11 de maio de 1973, fica acrescido do seguinte parágrafo:

"Art. 17

§ 6º O Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM baixará instruções quanto às formas de liberação e de aplicação das cotas.

Art. 2º O Ministro da Fazenda poderá conceder remissão dos créditos tributários decorrentes da inobservância dos dispositivos alterados pelo artigo 1º deste Decreto-Lei, vedada qualquer compensação ou restituição.

Art. 3º Este Decreto-lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário, especialmente o artigo 3º do Decreto-lei nº 1.038, de 21 de outubro de 1969.

Brasília, 31 de julho de 1975; 154º da Independência e 87º da República.

ERNESTO GEISEL
Mário Henrique Simonsen
Shigeaki Ueki

8. DECRETO N. 69.885 - DE 31 DE DEZEMBRO DE 1971

DECRETO N. 69.885 - DE 31 DE DEZEMBRO DE 1971

Dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao Ativo das empresas de mineração, e dá outras providências.

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o artigo 81, item III, da Constituição, decreta:

Art. 1º As empresas de mineração registrarão em sua contabilidade os direitos de lavra.

§ 1º O valor original, a eventual reavaliação e a correção monetária dos direitos de lavra constarão discriminadamente do Ativo Imobilizado.

§ 2º A discriminação estabelecida no parágrafo anterior será observada em toda divulgação de balanço.

§ 3º Para os efeitos deste Decreto, consideram-se valor original dos direitos de lavra as importâncias despendidas na obtenção desses direitos, principalmente as consignadas em relatório de pesquisa aprovado pelo Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, ou o seu custo de aquisição.

§ 4º O valor original de que trata o parágrafo anterior, já apropriado ou amortizado nos resultados, total ou parcialmente, figurará respectivamente no Ativo pelo valor simbólico equivalente à unidade monetária ou pelo seu valor residual.

Art. 2º A infração ao disposto neste Decreto sujeitará a empresa infratora à multa no valor máximo estipulado no artigo 64 do Código de Mineração (Decreto-Lei n. 227 (*), de 28 de fevereiro de 1967).

Art. 3º Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

Emílio G. Médici - Presidente da República
Antônio Delfim Netto
Antônio Dias Leite Júnior

9. PARECER NORMATIVO CST 93/76

PORTARIA 264 DE 03 DE JUNHO DE 1980

PORTARIA 420 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

PORTARIA 95 DE 13 DE ABRIL DE 1981

PORTARIA 316 DE 05 DE SETEMBRO DE 1980

PORTARIA 361 DE 05 DE NOVEMBRO DE 1980

PORTARIA 421 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

PORTARIA 422 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

Nos casos do inciso III do artigo 8º utiliza-se como valor tributável o valor industrial (do mineral) como definido no § 2º do mesmo artigo 8º do RIUM (MANUAL).

PARECER NORMATIVO CST 93/76

O valor industrial apurado pela adoção das despesas diretas e indiretas, devidamente registradas na contabilidade, referentes a um período anterior àquele da ocorrência do fato gerador pode ser utilizado como valor tributável previsto no artigo 8º, inciso III, combinado com os §§ 2º e 3º do RIUM, desde que aplicado dentro do mesmo exercício ou de exercício imediatamente posterior.

IUM - VALOR TRIBUTÁVEL FIXADO

CALCÁRIO - (76.0)

PORTARIA 264 DE 03 DE JUNHO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 10 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, e tendo em vista o Aviso nº 168/80 do Sr. Ministro das Minas e Energia,

RESOLVE:

Fixar em Cr\$ 130,00 (cento e trinta cruzeiros) por tonelada, a partir de 01 de julho de 1980, o valor tributável para cálculo do Imposto Único sobre Minerais (IUM) incidente sobre o Calcário (Código 76.0 da lista de Substâncias Minerais a que se refere o artigo 1º do RIUM - Decreto 66.694/70).

CALCÁRIO PARA FABRICAÇÃO DE CIMENTO (76.0)

PORTARIA 420 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 10 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, e tendo em vista o pronunciamento do Ministério das Minas e Energia,

RESOLVE

I - Fixar em Cr\$ 246,00 (Duzentos e quarenta e seis cruzeiros) o valor tributável do calcário adquirido ou consumido para fabricação de cimento, segundo o Código 76.0 da lista de substâncias minerais a que se refere o artigo 19 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais.

II - Determinar que a vigência dos novos valores vigorará a partir de 15 de janeiro de 1981.

CALCÁRIO - (76.6)

PORTARIA Nº 95, DE 13 DE ABRIL DE 1981

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 10 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, e tendo em vista o Aviso nº 774/80 do Sr. Ministro das Minas e Energia,

RESOLVE:

Restabelecer para o calcário não abrangido pela Portaria MF nº 420, de 30 de dezembro de 1980, as regras de cálculo previstas nos incisos III e IV do artigo 8º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66.694/70 (RIUM), ficando, em consequência, revogada a Portaria nº 264, de 03 de junho de 1980.

- ERNANE GALVEAS -

PORTARIA Nº 316 DE 5 DE SETEMBRO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 10 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, aprovado pelo Decreto nº 66.694/70, e tendo em vista o pronunciamento do Ministério das Minas e Energia, na forma determinada no referido dispositivo,

RESOLVE:

1. Fixar em Cr\$ 1.200,00 (hum e duzentos cruzeiros) por tonelada o valor tributável do Sal Marinho (Código 123.0 da Lista de Substâncias Minerais a que se refere o RIUM -Decreto 66.694/70).

2. Permitir que sejam deduzidas do valor tributável de que trata o item anterior, as despesas de transporte e seguro, nos seguintes limites:

Região A - (Estado do Rio de Janeiro) - Até Cr\$ 200,00 (Duzentos cruzeiros) por tonelada;

Região B - (Estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia) - Até Cr\$ 400,00 (Quatrocentos cruzeiros) por tonelada;

Região C - (Demais unidades da Federação) - Até Cr\$. 500,00 (Quinhentos cruzeiros) por tonelada.

3. Estabelecer que as deduções permitidas no item anterior não se aplicam ao Sal Marinho destinado às indústrias de transformação.

4. Determinar que a vigência deste ato se dê a partir de 15 de setembro de 1980.

ERNANE GALVÊAS
Ministro da Fazenda

PIROCLORO (4.1)

PORTARIA 361 DE 5 DE NOVEMBRO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso da atribuição que lhe confere o artigo 10 do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, e tendo em vista o Aviso nº 615 do Sr. Ministro das Minas e Energia,

RESOLVE

Fixar em Cr\$ 222,00 (Duzentos e vinte e dois cruzeiros), por unidade de Nb_2O_5 contido numa tonelada de minério, a partir de 01 de dezembro de 1980, o valor tributável para cálculo do Imposto Único sobre Minerais (IUM) incidente sobre o Pirocloro (Código 4.1 da Lista de Substâncias Minerais a que se refere o artigo 1º do RIUM - Decreto nº 66.694/70).

PORTARIA Nº 421 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO da Fazenda, no uso da atribuição que lhe confere o art. 89, inciso I, do Regulamento do Imposto Único sobre Minerais, aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970, e tendo em vista o pronunciamento do Ministério das Minas e Energia,

RESOLVE:

I - Fixar em Cr\$ 1.078,00 (hum mil e setenta e oito cruzeiros) e Cr\$ 3.298,00 (três mil, duzentos e noventa e oito cruzeiros), os preços médios FOB, por tonelada, dos minérios de ferro e de manganês, respectivamente.

1.1 - Para o minério extraído em Mato Grosso do Sul, os preços médios FOB, por tonelada, são fixados em Cr\$ 938,46 (novecentos e trinta e oito cruzeiros e quarenta e seis centavos) para o ferro, e Cr\$ 2.690,14 (dois mil, seiscentos e noventa cruzeiros e quatorze centavos) para o manganês.

II - Estabelecer os seguintes percentuais a serem aplicados aos valores a que se referem o item e subitem anteriores, na determinação do valor tributável para cálculo do Imposto Único sobre Minerais (IUM):

- a) minério de ferro 60%
- b) minério de manganês 80%

III - Determinar que a vigência dos novos valores se dê a partir de 15 de janeiro de 1981.

ERNANE GALVÊAS
Ministro da Fazenda

PORTARIA Nº 422 DE 30 DE DEZEMBRO DE 1980

O MINISTRO DE ESTADO DA FAZENDA, no uso de suas atribuições, tendo em vista o pronunciamento do Ministério das Minas e Energia, na forma determinada pelo artigo 10º do Regulamento aprovado pelo Decreto nº 66.694, de 11 de junho de 1970 (RIUM),

RESOLVE:

Fixar em Cr\$ 2,00 (dois cruzeiros) por litro, a partir de 15 de janeiro de 1981, o valor tributável para cálculo do Imposto Único sobre Minerais (IUM), incidente sobre a Água Mineral e a Água Potável de Mesa (Código Geral 113,0 da lista de Substâncias Minerais a que se refere o Artigo 1º do RIUM - Decreto nº 66.694/70).

ERNANE GALVÊAS
Ministro da Fazenda

10. PROCESSO Nº 0915-04.048/79
PARECER CST/SIPR nº 1.185

PROCESSO Nº 0915-04.048/79
PARECER CST/SIPR nº 1.185

30 ABR 1980

5. Contudo, a empresa tem obrigação de manter em sua contabilidade, sob intitulação própria, subcontas referentes a cada jazida ou mina. Também deve manter controles individualizados, contábeis ou não, da exaustão mineral com base no custo de aquisição (exaustão normal ou real).

11. PROCESSO Nº 0915-04.048/79
PARECER CST/SIPR nº 1.185

PROCESSO Nº 0915-04.048/79
PARECER CST/SIPR nº 1.185

30 ABR 1980

9. Tendo em vista que o valor do incentivo (decorrente do valor corrigido da quota de exaustão - art. 50, item II e parágrafo único, letra b, do Decreto-lei nº 1598/77 - depois de deduzido o valor em QRTN das quotas referentes aos bens baixados - artigo 49, item II, do mesmo diploma legal) deve ser registrado na contabilidade a crédito da conta especial de reserva de lucros (§ 2º do art. 15, do Decreto nº 1598/77), evidentemente que o será como apropriação dos lucros contáveis. Assim, a exclusão não poderá ter um valor maior que o do lucro líquido do exercício.

10. Não há possibilidade de exclusão do lucro real, por maior que seja este, porque importaria em acrescentar mais uma parcela redutora do lucro líquido, após ter sido objeto de adições e exclusões. Além disso, só existe exclusão do lucro líquido do exercício e não do lucro real.

11. Se várias forem as jazidas ou minas, que tenham contribuído com parcelas maiores ou menores na receita bruta, o valor do incentivo corresponderá a 20% da soma dessas receitas, menos a soma das quotas de exaustão real contabilizadas.

12. ARRENDAMENTO DE DIREITOS DE DECRETO DE LAVRA...

ARRENDAMENTO DE DIREITOS DE DECRETO DE LAVRA ...

2.3 Ainda sobre arrendamento, cabe citar aqui outro exemplo, embora tratando-se de área tributária diversa (Imposto de Renda), mas que, sujeita às mesmas normas do Direito Tributário Brasileiro, servirá para ilustrar nosso raciocínio. Contrariando até mesmo Parecer Normativo da CST (Nº 44/77), a 3a. Câmara do 1º Conselho de Contribuintes, pelo Acórdão nº 103.02.516, de 16.02.79, definiu que empresa arrendatária é detentora de direitos de decreto de lavra. Eis a sua ementa:

**"EXAUSTÃO DE RECURSOS MINERAIS.
DEDUÇÃO DO LUCRO REAL COMO INCENTIVO FISCAL.**

Tem direito de deduzir do lucro real a quota de exaustão de recursos minerais, na forma do estabelecido no artigo 1º do Decreto-lei nº 1.096, de 23.03.70, a empresa de mineração que, em 24.03.70, era detentora, a título de arrendamento, de direitos de decreto de lavra.

A expressão detentora constante do artigo 2º do Decreto-lei nº 1.096 de 1970, abrange não só o titular do direito, mas também aquele que mantém a posse dele, sem ser seu proprietário. A restrição que dele se extrai diz respeito ao regime de aproveitamento das substâncias minerais".