FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 01 A - GEOLOGIA

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

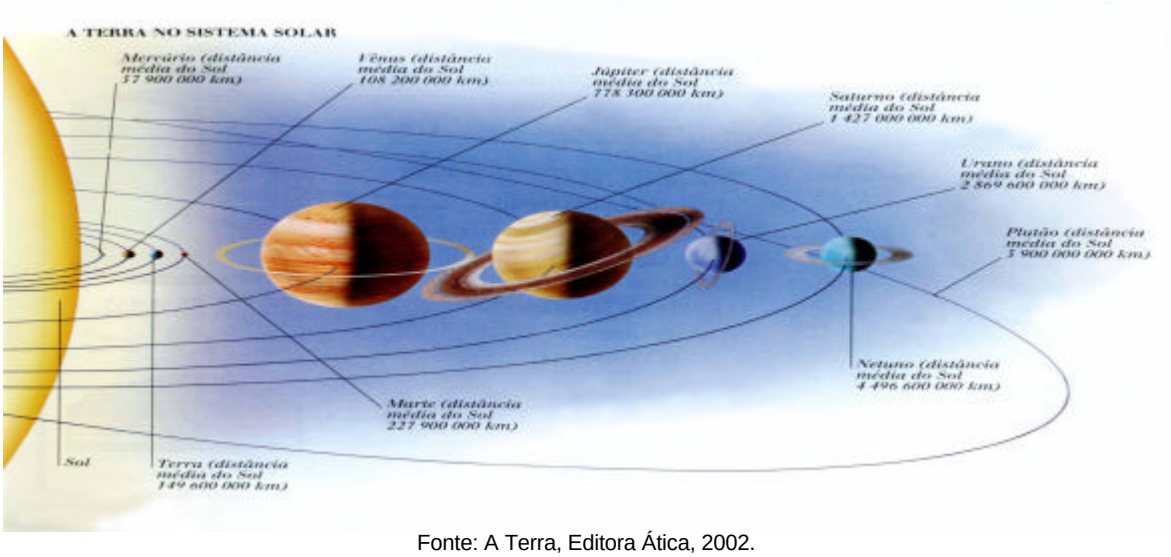
ASSUNTO	PÁGINA
1. PLANETA TERRA.	3
2. MINERAIS.	10
3. ROCHAS.	15
4. FÓSSEIS.	20
5. RECURSOS MINERAIS.	20
6. INTEMPERISMO E EROSÃO.	22
7. RIOS, LAGOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.	24
8. COSTAS, OCEANOS E MARES.	27
9. ATMOSFERA.	29
BIBLIOGRAFIA	32

ANEXOS

I. GLOSSÁRIO GEOLÓGICO BÁSICO.

1. PLANETA TERRA.

A Terra é um dos nove planetas que giram em torno do Sol, que, por sua vez, é somente uma dentre os aproximadamente 100 bilhões de estrelas da nossa galáxia – a Via Láctea.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

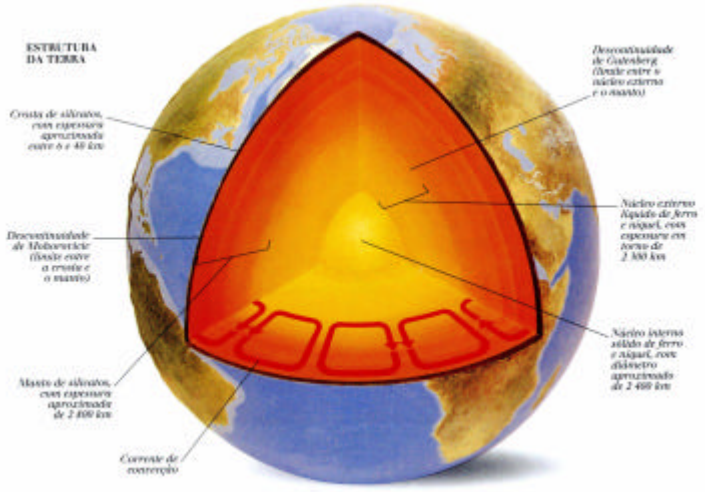
A Terra é o único planeta em que se conhece a existência de vida. Isto é possível porque a Terra está à distância certa do Sol. Se estivesse mais perto, seria muito quente para a vida, e, se estivesse mais longe, o frio seria insuportável.

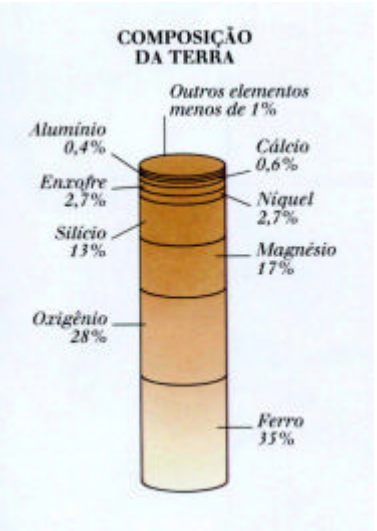
Além disso, a Terra é o único planeta em que existe água em grande quantidade. Sua atmosfera filtra parte das radiações solares prejudiciais, e também protege o planeta contra os impactos dos meteoritos.

A Terra é formada por quatro camadas principais: o núcleo interno, o núcleo externo, o manto e a crosta.

No centro do planeta, está o núcleo interno sólido, com temperatura em torno de 4.000º C. O calor do núcleo interno faz com que o material do núcleo externo líquido e do manto plástico circule em correntes de convecção.

Acredita-se que estas correntes de convecção dão origem ao campo magnético da Terra, que se estende no espaço formando a magnetosfera.



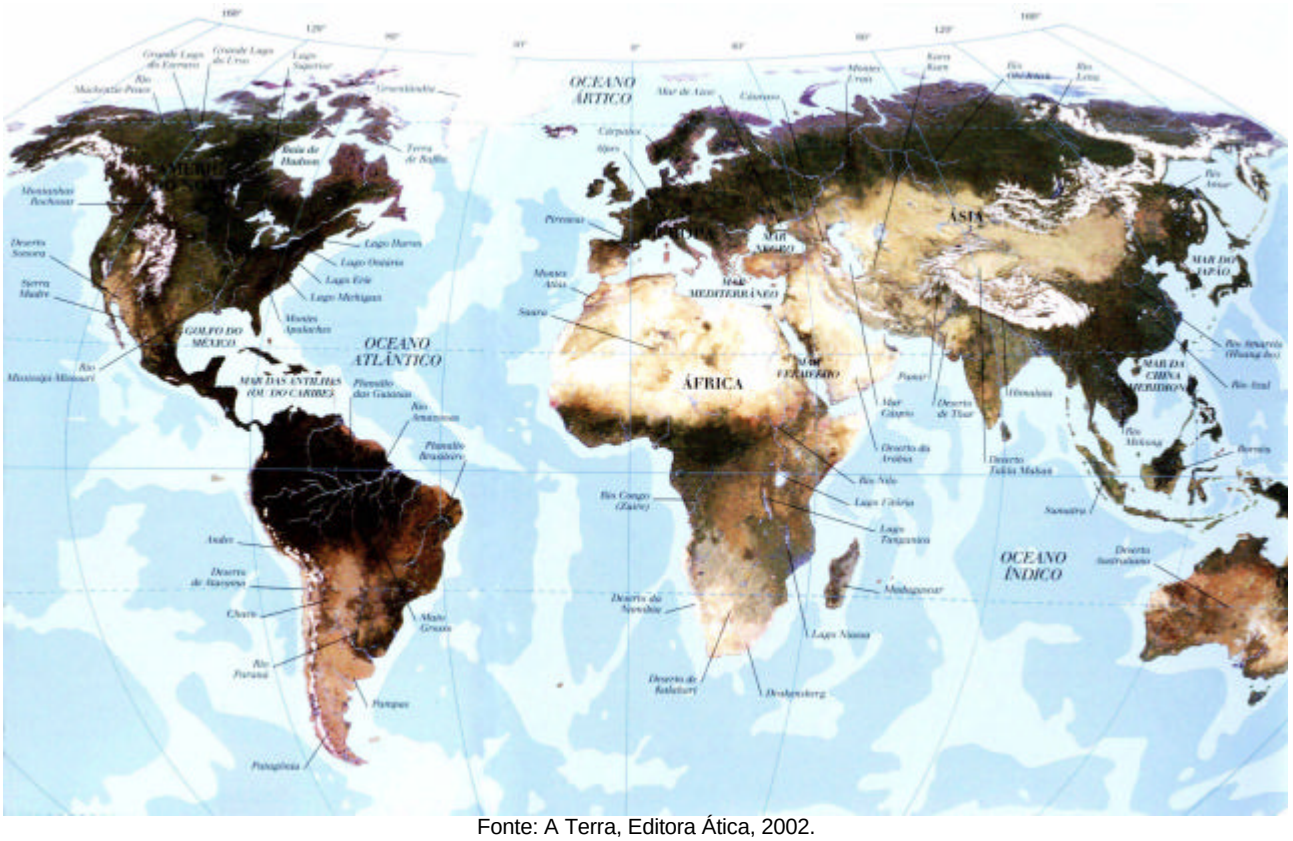


Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

1.1. ASPECTOS FÍSICOS DA TERRA.

A maior parte da superfície da Terra (aproximadamente 70%) está coberta de água. O oceano Pacífico sozinho ocupa 30% desse total.

A parte sólida está distribuída em sete continentes, que são (do maior para o menor): Ásia, África, América do Norte, América do Sul, Antártida, Europa e Oceania.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As feições da superfície sólida são extremamente variadas. Entre as mais notáveis estão as cadeias montanhosas, os rios e os desertos.

As maiores cadeias montanhosas – Himalaia na Ásia e Andes na América do Sul – estendem-se por milhares de quilômetros. A cadeia do Himalaia inclui a montanha mais alta do mundo, o monte Everest (8.848 m).

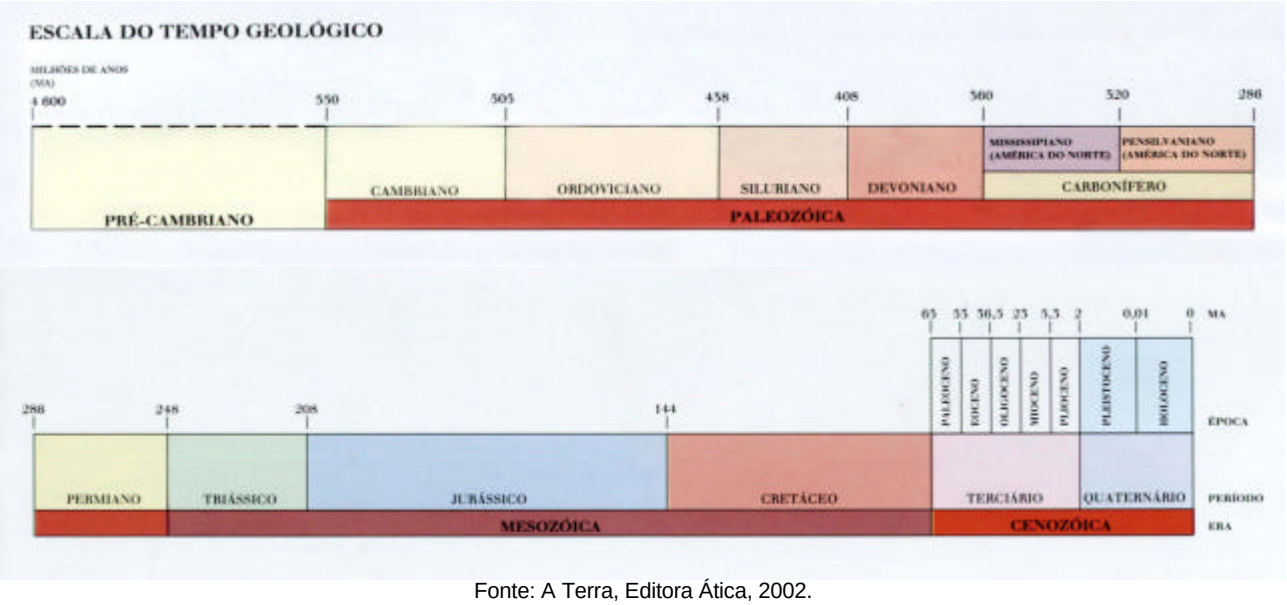
Os rios mais longos são o Nilo, na África (6.695 km), e o Amazonas na América do Sul (6.437 km).

Os desertos ocupam em torno de 20% da extensão total das terras emersas. O maior é o Saara, que cobre cerca de um terço da África. As feições da superfície podem ser representadas de várias maneiras.

1.2. TEMPO GEOLÓGICO.

A Terra formou-se por volta de 4.600 milhões de anos atrás, a partir de uma nuvem de poeira e gases à deriva no espaço.

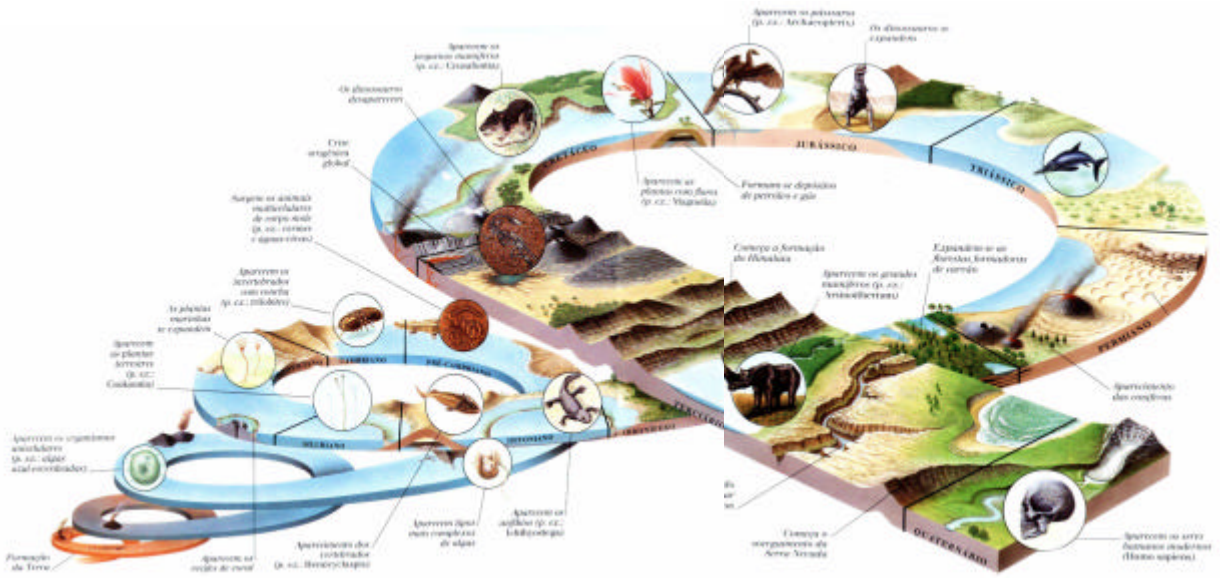
Os minerais densos afundaram e se concentraram no centro, e os mais leves formaram uma fina crosta rochosa.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Contudo, as primeiras formas de vida conhecidas – bactérias e algas azul-esverdeadas – não aparecem até aproximadamente 3.500 milhões de anos atrás, e foi só há 570 milhões de anos que as plantas e animais complexos começaram a desenvolver-se.

Desde então, milhares de espécies de plantas e animais evoluíram; algumas prosperaram e outras, como os dinossauros, desapareceram.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Tal como as espécies que a habitam, a Terra está continuamente mudando.

Os continentes aproximaram-se de suas localizações atuais há mais ou menos 50 milhões de anos, mas continuam flutuando lentamente sobre a superfície do planeta, e cadeias montanhosas como o Himalaia – que começou a formar-se há 40 milhões de anos – estão sendo construídas e destruídas continuamente.

Também o clima está sujeito a mudanças: a Terra passou por uma série de idades do gelo e por períodos glaciais (o mais recente ocorreu há aproximadamente 20 mil anos) intercalados com períodos mais quentes.

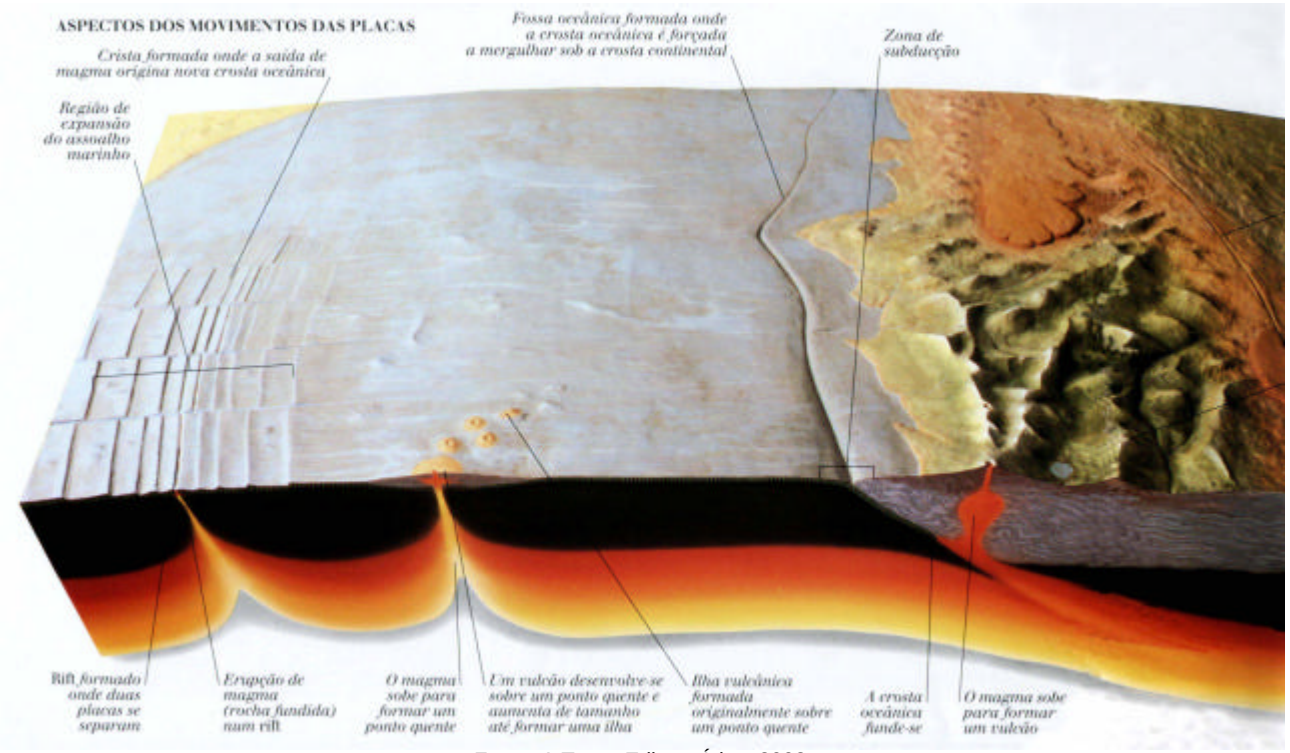
1.3. A CROSTA TERRESTRE.

A crosta terrestre é a camada sólida externa da Terra. Inclui a crosta continental (mais ou menos 40 km de espessura) e a crosta oceânica (aproximadamente 6 km de espessura).

A crosta e a camada superior do manto formam a litosfera. A litosfera é constituída por placas semi-rígidas que derivam umas em relação às outras sobre a astenosfera subjacente (uma camada parcialmente fundida do manto).

Este processo é conhecido como tectônica de placas. Quando duas placas se separam, formam-se *rifts* (fendas) na crosta. No meio dos oceanos, esse movimento resulta na expansão dos fundos oceânicos e na formação das cadeias oceânicas; nos continentes, a expansão da crosta pode formar *rift valleys* (vales de afundamento).

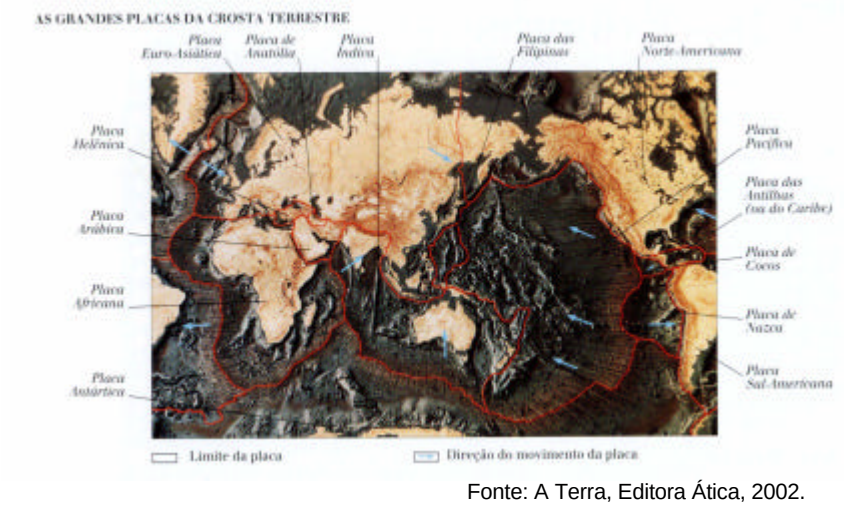
Quando as placas se movem uma em direção à outra, pode ocorrer subducção: uma das placas é forçada a mergulhar sob a outra. No meio dos oceanos, esse processo dá origem às fossas oceânicas, atividade sísmica e arcos de ilhas vulcânicas. As montanhas podem formar-se onde há subducção da crosta oceânica sob a crosta continental, ou onde os continentes colidem.

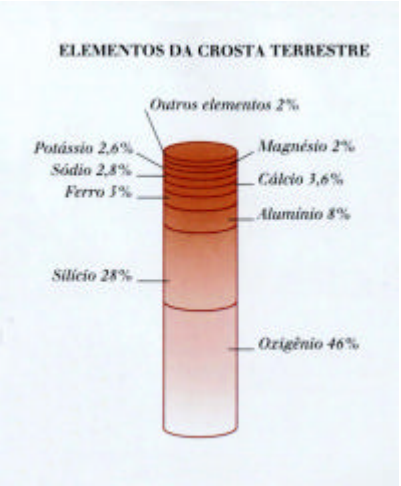


Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As placas podem também deslizar uma ao longo da outra – como ao longo da falha de Santo André, por exemplo.

A tectônica de placas ajuda a explicar a deriva continental, teoria segundo a qual os continentes reuniram-se há 175 milhões de anos para formar uma única massa continental chamada Pangéia, que posteriormente se fragmentou.





Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

1.4. FALHAS E DOBRAS.

O movimento contínuo das placas da crosta terrestre pode comprimir, esticar ou quebrar os estratos rochosos, deformando-os e produzindo falhas e dobras.

Uma falha é uma fratura numa rocha, ao longo da qual ocorre deslocamento de um lado em relação ao outro. O movimento pode ser vertical, horizontal ou oblíquo (vertical e horizontal).

As falhas ocorrem quando as rochas são submetidas à compressão ou tração. Em geral, elas ocorrem em rochas duras e rígidas, que tendem a quebrar-se e não a dobrar-se. As menores falhas ocorrem em cristais minerais individuais e são de tamanho microscópico, enquanto a maior delas – o Great Rift Valley (a Grande Fossa), na África – tem mais de 9 mil km de comprimento.

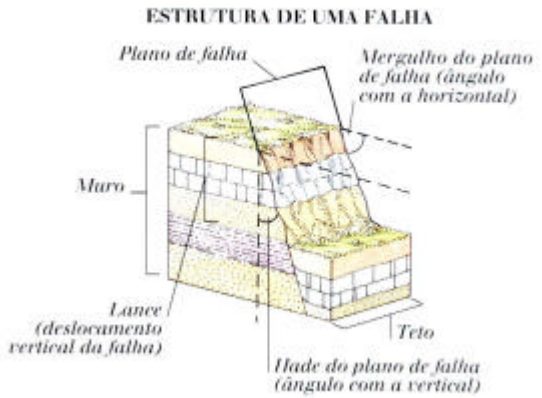
O movimento ao longo das falhas geralmente causa terremotos.

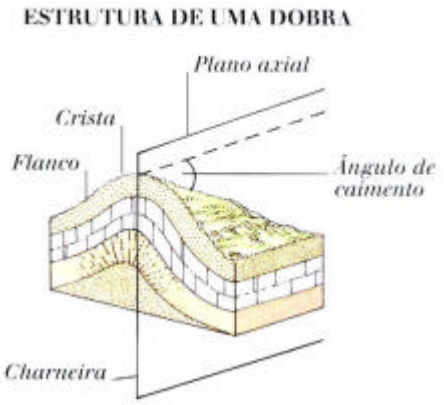
Uma dobra é a curvatura de uma camada rochosa causada por compressão. As dobras ocorrem nas rochas elásticas, que tendem a dobrar-se mais do que a quebrar-se.

Os dois tipos principais de dobras são as anticlinais (os flancos convergem para cima) e as sinclinais (os flancos convergem para baixo).

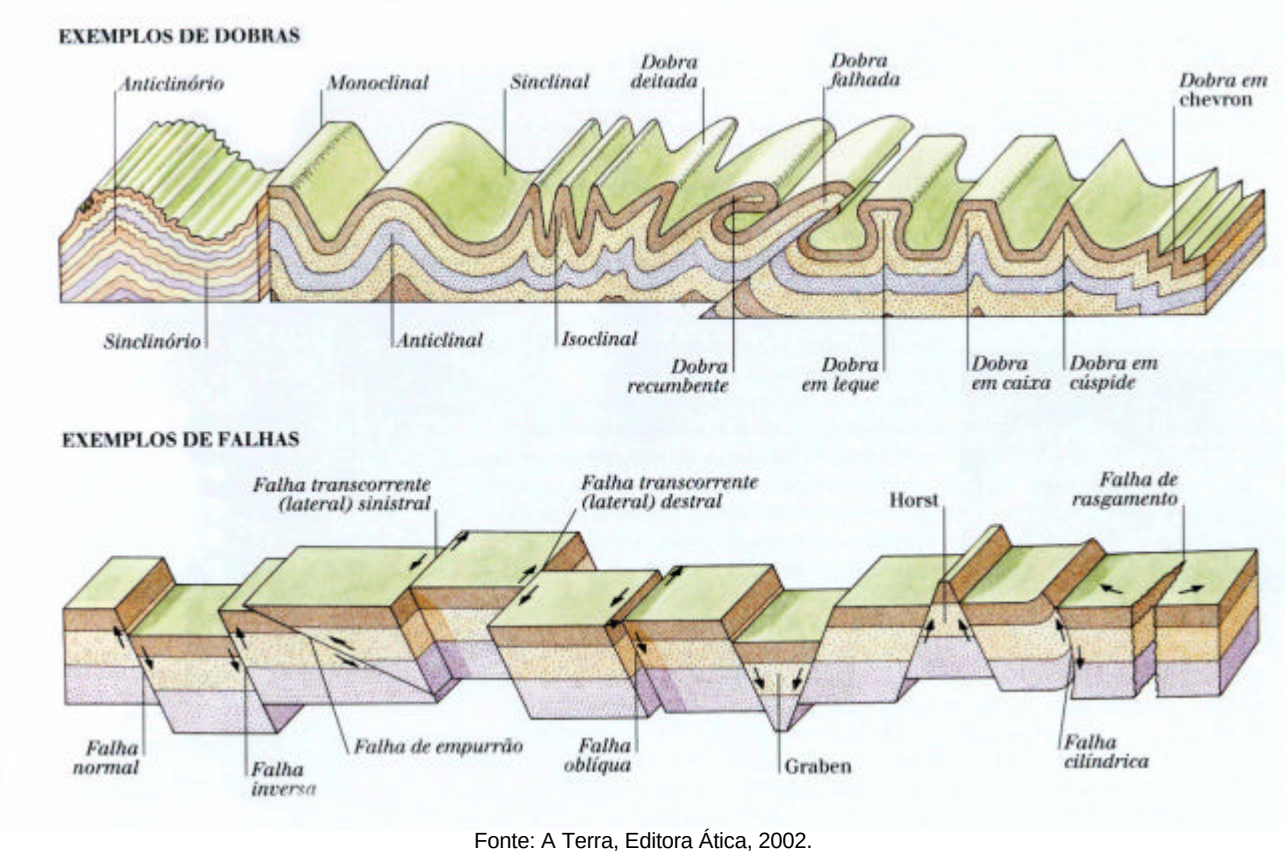
As dobras variam em tamanho, de uns poucos milímetros de comprimento às cadeias montanhosas dobradas com centenas de quilômetros de extensão.

Além de falhas e dobras, outros aspectos associados com deformações das rochas são os *boudins*, os *mullions* e fraturas escalonadas (*en échelon*).





Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

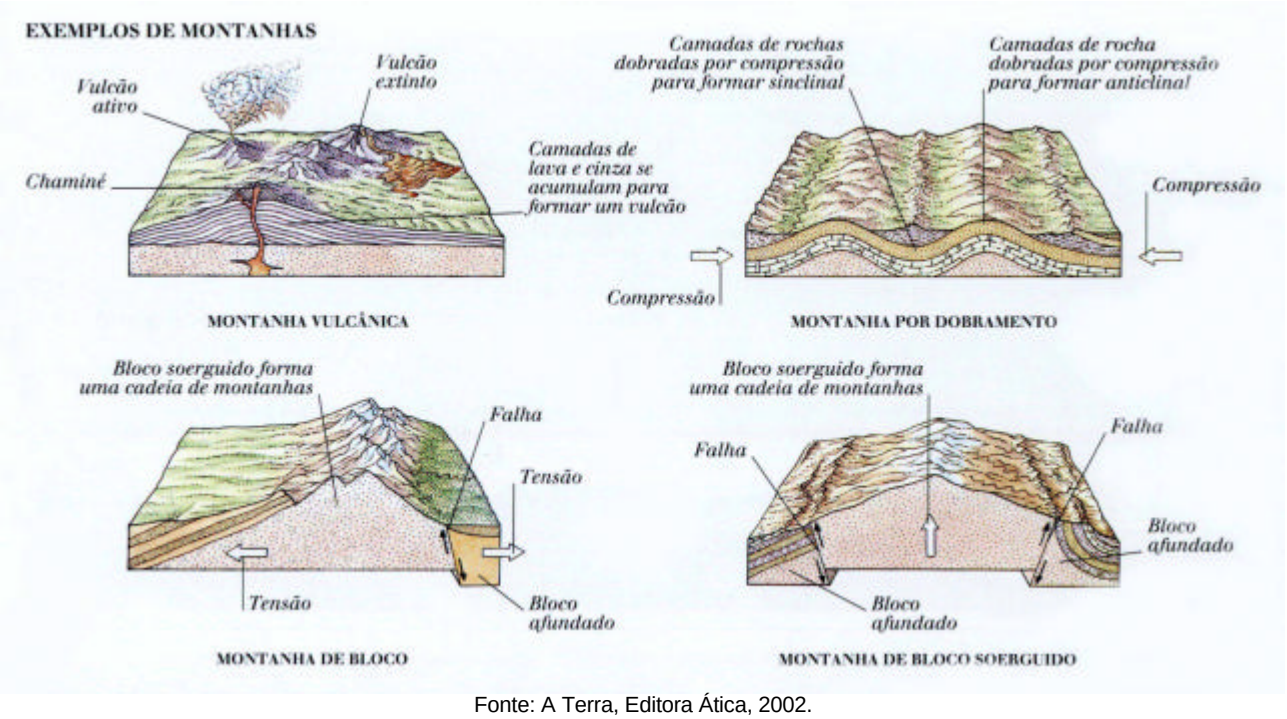


Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

1.5. ORIGEM DAS MONTANHAS.

Os processos envolvidos na formação das montanhas – a orogênese – ocorrem como resultado do movimento das placas crustais.

Há três tipos de montanhas: as de origem vulcânica, as montanhas de dobramento e as montanhas por falhamento ou de blocos.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

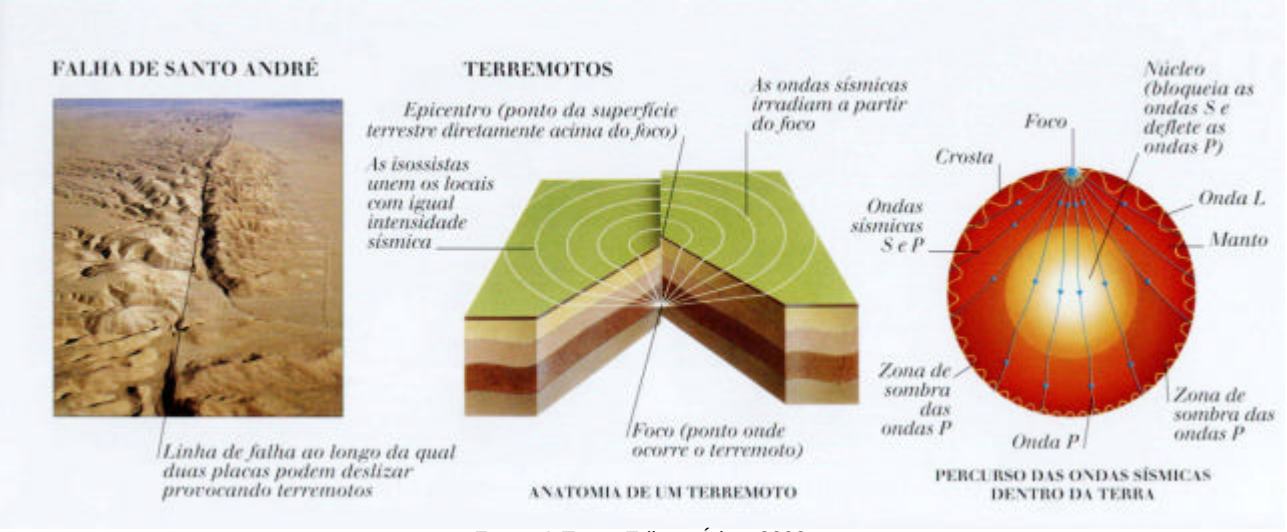
A maioria das montanhas vulcânicas forma-se ao longo dos limites das placas, onde estas se aproximam ou se separam, e a lava e os detritos são ejetados em direção à superfície terrestre. A acumulação de lava e material piroclástico pode formar uma montanha em torno da chaminé de um vulcão.

As montanhas por dobramento se formam onde as placas se encontram e provocam o dobramento e soerguimento das rochas. Onde a crosta oceânica se encontra com a crosta continental menos densa, a crosta oceânica é empurrada sob a crosta continental. A crosta continental é então dobrada pelo impacto e se formam montanhas de dobramento, como os Apalaches na América do Norte.

As cadeias dobradas formam-se também quando encontram-se duas áreas de crosta continental. O Himalaia, por exemplo, começou a formar-se quando a Índia colidiu com a Ásia, dobrando os sedimentos e parte da crosta oceânica entre duas placas.

As montanhas por falhamento de blocos formam-se quando um bloco de rocha é soerguido entre duas falhas como resultado de compreensão ou tração na crosta terrestre.

Com freqüência, o movimento ao longo das falhas ocorre gradualmente durante milhões de anos. Contudo, duas placas podem deslizar bruscamente ao longo de uma linha de falha (a falha de Santo André, por exemplo), provocando terremotos.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

1.6. VULCÕES.

Os vulcões são crateras ou fissuras na crosta terrestre através das quais o magma (rocha fundida que se origina em profundidade, abaixo da crosta) sobe até a superfície em forma de lava.

Localizam-se geralmente ao longo dos limites das placas crustais; a maioria faz parte de um cinturão chamado “círculo de fogo”, que se estende ao longo das costas, principalmente do Oceano Pacífico.

Os vulcões podem ser classificados de acordo com a freqüência e violência de suas erupções.

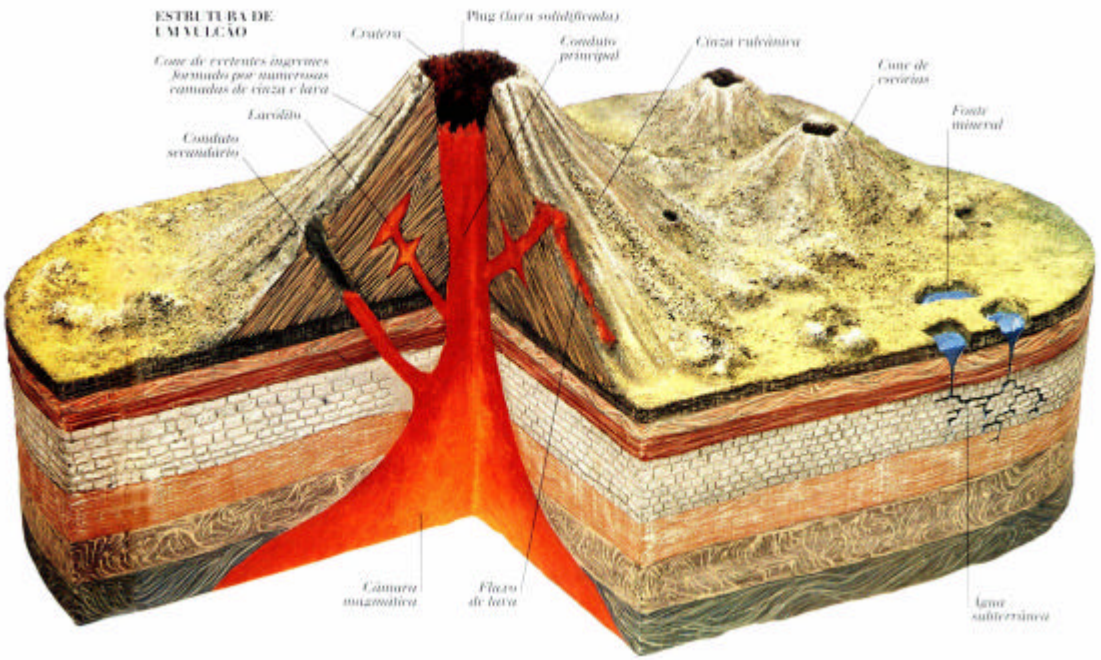
As erupções não explosivas geralmente ocorrem onde as placas crustais se separam. Estas erupções produzem lava basáltica móvel, que se espalha rapidamente por longas distâncias e forma cones relativamente achatados.

Desde então, milhares de espécies de plantas e animais evoluíram; algumas prosperaram e outras, como os dinossauros, desapareceram.

As erupções mais violentas acontecem onde as placas colidem. Essas erupções expelem lava riolítica viscosa e explosões repentinas de gases, cinzas e piroclastos (fragmentos de lava sodificada). A lava é pouco móvel, percorre distâncias curtas e dá origem a cones de vertentes íngremes.

Alguns vulcões apresentam erupções de lava e cinza, que formam os cones compósitos.

Os vulcões com erupções freqüentes são descritos como ativos; os vulcões dormentes são os que raramente entram em erupção, e os que aparentemente cessaram as erupções são considerados extintos.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Além dos vulcões, outros aspectos associados às zonas vulcânicas são os gêiseres, fontes minerais quentes, solfataras, fumarolas e poças de lama borbulhante.

2. MINERAIS.

Minerais são elementos ou compostos químicos com composição definida, cristalizados e formados naturalmente por meio de processos geológicos inorgânicos, na Terra ou em corpos extraterrestres.

A composição química e as propriedades cristalográficas bem definidas do mineral fazem com que ele seja único dentro do reino mineral e, assim, receba um nome característico.

Cada tipo de mineral, tal como o quartzo (SiO_2), constitui uma espécie mineral. Sempre que a sua cristalização se der em condições geológicas ideais, a sua organização atômica interna se manifestará em uma forma geométrica externa, com o aparecimento de faces, arestas e vértices naturais. Nesta situação, a amostra do mineral será chamada também de cristal.

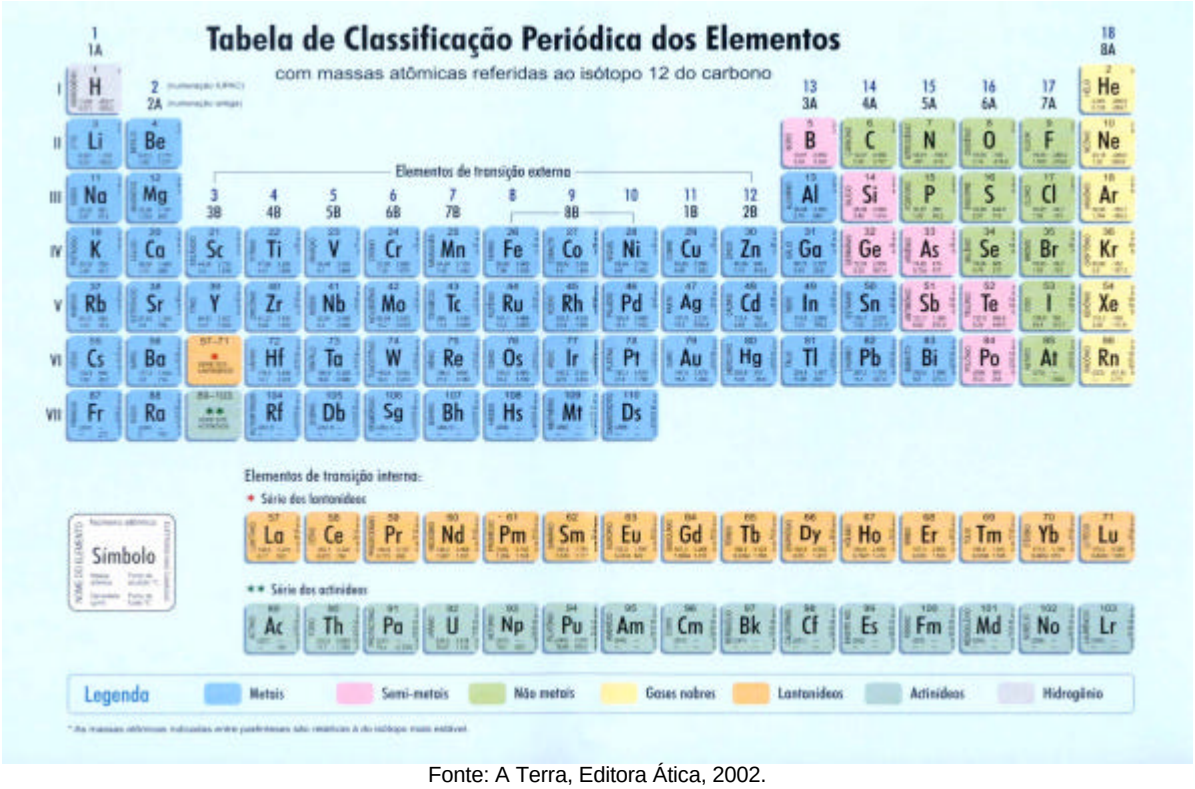
Em síntese, mineral é uma substância natural inorgânica com composição química característica e propriedades físicas específicas.

O termo rocha é usado para descrever uma associação de minerais que, por diferentes motivos geológicos, acabam ficando intimamente unidos.

Embora coesa e, muitas vezes, dura, a rocha não é homogênea. Ela não tem a continuidade física de um mineral e, portanto, pode ser subdividida em todos os seus minerais constituintes.

Já o termo minério é utilizado apenas quando o mineral ou a rocha apresentar uma importância econômica.

Os minerais são formados por elementos (substâncias que não podem ser divididas quimicamente em substâncias mais simples) representados por símbolos químicos.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Os minerais podem ser divididos em dois grupos principais: elementos nativos e elementos compostos.

Os elementos nativos são formados por um elemento puro. Os exemplos incluem ouro (símbolo químico Au), prata (Ag), cobre (Cu) e carbono (C); o carbono ocorre como elemento nativo em duas formas, diamante e grafita.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Os compostos são combinações de dois ou mais elementos, sendo divididos em onze subgrupos característicos: sulfetos, sulfossais, óxidos, halóides, carbonatos, nitratos, boratos, sulfatos/cromatos, fosfatos/arseniatos/vanadatos, tungstatos/molibdatos e silicatos.

Por exemplo, os sulfetos são compostos de enxofre (S) e um ou mais elementos, tais como chumbo (Pb) no mineral galena, antimônio (Sb) no mineral estibinita, ou ferro (Fe) no mineral pirita.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Seguem abaixo alguns outros exemplos de elementos compostos:

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MINERAIS.

Os minerais também podem ser identificados por suas propriedades físicas, tais como fratura, clivagem, estrutura cristalina, hábito, dureza, cor e traço.

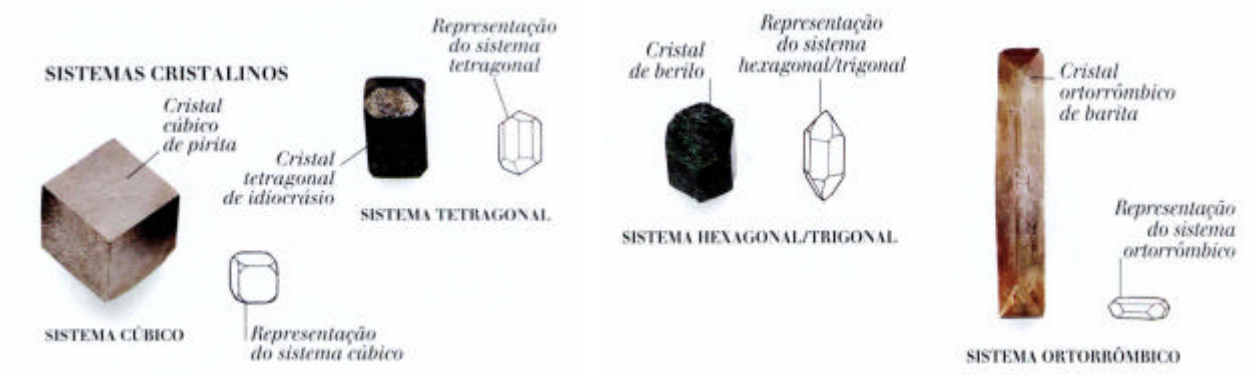
Os minerais podem quebrar-se de diferentes maneiras. Se o mineral quebra de forma irregular, deixando superfícies ásperas, possui fratura.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Se a quebra acompanha planos de fraqueza bem definidos, possui clivagem. Certos minerais apresentam padrões diferenciados de clivagem; a mica (moscovita), por exemplo, se divide ao longo de um plano.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A maioria dos minerais forma cristais, que podem ser classificados em sistemas cristalinos segundo sua simetria e número de faces. Em cada sistema é possível encontrar várias formas diferentes, mas relacionadas; por exemplo, um cristal cúbico pode ter seis, oito ou doze lados.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

O hábito de um mineral é a forma típica com que geralmente se apresenta uma agregação de seus cristais. Exemplos de hábitos incluem o prismático, o filiforme, o tabular e o fibroso, entre outros.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A dureza relativa de um mineral pode ser avaliada testando sua resistência ao risco. Esta propriedade é medida geralmente usando a escala de Mohs, escala numérica arbitrária com valores de 1 (talco) até 10 (diamante).

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A cor de um mineral não é uma propriedade confiável para sua identificação, já que alguns minerais apresentam variações de cor. O traço, cor que o mineral deixa quando uma louça ou porcelana é riscada, é um indicador mais seguro.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

3. ROCHAS.

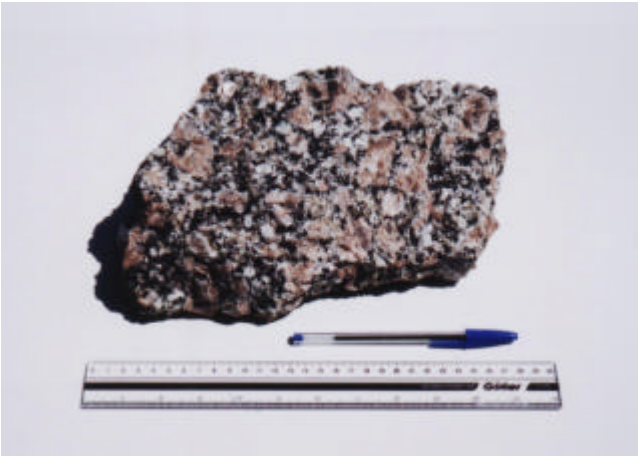
Por definição, as rochas são produtos consolidados, resultantes da união natural de minerais.

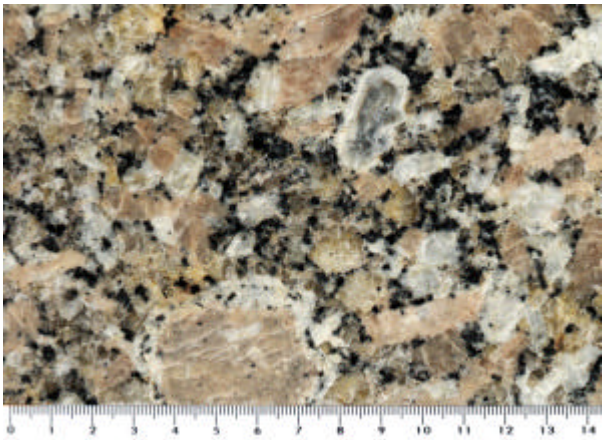
Diferente dos sedimentos, por exemplo areia de praia (um conjunto de minerais soltos), as rochas tem os seus cristais ou grãos constituintes muito bem unidos.

Dependendo do processo de formação, a força de ligação dos grãos constituintes varia, resultando em rochas “duras” e rochas “brandas”.

Chama-se estrutura da rocha o seu aspecto geral externo, que pode ser maciço, com cavidades, orientado ou não, etc...

A textura se revela por meio da observação mais detalhada do tamanho, forma e relacionamento entre os cristais ou grãos constituintes da rocha.





Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 2004.

Outra informação importante é a determinação dos seus minerais constituintes.

Na agregação mineralógica constituinte das rochas, reconhecemos os minerais essenciais e os minerais acessórios.

Os essenciais estão sempre presentes, sendo os mais abundantes numa determinada rocha, e as suas proporções determinam o nome dado à mesma.

Os acessórios podem ou não estar presentes, sem que isto modifique a classificação da rocha em questão.

Quando os minerais agregados pertencem à mesma espécie mineralógica, a rocha será considerada monomineralica (arenito, quartzito, etc...)

Quando forem de espécies diferentes, ela será pluriminerálica (granito, gnaisse, etc...).

3.1. CICLO DAS ROCHAS.

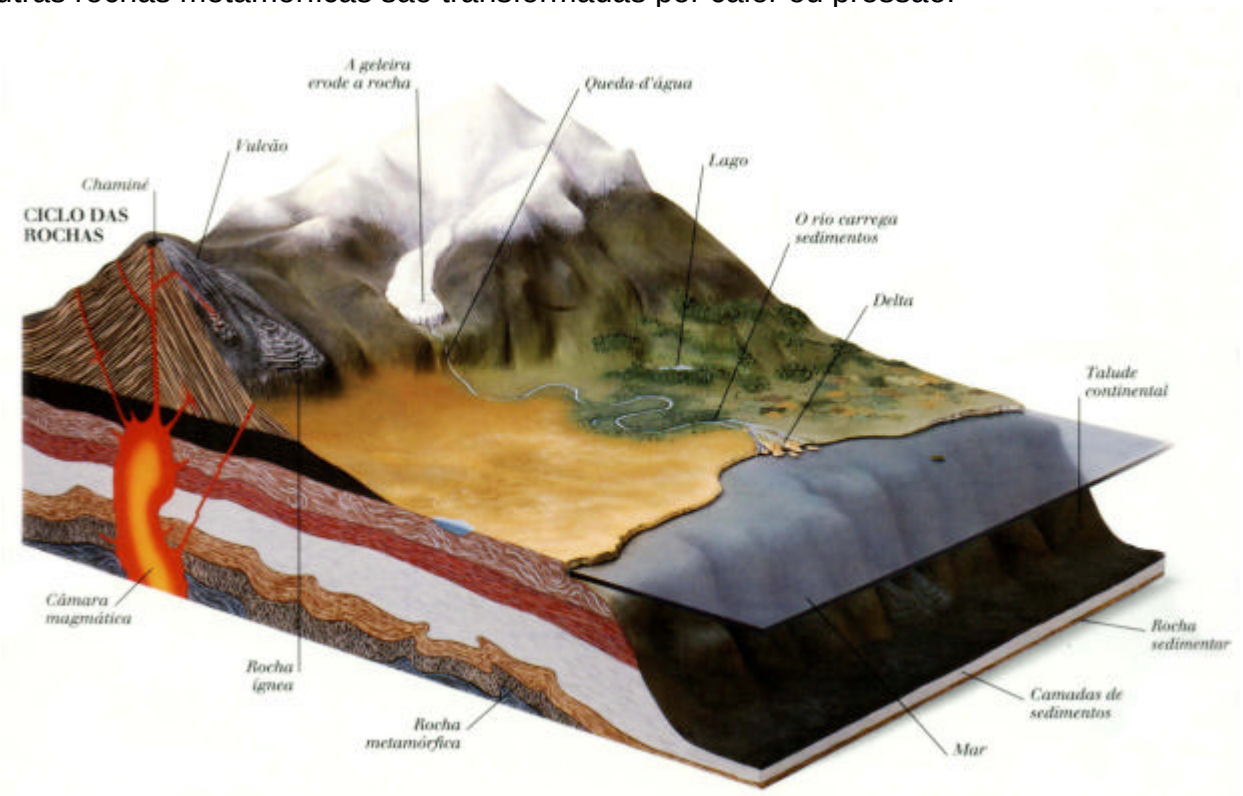
O ciclo das rochas é um processo contínuo pelo qual as rochas antigas são transformadas em rochas novas.

As rochas podem ser divididas em três grupos principais: ígneas, sedimentares e metamórficas.

As rochas ígneas se formam quando o magma (rocha fundida) do interior da Terra esfria e se solidifica.

As rochas sedimentares têm origem quando os sedimentos (partículas de rochas, por exemplo) são comprimidos e cimentados no processo denominado litificação.

As rochas metamórficas têm origem quando as rochas ígneas, sedimentares ou outras rochas metamórficas são transformadas por calor ou pressão.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As rochas são acrescidas à superfície terrestre por movimentos crustais e atividade vulcânica. Uma vez expostas na superfície, as rochas são reduzidas a partículas menores pelo intemperismo. As partículas são então transportadas pelas geleiras, pelos rios e pelo vento, e depositadas como sedimentos nos lagos, deltas, desertos e no fundo dos oceanos. Parte desses sedimentos sofre litificação e forma rochas sedimentares.

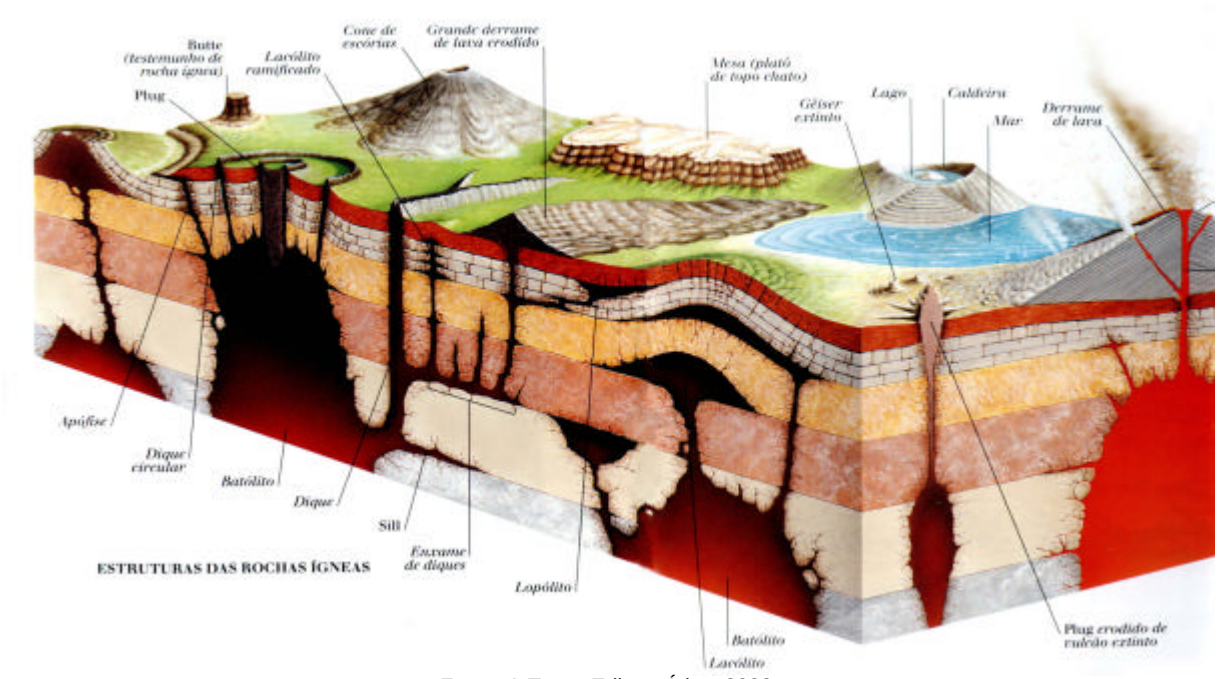
Uma rocha sedimentar pode retornar à superfície por movimentos crustais ou afundar-se mais profundamente no interior da Terra, onde o calor e a pressão a transformam em rocha metamórfica.

Por sua vez, a rocha metamórfica pode ser soerguida até a superfície ou afundar-se na crosta, entrar em fusão e formar magma. Eventualmente o magma esfria e se solidifica dentro da crosta ou na superfície, formando rocha ígnea.

Quando as rochas sedimentares, ígneas e metamórficas são expostas novamente na superfície terrestre, o ciclo recomeça.

3.2. ROCHAS ÍGNEAS.

As rochas ígneas se formam quando o magma (rocha fundida que se origina em profundidade abaixo da crosta terrestre) esfria e se solidifica. Há dois tipos principais de rochas ígneas: intrusivas e extrusivas.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As rochas intrusivas formam-se em profundidade quando o magma é empurrado dentro de fendas ou entre camadas de rocha para formar estruturas tais como *sills*, diques e batólitos. O magma esfria lentamente e forma rochas com cristais de granulação grosseira, como gabro e pegmatito.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

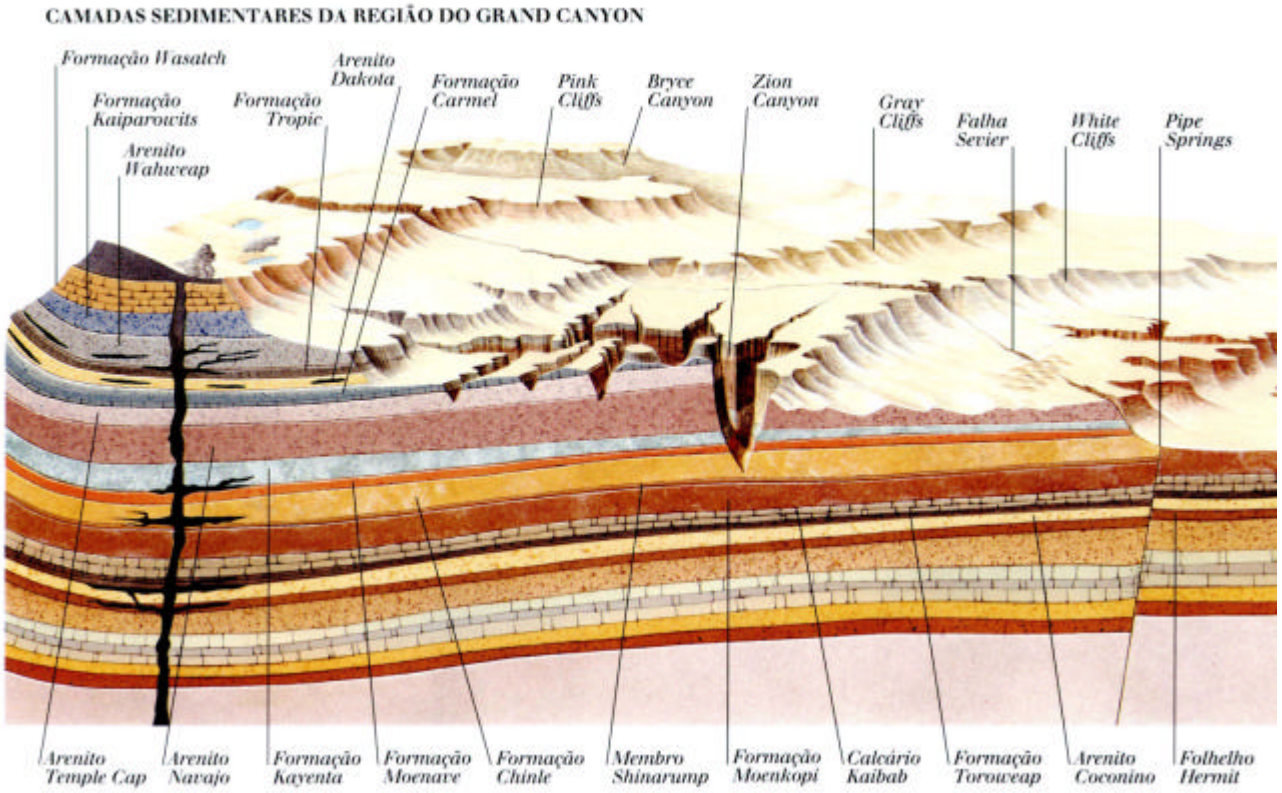
As rochas extrusivas formam-se na superfície da Terra, a partir da lava (magma ejetado por uma erupção vulcânica). A lava fundida esfria com rapidez, produzindo rochas com granulação fina como o riólito e o basalto.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

3.3. ROCHAS SEDIMENTARES.

As rochas sedimentares formam-se a partir da acumulação e consolidação de sedimentos.

As rochas sedimentares se caracterizam por apresentar camadas ou estratos. Cada camada nova é depositada em forma horizontal sobre as anteriores. Geralmente a seqüência apresenta lacunas, chamadas inconformidades. Elas representam períodos durante os quais não houve deposição de novos sedimentos, ou quando as camadas de sedimentos foram soerguidas acima do nível do mar e erodidas.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Há três tipos principais de rochas sedimentares.

As rochas sedimentares clásticas, como a brecha ou o arenito, formam-se a partir de outra rochas reduzidas a fragmentos pelo intemperismo e são posteriormente transportadas e depositadas em outro local.

As rochas sedimentares orgânicas, por exemplo, o carvão, derivam de restos animais e vegetais.

As rochas sedimentares químicas são originadas por processos químicos. Por exemplo, o sal-de-rocha se forma quando o sal dissolvido na água cristaliza, enquanto a água evapora.

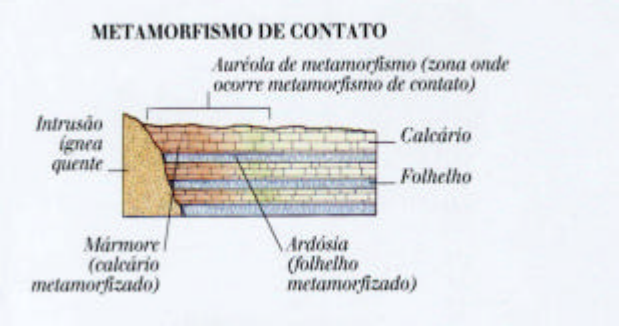
Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

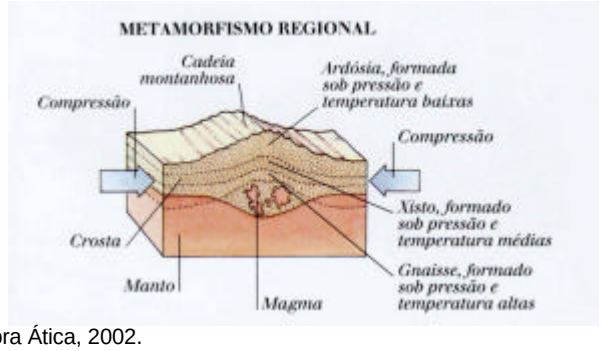
3.4. ROCHAS METAMÓRFICAS.

As rochas metamórficas são as que foram transformadas por calor intenso (metamorfismo de contato) ou pressões extraordinárias (metamorfismo regional).

O metamorfismo de contato ocorre quando as rochas são afetadas, por exemplo, pelo calor de uma intrusão ígnea ou um derrame de lava.

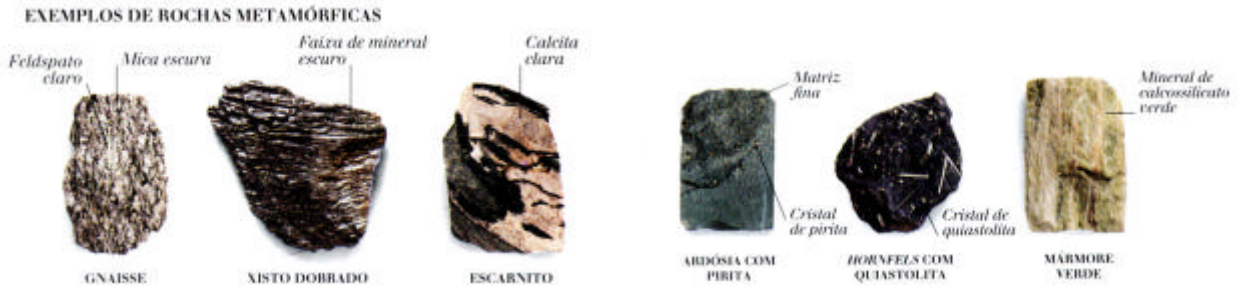
O metamorfismo regional acontece quando a rocha é esmagada no meio de uma cadeia montanhosa dobrada.





Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As rochas metamórficas podem formar-se a partir de rochas ígneas, sedimentares ou, ainda, de outras rochas metamórficas.



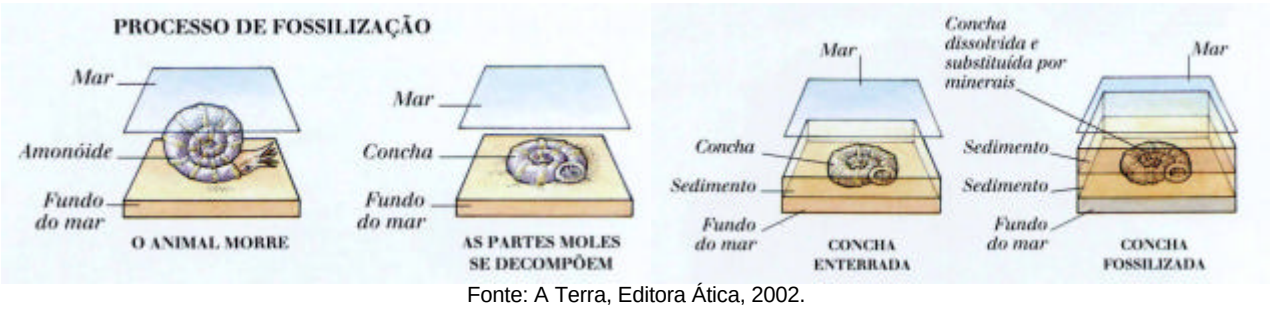
Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

4. FÓSSEIS.

Fósseis são os remanescentes de plantas e animais preservados nas rochas.

São considerados fósseis tanto os restos preservados de um organismo, como uma impressão desse organismo na rocha, ou traços preservados (conhecido como fóssil-traço) deixados por um organismo enquanto vivo, tal como o aspecto do carvão orgânico, as pegadas fósseis ou os excrementos.

A maioria dos organismos mortos decompõe-se rapidamente ou é comida por predadores. Para que aconteça a fossilização, é necessário que haja soterramento rápido por sedimentos. O organismo degrada-se, mas as partes mais duras – ossos, dentes e conchas, por exemplo – podem ser preservadas e endurecidas por minerais originários dos sedimentos.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Também ocorre fossilização quando as partes duras do organismo são dissolvidas, mas fica uma impressão, chamada molde. O molde é preenchido por minerais, criando, portanto um contramolde do organismo.

O estudo dos fósseis (paleontologia) não mostra somente como evoluíram as formas de vida, mas ajuda também a revelar a história geológica da Terra – por exemplo, na datação dos estratos rochosos.

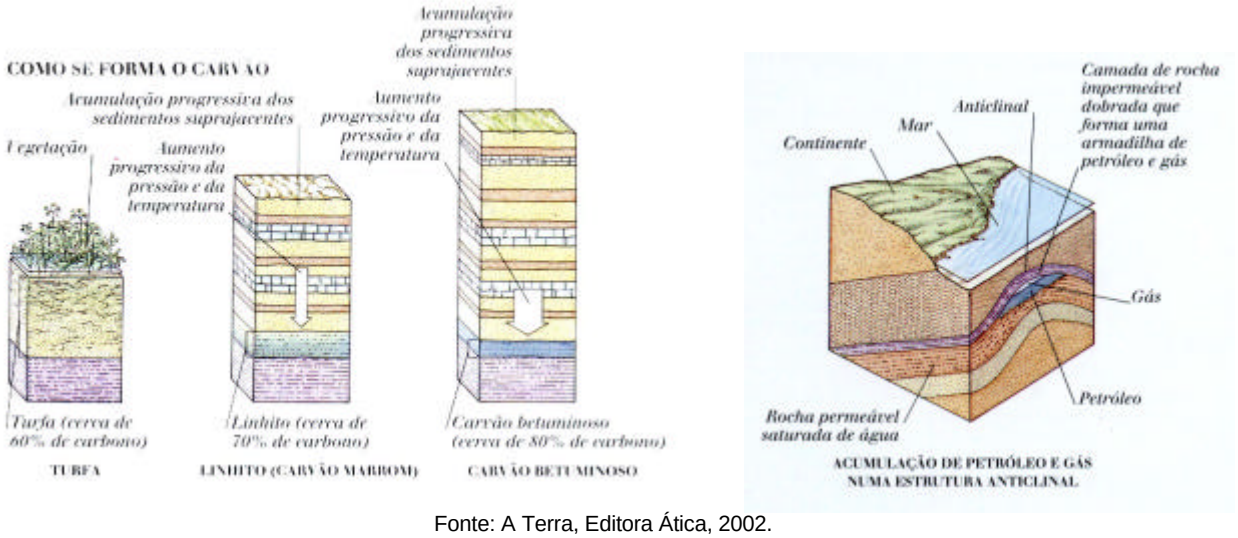
5. RECURSOS MINERAIS.

Os recursos minerais podem ser definidos como substâncias de ocorrência natural que podem ser extraídas da Terra e têm utilidade como combustíveis e matérias-primas.

Carvão, petróleo e gás – chamados coletivamente de combustíveis fósseis – são geralmente incluídos neste grupo, mas não são realmente minerais, já que são de origem orgânica.

A formação do carvão começa quando a vegetação é soterrada e decompõe-se parcialmente para formar turfa. Os sedimentos suprajacentes comprimem a turfa e a transformam em linhito (carvão marrom friável). À medida que os sedimentos suprajacentes continuam a acumular-se, o aumento da temperatura e da pressão pode eventualmente transformar o linhito em carvão betuminoso e em antracito (carvão duro).

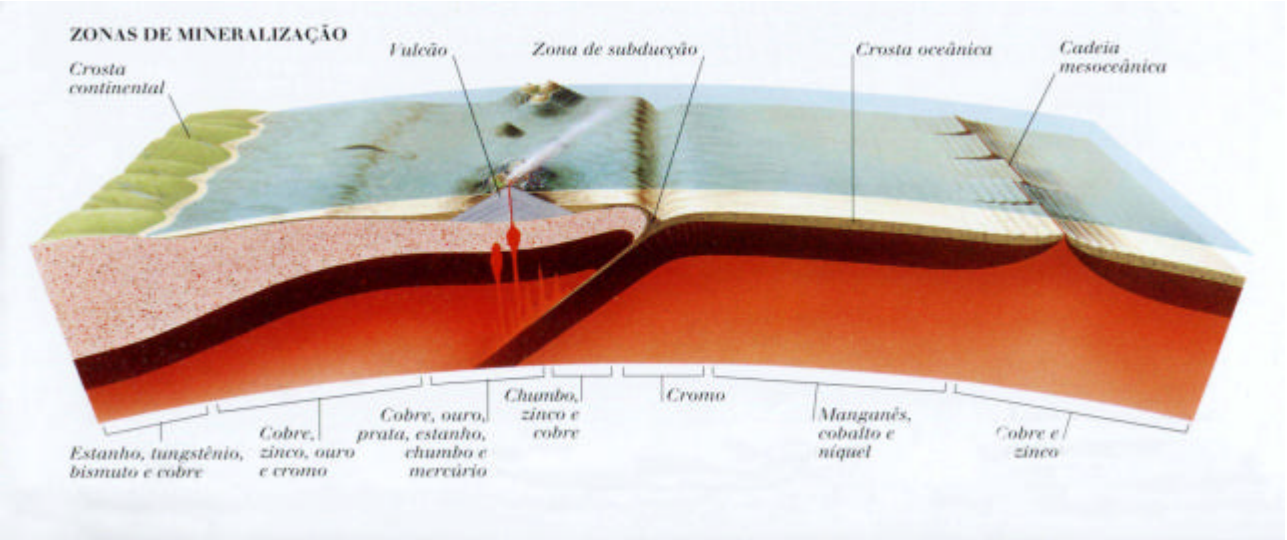
O petróleo e o gás se formam geralmente a partir da matéria orgânica acumulada em sedimentos marinhos. Sob os efeitos do calor e da pressão, a matéria orgânica comprimida sofre mudanças químicas complexas para formar petróleo e gás. O gás e o petróleo migram para cima através de rochas permeáveis saturadas de água, e podem chegar à superfície terrestre ou acumular-se sob uma camada de rocha impermeável dobrada ou falhada, que forma uma trape numa anticlinal, por exemplo.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Os minerais são substâncias inorgânicas que podem ser formadas por um único elemento químico, como o ouro, a prata ou o cobre, ou por combinações de elementos.

Alguns minerais estão concentrados em zonas de mineralização em rochas associadas com os movimentos crustais ou atividade vulcânica. Outros podem ser encontrados em sedimentos como os depósitos plácer, depósitos aluviais que contêm, além de areia, altas concentrações de minérios preciosos originários do intemperismo das rochas, transportados e depositados no leito de um rio, por exemplo.



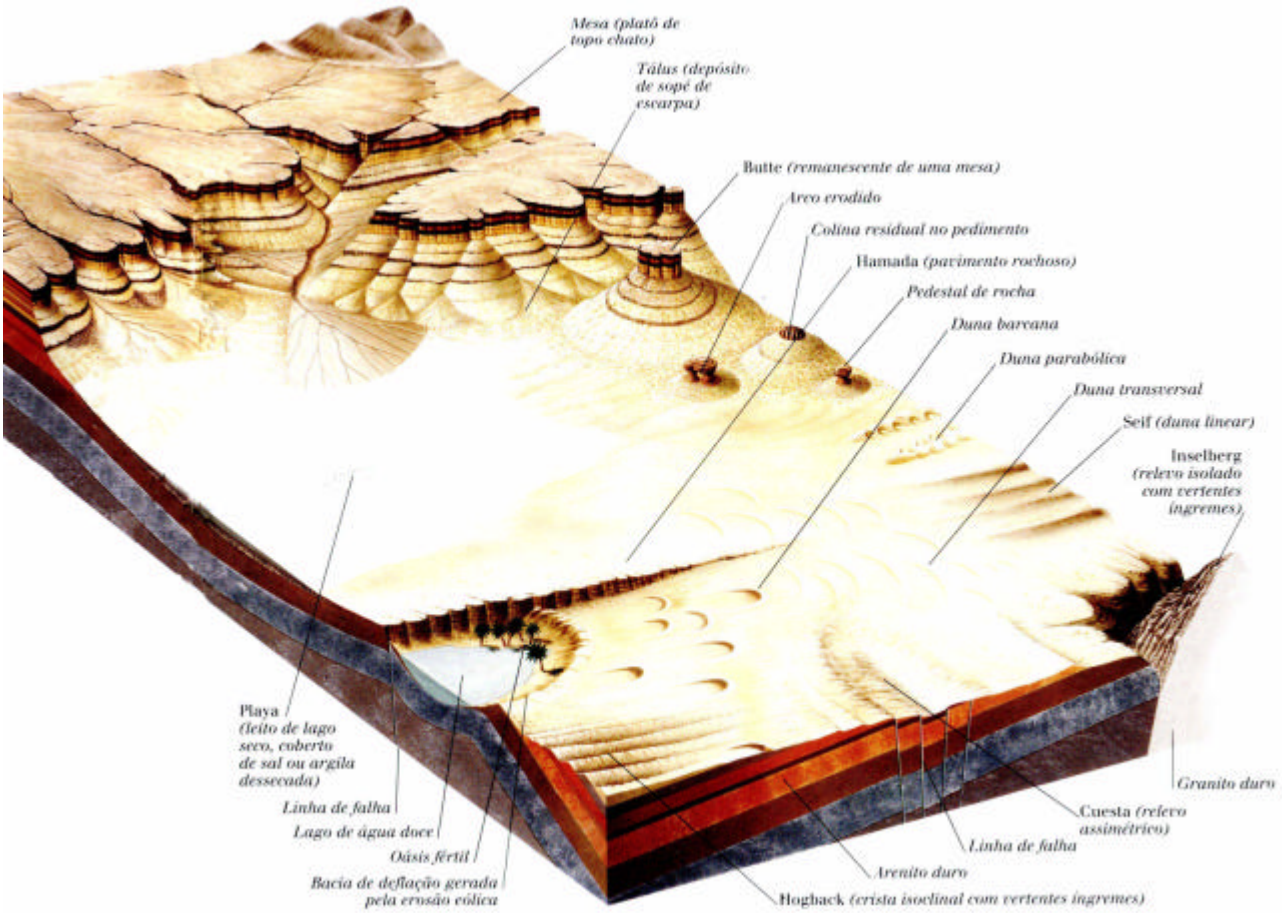
Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

6. INTEMPERISMO E EROSÃO.

Intemperismo é o conjunto de processos que reduz as rochas da superfície terrestre a materiais soltos e incoerentes. Há dois tipos principais: físico (ou mecânico) e químico.

O intemperismo físico pode ser provocado por mudanças de temperatura (termoclastia), congelamento e degelo (crioclastia), ou por abrasão de materiais carregados pelos ventos, rios ou geleiras. As rochas também podem ser degradadas pela ação de animais e planta, tais como a escavação dos animais e crescimento das raízes.

O intemperismo químico origina a decomposição das rochas, mudando sua composição química – por exemplo, a água de chuva pode dissolver certos minerais de uma rocha.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A erosão é o processo de remoção dos materiais da superfície terrestre pela água, o vento e as geleiras, que posteriormente os transportam. A erosão é mais intensa em áreas com pouca ou nenhuma vegetação, tais como os desertos, onde podem formar-se dunas de areia.

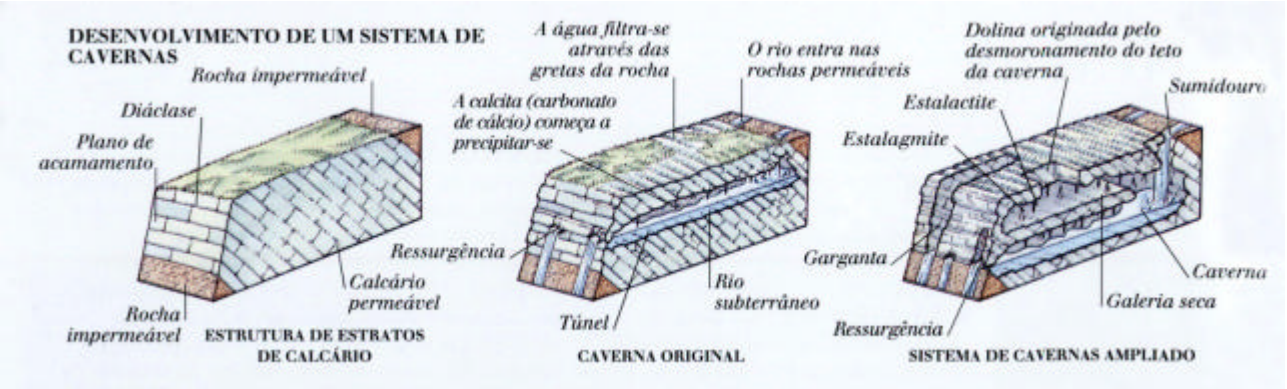
6.1. CAVERNAS.

As cavernas formam-se comumente em áreas de rochas calcárias, embora na zona costeira possam ocorrer em outros tipos de rochas.

Os calcários são formados principalmente por calcita (carbonato de cálcio), que se dissolve na presença do ácido carbônico presente naturalmente na água de chuva, e dos ácidos húmicos originários da decomposição dos vegetais.

A água ácida infiltra-se através de fissuras e juntas dos calcários e entre as camadas rochosas, fragmentando a superfície em blocos separados por rachaduras profundas, e formando sumidouros (também chamados marmitas) onde os rios superficiais podem desaparecer.

Em profundidade, a água ácida dissolve as rochas ao longo das gretas abrindo, assim, uma rede de condutos e grutas que podem formar grandes cavernas quando os tetos desabam.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Outras feições são originadas pela precipitação da calcita dissolvida: ela pode ser redepositada, por exemplo, ao longo de um rio subterrâneo para formar um *gour* (série de cristas de calcita), ou em cavernas e passagens para formar estalactites e estalagmites.

As estalactites desenvolvem-se quando a calcita se precipita nos pontos em que a água goteja desde o teto; as estalagmites formam-se nos pontos em que a água atinge o chão.

6.2. GELEIRAS.

Uma geleira de vale é uma grande massa de gelo que se forma sobre a superfície sólida e move-se lentamente para baixo por seu próprio peso.

Forma-se a partir da neve que se acumula nos circos (depressões em anfiteatro nas montanhas, também conhecidas como *coories*) e comprime-se formando gelo enquanto mais e mais neve se acumula. O circo aprofunda-se por ação das cunhas de gelo e abrasão, e as *arêtes* (cristas agudas) separam os circos adjacentes.

Eventualmente, acumula-se tanto gelo que a geleira começa a movimentar-se ladeira abaixo. À medida que a geleira se desloca, ela acumula morenas (detritos), cujo tamanho vai de partículas de poeira a grandes matacões. As morenas da base da geleira erodem o vale glacial, dando origem a uma seção transversal em forma de U.

Sob a geleira, as rochas *moutonnés* (afloramentos erodidos de rochas resistentes) e *drumlins* (elevações arredondadas de rocha e argila) são deixadas para trás no fundo do vale.

As geleiras terminam no limite ou extremidade inferior, na altitude em que o gelo entra em fusão. Se a temperatura aumenta, o gelo funde e a geleira recua. As geleiras em recuo deixam atrás de si as morenas e também blocos erráticos (matacões isolados).

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

As torrentes que se formam a partir da geleira em fusão depositam *eskers* e terraços de *kame* (cristas e montículos de areia e cascalhos), mas carregam os sedimentos mais finos para formar uma planície pró-glacial estratificada. Blocos de gelo carreados até esta planície formam buracos chamados *kettles*.

7. RIOS, LAGOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

Os rios formam parte do ciclo hidrológico – a circulação contínua de água entre a terra, o mar e a atmosfera.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A nascente de um rio pode ser uma fonte na montanha ou um lago, ou uma geleira em fusão.

O curso que o rio toma a seguir depende da declividade do terreno e dos tipos de rochas e formações sobre os quais escoa. Em seu curso superior em terras altas, o rio corre sobre rochas e matacões descrevendo saltos e entalha vales de vertentes íngremes em forma de V. Mais a jusante, flui calmamente sobre sedimentos e forma meandros divagantes, erodindo lateralmente para dar origem a planícies e vales amplos. Ao chegar à costa, o rio pode depositar sedimentos para formar um estuário ou um delta.

7.1. FEIÇÕES FLUVIAIS.

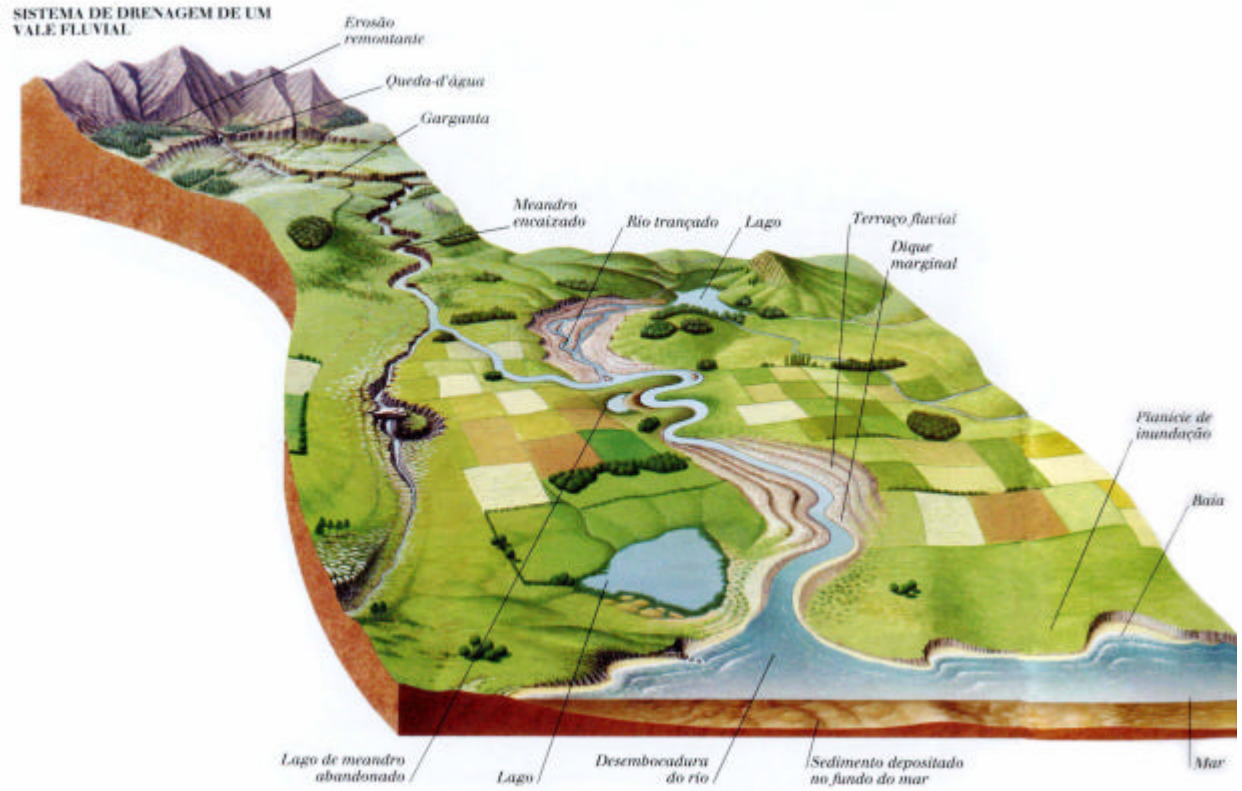
Os rios são uma das maiores forças que modelam a paisagem.

Próximo as nascentes, a declividade do rio é alta. Ele escava seu canal, formando vales em forma de V e profundas gargantas. Quedas-d'água e cachoeiras se formam onde o rio deixa atrás rochas resistentes e passa a escoar sobre rochas friáveis, mais facilmente erodidas.

Mais a jusante, podem formar-se meandros e a erosão lateral predomina, dando origem a um vale fluvial amplo. Por vezes o rio corta o colo de um meandro e forma um lago de meandro abandonado.

Os sedimentos depositados no fundo do vale pelos rios meandrantes e durante as cheias ajudam a formar a planície de inundação. As cheias também podem depositar sedimentos nas margens dos rios, dando origem aos diques marginais.

Quando um rio deságua no mar ou num lago, deposita grandes quantidades de sedimentos e pode formar um delta. Um delta é um conjunto de barras de areia, pântanos e lagoas através dos quais o rio flui em diversos canais chamados distributários – o delta do Mississipi, por exemplo.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Com freqüência o aumento do nível do mar pode invadir a desembocadura do rio e formar um amplo estuário, uma seção influenciada pelas marés, onde a água do mar mistura-se com água doce.

7.2. LAGOS E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.

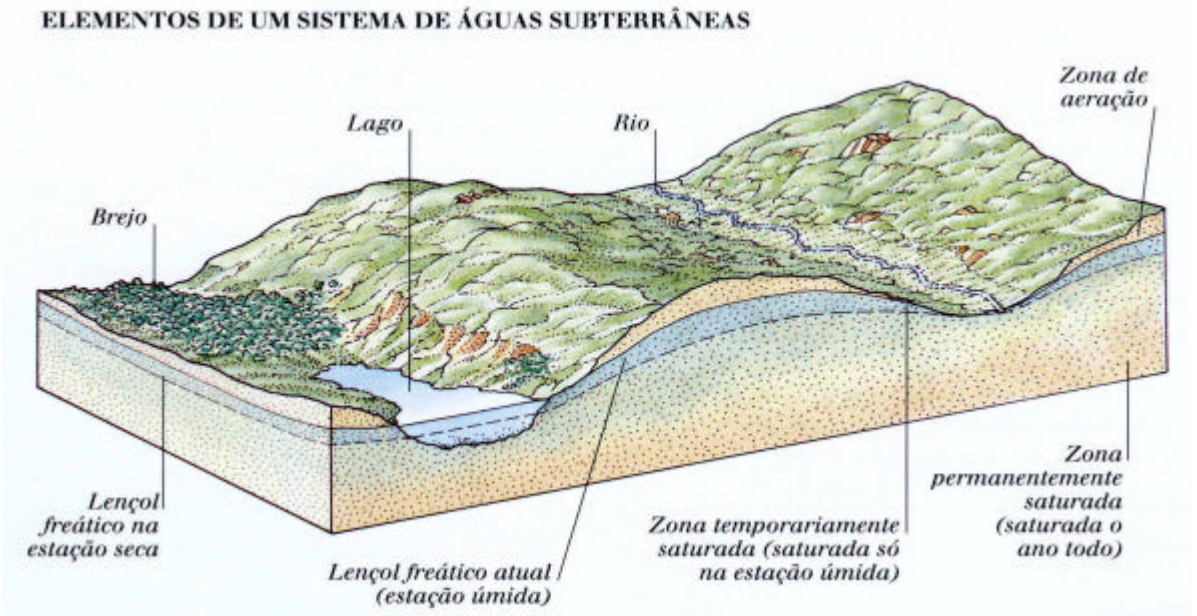
Os lagos naturais formam-se a partir da acumulação de água numa depressão de rocha impermeável, ou que é impedida de escoar-se por uma barreira, tal como uma morena (depósitos glaciais) ou lava solidificada.

Os lagos são, com freqüência, feições de existência curta na paisagem, pois tendem a ser preenchidos por sedimentos dos cursos de água que os alimentam.

Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Alguns dos lagos mais duradouros são encontrados nos *rift valeys* (vales de afundamento) profundos formados por movimentos verticais da crosta terrestre – por exemplo, o lago Baikal na Rússia, o maior lago de água doce do mundo, e o mar Morto, no Oriente Médio, um dos lagos mais salgados do mundo.

Quando a água pode escoar, penetra no solo até atingir uma camada de rocha impermeável, e acumula-se na rocha permeável sobrejacente; esta rocha saturada de água é chamada aqüífero.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A zona saturada varia em profundidade de acordo com as mudanças sazonais e climáticas. Em condições úmidas, a água estocada dentro do solo aumenta, e nos períodos secos diminui.

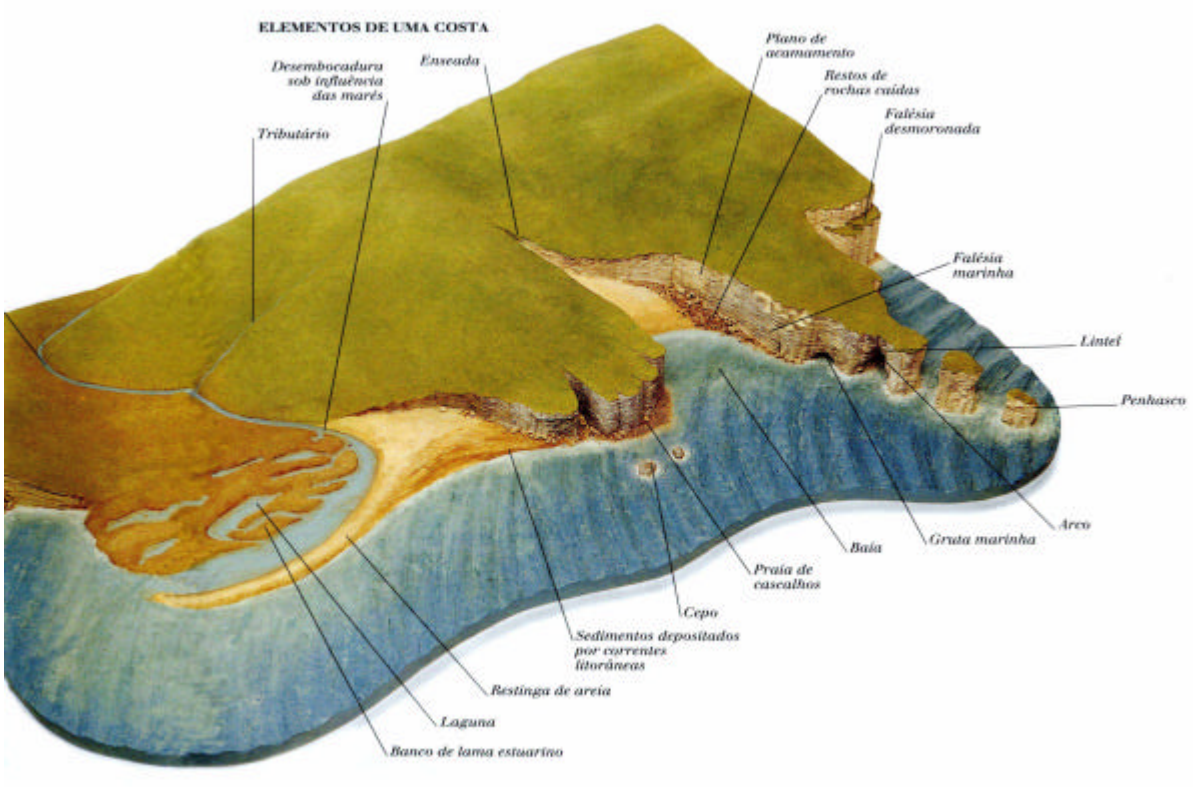
Quando o limite superior da zona saturada – o lençol freático – encontra a superfície do solo, a água emerge nas nascentes.

Numa bacia artesiana, onde o aqüífero está abaixo de uma camada de rocha impermeável, o lençol freático através da bacia é determinado pela altura na borda. No centro dessa bacia, o lençol encontra-se abaixo do nível do solo. A água da bacia fica então presa abaixo do lençol freático e pode surgir pela própria pressão ao longo de falhamentos ou em poços.

8. COSTAS, OCEANOS E MARES.

8.1. COSTAS.

As costas estão entre as paisagens que mudam mais rapidamente. Algumas são erodidas pelas ondas, vento e chuva, que solapam as falésias ou escavam grutas na rocha sólida. Outras são construídas pelas correntes litorâneas, que transportam areia e pequenos seixos, e pelos rios, que depositam sedimentos nos deltas.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

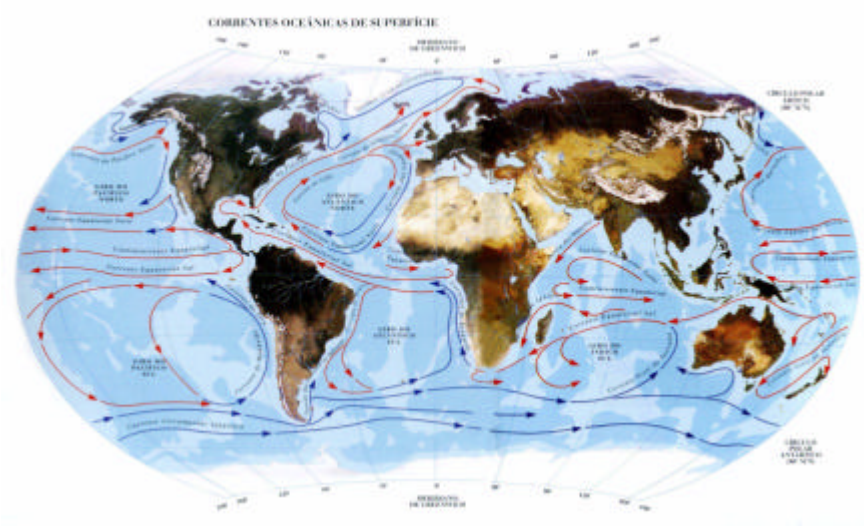
Entre outras influências podem ser citadas as atividades dos organismos vivos – como os corais -, os movimentos crustais e as variações do nível do mar provocadas por oscilações climáticas.

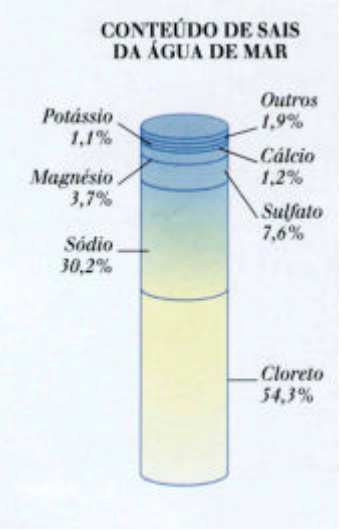
O ascenso do continente ou o descenso de nível do mar criam uma costa em emersão, com falésias e praias abandonadas acima da nova linha de costa.

O descenso do continente ou o ascenso do nível do mar produzem uma costa afogada, exemplificada pelos fiordes (vales glaciais submersos) ou vales fluviais submersos.

8.2. OCEANOS E MARES.

Oceanos e mares cobrem cerca de 70% da superfície da Terra e contêm aproximadamente 97% do total da água do planeta.





Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Estes oceanos e mares têm um papel fundamental como reguladores das variações de temperatura e condicionadores do clima. Suas águas absorvem o calor do Sol, especialmente na zona tropical, e as correntes de superfície distribuem este calor por toda a Terra, aquecendo as massas de ar suprajacentes e as terras próximas no inverno, e resfriando-as no verão.

Os oceanos nunca estão calmos. As diferenças de temperatura e salinidade movimentam os sistemas de correntes profundas, enquanto as correntes oceânicas superficiais são originadas pelos ventos que sopram sobre os oceanos.

Todas as correntes são desviadas (para a direita no hemisfério norte, para a esquerda no hemisfério sul) por causa da rotação da Terra. Este fator de deflexão é conhecido como força de Coriolis. Uma corrente que começa na superfície é imediatamente desviada. Por sua vez, esta corrente origina uma corrente na camada de água imediatamente inferior que, por sua vez, é também desviada. À medida que o movimento é transmitido para baixo, os desvios formam uma espiral de Ekman.

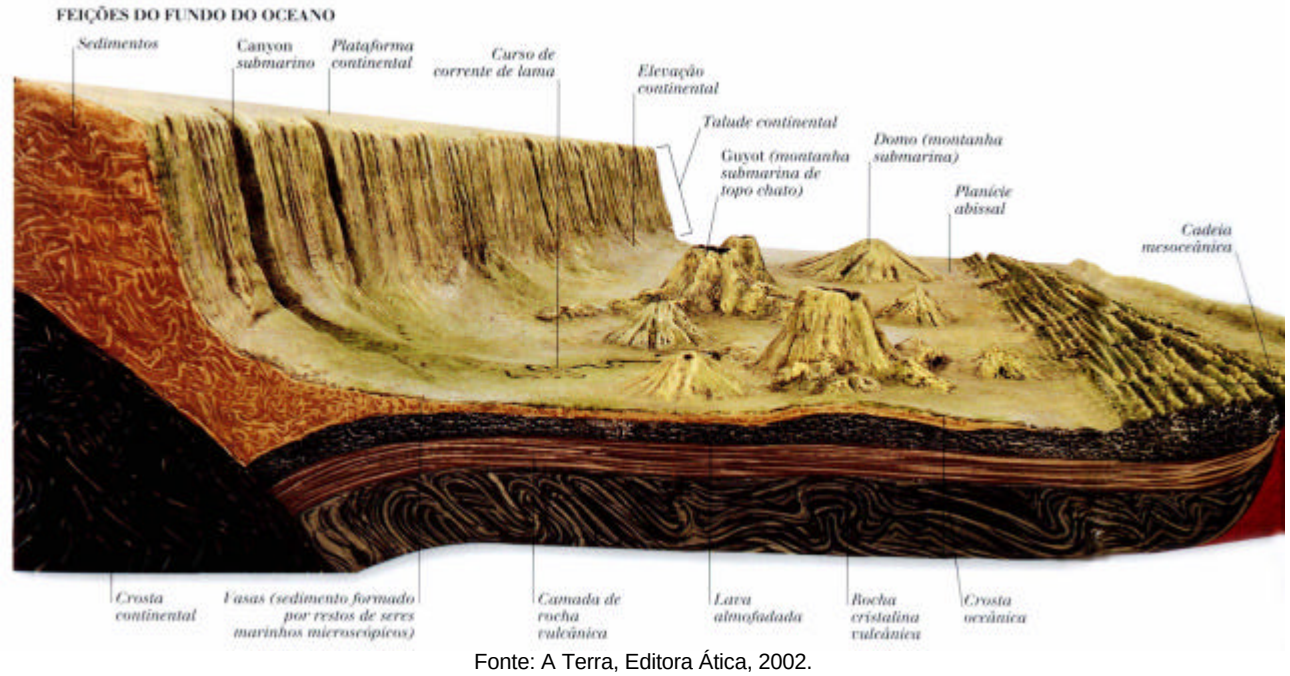
As águas dos oceanos e mares são também afetadas pelo constante fluxo e refluxo das marés. Elas são provocadas pelas forças de atração da Lua e do Sol. As marés cheias (marés de primavera) ocorrem na lua nova e na lua crescente; as marés baixas (marés de quadratura) ocorrem no primeiro e no terceiro quartos da Lua.

8.3. FUNDO DO OCEANO.

O fundo do oceano abrange dois setores: a plataforma e o talude continentais e a bacia oceânica.

A plataforma e o talude continentais formam parte da crosta continental, mas podem estender-se oceano adentro. Declinando suavemente até uma profundidade de cerca de 140 metros, a plataforma continental está coberta por depósitos de areia modelados pelas ondas e correntes de maré.

Na borda da plataforma continental, o fundo do mar desce até a planície abissal, que jaz aproximadamente a 3.800 metros de profundidade. Neste assoalho profundo do oceano existe uma camada de sedimentos formada por argilas, vasas finas formadas pelos restos de minúsculos seres marinhos e, eventualmente, depósitos ricos em materiais.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A sondagem acústica e o sensoriamento remoto revelaram que a planície abissal está compartimentada por sistemas de montanhas muito maiores que as dos continentes – as cadeias mesoceânicas.

Aqui, o magma (rocha fundida) jorra do interior da Terra e solidifica-se alargando o fundo do oceano). À medida que o assoalho oceânico se expande, os vulcões que se formaram sobre os pontos quentes da crosta afastam-se de suas fontes de magma, extinguem-se, afundam progressivamente e são erodidos. Os vulcões erodidos abaixo do nível do mar permanecem como montanhas submarinas.

Em águas quentes, um vulcão que se projeta acima do nível do mar adquire com freqüência uma franja de recifes coralinos, que pode evoluir até formar um atol quando o vulcão é submerso.

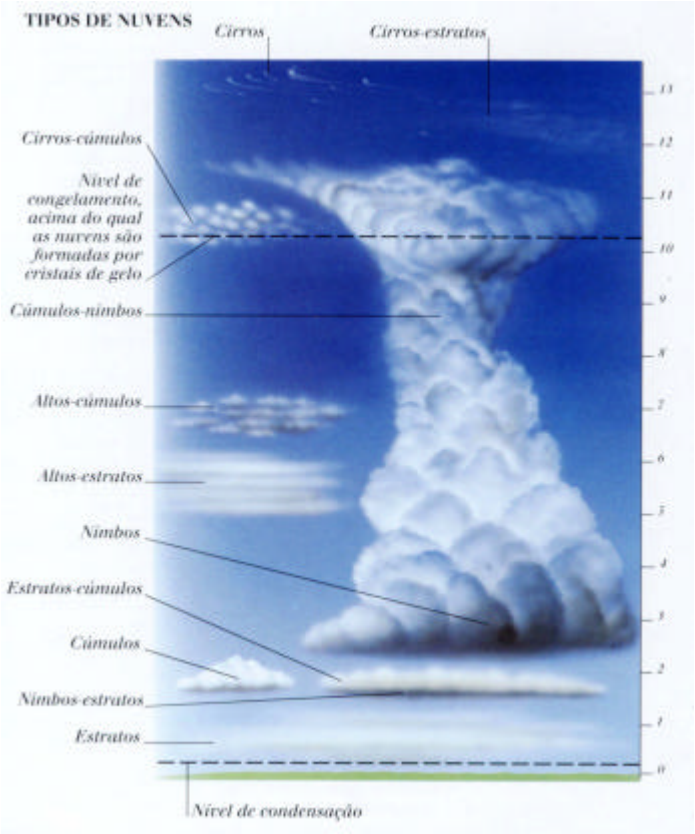
9. ATMOSFERA.

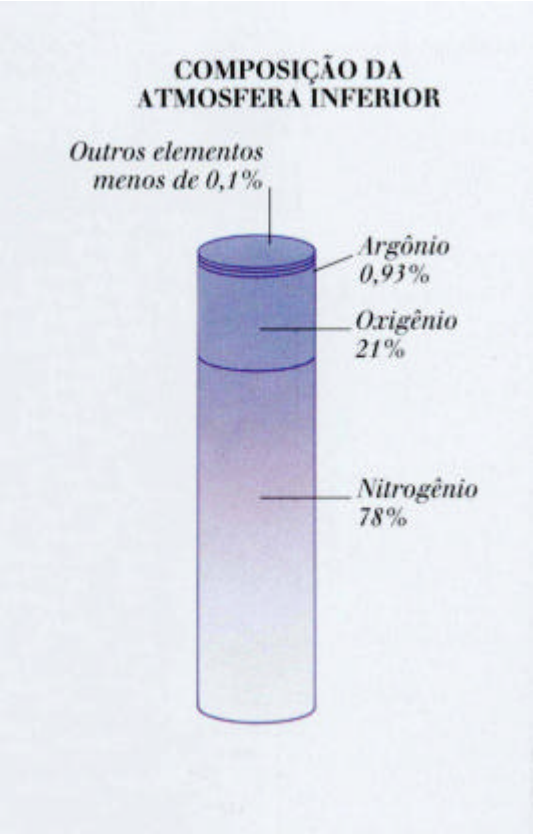
A Terra está rodeada por sua atmosfera, uma coberta de gases que permite a vida do planeta. Esta camada não tem limite externo definido, e se torna gradualmente mais tênue até desaparecer no espaço.

Mais de 80% dos gases atmosféricos são mantidos pela gravidade dos primeiros 20 quilômetros acima da superfície terrestre.

A atmosfera bloqueia grande parte da prejudicial radiação ultravioleta, e isola a Terra dos extremos de temperatura ao limitar tanto a entrada da radiação solar quanto a fuga do calor reirradiado para o espaço.

Este equilíbrio natural pode ser distorcido pelo efeito estufa, quando gases como dióxido de carbono acumulado na atmosfera retêm mais calor.





Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Próximo à superfície terrestre, as diferenças de temperatura do ar e da pressão dão origem à circulação entre o Equador e os pólos. Esta circulação, junto com a força de Coriolis, dá origem aos ventos dominantes de superfície e às correntes de jato em altitude.

9.1. TEMPO METEOROLÓGICO.

O tempo meteorológico é definido como o conjunto das condições atmosféricas num determinado período e lugar; o clima define-se a partir das condições atmosféricas médias num dado local no decorrer de um certo intervalo de tempo.

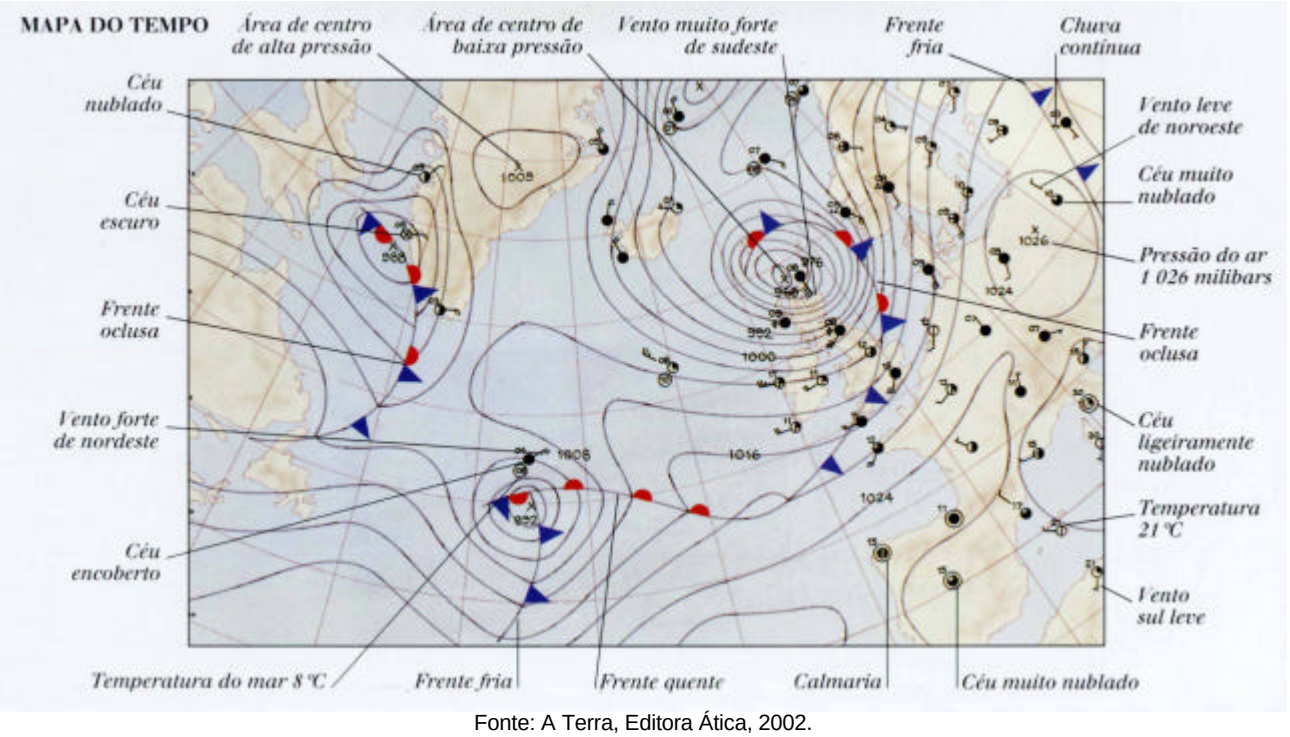
O tempo meteorológico é avaliado em termos de temperatura, vento, cobertura de nuvens, e precipitação, tais como chuva ou neve.

O tempo bom está associado com áreas de alta pressão, onde o ar é descendente.

O tempo mutável, nebuloso e úmido é comum em áreas de baixa pressão, com ar ascendente instável.

Tais condições ocorrem nas latitudes médias, onde o ar quente encontra o ar frio ao longo das frentes polares. Aqui formam-se com freqüência as células de baixa pressão em espiral, conhecidas como depressões (ciclones de latitudes médias).

Uma depressão contém comumente um setor de ar mais quente, começando numa frente quente e terminando numa frente fria. Se as duas frentes encontram-se formando uma frente oclusa, o ar quente é empurrado para cima.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Um furacão (também chamado tufão ou ciclone tropical) é a forma extrema de uma célula de baixa pressão, que provoca chuva torrencial e ventos excepcionalmente fortes.

BIBLIOGRAFIA

COLTRINARI, L. *A Terra.* Editora Ática, 2002.

DANA, J. D. *Manual de Mineralogia.* Livros Técnicos e Científicos Editora, 1976.

LEINZ, V. ; AMARAL, S.E. *Geologia Geral.* Companhia Editora Nacional, 1975.

NÚCLEO DE TECNOLOGIA MINERAL & CERÂMICA, *Documentos Técnicos,* SENAI PR, 2004.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra.* Oficina de Textos, 2000.

ANEXO I

GLOSSÁRIO GEOLÓGICO BÁSICO

GLOSSÁRIO GEOLÓGICO BÁSICO

ÁGUA SUBTERRÂNEA: água acumulada abaixo da superfície terrestre.

AQÜÍFERO: camada de rocha permeável saturada de água acima de uma camada de rocha impermeável. Pode abastecer de água poços e fontes.

ASTENOSFERA: camada parcialmente fundida do manto abaixo da litosfera (ver também Litosfera: Manto).

ATM0SFERA: a camada de gases que envolve a Terra, formada por (da superfície para cima): troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera.

BACIA ARTESIANA: aqüífero em que a água é mantida sob pressão entre duas camadas de rocha impermeável (ver também Aqüífero).

BATÓLITO: grande intrusão ígnea em forma de domo formada por rocha granítica.

CALDEIRA: depressão vulcânica de forma côncava, resultante de uma erupção e/ou do colapso de um vulcão.

CAMADA: estrato de rocha (geralmente sedimentar). Camada competente é a que tende a quebrar-se sob pressão. Camada incompetente é a que tende a dobrar-se sob pressão.

CICLO DA ÁGUA: os processos pelos quais a água circula entre os continentes, os oceanos e a atmosfera. O nome alternativo é ciclo hidrológico.

CICLO DAS ROCHAS: ciclo contínuo pelo qual as rochas antigas são transformadas em rochas novas.

CLIMA: condições médias do tempo numa região durante um longo período de tempo (ver também Tempo).

CLIVAGEM: tendência de um mineral a quebrar-se segundo planos de fraqueza bem definidos.

CORRENTE LITORÂNEA: movimento de areia e pequenos seixos ao longo da costa, produzido pela ação das ondas.

CRISTAL: forma geométrica de um mineral, com faces planas formadas naturalmente, que refletem o arranjo dos átomos constituintes.

CROSTA: a camada externa da Terra que jaz acima do manto. Há dois tipos: crosta continental e crosta oceânica.

DERIVA CONTINENTAL: teoria segundo a qual os atuais continentes formaram-se a partir da fragmentação de supercontinentes pré-históricos, que derivaram lentamente até suas posições atuais (ver também Tectônica de placas).

DESCONTINUIDADE DE GUTENBERG: limite entre o manto e o núcleo externo.

DESCONTINUIDADE DE MOHOROVICIC: limite entre a crosta e o manto.

DESERTO: região árida onde a precipitação anual é geralmente inferior a 250 mm por ano.

DOBRA: curvatura numa camada rochosa devido a pressões horizontais na crosta terrestre. Uma anticlinal é uma dobra convexa e uma sinclinal é uma dobra côncava.

EFEITO ESTUFA: processo em que a radiação solar passa através da atmosfera, é refletida e reirradiada pela superfície terrestre, e depois retida pelos gases atmosféricos. O aumento dos "gases estufa" tais como o dióxido de carbono, tem intensificado o efeito, levando ao aquecimento global.

ELEMENTO: substância que não pode ser dividida por meios químicos em substâncias mais simples.

ÉON: divisão do tempo geológico que pode ser dividida em eras (ver Era).

EPICENTRO: ponto na superfície terrestre localizado diretamente acima do foco de um terremoto (ver também Terremoto; Foco).

ÉPOCA: divisão do tempo geológico que é uma subdivisão de um período (ver Período).

ERA: divisão do tempo geológico que é uma subdivisão de um éon, e que pode ser dividida em períodos (ver também Éon; Período).

EROSÃO: processo de remoção dos produtos do intemperismo pela água, o vento e as geleiras, que posteriormente os transportam (ver também Intemperismo).

ESCALA DE MOHS: escala pela qual pode ser medida a dureza relativa dos minerais.

ESTRATO: camada de rocha (ver também Camada).

ESTRATOSFERA: camada da atmosfera acima da troposfera e abaixo da mesosfera (ver também Atmosfera).

EXOSFERA: camada mais externa da atmosfera (ver Atmosfera).

EXPANSÃO DO FUNDO OCEÂNICO: processo pelo qual nova crosta oceânica é criada nas cadeias mesoceânicas, onde duas placas afastam-se (ver também Tectônica de placas).

FALHA: fratura numa rocha ao longo da qual pode ocorrer deslocamento de um bloco em relação ao outro.

FOCO: ponto localizado dentro da Terra onde se origina um terremoto (ver também Terremoto; Epicentro).

FONTE: Fluxo de água subterrânea que emerge naturalmente na superfície terrestre.

FORÇA DE CORIOLIS: força que resulta da rotação da Terra. Ela deflete os ventos e a água, à direita no hemisfério norte e à esquerda no hemisfério sul.

FOSSA: vale longo e estreito no fundo do oceano localizado ao longo de uma zona de subducção (ver também Zona de subducção).

FÓSSIL: restos, traços ou impressões de plantas e animais que foram preservados nas rochas.

FRATURA: tendência de um mineral ou rocha a quebrar-se de forma irregular.

FRENTE: limite entre duas massas de ar. Numa frente quente, o ar quente ascende acima do ar frio; numa frente fria, o ar frio penetra por baixo do ar quente.

GELEIRA: grande massa de gelo que se forma no continente e move-se lentamente para baixo por seu próprio peso.

GIRO: rotação circular das águas dos maiores oceanos e mares, provocada pelos ventos e a força de Coriolis.

HÁBITO: forma típica que toma uma agregação dos cristais de um mineral.

INCONFORMIDADE: descontinuidade importante numa seqüência de estratos rochosos que representa um período em que não ocorreu deposição de sedimentos e/ou quando as camadas sedimentares anteriores foram erodidas.

INTEMPERISMO: destruição das rochas expostas na superfície terrestre por processos físicos (mecânicos) ou químicos (ver também Erosão).

LAVA: magma fundido ejetado para a superfície terrestre através de vulcões ou fissuras. As duas formas mais comuns de solidificação da lava são conhecidas como aa (blocos irregulares) e pahoehoe (lava em corda).

LENÇOL FREÁTICO: nível até onde o solo está permanentemente saturado.

LITIFICAÇÃO: formação de uma rocha a partir de sedimentos inconsolidados pelos processos de compressão e cimentação (ver também Rocha sedimentar).

LITOSFERA: a crosta da Terra e a camada superior do manto.

MAGMA: rocha fundida formada no manto e na crosta da Terra.

MANTO: camada da Terra entre o núcleo externo e a crosta.

MARÉ: Ascenso e descenso regulares da superfície do oceano provocados pelas forças gravitacionais entre a Terra, a Lua e o Sol.

MATRIZ: material de granulação muito fina de uma rocha onde estão encravados cristais maiores, seixos ou cascalhos.

MESOSFERA: a camada da atmosfera acima da estratosfera e abaixo da termosfera (ver também Atmosfera).

MINERAL: substância de ocorrência natural que tem uma composição química característica e propriedades físicas específicas.

NÚCLEO: parte central da Terra constituída por um núcleo interno sólido e um núcleo externo fundido.

OROGÊNESE: termo utilizado para descrever os processos envolvidos na construção de montanhas.

PERÍODO: divisão do tempo geológico que é uma subdivisão de uma era, e que pode ser subdividido em épocas (ver também Época; Era).

PIROCLASTO: rocha formada a partir dos detritos de uma erupção vulcânica explosiva.

PRECIPITATÇÃO: todas as formas das partículas de água que caem das nuvens, incluindo chuva, granizo e neve.

ROCHA: agregação de minerais. As rochas dividem-se em três grupos principais: ígneas, sedimentares e metamórficas (ver Rocha ígnea: Rocha metamórfica; Rocha sedimentar).

ROCHA ÍGNEA: rocha fornada pela solidificação de magma ou lava. As rochas ígneas intrusivas formam-se no interior; as rochas ígneas extrusivas se formam na superfície terrestre.

ROCHA METAMÓRFICA: rocha formada a partir de rochas previamente existentes que foram submetidas a calor e/ou pressões extraordinários, a ponto de alterar sua composição química e mineralógica.

ROCHA SEDIMENTAR: rocha formada pela litificação de sedimentos (ver também Litificação).

TECTÔNICA DE PLACAS: teoria de acordo com a qual a litosfera da Terra, está formada por várias placas semi-rígidas que se movem umas em relação às outras.

TEMPO: condições atmosféricas num determinado tempo e lugar (ver também Clima).

TERMOSFERA: a mais alta das camadas da atmosfera (ver Atmosfera).

TERREMOTO: ondas de choque, que por vezes causam violentos tremores na superfície terrestre, provocadas em muitos casos por súbitos deslocamentos crustais ao longo de uma falha (ver também Epicentro: Foco).

TRAÇO: cor que um mineral deixa quando uma louça ou porcelana é riscada.

TRAPE: camada dobrada ou falhada de rocha impermeável abaixo da qual podem acumular-se gás e petróleo.

TROPOSFERA: a camada mais baixa da atmosfera (ver também Atmosfera).

VULCÃO: abertura ou fissura na crosta da Terra através das quais escapam magma e gases quentes. Muitos vulcões localizam-se ao longo dos limites de placas.

ZONA DE SUBDUCÇÃO: área em que uma placa é empurrada sob outra (ver também Tectônica de placas).

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 01 B - TOPOGRAFIA

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. CONCEITOS BÁSICOS.	3
2. EQUIPAMENTOS.	4
3. ACESSÓRIOS.	7
4. MEDIDAS.	10
5. MÉTODOS.	14
6. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS.	15
BIBLIOGRAFIA.	19

1. CONCEITOS BÁSICOS.

1.1. TOPOGRAFIA.

Topografia é a ciência que determina a posição relativa de pontos sobre a superfície da terra, utilizando medidas de ângulos e distâncias.

A palavra topografia deriva das palavras gregas “topos” (lugar) e “graphen” (descrever), o que significa descrição exata e minuciosa do lugar.

Tem por objetivo efetuar medidas de ângulos e distâncias que permitam representar uma porção de terra em escala conveniente.

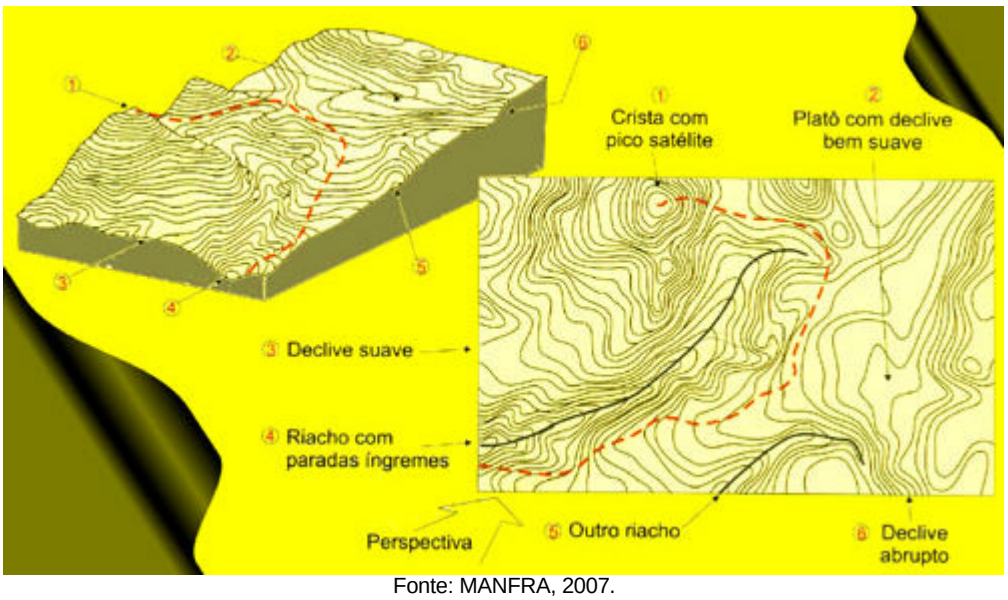
Sua importância reside no fato de ser a base de qualquer projeto e de qualquer obra realizada por engenheiros ou arquitetos, tais como edifícios, aeroportos, usinas hidrelétricas, minerações, etc...

A Topografia fornece os métodos e os instrumentos que permitem o conhecimento do terreno e asseguram uma correta implantação da obra ou serviço.

1.2. LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS.

Os levantamentos topográficos são classificados basicamente em 4 tipos:

- Planimétricos: os pontos medidos são projetados sobre uma superfície plana. Utilizados para cadastro e divisão de áreas, sendo realizados com teodolitos, trenas e miras graduadas.
- Altimétricos: através do nivelamento, determinam-se as alturas dos pontos, relativas a uma superfície de referência de nível arbitrária (plano, geóide, etc...)
- Plani-altimétricos: levantamento topográfico que engloba os dois casos anteriores.
- Cadastrais: levanta a posição de certos detalhes de interesse, tais como edificações, postes, árvores isoladas, etc...



Fonte: MANFRA, 2007.

2. EQUIPAMENTOS.

2.1. TEODOLITO CLÁSSICO.

O teodolito clássico é um aparelho de funcionamento óptico-mecânico, largamente utilizado nos levantamentos topográficos desde o Século XIX.

Um dos modelos tradicionais é o WILD de 1928, que possuía uma precisão de 25 milímetros.

Fonte: MANFRA, 2007.

2.2. TEODOLITO ELETRÔNICO.

Com a evolução da tecnologia no decorrer do Século XX, foi desenvolvido o teodolito eletrônico, incorporando mecanismos eletrônicos integrados.

Uma das facilidades obtidas era a leitura direta das informações num “display” existente no equipamento. No entanto, as anotações ainda eram feitas em cadernetas.

A principal desvantagem era o elevado custo de aquisição na época (US$ 15.000).

Fonte: MANFRA, 2007.

2.3. AUTOMAÇÃO TOPOGRÁFICA.

No final do Século XX, com o advento da informática, ocorreu uma nova evolução nos equipamentos, principalmente no que concerne à automação na coleta e processamento de dados.

A localização e a medição automática de pontos possibilitou um expressivo incremento na produtividade, bem com a automação completa dos processos pertinentes.

Fonte: MANFRA, 2007.

2.4. ESTAÇÃO TOTAL.

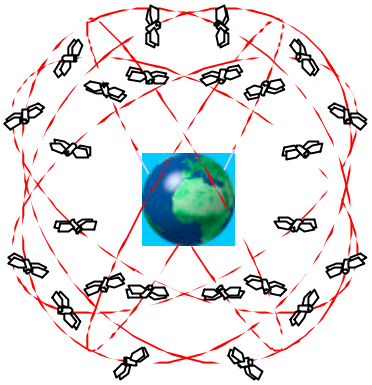
Estação Total é um equipamento eletrônico, constituído de um teodolito integrado com um distanciômetro, capaz de armazenar e processar os dados topográficos obtidos.

Apresenta precisão angular na faixa de 01 a 10 segundos.

Fonte: MANFRA, 2007.

2.5. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL - GPS.

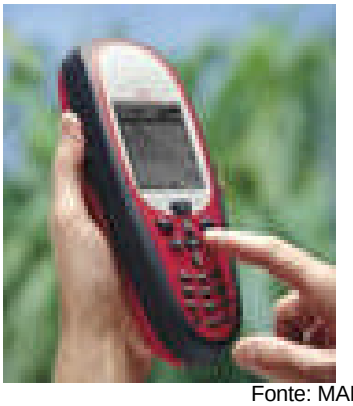
O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, inicialmente com fins militares, permitindo a localização precisa de pontos estratégicos em qualquer parte da superfície terrestre.



Fonte: MANFRA, 2007.

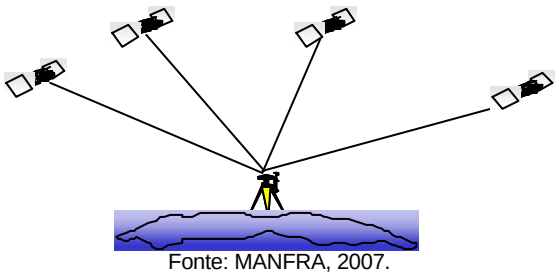
Há alguns anos foi também disponibilizado para o uso civil, garantindo uma navegação precisa (10 a 20 metros), com cobertura mundial e 24 horas diárias de acesso.

Tratam-se de dispositivos eletrônicos portáteis, de fácil manuseio, passíveis de transporte aos mais diversos locais.



Fonte: MANFRA, 2007.

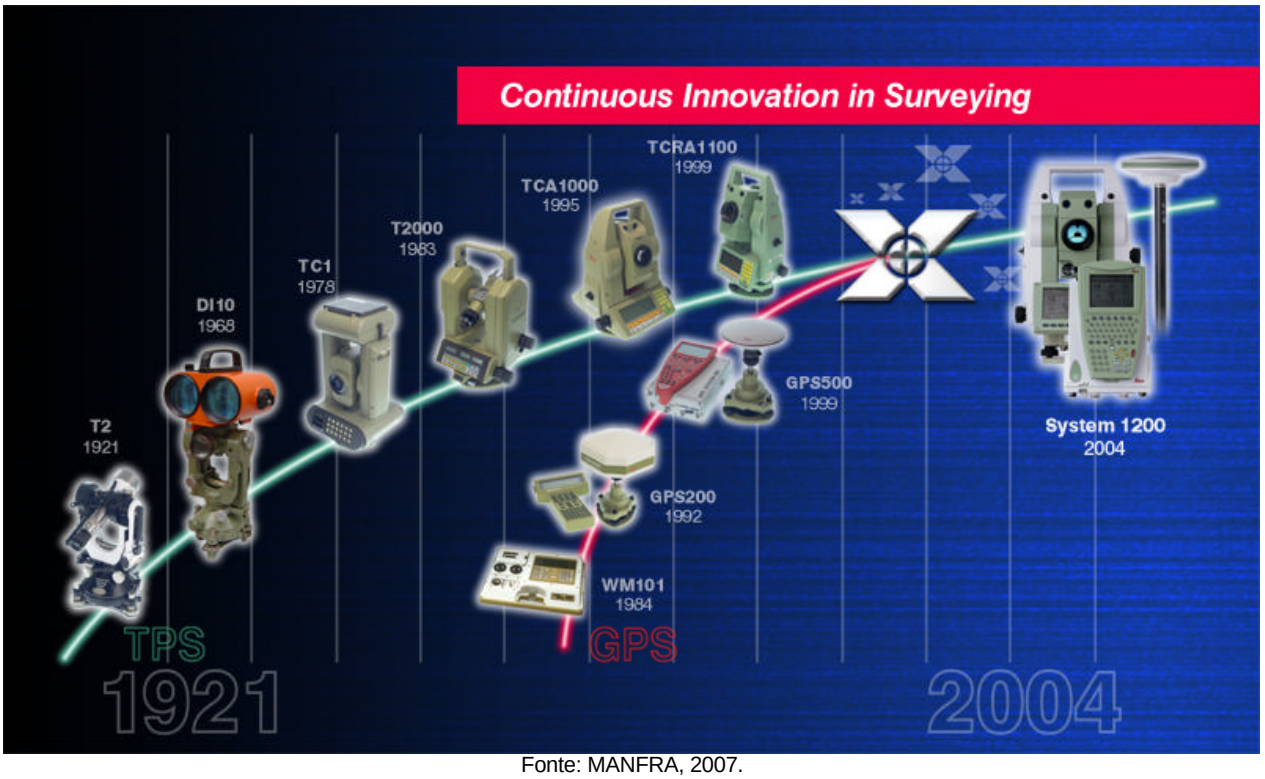
Operam integrados com os sinais enviados por 4 satélites estrategicamente posicionados, permitindo a determinação precisa de dados como latitude, longitude e altitude.



Fonte: MANFRA, 2007.

2.6. EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.

A evolução dos equipamentos utilizados na topografia, no período de 1921 a 2004, está sintetizada abaixo:



Fonte: MANFRA, 2007.

3. ACESSÓRIOS.

3.1. PIQUETES.

Os piquetes são acessórios necessários para marcar, de forma conveniente, os extremos do alinhamento a ser medido.

Usualmente são feitos de madeira roliça ou de seção quadrada com a superfície no topo plana, onde são assinalados (marcados) por tachinhas de cobre.

Seu comprimento varia de 15 a 30 cm e o seu diâmetro de 3 a 5 cm.

É firme e profundamente cravado no solo deixando apenas uma parte (3 a 5 cm) exposto e visível na superfície.

Sua principal função é a materialização de um ponto topográfico no terreno.

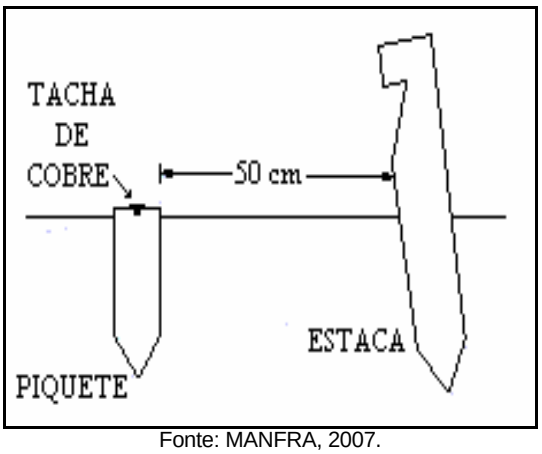
3.2. ESTACAS.

As estacas são utilizadas como testemunhas da posição do piquete.

Usualmente são cravadas próximas ao piquete cerca de 30 a 50 cm.

Seu comprimento varia de 15 a 40 cm e o seu diâmetro de 3 a 5 cm.

Costumam ser chanfradas na parte superior para permitir uma inscrição numérica ou alfabética, que pertence ao piquete testemunhado.

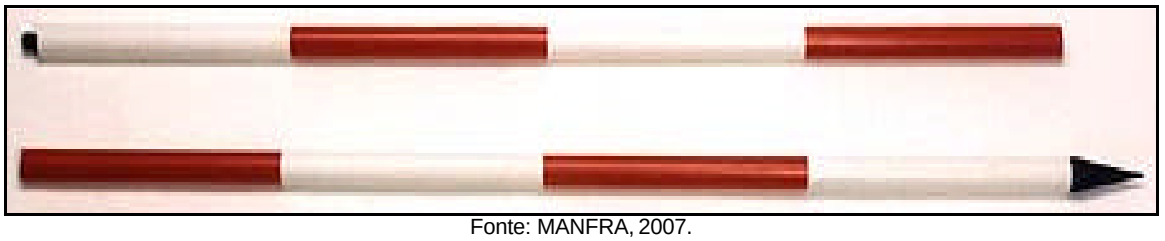


Fonte: MANFRA, 2007.

3.3. BALIZAS.

As balizas são utilizadas para manter o alinhamento, na medição entre pontos, quando há necessidade de se executar vários lances com a trena.

Usualmente são feitas de madeira ou ferro, arredondado, sextavado ou oitavado.


Fonte: MANFRA, 2007.

3.4. NÍVEL DE CANTONEIRA.

O nível de cantoneira é um aparelho em forma de cantoneira, dotado de bolha circular, que permite à pessoa que segura a baliza posicioná-la corretamente (na vertical) sobre o piquete ou sobre o alinhamento a medir.

Fonte: MANFRA, 2007.

3.5. CADERNETAS DE CAMPO.

As cadernetas de campo constituem um documento onde são registrados todos os elementos levantados no campo (leituras de distâncias, ângulos, régua, croquis dos pontos, etc.).

Normalmente são padronizadas, porém, podem ser reformatadas de maneira a melhor atender às necessidades dos responsáveis pelo levantamento topográfico.

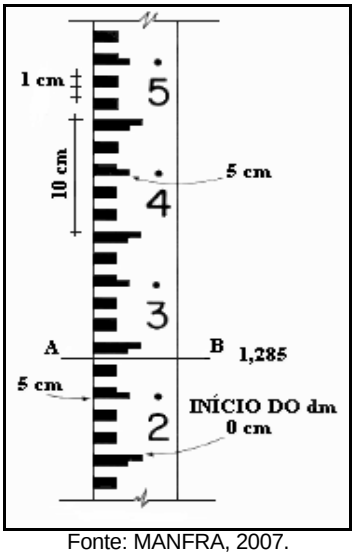
3.6. TRIPÉ.

O tripé é utilizado para estacionar o aparelho de medição (teodolito, nível, etc...) e o fio de prumo, instalado sob a base superior do mesmo, para posicionar o equipamento exatamente sobre um ponto pré-estabelecido no terreno.

Fonte: MANFRA, 2007.

3.7. MIRA OU RÉGUA GRADUADA.

A mira, ou régua graduada, é uma régua de madeira, alumínio ou PVC, graduada em metros, decímetros e centímetros, utilizada na determinação de distâncias horizontais e verticais entre os diversos pontos constituintes de um levantamento topográfico.



Fonte: MANFRA, 2007.

4. MEDIDAS.

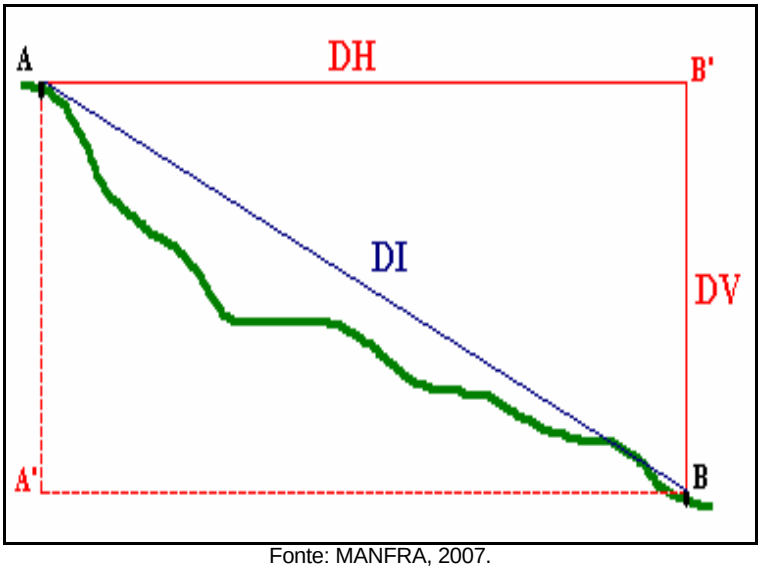
Num levantamento topográfico, as medidas podem ser classificadas em:

- Lineares: tomadas entre dois pontos contíguos e registradas no sistema métrico.
- Angulares: tomadas no ponto em que duas direções se interceptam, e registradas no sistema sexagesimal, isto é, º(grau) ‘ (minuto) “(segundo).

4. 1. MEDIDAS LINEARES.

As medidas lineares visam a determinação das seguintes grandezas:

- Distância Horizontal (DH): é a distância medida entre dois pontos, no plano horizontal.
- Distância Vertical ou Diferença de Nível (DV ou DN): é a distância medida entre dois pontos, num plano vertical que é perpendicular ao plano horizontal.
- Distância Inclinada (DI): é a distância medida entre dois pontos, em planos que seguem a inclinação da superfície do terreno.



Fonte: MANFRA, 2007.

As medidas de distância, por sua vez, podem ser diretas ou indiretas.

A medição é dita direta quando o instrumento de medida utilizado é aplicado diretamente sobre o terreno (trenas de aço, lona e fibra de vidro).

Diz-se que o processo de medida de distâncias é indireto quando essas distâncias são calculadas em função da medida de outras grandezas, não havendo, portanto, necessidade de percorrê-las para compará-las com a grandeza padrão.

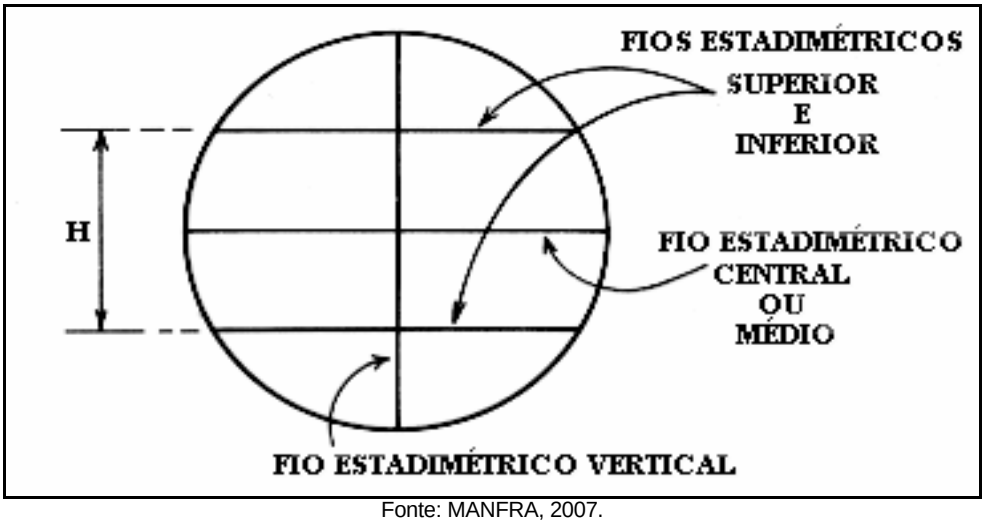
Os equipamentos básicos utilizados na medida indireta de distâncias são:

- Teodolito: utilizado na leitura de ângulos (horizontais e verticais) e da régua graduada
- Nível: utilizado somente para a leitura da régua.

Ao processo de medida indireta denomina-se Estadimetria ou Taqueometria, pois é através do retículo ou estádia do teodolito que são obtidas as leituras dos ângulos verticais e horizontais e da régua graduada, para o posterior cálculo das distâncias horizontais e verticais.

A estádia do teodolito é composta de:

- 3 fios estadimétricos horizontais (FS, FM e FI)
- 1 fio estadimétrico vertical

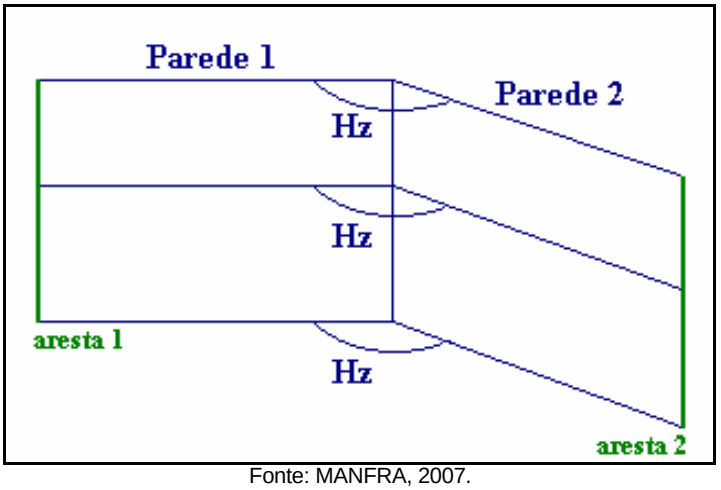


Fonte: MANFRA, 2007.

4. 2. MEDIDAS ANGULARES.

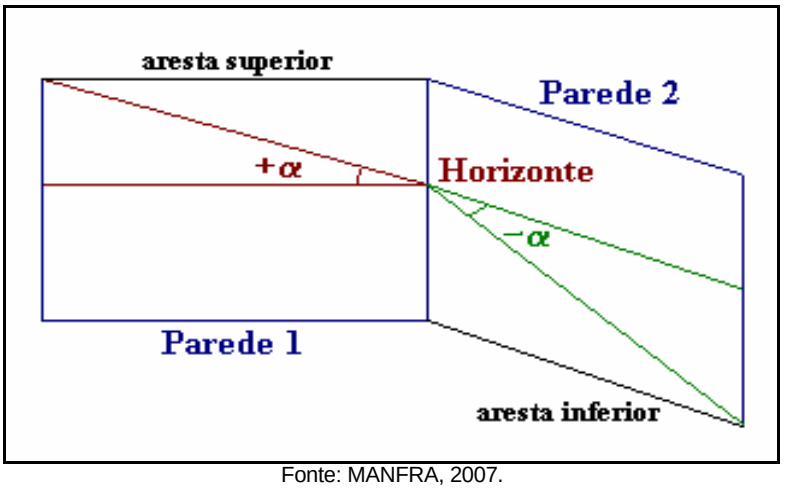
As medidas angulares visam a determinação das seguintes grandezas:

- Ângulo Horizontal (Hz): é medido entre as projeções de dois alinhamentos do terreno, no plano horizontal.



Fonte: MANFRA, 2007.

- Ângulo Vertical (a): é medido entre um alinhamento do terreno e o plano do horizonte. Pode ser *ascendente* (+) ou *descendente* (-), conforme se encontre acima (aclive) ou abaixo (declive) deste plano.



Fonte: MANFRA, 2007.

Os ângulos de orientação utilizados em topografia são:

- Azimute Geográfico ou Verdadeiro: definido como o ângulo horizontal que a direção de um alinhamento faz com o meridiano geográfico. Este ângulo pode ser determinado através de métodos astronômicos (observação ao sol, observação a estrelas, etc...) e, atualmente, através do uso de receptores GPS de precisão.
- Azimute Magnético: definido como o ângulo horizontal que a direção de um alinhamento faz com o meridiano magnético. Este ângulo é obtido através de uma bússola.

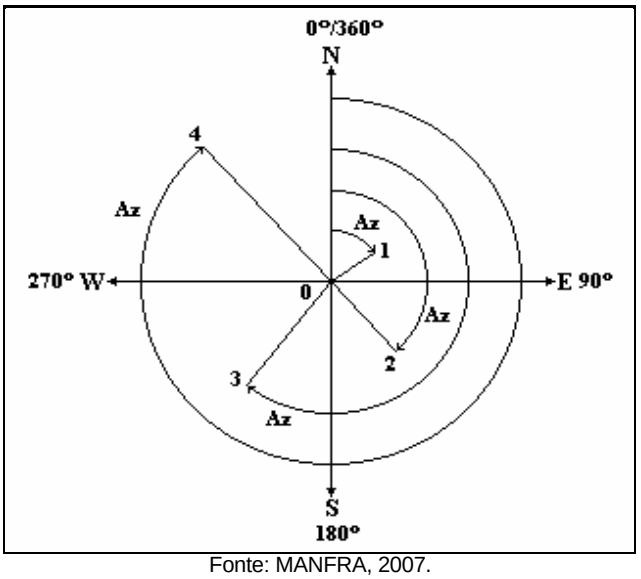
Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Os rumos são definidos como:

- Rumo Verdadeiro: é o menor ângulo horizontal que um alinhamento forma com a direção norte/sul, definida pelo azimute verdadeiro (meridiano geográfico).

- Rumo Magnético: é o menor ângulo horizontal que um alinhamento forma com a direção norte/sul, definida pela agulha de uma bússola (meridiano magnético).

Os rumos (verdadeiros ou magnéticos) são contados a partir da direção norte (N) ou sul (S) do meridiano, no sentido horário ou anti-horário, variando de 0° a 90° e sempre acompanhados da direção ou quadrante em que se encontram, isto é, nordeste (NE), sudeste (SE), sudoeste (SO) ou noroeste (NO).



Fonte: MANFRA, 2007.

4. 3. ERROS.

Quando são efetuadas medições topográficas de distâncias e ângulos, podem ocorrer erros tanto da imperfeição dos equipamentos utilizados como das limitações do operador.

Sempre foi importante conhecer as origens desses erros, as suas classes, suas tolerâncias e também a forma pela qual se combinavam e se acumulavam para que os problemas pudessem ser resolvidos a tempo e evitar o retorno ao campo.

Os erros são basicamente classificados em 3 tipos:

- Erros grosseiros: ocasionados por negligência ou cansaço do operador e não são passíveis de correção (engano na anotação do número).
- Erros sistemáticos: são aqueles ocasionados por fatores ambientais, ou seja, temperatura, vento, refração e pressão atmosféricas. Se repetem em igualdade de condições com a mesma magnitude e sinal (trena com dilatação).
- Erros acidentais: são de pequena magnitude e ao longo do trabalho são parcialmente eliminados (fio de prumo deslocado do ponto).

5. MÉTODOS.

Os métodos de levantamento planimétrico se dividem basicamente em poligonação e irradiação.

5.1. POLIGONAÇÃO.

A poligonação é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos.

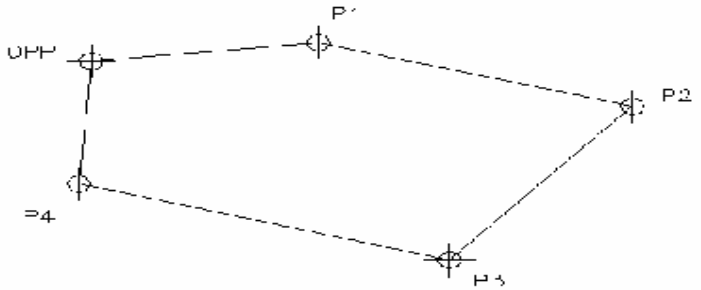
Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições de campo.

O levantamento de uma poligonal é realizado através do método do caminhamento, percorrendo-se o contorno de um itinerário definido por uma série de pontos, medindo-se todos os ângulos, lados e uma orientação inicial.

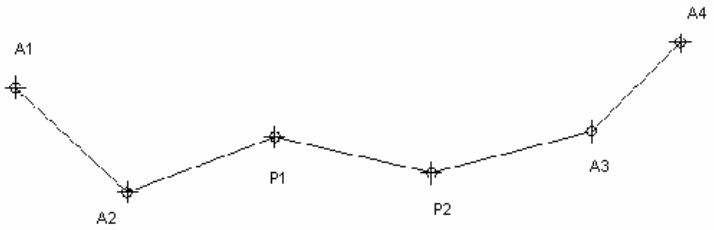
A partir destes dados e de uma coordenada de partida, é possível calcular as coordenadas de todos os pontos que formam essa poligonal.

As poligonais podem ser classificadas em 3 tipos básicos:

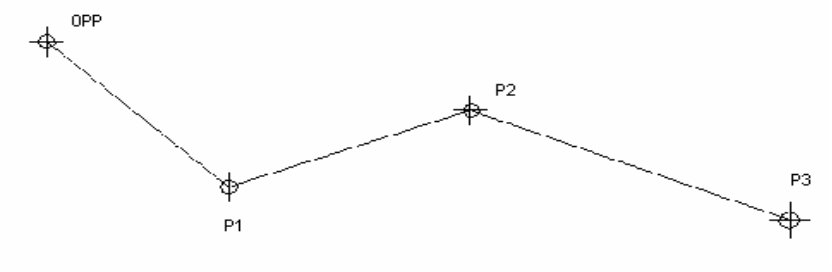
- Poligonal Fechada: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e retorna ao mesmo ponto. Sua principal vantagem é permitir a verificação de erro de fechamento angular e linear.



- Poligonal Enquadrada: parte de dois pontos com coordenadas conhecidas e acaba em outros dois pontos com coordenadas conhecidas. Permite a verificação do erro de fechamento angular e linear.



- Poligonal Aberta: parte de um ponto com coordenadas conhecidas e acaba em um ponto cujas coordenadas deseja-se determinar. Não é possível determinar erros de fechamento, portanto deve-se tomar todos os cuidados necessários durante o levantamento de campo para evitá-los.



É importante ressaltar que, considerando-se o sentido do caminhamento, há dois conceitos importantes a saber: estação Ré e estação Vante.

No sentido do caminhamento da poligonal, a estação anterior à estação ocupada denomina-se de estação Ré e a estação seguinte de Vante.

5.2. IRRADIAÇÃO.

Consiste em, a partir de um ponto de referência conhecido, medir um ângulo e uma distância. A distância pode ser obtida utilizando uma trena, distanciômetro eletrônico, estação total ou obtidas por métodos taqueométricos. Este procedimento é muito empregado no levantamento de detalhes em campo.

Neste método o equipamento fica estacionado sobre o ponto e faz-se a "varredura" dos elementos de interesse próximos ao ponto ocupado, medindo direções e distâncias para cada elemento a ser representado.

Durante a execução de um levantamento de detalhes é importante elaborar um croqui da área que está sendo levantada, associando um nome ou número à cada feição ou ponto levantado, e a mesma indicação deve ser utilizada na caderneta de campo. Isto visa facilitar a elaboração do desenho final.

6. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS.

6.1. SOFTWARES.

O Sistema de Automação Topográfica Posição é um software profissional que permite a elaboração de cálculos, desenhos e projetos topográficos, atuando desde a transferência e digitação de dados de estações totais e GPS, até a edição de desenhos.

A associação destas etapas permite alcançar um ótimo resultado com maior rapidez e funcionalidade.

Fonte: MANFRA, 2007.

6.2. EQUIPAMENTOS.

O scanner a laser é um equipamento que faz uma varredura, medindo distâncias de milhares de pontos por segundo (através da tecnologia LIDAR - Light Detection And Ranging - Detecção e Medição por Luz), com sua cor natural, posicionando estes pontos no espaço e gerando uma nuvem de pontos com coordenadas XYZ.

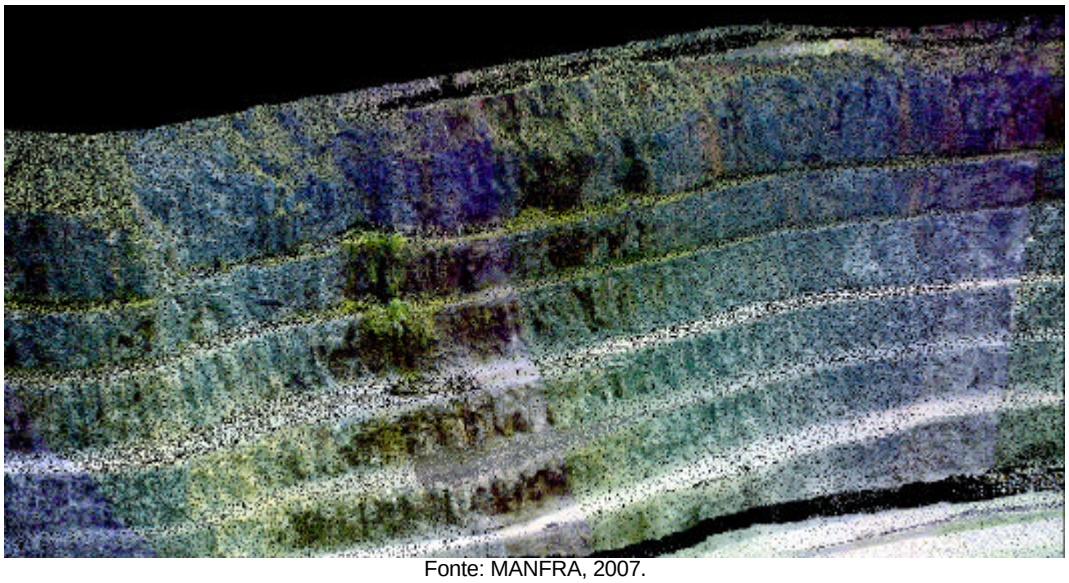
Fonte: MANFRA, 2007.

Funciona através de um conjunto de espelhos, onde um feixe laser é emitido e direcionado ao objeto a ser medido, à uma velocidade de 2000 pontos por segundo.

A distância é calculada pelo tempo que o laser leva para atingir o objeto e retornar ao scanner. O alcance máximo é de 1500 metros (80% de reflexividade) e diminui proporcionalmente à reflexividade da superfície medida.

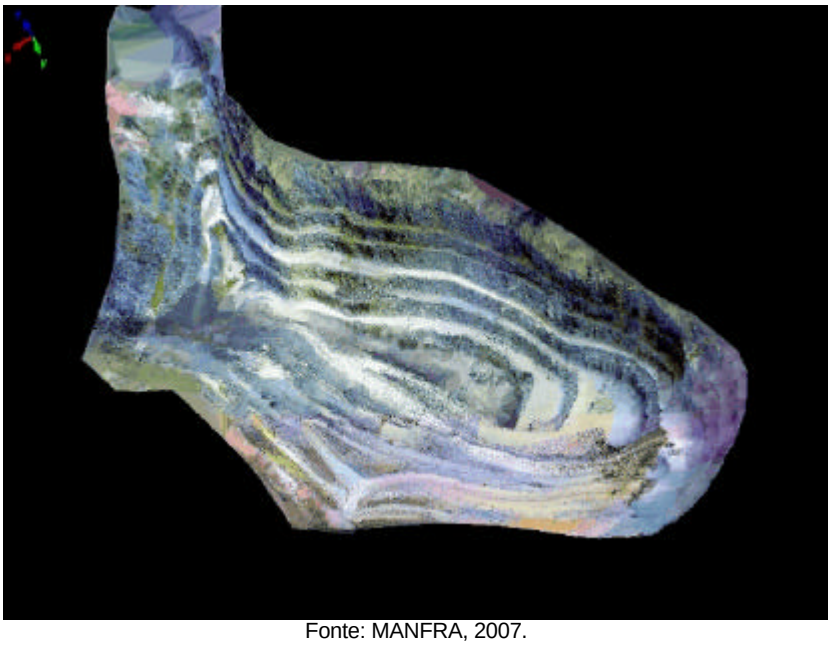
A posição é determinada pelo posicionamento dos espelhos.

Os milhões de pontos formam uma imagem tridimensional do objeto medido.



Fonte: MANFRA, 2007.

Utilizando-se de softwares especiais, permite também a elaboração de modelos tridimensionais:



Fonte: MANFRA, 2007.

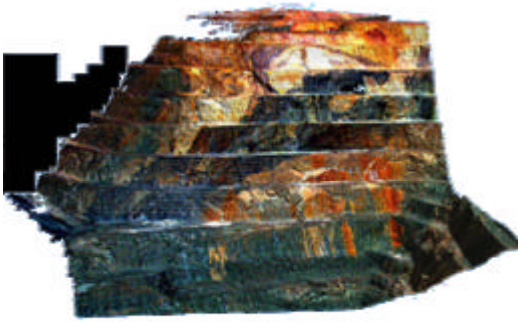
Características principais

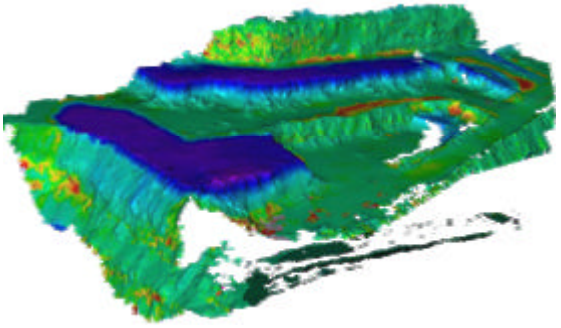
- Até 2000 pontos laser por segundo.
- Campo de visão de 40º x 40º.
- Alcance de 3 metros à 1500m.
- Portátil e de fácil transporte.
- Controlado por “PalmTop” sem fios.
- Precisão da distância de 7 mm à 100 m.
- Robusto.
- Durável.
- Completamente inofensivo aos olhos.
- Câmera de alta resolução embutida.

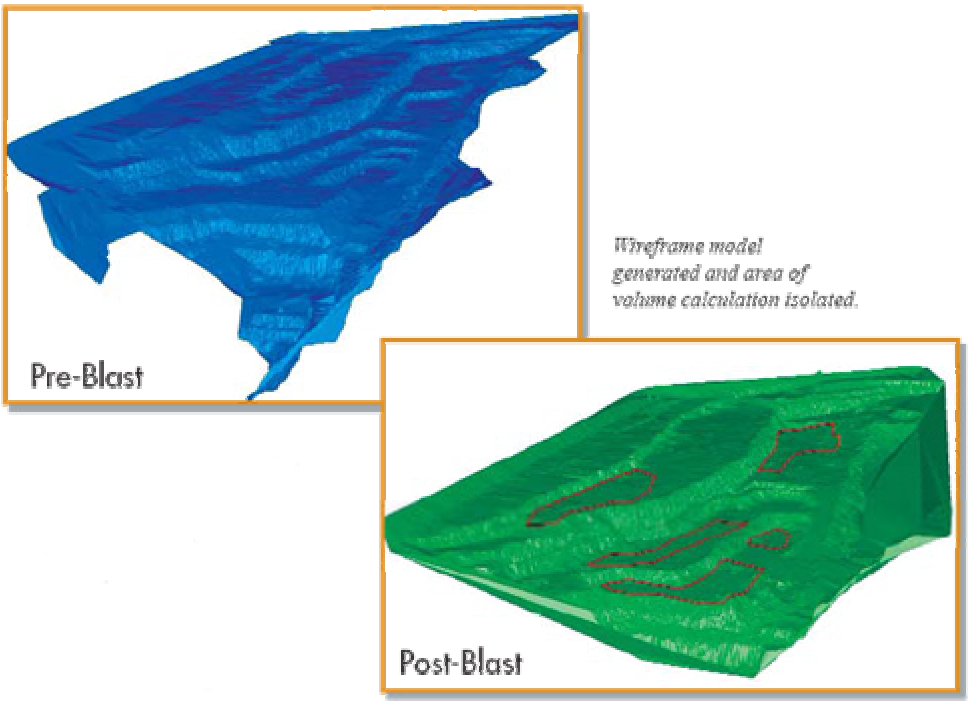
Fonte: MANFRA, 2007.

Aplicações na mineração:

- Levantamento topográfico.
- Monitoramento de taludes.
- Cálculo de volumes.
- Controle da diluição na lavra.
- Análise da estabilidade da cava.
- Análise das melhores posições para perfuração e desmonte.
- Condições de controle para as operações de abertura da mina.
- Cálculo da inclinação das paredes da mina.
- Geração de mapa geológico e das características estruturais.







Fonte: MANFRA, 2007.

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 02 – PROSPECÇÃO E PESQUISA MINERAL

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	03
2. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.	04
3. PROSPECÇÃO MINERAL.	06
4. PESQUISA MINERAL.	16
5. ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.	26
6. ANÁLISE ECONÔMICA.	28
7. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.	29
BIBLIOGRAFIA.	31

ANEXOS

I. RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA – MODELO BÁSICO.
II. RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA – MODELO DNPM.
III. MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA.
IV. BOLETINS DE SONDAGENS DIVERSAS – EXEMPLOS.
V. SOFTWARES – EXEMPLOS.

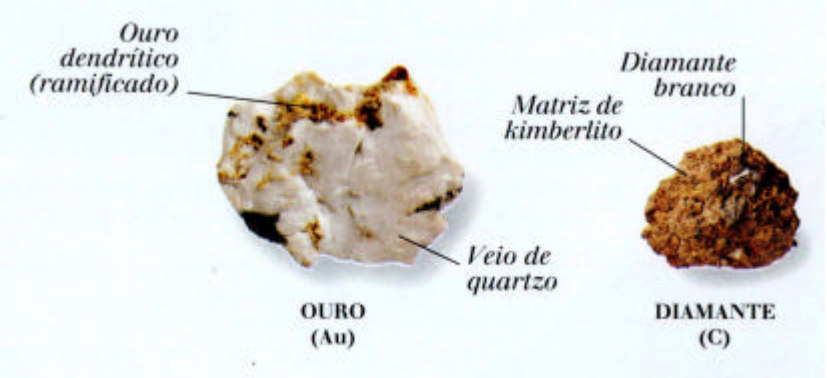
1. INTRODUÇÃO.

O desenvolvimento da cultura humana não teria sido possível sem a utilização dos bens minerais.

No início, o homem primitivo já usava pedras e peças de pedras como ferramentas e armas.

A idade da pedra lascada durou de 800.000 até 4.000 anos A.C.. No paleolítico somente fragmentos de pedra foram usados, mas no neolítico apareceram os primeiros artefatos de barro.

O primeiro metal utilizado pelo homem foi o ouro, 12.000 anos A.C.. Na idade do bronze, entre 4.000 e 1.000 anos A.C., descobriu-se como fazer ligas de cobre com estanho, chumbo, antimônio e prata, começando-se então a lavrar estes metais.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Na idade do ferro, os nossos antepassados iniciaram a produção de artefatos de ferro, inicialmente de meteoritos e, depois, de metal fundido de minério. A técnica de recuperação foi desenvolvida no Oriente Médio entre 2.000 e 1.000 anos A.C..

O petróleo foi inicialmente usado como combustível na idade do bronze. Escavações comprovaram a existência de poços de óleo no Vale do Rio Eufrates entre 6.000 e 4.000 anos A.C..

A utilização do carvão mineral também começou cedo na história mas, na Europa, ele somente foi utilizado a partir do século XVII.

Muito cedo, o homem começou a se interessar pela natureza e origens dos minerais. Em todas as épocas e culturas a geologia desenvolveu-se como ciência, nitidamente ligada às necessidades da sociedade humana.

Atualmente, o principal problema enfrentado pelo homem é o crescimento da população mundial, que acarreta inevitavelmente uma necessidade cada vez maior de produção de alimentos e de uma industrialização global, para manter e melhorar as condições de vida.

O ponto crucial desta situação é que estamos diante de um crescimento incontrolado da população, bem como de um crescimento exponencial em termos de alimentos e industrialização, definidos pelos limites impostos pela natureza.

Um destes limites é a disponibilidade de recursos naturais não renováveis, chegando atualmente quase à exaustão.

As disciplinas de geociências e engenharia de minas tem a obrigação de resolver os problemas, já bastante iminentes, de um fornecimento mais garantido, suficiente, econômico e sustentável para a indústria.

Não basta somente descobrir e desenvolver novas jazidas, mas é necessário indicar caminhos de como melhor recuperar os recursos naturais, maximizando os benefícios para a economia, minimizando gastos e perdas desnecessários, bem como preservando o meio ambiente.

2. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.

O mapa geológico destina-se a informar sobre a geologia de uma determinada região, abstraindo-se o manto de alteração. Representa a distribuição geográfica das formações geológicas e, em certos casos, dos recursos minerais que aí ocorrem.

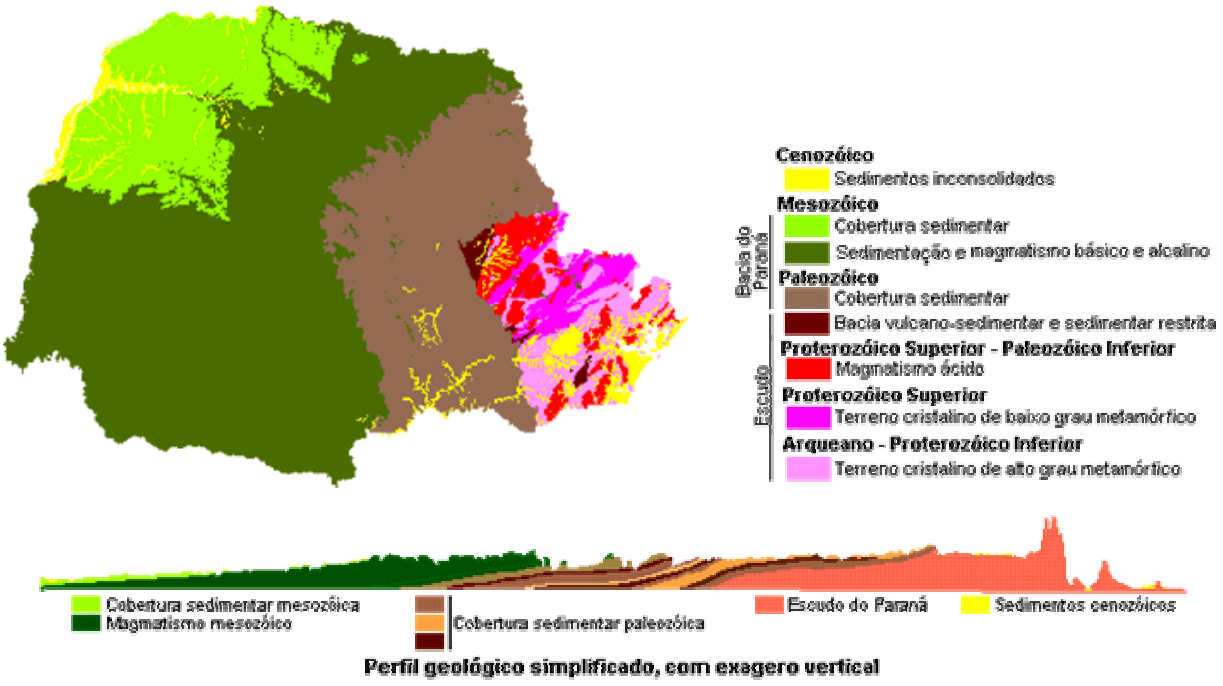
As observações geológicas são feitas diretamente no campo ou através de fotos aéreas e imagens de satélite, registradas comumente em mapa topográfico. Informações complementares podem ser ainda inferidas por interpolação dos dados existentes ao redor.

Fenômenos importantes são registrados, tais como contatos litológicos, estratigráficos e atitudes tectônicas (direção, inclinação, dobramentos, lineação, xistosidades). Estes diferentes fatos são indicados por convenções, cores ou símbolos, e seu maior ou menor número depende do nível de detalhamento pretendido.

Os terrenos geológicos da mesma idade são sempre representados com a mesma escala de cores. Rochas sedimentares recebem cores conforme suas idades. As ígneas e metamórficas, por outro lado, recebem cores padronizadas, comumente associadas a símbolos diversos. Também se pode fazer a representação dos terrenos geológicos em duas cores (branco e preto), desde que se utilizem as convenções internacionais.

A escala varia conforme as necessidades e possibilidades geológicas.

Uma legenda específica mostra a seqüência cronológica, iniciando na base com as seqüências antigas e no topo as mais modernas.



Fonte: Mineropar, 2007.

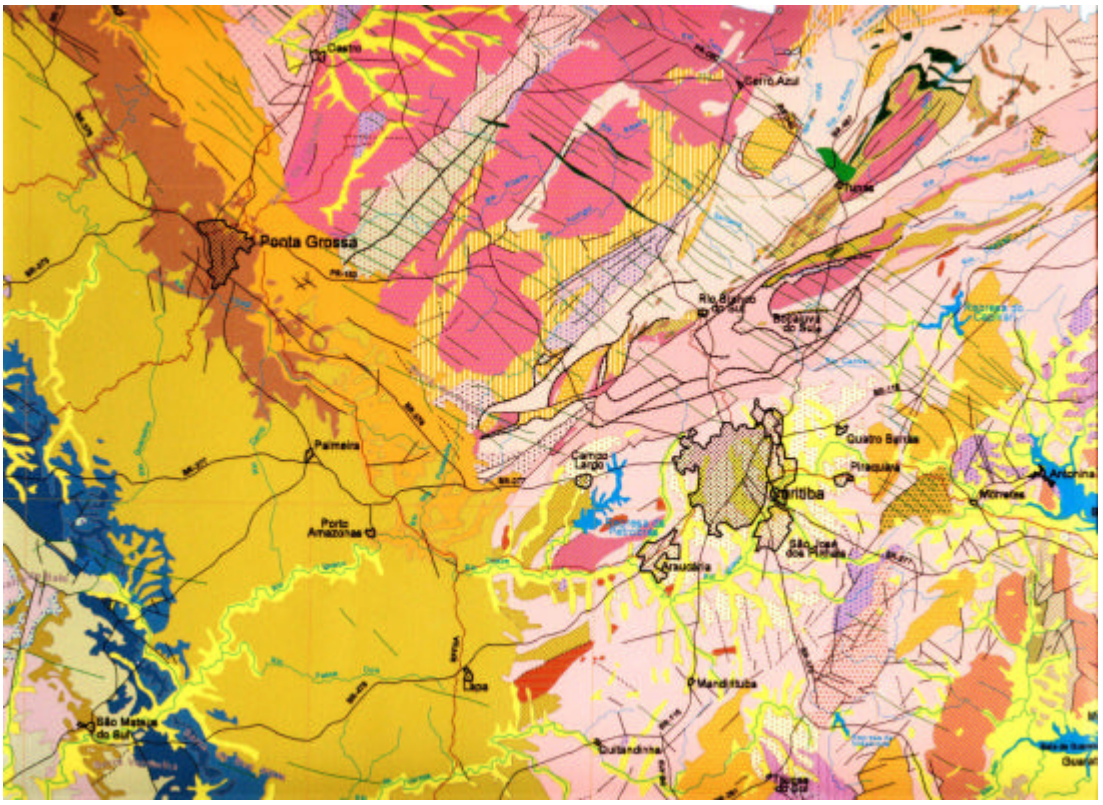
O mapa geológico de uma área é elaborado principalmente de acordo com os afloramentos existentes, indicando os diferentes tipos de rochas e as idades das formações. Representa os terrenos sem considerar a camada superficial alterada ou ainda os diferentes tipos de solo (carta pedológica). Todavia, o material superficial alterado ou a terra vegetal pode fornecer indicações para identificação da rocha matriz.

Um dos grandes obstáculos para a elaboração de uma carta geológica é a vegetação, especialmente nas florestas, onde forma uma cobertura contínua, dificultando a identificação das formações. Nas regiões semi-áridas os afloramentos tendem a ser mais visíveis e constantes.

A metodologia adotada no mapeamento geológico em regiões de clima temperado diferem daquela utilizada nas áreas onde o clima é tropical úmido ou equatorial, pois a intensa alteração química das rochas (meteorização) mascara os afloramentos existentes.

Os mapas geológicos tem grande importância científica e prática. Como exemplo destacamos a geologia econômica (recursos minerais), geomorfologia (evolução das formas de relevo), trabalhos de obras civis (geotecnia), etc.

Do ponto de vista da escala, são classificados em mapas geológicos regionais (estudos macro-econômicos, geologia teórica e ensino) ou mapas geológicos de detalhe (estudos técnicos locais).



Fonte: Mineropar, 2007.

As cartas geológicas são verdadeiras sínteses de numerosos dados e muitos ensinamentos. No entanto, é necessário o hábito de seu manuseio, para se conseguir tirar das mesmas a melhor soma de informações. Elas tem sua precisão diretamente relacionada com as pesquisas de campo realizadas pelos geólogos, bem como pela escala adotada. Estão sujeitas à evolução constante dos conhecimentos, devendo ser regularmente atualizadas.

3. PROSPECÇÃO MINERAL.

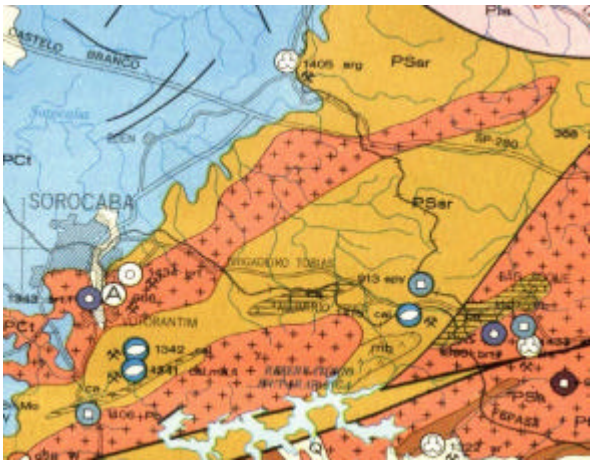
Pode-se conceituar prospecção mineral como sendo a arte / ciência de rastrear, localizar e avaliar ocorrências minerais.

Os problemas básicos da prospecção mineral podem ser definidos da seguinte maneira:

- Onde conseguir achar uma determinada substância mineral?
- Como conseguir achar uma determinada substância mineral?
- Qual é o valor de uma determinada substância mineral?

No início, o geólogo tenta definir rochas ou formações geológicas com melhores chances de concentrações minerais economicamente aproveitáveis. Depois deverá escolher os métodos de prospecção mais adequados.

Os trabalhos preparatórios para uma prospecção mineral começam com estudos de mapas geofísicos e geológicos, e com a pesquisa bibliográfica aproveitando publicações e relatórios disponíveis.



Fonte: Geoimagem, 2002.

Amostras anteriormente colecionadas devem ser examinadas, seja em museus, coleções de universidades e particulares, para obter-se uma impressão inicial. Contatos com os habitantes da região escolhida são muito válidos. É recomendável levar amostras do minério em questão ao campo para mostrar à população.

Os trabalhos de campo começam com as visitas iniciais, sejam à pé ou em veículo, para se familiarizar com o terreno. Nesta ocasião deverão ser examinados afloramentos e ou ocorrências já conhecidas.

Geralmente existem na prospecção mineral três possibilidades para iniciar os trabalhos:

- Perto de ocorrências minerais ou minas.
- Prospecção em trechos paralelos à áreas conhecidas.
- Prospecção através de sistemas de drenagem, estradas, trilhas, etc...

Em alguns casos, especialmente em regiões remotas, poderá ser usado o helicóptero e/ou avião na etapa inicial do reconhecimento.

Condição básica para o sucesso do projeto é o conhecimento profundo da geologia regional e local, das condições estruturais, além da estratigrafia e a petrografia.

Se não existe a base cartográfica, geológica e topográfica, ou se a escala não é adequada para os trabalhos a serem desenvolvidos, caberá ao geólogo mapear a área, antes de se preocupar com outros métodos de prospecção.

Cabe aqui ressaltar que o mapeamento geológico e estrutural não é específico da prospecção mineral mas, sim, a base indispensável.

Fonte: Geoimagem, 2002.

Ocorrências minerais frequentemente se encontram em posições de contatos, seja de formações geológicas ou petrográficas, ou na transição delas. Esta regra é o principal ponto para uma procura eficaz de jazidas minerais. Por outro lado, ocorrências podem desaparecer ou disseminar com contatos.

Enriquecimentos são também funções de cavidades, criadas através de eventos tectônicos, hidrotermais e de decomposição.

Quando é preciso procurar um minério específico e não existem ocorrências semelhantes deve-se analisar qual rocha poderia ser a fonte mineral. Tipicamente, as jazidas magmáticas seguem este esquema.

Além disso, pode-se estudar as condições de sedimentação e intemperismo para ganhar indicações sobre onde iniciar uma pesquisa mineral.

Quando já existem ocorrências ou minas do tipo procurado, elas podem dar indicações substanciais sobre o possível posicionamento de jazidas adicionais, por exemplo, em termos das direções de veios que podem ser paralelos, radiais, ou controlados por um sistema tectônico. Inúmeras ocorrências minerais se encontram nas laterais de grandes massas intrusivas ou em áreas de vulcanismo.

Quando o alvo da pesquisa já está bem definido, deve-se, na fase inicial, selecionar os métodos específicos mais adequados. A escolha da combinação de métodos de prospecção mais eficientes e rápidos são os trabalhos fundamentais antes de iniciar as atividades de campo.

Pode-se combinar e aplicar métodos geofísicos e geoquímicos, além de usar outros métodos convencionais paralelamente. Quem conhece uma metodologia mais diversificada e sabe aplicá-la tem mais chances de sucesso.

3.1. PROSPECÇÃO GEOLÓGICA.

Compreende os métodos clássicos e tradicionais, desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo do tempo, na busca do homem pelos recursos minerais, imprescindíveis para sua sobrevivência e bem estar social.

3.1.1. Prospecção de minerais pesados.

A atividade de garimpagem de ouro é quase tão velha quanto o homem. Desde as décadas mais remotas este metal, muito procurado, foi lavrado nos rios e riachos. Grandes impérios tiveram como base de sua riqueza, vastas áreas de garimpos de ouro, os quais, em termos de teores, muitas vezes não foram jazimentos ricos.

Semelhante à garimpagem do ouro aluvionar é o método para platina, diamantes e outras pedras preciosas.

Com os métodos modernos o campo de aplicação da prospecção de minerais pesados ampliou-se substancialmente. Pelo conhecimento da gênese de minérios encontrados nos concentrados de bateia podemos prever a tipologia de uma jazida.

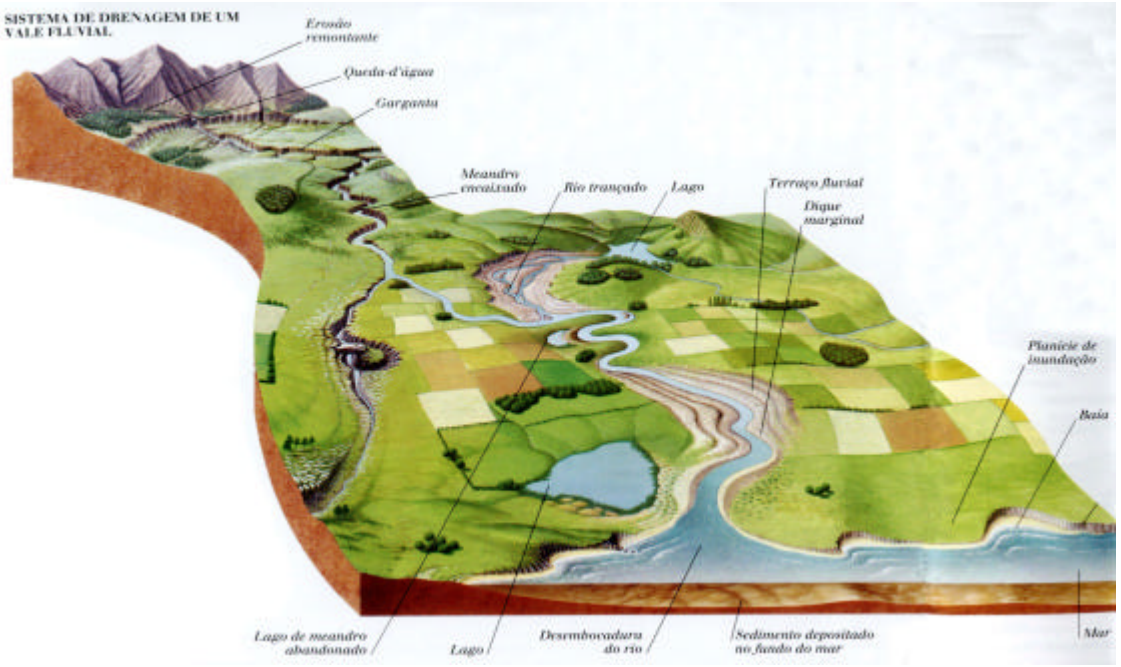
Os minerais pesados, conforme nomenclatura da petrografia de sedimentos, tem um peso específico acima de 2,9. No caso de sedimentos de corrente, o peso específico mínimo de minerais pesados é mais elevado. A maioria dos minerais economicamente importantes, concentrados em bateia, tem peso específico acima de 4,0, tendo, portanto, uma quantidade limitada de minerais a serem descobertos.

Os sedimentos com minerais pesados são o resultado da alteração de rochas e concentrações econômicas de minério. Normalmente eles não permanecem in situ mas são transportados pelo vento, água ou outros meios. Durante o transporte eles são classificados conforme o tamanho e o peso específico. Na prospecção só é considerado o transporte por correntes de água, pois a fonte do material pode ser perseguida rio acima.

Na prospecção de minerais pesados em sedimento de corrente, os equipamentos utilizados são: bateia, jogo de peneiras, lupa, contador geiger, lâmpada ultravioleta, jogo de magnetos de potencial diferente e alguns reagentes químicos.

O meio mais simples e barato para a concentração de minerais pesados é a bateia, fabricada de madeira resistente ou metal.

Com relação aos locais de amostragem, na prospecção é recomendável escolher inicialmente um sistema de drenagem de maior porte, como um rio principal de corrente elevada cortando uma região de preferência com rochas ígneas e/ou metamórficas. As drenagens em áreas de rochas sedimentares raramente fornecem resultados satisfatórios. Mas não se pode excluir estas regiões completamente.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Os lugares de amostragem mais favoráveis no início da prospecção se localizam na porção de um rio onde ocorra uma mudança da velocidade de corrente. Neste local depositam-se quantidades maiores de minerais pesados. Estes minerais concentrados podem ser identificados, principalmente através de cores escuras: marrom, preto ou marrom avermelhado.

Para se obter concentrados ricos e puros, é aconselhável contratar prospectores experientes, a fim de garantir amostras significativas e representativas.

Numa primeira fase de prospecção regional não é necessário obter estes concentrados puros mas, sim, indicações de minerais economicamente interessantes e depois perseguir as anomalias rio acima.

Após a obtenção dos concentrados, deve-se proceder à separação e identificação dos minerais pesados presentes, tanto no campo como no laboratório.

Muitas vezes é bastante difícil interpretar a distância referente à uma possível jazida, considerando-se a composição do concentrado de minerais pesados. Na primeira etapa da prospecção não se deve considerar os fatores que indicam possivelmente uma reserva economicamente aproveitável. Na continuação dos trabalhos rio acima, com uma concentração maior de minerais indicadores, deve-se interpretar as condições de transporte para estabelecer observações iniciais sobre o depósito.

Exemplos clássicos de minerais pesados passíveis de prospecção utilizando esta metodologia são: ouro, cassiterita, monazita, rutilo, ilmenita, zirconita, etc...

3.1.2. Prospecção de rochas e minerais industriais.

A prospecção de minerais industriais adota um procedimento conceitual básico semelhante ao adotado no caso anterior, devidamente adaptado para a situação em questão.

Denominam-se rochas e minerais industriais os materiais naturais que são empregados na atividade humana, não para obter metais ou energia, mas pelas suas propriedades físicas, químicas ou ornamentais, manifestas no mineral ou rocha tal qual são extraídas ou após uma transformação não metalúrgica.

As rochas e minerais industriais possuem na sua grande maioria um peso específico inferior a 3,0. Em virtude da sua enorme diversidade, que se estende praticamente a todos os materiais que se encontram na crosta terrestre, a ocorrência de jazimentos passíveis de explotação econômica é muito superior ao dos minerais pesados.

No entanto, as exigências da indústria são cada vez mais restritas, e a qualidade dos produtos exige especificações que nem todos os minerais e rochas cumprem.

Do ponto de vista de sua utilização como matéria prima, possuem algumas particularidades que, como grupo, as definem e as diferenciam dos minerais metálicos, tais como:

- Explotabilidade determinada pelo uso.
- Usos e aplicações diversificadas.
- Baixo valor no local da mina e alto valor adicional.
- Alta incidência do custo de transporte.
- Estabilidade dos preços de venda.
- Alta taxa de crescimento anual de consumo.

Assim sendo, é fundamental sua prospecção sistemática, a investigação detalhada dos possíveis jazimentos e a caracterização do material, antes de iniciar a explotação.

Na prospecção de rochas e minerais industriais, os equipamentos mais utilizados são: martelo de geólogo, canivete, lupa e alguns reagentes químicos.

Com relação aos locais de amostragem, na prospecção é recomendável escolher inicialmente um sistema de estradas e trilhas, ou ainda a malha de drenagem existente na região.

Os lugares de amostragem mais favoráveis no início da prospecção se localizam nos afloramentos existentes nas encostas rochosas, nos cortes das estradas e ao longo da calha dos rios.

Fonte: Geoimagem, 2002.

É sempre aconselhável contratar prospectores experientes, a fim de garantir amostras significativas e representativas.

Após a obtenção das amostras, deve-se proceder à separação e identificação das rochas e minerais presentes, tanto no campo como no laboratório.

A interpretação dos dados levantados na prospecção de rochas e minerais industriais, na maioria das vezes, é menos complexa do que no caso dos minerais pesados, favorecendo sobremaneira a identificação do depósito mineral.

Exemplos clássicos de rochas e minerais industriais passíveis de prospecção utilizando esta metodologia são: calcários, mármores, granitos, filitos, quartzitos, feldspatos, caulins, etc...

3.1.3. Prospecção por luminescência.

A luminescência abrange métodos com fluorescência, fosforescência e termoluminescência, todos de uma forma ou de outra, interligados.

Quando um mineral ou uma substância é agitada com energia, pode acontecer uma luminescência no escuro. Quando isto é resultado de tratamento com luz, pode ser refletida luz de freqüência maior. Também outras energias como térmica, choque e fricção podem resultar em luminescência.

Sem entrar em maiores detalhes, pode-se diferenciar os seguintes fenômenos de luminescência:

- Fluorescência é a reflexão dos minerais em várias cores durante a iluminação direta com luz ultravioleta. O fenômeno desaparece imediatamente com o fim da iluminação.
- Fosforescência é a reflexão contínua após o fim da iluminação.
- Termoluminescência é causada pelo aquecimento do mineral.

Além das lâmpadas de luz ultravioleta, podem ser usadas outras fontes de iluminação, como lâmpadas de arco voltaico, raios X e lâmpadas catódicas. Mas somente a primeira é usada para trabalhos de campo.

Antes de iniciar os trabalhos é aconselhável examinar amostras representativas de coleções. Deverão ser iluminadas com fontes de luz de diferentes freqüências e os resultados observados e anotados. Escolhe-se, então, o equipamento mais adequado. Também é vantajoso carregar uma coleção de amostras minúsculas para testes de comparação.

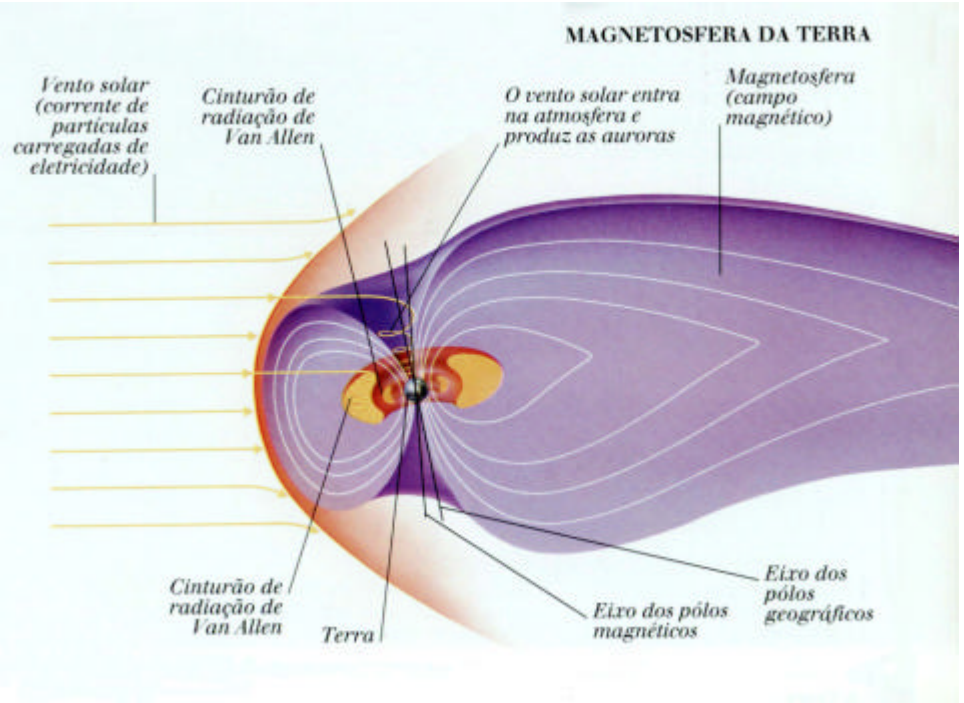
Deve-se lembrar que uma definição final raramente é possível por causa da elevada quantidade de minerais fluorescentes. São conhecidos atualmente em torno de 300 minerais diferentes com propriedades luminescentes e, além disso, as propriedades acima mencionadas são interligadas, complicando ainda mais a determinação.

Exemplos clássicos de minerais passíveis de prospecção por luminescência são: scheelita, hidrozincita, fluorita, calcita, wollastonita, etc...

3.2. PROSPECÇÃO GEOFÍSICA.

Geofísica, como o nome indica, implica haver com a física da Terra e com a vizinhança da atmosfera.

O planeta Terra possui uma grande massa gravitacional e magnética.

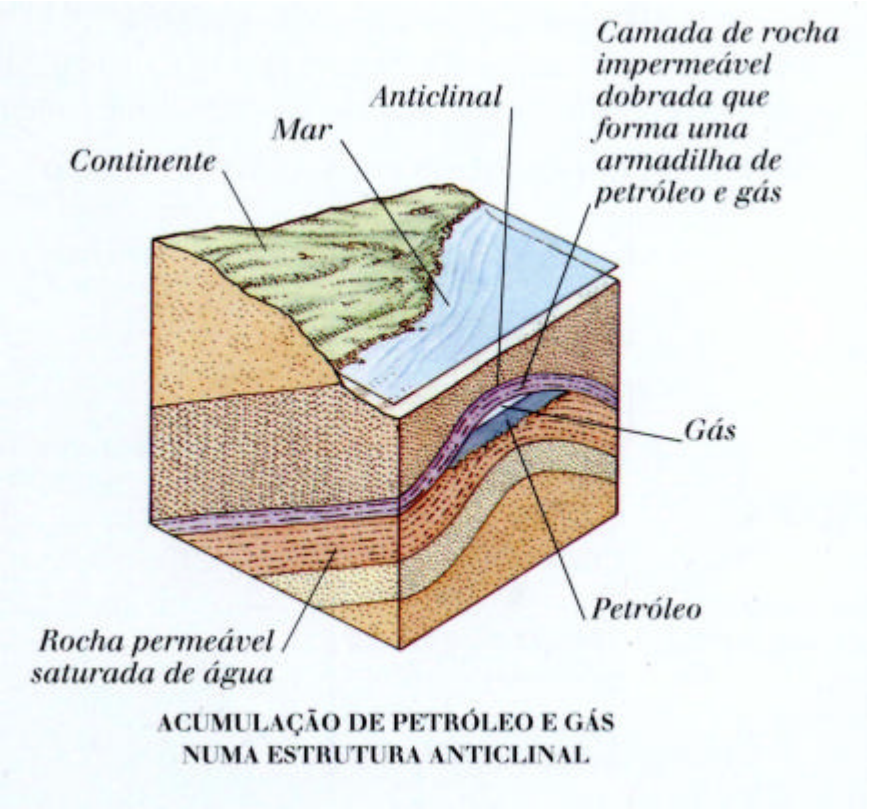


Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A continuada expansão na procura de metais e a grande demanda por petróleo e gás natural durante o último século tem levado ao desenvolvimento de muitas técnicas geofísicas de aperfeiçoamento na sensibilidade para a detecção e mapeamento de depósitos e estruturas encobertas.

Desde que a maioria dos depósitos minerais estão abaixo da superfície, suas detecções dependem daquelas características as quais os diferenciam do meio circundante.

Métodos baseados nas variações das propriedades elásticas das rochas tem sido desenvolvidos para a determinação de estruturas associadas com petróleo e gás, como as falhas, anticlinais e sinclinais, apesar destas estarem frequentemente a centenas ou milhares de metros abaixo da superfície.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

A variação na condutividade elétrica e nas correntes naturais da terra, a taxa do decaimento do potencial elétrico artificial introduzido no solo, trocas locais de gravidade, magnetismo e radioatividade, tudo isso fornece informações ao geofísico sobre as estruturas abaixo da superfície, permitindo-o determinar os lugares mais favoráveis para a localização de depósitos minerais que este procura.

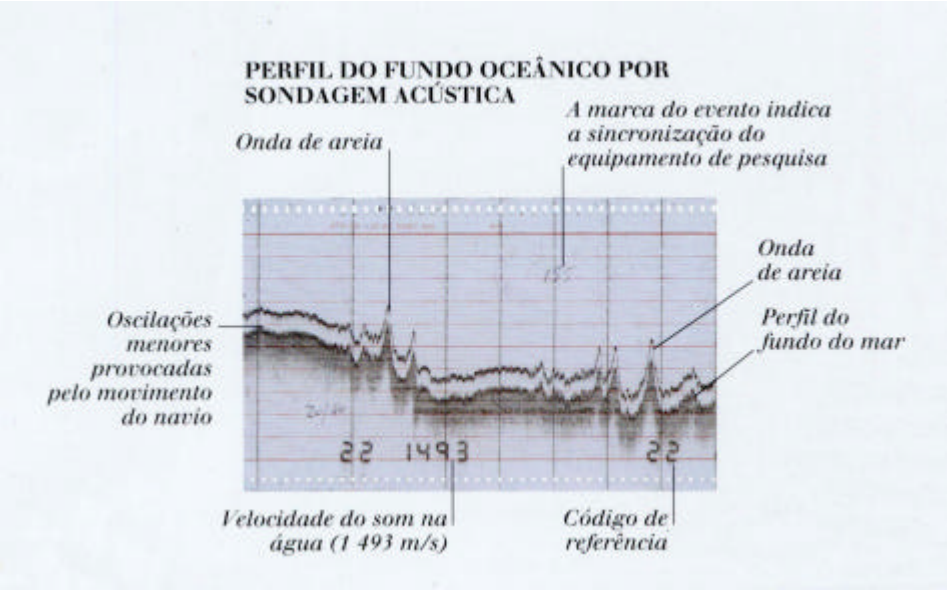
Vários dos aparelhos hoje usados pelos geofísicos foram desenvolvidos a partir de métodos utilizados para a localização de armas, submarinos e aviões durante a Segunda Guerra Mundial.

As peças de artilharia eram localizadas na França através da medida do tempo de chegada das ondas elásticas produzidas no solo pelo movimento de recuo dos armamentos; isto levou diretamente ao desenvolvimento do método de prospecção por refração sísmica.

Os submarinos eram localizados pela transmissão de pulsos sonoros abaixo d'água e medindo o intervalo de tempo entre a emissão e o retorno dos pulsos.

Já o radar, utiliza pulsos de rádio de maneira similar. Uma forma modificada chamada SHORAN tem sido largamente utilizada nos levantamentos geofísicos marinhos e aéreos.

Na prospecção geofísica tem-se uma grande vantagem, isto é, as estruturas ou depósitos a serem detectados são fixos enquanto navios, submarinos e aviões se movem.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Cabe aqui ressaltar que as técnicas geofísicas podem simplesmente detectar uma descontinuidade ou anomalia, que é onde uma região difere suficientemente de outra em alguma propriedade.

A escolha das técnicas para localizar certos minerais depende na natureza destes e das rochas encaixantes. Algumas vezes um método pode dar uma indicação direta da presença do mineral procurado, por exemplo, o método magnético quando usado para encontrar corpos magnéticos de ferro e níquel. Outras vezes o método pode dar simplesmente uma indicação indireta da possibilidade de ocorrência, como por exemplo, o método magnético usado para exploração de petróleo, como reconhecimento para indicação da profundidade do embasamento magnético e determinação da espessura dos sedimentos.

Levantamentos usando aeronaves portando métodos magnéticos, eletromagnéticos e outros são os mais rápidos meios para a determinação de anomalias geofísicas em regiões de grandes áreas. Algumas anomalias de interesse são investigadas posteriormente, com maior detalhe, usando métodos terrestres.

A ciência da geofísica aplicada é relativamente nova, estando os aparelhos, técnicas exploratórias de campo e interpretação dos dados sofrendo aperfeiçoamentos contínuos.

3.2.1. Métodos geofísicos aéreos.

- Método Magnético, consiste em medir e analisar as variações do campo magnético terrestre com a finalidade de se determinar na subsuperfície do solo a distribuição das rochas de diferentes susceptibilidades magnéticas, que causam essas variações. Usados na prospecção de minérios de ferro, níquel, petróleo e em mapeamentos geológicos regionais.

- Método Radiométrico, utiliza basicamente a radioatividade emitida por determinados elementos. Usado na prospecção de urânio e outros minérios radioativos.

- Método Eletromagnético, envolve basicamente a propagação de campos eletromagnéticos de baixa freqüência na superfície da Terra. Usado na prospecção de minerais sulfetados.

3.2.2. Métodos geofísicos terrestres.

- Magnetometria, é o mais antigo método de prospecção geofísica. Documentos datados de 1640 descrevem a utilização de bússolas para a prospecção de minério de ferro na Suécia. Atualmente, empregando instrumental mais sofisticado, a magnetometria é um dos métodos mais usados no mapeamento geológico e na prospecção mineral e de petróleo. Envolve conceitos relacionados ao magnetismo terrestre e à indução magnética.

- Método de Polarização Induzida, envolve a injeção de uma corrente galvânica no solo através de dois eletrodos, e seu efeito é detectado medindo-se a diferença de potencial através de outro dipolo, afastado do primeiro. Usado na prospecção de cobre porfirítico.

- Métodos a Corrente Alternada, geralmente chamados Eletromagnéticos ou Indutivos, baseiam-se na medida dos campos magnéticos oscilantes associados a correntes alternadas criadas em sub-superfície. Destinam-se principalmente à detecção de corpos maciços cuja resistividade elétrica seja excepcionalmente baixa em relação à encaixante. Prestam-se igualmente ao mapeamento de zonas de fraqueza, quando preenchidas por materiais bons condutores.

- Sísmica de refração, envolve a medida da velocidade de propagação de ondas elásticas produzidas no solo por ação de instrumentos de impacto ou detonações controladas. Usada na prospecção de maciços rochosos recobertos por espessas camadas de solo.

3.3. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA.

Os elevados investimentos exigidos nos trabalhos de prospecção mineral obrigam à busca de técnicas que compatibilizem baixos custos, operacionalidade e eficácia. Dentro desse contexto, desenvolveu-se a geoquímica como um dos recursos para solucionar o problema.

Utilizando-se de princípios básicos da química inorgânica, da química analítica, da minerogênese, do intemperismo e da erosão, ela tem a capacidade de “ler”, através de dados de superfície, as informações de sub-superfície incapazes de serem observadas diretamente.

Suas características básicas (economia, rapidez, objetividade e algumas vezes especificidade) permitem torná-la o método mais adequado na busca de mineralizações, em qualquer nível de trabalho de uma campanha de exploração mineral.

As suas quatro etapas principais (amostragem, análises, interpretação e processamento de dados) são simples, independentes no tempo e no espaço, mas intimamente inter-relacionadas e inter-dependentes no contexto global de uma campanha de exploração mineral.

A exeqüibilidade da prospecção geoquímica se dá na medida que uma ocorrência ou depósito mineral constitui uma concentração extraordinária (anomalia) de um ou mais elementos químicos na crosta, em contraste com os baixos teores (teor normal) desses mesmos elementos nas rochas vizinhas.

Durante os processos primários, intracrustais, de posicionamento de mineralizações, ocorre a migração, difusão, dispersão de elementos químicos através de suas vizinhanças, quer seja por formação de apófises, por processos de hidrotermalismo ou durante a fase pneumatolítica. Como conseqüência as rochas encaixantes da mineralização se tornam impregnadas (ou destituídas) de determinados elementos.

Forma-se então, um halo de dispersão em volta do corpo mineralizado. As dimensões e as formas desses halos, primário e secundário, são variáveis em função de uma série de fatores. As dimensões são obviamente muito superiores ao do próprio depósito mineral, ampliando sensivelmente o alvo a ser perseguido e, eventualmente detectado, pela prospecção geoquímica.

Contendo uma farta gama de informações, os produtos originados do intemperismo, espalhados por extensas áreas, constituem um excelente material facilmente amostrável e objeto das campanhas de prospecção geoquímica, distinguindo-se os solos e sedimentos de corrente ativos e inativos.

Influenciados por esses produtos, a água, vegetação e o ar também são materiais de fácil alcance para amostragem, e portadores de úteis informações sobre a dispersão secundária de elementos químicos.

Ao se comparar a prospecção geoquímica com a prospecção geofísica e a geológica, fica óbvio que a geoquímica pode ser considerada como um método direto. Enquanto a geofísica e a geologia indicam áreas promissoras, favoráveis à presença de mineralização, a geoquímica também as indica, e mais, dá uma idéia qualitativa do que se pode esperar, porque detecta dispersões anômalas de elementos químicos ou seja, concentrações extraordinárias, as quais com certeza pertencem à suíte mineralógica do depósito. A medida das concentrações de um ou mais elementos químicos (ou compostos químicos) nos halos de dispersão é o parâmetro usado pela geoquímica na busca de índices anormais identificadores da presença de anomalias na crosta.

A geoquímica aplica-se largamente à prospecção de depósitos de cobre, chumbo, zinco, níquel, cobalto, cromo, urânio, tungstênio, ouro e estanho, entre outros.

3.3.1. Amostragem Geoquímica.

A amostra é a mais importante ferramenta de trabalho do geoquímico de prospecção. Sendo o processo de amostragem tão vital, torna-se óbvio a necessidade de se ter consciência, conhecimento e domínio dos seus princípios para se alcançar resultados conclusivos em cada etapa dos trabalhos.

Coleta-se qualquer material de ocorrência natural, desde que esteja disponível para uma amostragem de distribuição espacial ampla, que permita verificar as variações características entre diversos pontos ou segmentos de uma região, área ou alvo.

São coletadas usualmente amostra de sedimentos fluviais, solos, concentrados de bateia, rochas, águas, vegetação, solos de nascentes, bem como outros materiais.

3.3.2. Análises Geoquímicas.

A análise geoquímica é outra ferramenta de trabalho cujos princípios e etapas devem ser conscientes e cuidadosamente entendidos para sua perfeita, objetiva e eficaz elaboração e aproveitamento profícuo.

Todas as amostras de matérias coletados passam por uma etapa de preparação prévia à análise propriamente dita, envolvendo basicamente secagem, desagregação, homogeneização e quarteamento.

Segue-se o ataque ou abertura química, utilizando-se reagentes específicos para solubilização dos elementos de interesse, ou ainda fusões ácidas ou alcalinas.

A determinação dos teores presentes se faz utilizando-se técnicas analíticas como espectrofotometria de absorção atômica, colorimetria e espectrometria de fluorescência de raios X, entre outras.

3.3.3. Interpretação dos Resultados.

A geoquímica não procura a mineralização diretamente, mas anomalias indicativas da presença de minério.

Interpretar dados analíticos é transformá-los em informações úteis que nos permitam distinguir as amostras de teor normal daquelas de teores anômalos, bem como diferenciar os padrões anômalos relacionados à mineralização daqueles similares originados de fatores naturais ou artificiais irrelevantes.

3.3.4. Processamento de Dados.

Em vários casos, quando os dados analíticos estão listados e plotados em mapas, o reconhecimento de anomalias merecedoras de trabalhos subseqüentes tornam-se relativamente simples.

Mas nem sempre é tão fácil assim, principalmente se considerarmos o fato de que a grande maioria dos levantamentos geoquímicos envolvem um número grande de amostras (centenas a milhares) e que cada uma foi analisada para seis ou mais elementos químicos.

O tempo e o esforço para tabular e plotar esse volume de dados é, sem dúvida, muito grande e há que se considerar a possibilidade de erros e o tempo para verificações e retificações. Acresça-se o tempo consumido na avaliação e interpretação desses resultados.

A necessidade da utilização da informática e softwares específicos é fundamental para a agilização e otimização de todo o processo.

4. PESQUISA MINERAL.

Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exeqüibilidade do seu aproveitamento econômico.

A pesquisa mineral compreende, entre outros, trabalhos de campo e de laboratório, tais como levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente, estudos dos afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos de detalhe, abertura de escavações visitáveis e execução de sondagens no corpo mineral, amostragens sistemáticas, análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagem, ensaios preliminares de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis, para obtenção de concentrados de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial. A definição da jazida resultará da coordenação, correlação e interpretação dos dados colhidos nos trabalhos executados e conduzirá a uma medida das reservas e dos teores.

A exeqüibilidade do aproveitamento econômico resultará da análise preliminar dos custos de produção, dos fretes e do mercado.

4.1. ESCAVAÇÕES.

Após localizar uma ocorrência por meio de prospecção, mapeamento de afloramentos e descobertas de mineralizações, deve-se tentar conhecer a posição geológica, a forma do depósito, sua extensão, as reservas e os teores.

As escavações rasas aumentam a área de afloramentos. Capeamento alterado e solos são removidos para pesquisar mais detalhadamente o depósito.

No início da prospecção, as escavações são localizadas conforme as necessidades, ou seja, em áreas com poucos ou sem afloramentos e em porções chaves da ocorrência. Depois pode-se trabalhar em malhas definidas.

Após obter uma visão geral da extensão da ocorrência, começa a escavação sistemática de trincheiras. No caso da ocorrência de veios, as trincheiras são dispostas perpendicularmente à direção da mineralização, começando num afloramento mineralizado e estendendo as escavações até chegar nas rochas encaixantes, e às vezes continuando para verificar possíveis mineralizações paralelas. A seguir, as trincheiras são mapeadas e amostradas.

Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 2000.

Para se conhecer uma ocorrência em profundidade é preciso abrir poços ou galerias de pesquisa conforme as condições morfológicas. No caso de regiões montanhosas, é preferível usar galerias que podem ser abertas de forma mais simples e rápida. Frequentemente poços tem limitações de profundidade por causa de águas subterrâneas. Eles também podem ser abertos até uma certa profundidade limitada pela ventilação e o perigo de desabamento. Neste caso deve-se sondar com furos rasos, usando equipamento simples para evitar custos elevados.

Furos mais profundos (a partir de 40 metros) só devem ser considerados na base de um reconhecimento detalhado da ocorrência, pois a sondagem, além de ser um dos métodos mais caros, também é o tipo de pesquisa com maior grau de risco. O sucesso da sondagem pode ser bastante incerto conforme a descontinuidade da ocorrência e a distribuição do minério. A localização de um furo de sonda depende dos resultados desejados. Nas perfurações inclinadas de grande profundidade deve-se considerar o desvio do furo.

Quando terminada a exploração através de trincheiras, poços, galerias e sondagens, começa normalmente a fase de lavra experimental, com objetivo de testar as condições físicas do material a ser lavrado e as rochas encaixantes, sob condições de mineração e recuperar amostras representativas de maior quantidade, com objetivo de iniciar testes de beneficiamento.

4.2. TIPOS DE JAZIMENTOS.

Já durante a fase de escavações tenta-se entender o tamanho e a extensão de uma ocorrência. Jazidas economicamente aproveitáveis normalmente são concentradas num espaço definido.

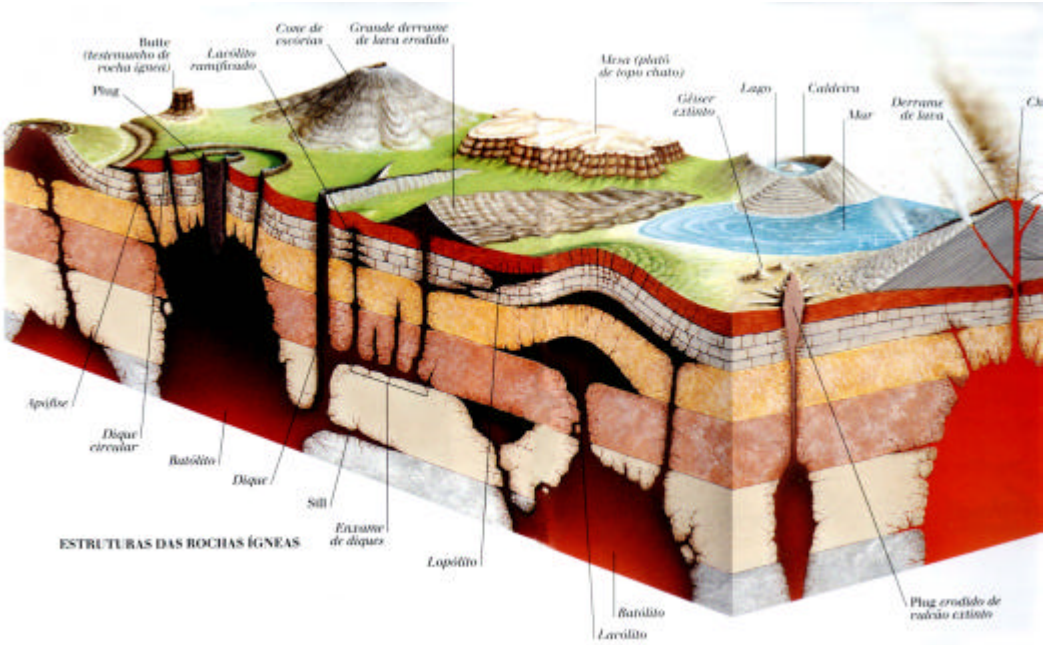
Podem ser distinguidos quatro tipos principais, podendo haver transição entre eles: pipes, ninhos, camadas e veios.

- Pipes são corpos irregulares cortando as rochas encaixantes discordantemente, sendo o eixo principal, vertical ou sub-vertical, de extensão maior da jazida. São principalmente rochas magmáticas de composição gabróica ou peridotítica, sendo os principais elementos cromo, platina, cobalto, ferro, titânio, cobre, níquel, arsênico, manganês, vanádio com mineralizações de cromita, platina, diamante, ilmenita, titanomagnetita e amianto.

- Ninhos são corpos semelhantes a pipes, mas sem extensão maior numa direção definida, com transição difusa nas encaixantes, tipicamente metassomáticos. Jazidas pegmatíticas podem mostrar a mesma configuração. Mineralizações típicas são cromita e cobre.

- Camadas são caracterizadas pelas grandes extensões em duas direções principais. As mineralizações normalmente são paralelas às camadas ou à xistosidade. Podem ser de origem sedimentar, metassomática ou magmática líquida. Mineralizações principais são carvão, itabirito, bauxita, calcário, etc...

- Veios são jazidas mais freqüentes, normalmente em forma de lentes ou bolsões, cortando sistemas de xistosidade discordante. São principalmente ligados a eventos tectônicos. Os elementos principais são estanho, tungstênio, berílio, lítio, urânio, molibdênio, tântalo, nióbio, ouro, mercúrio, zinco, chumbo, arsênico, ferro, antimônio, bismuto, cobre, enxofre, bário, manganês, estrôncio, césio, formando jazidas de cassiterita, wolframita, berilo, espodumênio, uraninita, molibdenita, columbita, scheelita, moscovita, corindom, zircão, apatita, ilmenita e terras raras.



Fonte: A Terra, Editora Ática, 2002.

Todas as jazidas são limitadas em termos de extensão. Uma camada se fecha conforme mudanças no ambiente de sedimentação, distância das fontes, condições morfológicas, falta de alimentação de material durante a sedimentação, etc...

No caso de veios é importante observar que o minério pode terminar com uma mudança de rochas encaixantes e pode voltar a ser mineralizado quando reentrar na primeira encaixante ou numa rocha quimicamente semelhante.

Na profundidade, o minério pode diminuir e dar lugar para o mineral principal de ganga, por exemplo, quartzo ou calcita.

Esses processos devem ser minuciosamente observados para se calcular as reservas.

As diferenças primárias de profundidade de mineralização, são relacionadas a condições durante a gênese da jazida e se manifestam em mudanças na composição mineral da mesma. Jazidas hidrotermais de baixa temperatura (Cu, Pb, Zn) também indicam diferenciações de minerais, um fenômeno que não é aparente em depósitos de alta temperatura (Co, Ni, U).

Diferenciações secundárias são os resultados de processos de alteração, dependendo de parâmetros climáticos, químicos, temperaturas, circulação de água, etc...

Zonas de oxidação alcançam profundidades de até 300 metros em regiões tropicais resultando em enriquecimentos supergênicos.

Quando esclarecida a extensão e o comportamento de uma jazida, começam os trabalhos de decapeamento através de trincheiras, poços, galerias e furos de sondagem para recuperação de amostras.

4.3. SONDAGENS.

A sondagem consiste basicamente na perfuração de um poço tubular, destinado à pesquisa geológica (poço estratigráfico), para prospecção e pesquisa mineral, para extração de água, salmoura, petróleo ou gás, para verificar a profundidade da rocha firme e as características do solo sobrejacente e para colocar as cargas explosivas na prospecção geofísica pelos métodos sísmicos, entre outros.

As sondagens podem ser feitas com trados manuais, com tubos de cravação, com trépano suspenso em cabo (sonda de percussão), com trépano fincado em hastes conectáveis e com sondas rotativas.

Nestas últimas, o corte da rocha pode ser feito com coroas diamantadas ou com bits especiais.

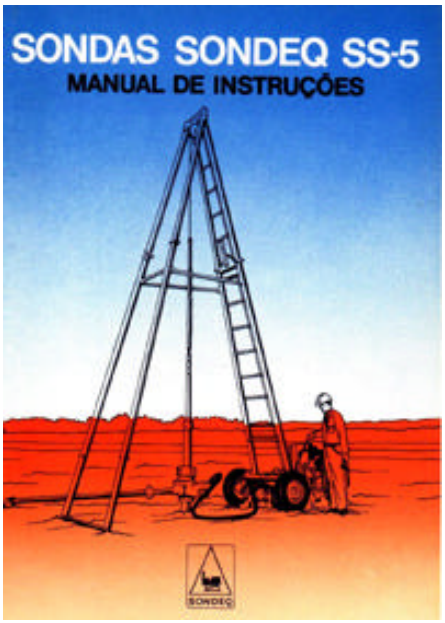
4.3.1. Sondagem a Trado.

É o método mais simples e barato, aplicado principalmente na amostragem de materiais inconsolidados como solos e aluviões. Pode ser manual ou motorizado, utilizando ferramentas simples e de fácil operação. Atinge profundidades de até 30 metros.

Fonte: Geoimagem, 2002.

4.3.2. Sondagem Percussiva.

Trata-se de um método tradicional de custo ainda acessível. Utiliza uma ferramenta chamada trépano, suspenso em cabo de aço, que é alçado com auxílio de um guincho e depois deixado cair, rompendo a rocha por ação percussiva. As amostras de material desagregado são recolhidas por uma outra ferramenta especial. Aplica-se na sondagem de rochas de baixa dureza, bem como na perfuração de poços de água, atingindo profundidades de até 100 metros.

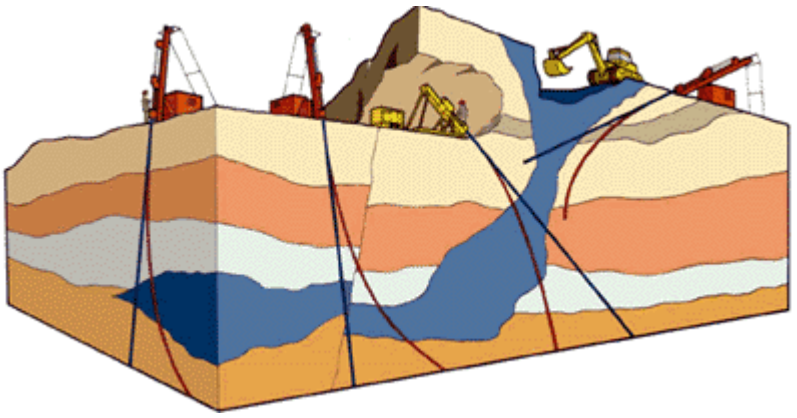


Fonte: Sondeq, 2007.

4.3.3. Sondagem Rotativa.

A sondagem rotativa a diamante é o método mais utilizado na pesquisa mineral, definindo jazidas e subsidiando o desenvolvimento da lavra.

Utilizando equipamentos de porte variável, montados em caminhões, tratores e esteiras, são obtidas amostras (testemunhos) desde a superfície até grandes profundidades, que retratam fielmente as características físicas, químicas e geológicas das rochas atravessadas.



Fonte: Geoimagem, 2002.

A sondagem rotativa a diamante é executada por dois métodos diferentes: convencional e “wire line”.

No método convencional, após concluído o corte de um segmento de rocha (testemunho), o conjunto cortante (barrilete e hastes de perfuração) é alçado até a superfície para coleta do testemunho. Essa operação de retirada e introdução do conjunto é o que se chama de manobra. À medida que a profundidade do furo aumenta, essas manobras tornam-se mais demoradas e, por isso, o método é mais adequado às sondagens rasas, até 100 metros.

Fonte: Maquesonda, 2007.

No método “wire line”, as hastes de perfuração tem diâmetro interno maior que o do tubo externo do barrilete de amostragem. Assim, através de um engenhoso sistema de acoplamento, após cada manobra de corte do testemunho, somente o tubo do barrilete é alçado à superfície, por cabo de aço tracionado por guincho e passando por dentro das hastes de perfuração, sem a necessidade de manobras. O método é indicado para furos profundos, podendo a sondagem ser levada até extensões de 1.600 metros, com testemunhagem contínua.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

4.3.4. Sondagem Rotopercussiva.

A sondagem rotopercussiva obtém amostras das rochas perfuradas através do impacto de uma ferramenta especial (“button bit” ou broca tricônica), que utiliza ar comprimido como fluido circulante em hastes de paredes duplas.

O ar injetado pelo espaço anelar, entre a haste e a camisa interna, carreia até a superfície os fragmentos de rocha (“cuttings”), onde os mesmos são recuperados em ciclone e as amostras obtidas acondicionadas em sacos plásticos.

A utilização de martelo pneumático de fundo (DTH), com reversão de ar na face do “button”, “bit” ou broca com insertos de carbeto de tungstênio, proporciona uma amostragem contínua e sem contaminações, com elevados índices de recuperação. A descrição geológica das amostras é facilitada pelo tamanho dos fragmentos obtidos.

A sondagem rotopercussiva é executada por dois métodos diferentes: “rotary” e circulação direta.

Na perfuração “rotary” são utilizadas hastes especiais e a ferramenta cortante são brocas tricônicas. Como fluido é usada lama de perfuração com rígido controle de viscosidade e densidade. A amostra é desagregada continuamente, sendo coletada na superfície através de peneiras concentradoras.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

A sondagem rotopercussiva com circulação direta é comumente utilizada na indústria mineral para perfuração de furos para desmonte de rochas ou economicidade na obtenção de amostras volumosas de material rochoso. Um “bit” com botões de metal duro, acoplado a um martelo especial através de hastes de perfuração, é impactado e gira por ação do ar comprimido, pulverizando as rochas atravessadas. O material proveniente da perfuração é coletado diretamente na boca do furo, ou através de um aparato especial.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

4.4. AMOSTRAGEM.

A avaliação de um depósito mineral pela amostragem nunca é absolutamente precisa, já que se baseia em resultados parciais e suposições. O erro previsível depende dos métodos de amostragem e das técnicas de suposições, que são funções das massas e suas distribuições. Consequentemente, não existe um método literalmente válido. A precisão da avaliação de reservas depende da natureza da jazida e do objetivo pretendido. O erro de avaliação é a somatória de todos os erros singulares que devem ser definidos minuciosamente.

Conforme o tamanho do depósito mineral, são amostrados apenas de 1 a 2 % da reserva medida.

4.4.1. Amostragem Visual.

É o mais inadequado de todos os métodos de amostragem pois depende muito da experiência e da visão do amostrador. Existe sempre a tendência inconsciente de se querer escolher porções mais ricas em minério ou amostras de aspecto visual mais agradável ou bonito.

A amostra é recolhida de um lugar qualquer de um afloramento, uma trincheira, um poço ou uma galeria. A metragem de minério e de material estéril faz parte deste tipo de amostragem, que é seguida de um cálculo preliminar. É um procedimento relativamente vantajoso, barato e rápido de executar.

No entanto, havendo condições de se utilizar outros métodos, é preferível descartar a amostragem visual.

4.4.2. Coleção de Amostras.

Este método é semelhante à amostragem visual, com a diferença de que, neste caso, são removidos pedaços de rocha e minério fisicamente, seja em afloramentos, poços, trincheiras ou galerias. Devido aos fatores acima mencionados, este método também é dependente da pessoa que conduz o trabalho. Somente pequenas quantidades são removidas, com representatividade limitada.

O procedimento tem a vantagem de ser fácil, rápido e barato, podendo ser controlado usando-se um segundo amostrador cobrindo as mesmas áreas.

A coleção de amostras rende resultados mais eficientes quando é executada em linhas contínuas ou malhas definidas, na hipótese do material recolhido ser homogêneo.

4.4.3. Amostragem de Canal.

É um método mais caro, resultando porém em dados mais confiáveis. São normalmente realizadas amostragens de canais perpendiculares à direção da mineralização.

A amostragem é sempre feita da capa para a lapa. Os canais, no caso de rochas de baixa dureza, possuem de 10 a 15 centímetros de largura e de 5 a 8 centímetros de profundidade. Quanto mais grosso o minério, mais profundos devem ser os canais.

As distâncias entre os canais variam de 10 a 20 metros, conforme o tipo de jazimento. Uma vez escolhida a distância, ela deve ser mantida durante todo o serviço.

Numa mineralização irregular as distâncias entre os canais devem ser reduzidas para a faixa de 5 a 10 metros.

As dimensões de corte devem ser constantes em todos os canais e a extensão deve cobrir a largura inteira do depósito.

Fonte: Geoimagem, 2002.

4.4.4. Amostragem de Pó de Perfuratriz.

Um equipamento muito utilizado para sondagem de minérios rochosos é a perfuratriz roto-percussiva, normalmente destinada à perfuração para desmonte por explosivos.

Em virtude da relativa facilidade de disponibilização deste tipo de equipamento, este procedimento é adotado tanto na fase de pesquisa quanto na fase de controle de lavra.

A coleta da amostra se faz diretamente na boca do furo ou utilizando-se um sistema automático acoplado à perfuratriz. Conforme o comportamento do corpo mineralizado, as amostras podem ser recolhidas em intervalos diferenciados.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

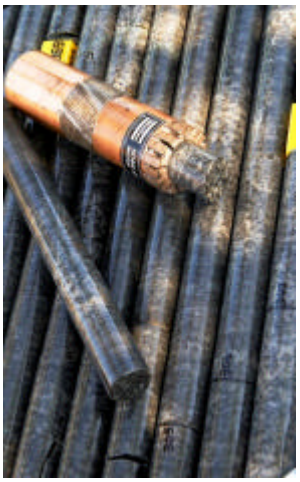
O material obtido, por estar pulverizado, presta-se apenas para fins de análises químicas.

É um método rápido e econômico em áreas já conhecidas.

4.4.5. Testemunhos de Sondagem.

A condição básica para a recuperação de testemunhos de sondagem é a característica física do material a ser perfurado. Podem acontecer perdas de material mole ou extremamente duro, baixando a recuperação até níveis inaceitáveis. A recuperação da lama de sondagem para fins analíticos não deve ser considerada, tendo em vista o fato dela sempre conter uma concentração de materiais pesados resultantes da perfuração.

Após ser descrito petrograficamente, o testemunho é normalmente bipartido longitudinalmente. Uma parte é arquivada e a outra é utilizada para fins de análises físicas e químicas, ou até fabricação de lâminas.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

4.4.6. Amostras de Pá.

O material mineralizado recuperado de escavações de trincheira, galerias ou poços pode ser usado para primeiros testes semi-industriais de beneficiamento. Neste caso, pode-se recolher um certo número de pás, em intervalos regulares, durante o processo de carregamento.

Sob a condição de uma amostragem uniforme, trata-se de um método barato, relativamente rápido e muito eficiente.

4.4.7. Amostras de Lavagem.

Esse tipo de amostragem é aplicável especialmente em jazidas sedimentares não compactadas, onde o minério tem um peso específico mais elevado que a ganga. O método é semelhante à coleção de amostras ou amostragem de canal, só existe uma diferença no tratamento posterior e na determinação dos teores de minerais presentes.

A amostragem é feita em trincheiras, poços ou com a utilização de equipamentos simples de sondagem. O peso da amostra é determinado, o material, classificado, homogeneizado, quarteado e lavado com bateia ou equipamento similar.

4.4.8. Tratamento de Amostras.

Após a descrição, classificação e registro, a amostra é preparada para fins analíticos e mineralógicos. São realizados os trabalhos de britagem, moagem, classificação, homogeneização e quarteamento, retirando-se alíquotas específicas e representativas da amostra inicial, destinadas aos ensaios pertinentes.

4.5. ENSAIOS PRELIMINARES DE BENEFICIAMENTO.

Já durante a fase de pesquisa mineral são iniciados os primeiros testes de beneficiamento para saber se uma ocorrência mineral é tratável e então economicamente aproveitável, tendo em vista que uma jazida só tem valor quando é viável a transformação de um bem mineral num produto comercializável.

Estes trabalhos são necessários para evitar gastos desnecessários na pesquisa mineral, no caso que não tenha condições de tratamento do minério.

São utilizadas técnicas de caracterização tecnológica, cominuição, classificação, concentração gravimétrica, separação magnética, flotação, filtragem e secagem entre outras.

Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 2004.

5. ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS.

Uma equipe de pesquisa mineral, após terminar os trabalhos de campo e de pesquisa no laboratório, dispõe de uma variedade de informações e dados analíticos, os quais ela obrigatoriamente deve transformar num relatório, onde são claramente apresentados os resultados compilados e as conclusões da equipe, em termos de geologia, mineralogia, jazidas, reservas e viabilidade econômica.

O objetivo de um relatório de pesquisa é documentar os trabalhos realizados, os resultados obtidos, o valor de uma jazida, as condições de aproveitamento para habilitar os encarregados a tomarem decisões, continuação dos trabalhos e elaboração de projetos de lavra.

Em vários países é obrigatório também apresentar tais relatórios às agências responsáveis do governo para obter as devidas aprovações.

5.1. APRESENTAÇÃO GRÁFICA DA JAZIDA.

Uma parte principal e integrante do relatório é a cartografia. Um bom desenho, mapa, perfil ou seção é mais fácil para entender do que um texto longo e complexo.

Este fato é válido especialmente para a descrição de uma jazida, podendo ser realizado através de seções horizontais e inclinadas, tanto na superfície quanto na profundidade, perfis, diagramas tridimensionais e até modelos.

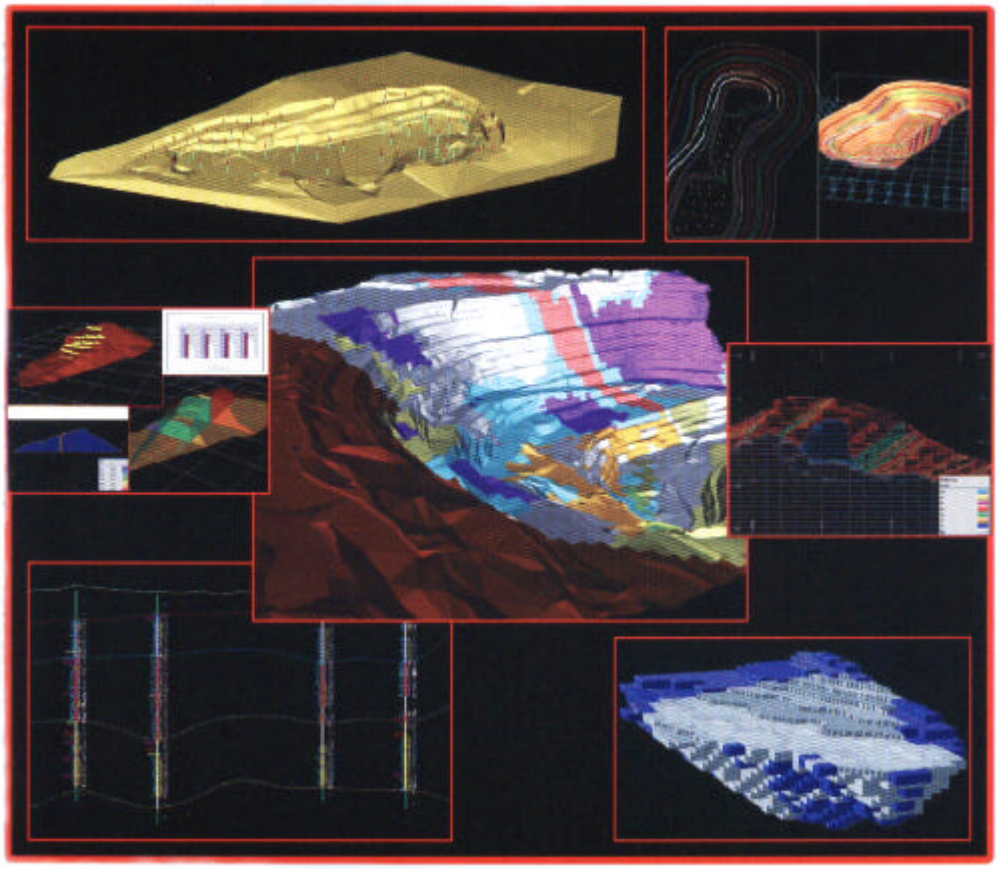
A seção horizontal é a projeção planimétrica horizontal na superfície ou na profundidade de uma jazida ou de uma área mineralizada. Para se demonstrar a continuação de uma mineralização, utilizam-se seções horizontais em níveis pré determinados.

A seção vertical é a projeção no eixo vertical que se orienta normalmente paralelo à direção da jazida.

Já os perfis se distinguem em longitudinais e transversais, sendo os segundos os mais importantes. Os perfis transversais são normalmente colocados perpendiculares à direção da mineralização, sendo utilizados como base para certos métodos de cálculo de reservas. Perfis longitudinais são, mais ou menos, paralelos à direção ou à extensão máxima horizontal das jazidas, sendo preparados para fins geológicos orientativos.

Outro método de descrição gráfica é o diagrama de blocos. Para conseguir uma visão tridimensional de uma ocorrência mais complexa pode-se adotar este método combinando perfis longitudinais e transversais.

Hoje em dia, softwares especiais facilitam sobremaneira esse tipo de trabalho.



Fonte: Datamine, 2007.

5.2. ESQUEMA DOS RELATÓRIOS DE PESQUISA.

No final de cada avaliação de jazida, prepara-se o relatório final de pesquisa, ou parecer específico, para se atender às exigências pertinentes.

Os esquemas contidos nos Anexos I e II, detalham de forma básica o relatório final de pesquisa para fins de controle interno e o relatório final de pesquisa para fins de atendimento ao DNPM Departamento Nacional da Produção Mineral.

Cabe aqui ressaltar que os referidos esquemas podem ser modificados conforme condições de uma determinada jazida mas, de um modo geral, servem como modelos para o controle da execução de um projeto.

6. ANÁLISE ECONÔMICA.

O homem pré-histórico já explorava as minas para obter as pedras e os metais de que necessitava para a construção de seus abrigos e armas.

Jazida e mina não se confundem. São diferenciadas pelo critério de sua utilização industrial. Jazida pressupõe a existência de reserva mineral em depósito, em seu estado natural. Mina indica a sua exploração a nível econômico. Mas não basta a existência da reserva, nem seu potencial econômico. Há de ter valor econômico efetivo. Sua exploração deverá ser tecnicamente viável e com demanda suficiente para viabilizar o empreendimento.

A análise econômica visa a obtenção de parâmetros do fluxo de caixa do empreendimento, possibilitando assim, a análise de viabilidade técnico-econômica da implantação do projeto.

A avaliação de rentabilidade de um empreendimento é usualmente realizada pelo método da taxa interna de retorno, ou seja, pelo cálculo de taxa juros que torna o investimento feito equivalente ao fluxo de caixa obtido.

Para realizar esta avaliação, costuma-se adotar as seguintes premissas:

- Amortização dos investimentos ao longo do tempo.
- Investimentos entram no fluxo de caixa no período de implantação (ano zero) e as reposições são feitas nas datas pertinentes.
- Para todos os equipamentos é considerado um valor residual de 20% do investimento, após sua vida útil. Os investimentos em construções civis e infra-estrutura são considerados sem valor residual.
- Considera-se um capital de giro equivalente a 3 meses de operação.
- Escala de produção e vida útil compatíveis com as reservas medidas.
- Análise econômica para um período máximo de 20 anos.
- Custos de produção.
- Receitas previstas.
- Considera-se a incidência de todos os tributos aplicáveis ao empreendimento.

A simulação do fluxo de caixa do empreendimento fornece a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente (VP) para uma pré-determinada taxa de atratividade ao ano.

A tabela contida no Anexo III detalha o modelo de fluxo de caixa para um empreendimento fictício.

7. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.

O regime de aproveitamento de minas e jazidas minerais, por sua relevância, sempre mereceu tratamento constitucional. Reflete a intervenção do Estado na economia, dentro de um avançado conceito de propriedade, relevando a sua função econômica e social.

Núcleo de toda a atividade mineral, a jazida e a mina tem como características essenciais a sua natureza imobiliária, a sua autonomia em relação ao solo, a rigidez locacional e a exaustão das reservas.

A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, no seu artigo 176 destaca que "as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra".

O Código de Mineração regula os direitos sobre as jazidas e minas, os regimes de seu aproveitamento e a fiscalização federal da atividade.

O Departamento Nacional da Produção Mineral DNPM, do Ministério de Minas e Energia, criado pelo Decreto 23.979 de 08/03/1934, é o órgão competente para a execução do Código de Mineração, de seu Regulamento e, para fiscalizar as atividades concernentes à mineração, à indústria e ao comércio de matérias primas minerais.

No Brasil, cinco regimes jurídicos presidem, concomitantemente o aproveitamento dos recursos minerais:

- Regime de Concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia.
- Regime de Autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor Geral do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.
- Regime de Licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.
- Regime de Permissão de Lavra Garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor Geral do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.
- Regime de Monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal.

São transcritos a seguir alguns textos contidos no Código de Mineração, relativos ao capítulo da Pesquisa Mineral.

Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exeqüibilidade do seu aproveitamento econômico.

A autorização de pesquisa será outorgada pelo DNPM a brasileiros, pessoa natural, firma individual ou empresas legalmente habilitadas, mediante requerimento do interessado, de acordo com os procedimentos legais pertinentes.

A área objetivada em requerimento de autorização de pesquisa ou de registro de licença deverá estar livre.

O prazo de validade da autorização será de dois anos, passível de prorrogação por mais um ano, na forma da legislação vigente.

Os trabalhos necessários à pesquisa serão executados sob a responsabilidade profissional de engenheiro de minas, ou geólogo, habilitado no exercício da profissão.

As autorizações de pesquisa ficam adstritas às áreas máximas que forem fixadas em portaria pelo Diretor Geral do DNPM.

O titular de autorização de pesquisa poderá realizar os trabalhos respectivos, e também as obras e serviços auxiliares necessários, em terrenos de domínio público ou particular, abrangidos pelas áreas a pesquisar, desde que pague aos respectivos proprietários ou posseiros uma renda pela ocupação dos terrenos e uma indenização pelos danos e prejuízos que possam ser causados pelos trabalhos de pesquisa, observadas as regras legais pertinentes.

Realizada a pesquisa e apresentado o relatório exigido o DNPM verificará sua exatidão e, à vista de parecer conclusivo, proferirá despacho de aprovação, não aprovação ou arquivamento do relatório.

O titular, uma vez aprovado o relatório final de pesquisa, terá um ano para requerer a concessão de lavra, e, dentro deste prazo, poderá negociar seu direito à concessão, na forma prevista pela lei.

Cabe aqui ressaltar que, quando a pesquisa mineral for requerida em áreas especiais (reservas indígenas, regiões de fronteira, áreas de preservação ambiental, etc...) ou implicar diretamente em impactos ambientais significativos, sua autorização estará sujeita à consulta prévia aos órgãos legais pertinentes (CONAMA, FUNAI, etc...).

BIBLIOGRAFIA

COLTRINARI, L. *A Terra.* Editora Ática, 2002.

DANA, J. D. *Manual de Mineralogia.* Livros Técnicos e Científicos Editora, 1976.

DNPM, MME *Métodos e Técnicas de Pesquisa Mineral.* Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministério de Minas e Energia, 1985.

FREIRE, W. *Comentários ao Código de Mineração.* Aide Editora, 1995.

FREIRE, W. *Direito Ambiental Aplicado à Mineração.* Editora Mineira, 2005.

GEOIMAGEM *Documentos Técnicos.* Geoimagem S/C Ltda., 2002.

LEINZ, V.; AMARAL, S.E. *Geologia Geral.* Companhia Editora Nacional, 1975.

NÚCLEO DE TECNOLOGIA MINERAL & CERÂMICA *Documentos Técnicos.* SENAI PR, 2004.

PINTO, U.R. *Consolidação da Legislação Mineral e Ambiental.* Brasília, 2005.

SITES

ATLAS COPCO : www.atlascopco.com

DATAMINE : www.datamine.co.uk

MAQUESONDA : www.maquesonda.com.br

MINEROPAR : www.pr.gov.br/mineropar

SONDEQ : www.sondeq.com.br

ANEXO I

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA – MODELO BÁSICO

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA - BÁSICO

Nome da ocorrência e minério principal, local, distrito, etc...

A. GENERALIDADES.

- Introdução (projeto, tempo de trabalho, etc...).
- Localização geográfica da área e infra-estrutura.
- Condições climáticas.
- Histórico da jazida (descoberta, trabalhos anteriores, detentores, etc...).

B. TRABALHOS REALIZADOS.

- Levantamentos topográficos e geológicos.
- Trabalhos geofísicos.
- Trabalhos geoquímicos.
- Outros trabalhos (escavações, sondagens, lavra experimental, etc...).
- Amostragem (métodos, mapas, quantidades, qualidades, amostras, etc...).

C. GEOLOGIA.

- Geologia regional (tectônica, estratigrafia, petrografia, etc...).
- Origem da jazida (primária ou secundária).
- Classificação da jazida (idade, tipo, etc...).
- Tectônica da jazida (folhas regionais e locais, dobramento, etc...).
- Rochas e acamamento.
- Características das mineralizações (forma, espessura, encaixantes, etc...).

D. MINERALOGIA.

- Composição petrográfica (estruturas, texturas, zonas de oxidação, etc...).
- Minerais aproveitáveis (propriedades físicas, químicas, etc...).
- Resultados dos testes de beneficiamento.

E. CÁLCULO DE RESERVAS.

- Método de cubagem.
- Definição das dimensões predominantes.
- Distribuição do minério e estéril.
- Definição dos blocos de cubagem.

F. CONDIÇÕES DE APROVEITAMENTO NA LAVRA.

- Propriedades físicas das rochas encaixantes (capa e lapa).
- Hidrologia (água superficial, água subterrânea, umidade do minério, etc...).
- Regime de pressão das rochas presentes.

G. AVALIAÇÃO FINAL.

- Avaliação da jazida e possibilidades.
- Proposta para lavra e investigações adicionais.

H. ANEXOS.

- Mapas (regional, local, geológico, seções, perfis, etc...).
- Tabelas (amostragem, análises, espessuras, teores, etc...).
- Fotos (aéreas, escavações, lâminas, etc...).
- Endereços relevantes.
- Bibliografia.

IDENTIFICAÇÃO DO TÉCNICO RESPONSÁVEL.

ANEXO II

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA – MODELO DNPM

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA – DNPM

I. IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO.

- Nº DNPM.
- Nº do Alvará de Pesquisa.
- Data da assinatura e da publicação do Alvará no DOU.
- Substância(s) mineral(is) requerida(s).
- Substância(s) mineral(is) pesquisadas.

II. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.

- Denominação do imóvel.
- Distrito, Município e Estado.
- Distrito do DNPM.

III. IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR.

- Nome.
- Grupo empresarial.
- Endereço completo.
- Técnico responsável e Carteira do CREA Nº.

IV. NOVO MEMORIAL DESCRITIVO DA ÁREA.

1. GENERALIDADES.

1.1. INTRODUÇÃO.

- Apresentação do Processo DNPM - Histórico.
- Informações sobre a(s) substância(s) mineral(is): tipos, usos e finalidades.

1.2. FISIOGRAFIA.

- Morfologia.
- Drenagem.
- Clima.
- Vegetação.

1.3. INFRA-ESTRUTURA.

Localização:

- Vias de acesso e escoamento.
- Comunicação.
- Disponibilidade de energia.
- Materiais de construção.
- Águas.

Aspectos econômicos regionais e locais:

- Condições gerais.
- Mão de obra.
- Indústrias. Agropecuária, etc...

1.4. CONHECIMENTOS REGIONAIS.

- Trabalhos realizados anteriormente.
- Descrição da geologia regional.
- Estratigrafia.
- Referências.

2. METODOLOGIA.

2.1. TRABALHOS TOPOGRÁFICOS.

2.2. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.

- Escalas.
- Amostragens.

2.3. GEOQUÍMICA.

- Métodos.
- Malhas.
- Amostragens.
- Análises.

2.4. GEOFÍSICA.

- Métodos.

2.5. ESCAVAÇÕES.

- Trincheiras.
- Poços.
- Galerias de pesquisa.
- Amostragens.

2.6. SONDAGEM.

- Equipamento.
- Diâmetro.
- Perfilagem.

2.7. TRABALHOS DE LABORATÓRIO.

- Equipamentos.

- Métodos.
- Preparação.
- Análises.
- Estudos petrográficos.

2.8. CÁLCULO DAS RESERVAS.

- Descrição do método de cálculo das reservas.

2.9. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO.

2.10. LAVRA EXPERIMENTAL.

3. RESULTADOS OBTIDOS.

3.1. TRABALHOS TOPOGRÁFICOS.

3.2. MAPEAMENTO GEOLÓGICO.

- Geologia de detalhe (estrutural e litoestratigráfica).
- Mineralização.

3.3. GEOQUÍMICA.

- Descrição e comentários (análises e anomalias).
- Tabelas.

3.4. GEOFÍSICA.

- Descrição e comentários (análises e anomalias).
- Tabelas.

3.5. ESCAVAÇÕES.

- Trincheiras.
- Poços.
- Galerias de pesquisa.
- Análises.

3.6. SONDAGEM.

- Testemunhos (recuperação).
- Perfis de sondagem.
- Análises.

3.7. CÁLCULO DE RESERVAS.

- Reserva medida.
- Reserva indicada.

3.8. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO.

3.9. LAVRA EXPERIMENTAL.

3.10. CRONOGRAMA DOS TRABALHOS REALIZADOS.

3.11. CRONOGRAMA DOS INVESTIMENTOS REALIZADOS.

4. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.

4.1. RESERVAS.

- Reservas geológicas.
- Caracterização da mineralização (gênese, classificação, condicionamento).
- Potencial.

4.2. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO.

5. EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DA LAVRA.

5.1. ANÁLISE DE MERCADO.

5.2. ESPECIFICAÇÃO E VOLUME DE PRODUÇÃO.

5.3. PREVISÃO DE INSUMOS.

5.4. ORGANIZAÇÃO DO PROJETO.

5.5. CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO.

5.6. AVALIAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA.

6. CONCLUSÕES.

7. OBSERVAÇÕES.

LISTAGEM DE ANEXOS.

- Mapa de situação.
- Mapa topográfico.
- Mapa geológico da área pesquisada.
- Mapas e perfis geológicos de detalhe.
- Mapas e perfil estruturais de detalhe.
- Mapas de localização dos trabalhos de pesquisa realizados.
- Mapa geológico com anomalias geoquímicas.
- Mapa geológico com anomalias geofísicas.
- Perfis de sondagem.
- Planta tridimensional dos corpos mineralizados.
- Boletins de análises físicas e químicas.
- Fichas petrográficas.
- Bibliografia.

ANEXO III

MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA

MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA

1. ESCALA DE PRODUÇÃO.

REGIMES OPERACIONAIS						
ESCALA DE PRODUÇÃO		PARTIÇÃO DOS PRODUTOS				
17,0	t/h = alimentação	%	Produto	t/hora	t/mês	t/ano
25	dias por mês	35%	Feldspato	5,4	3.213	38.556
24	horas/dia - 3 turnos	35%	Areia Feld.	5,4	3.213	38.556
600	horas / mês	30%	Rejeito	4,6	2.754	33.048
7200	horas / ano	**100%**	**Total**	**15,3**	**9.180**	**110.160**
90%	Eficiência da operação					

PARÂMETROS DA JAZIDA			
RESERVAS LAVRÁVEIS DO PROCESSO		PARÂMETROS ANUAIS DE LAVRA	
4.766.340	Toneladas de minério residual	110.160	Toneladas de minério lavrado
1,85	Densidade "in situ" do minério	1,85	Densidade "in situ" do minério
0	Relação estéril minério = R	0	Relação estéril minério
43,3	Vida útil do empreend. (anos)	59.546	Volume anual de minério lavrado
2.576.400	Volume minério "in situ" (m3)	**4.962**	Vol. mensal de minério "in situ"
3.220.500	Volume minério empolado (m3).	6.203	Volume mensal empolado

2. INVESTIMENTOS.

	INVESTIMENTOS		
1- UNIDADE DE PRÉ CONCENTRAÇÃO			
ÍTEM	*DESCRIÇÃO BÁSICA*	*Total R$*	*HP*
AC-01	Alimentador de correia 24" x 4m	7.500,00	2
TC-02	Transportadortador de correia 16" x 6m	6.000,00	3
MG-01	Moega de alimentação, metálica, cap.15m3	10.000,00	-
PV-01	Peneira rotativa, dimensões 1,2 x 6,0 m	45.000,00	10
SR-01	Secador rotativo capacidade de 17 t/h.	75.000,00	15
TC-01	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
TC-03	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
TC-04	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
	TOTAL ÁREA 1	**176.500,00**	**45**

2 - OUTROS ÍTENS DE INVESTIMENTO			
	DESCRIÇÃO BÁSICA	*Total R$*	*% Tt 1*
	Equipamentos e materiais elétricos	10.590,00	6%
	Estruturas metálicas e caldeiraria	14.120,00	8%
	Montagem	14.120,00	8%
	Miscelâneas e contingências	17.650,00	10%
	TOTAL ÁREA 2	**56.480,00**	

3- EDIFICAÇÕES			
Área(m2)	*DESCRIÇÃO BÁSICA*	*R$/m2*	*Total R$*
40	Escritório	350	14.000,00
8	Guarita	200	1.600,00
20	Refeitório	400	8.000,00
20	Vestiário	350	7.000,00
60	Manutenção	200	12.000,00
	TOTAL ÁREA 3		**42.600,00**

4 - INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS		*Total R$*
	Desenvolvimento da frente de lavra	10.000,00
	Acessos	6.000,00
	Terraplenagens	4.000,00
	Engenharia consultiva	10.000,00
	TOTAL DA ÁREA 4	**30.000,00**

5- LICENCIAMENTO AMBIENTAL		*Total R$*
	Elaboração do PAE	10.000,00
	Relatório Ambiental Preliminar	15.000,00
	EIA/RIMA	25.000,00
	Taxas diversas	5.000,00
	TOTAL DA ÁREA 5	**55.000,00**

RESUMO DOS INVESTIMENTOS			
ÌTEM	**DESCRIÇÃO BÁSICA**	*Total R$*	**%**
1	UNIDADE DE PRÉ CONCENTRAÇÃO	176.500,00	48,95
2	OUTROS ÍTENS DE INVESTIMENTO	56.480,00	15,66
3	EDIFICAÇÕES	42.600,00	11,81
4	INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS	30.000,00	8,32
5	LICENCIAMENTO AMBIENTAL	55.000,00	15,25
	TOTAL DOS INVESTIMENTOS	**360.580,00**	100,00

AMORTIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS		**Anos**	**R$/ano**
	Lavra e auxiliares - itens 4 e 5	5	17.000,00
	Beneficiamento - itens 1 e 2	10	23.298,00
	Edificações - item 3	20	2.130,00
	TOTAL DA AMORTIZAÇÃO/ANO		**42.428,00**

3. CUSTOS.

			CUSTOS			
1. CUSTOS DA LAVRA TERCEIRIZADA						
Custos de lavra praticados para material friável, desmonte e carregamento por pá-carregadeira transporte do minério por caminhão até 500 metros e carregamento dos produtos finais						
R$	**Discriminação dos preços individuais**			t/mês		
3,20	Por tonelada de produto vendido			6.426		
2,20	Por tonelada de rejeito gerado			2.754		
1,40	Por tonelada de solo orgânico armazenado			459		
27.264,60	Custo mensal da lavra terceirizada.					
4,24	**R$/t Lavra e carregamento**					
327.175,20	Custo anual da lavra terceirizada					

2. CUSTO DA MÃO DE OBRA					
Função	**Salário**	**N.Func.**	**Encargos(%)**	**Tt mensal**	**Tt anual**
	R$/mês		**80%**	R$	R$
Encar. Geral	600,00	1	480,00	1.080,00	12.960,00
Aux. Adm.	400,00	1	320,00	720,00	8.640,00
Operadores	400,00	3	960,00	1.360,00	16.320,00
Vigia	400,00	1	320,00	720,00	8.640,00
Total		**6**	**2.080,80**	**3.880,00**	**46.560,00**
0,60	**R$/t mão de obra**				

3- CUSTO DA MANUTENÇÃO			
			R$
Investimento em equipamentos			176.500,00
	% ao ano	8,00%	
	R$ ao mês	1.176,67	
	R$ ao ano	14.120,00	
0,18	**R$/t manutenção**		

4 - CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA					
	HP	Kwh	Custo médio Kwh com demanda		
Potência	45	33,56	R$		
			0,15		
Cons. Mês	Kwh	20.134			
Cons.ano	Kwh	241.611			
0,47	**R$/t energia elétrica**				

5- CUSTO DA SECAGEM				
	Kg/t	R$/Kg	R$/mês	R$/ano
Óleo combustível - BPF	4,80	0,62	27.319,68	327.836,16
4,25	**R$/t secagem**			

6 - CUSTOS AMBIENTAIS	
0,15	**R$ / t de custos ambientais**
1.377,00	Custo ambiental mensal
16.524,00	Custo ambiental anual

Resumo dos custos da lavra e do beneficiamento				
Item	Custo prod	Tt mês	Tt Ano	%
1	4,24	27.264,60	327.175,20	42,58
2	0,60	3.880,00	46.560,00	6,06
3	0,18	1.176,67	14.120,00	1,84
4	0,47	3.020,13	36.241,61	4,72
5	4,25	27.319,68	327.836,16	42,66
6	0,15	1377,00	16.524,00	2,15
Total	**9,90**	**64.038,08**	**768.456,97**	100,00

4. FLUXO DE CAIXA.

Item/ano				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produtos (t/ano)	110.160	100,00%		110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160
PC1 - Pré Concentrado 1	38.556	35,00		38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
PC2 - Pré Concentrado 2	38.556	35,00		38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
PC3 - Pré Concentrado 3	33.048	30,00		33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048
Faturamento (R$/ano) = Fa	R$/t.	100,00		1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0
PC1 - Pré Concentrado 1	30,00	65,42		1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0
PC2 - Pré Concentrado 2	15,00	32,71		578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0
PC3 - Pré Concentrado 3	1,00	1,87		33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0
Impostos e Royalties Totais = Ip	22,72%			401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0
ICMS	12,00%			212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2
COFINS	3,00%			53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0
PIS	0,65%			11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4
CFEM	1,69%			29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3
ROYALTIES	5,00%			88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4
CPMF	0,38%			6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7
Custos Operacionais (R$/ano) = Co	768.457,0			768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0
Depreciação = Dp	42.428,00	R$/ano		42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00
Lucro Bruto Anual= Lb = (Cx - Dp)		R$/ano		555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0
IRPJ = IR	35%	R$/ano		194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3
Lucro Líquido Anual = Li = (Lb - IR)		R$/ano		361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7
Caixa = Cx = (Fa-Co-Ip)		R$/ano		403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
Capital de giro = Cg		3 meses		256.152,3									
Taxa de juros = i (%/ano)	18,50			1,185	1,404	1,664	1,972	2,337	2,769	3,281	3,888	4,607	5,460
Valor Presente (Inv. e caixa) = VP	R$	2.241.657,9		147.336,4	340.496,8	287.339,1	242.480,2	204.624,7	172.679,0	145.720,7	122.971,1	103.773,0	87.572,2
Taxa Interna de Retorno = TIR	%	80,27%	-360.580,0	147.336,4	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
			360.580,0										
" Pay Back"	anos	1,00											

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160
38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048
1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0
1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0
578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0
33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0
401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0
212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2
53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0
11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4
29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3
88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4
6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7
768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0
42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00
555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0
194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3
361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7
403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
6,470	7,667	9,085	10,766	12,758	15,118	17,915	21,229	25,156	29,810
73.900,6	62.363,4	52.627,3	44.411,2	37.477,8	31.626,9	26.689,3	22.522,6	19.006,5	16.039,2
403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7

ANEXO IV

BOLETINS DE SONDAGENS DIVERSAS - EXEMPLOS

BOLETIM DE SONDAGEM A PERCUSSÃO

N.º: 04/05

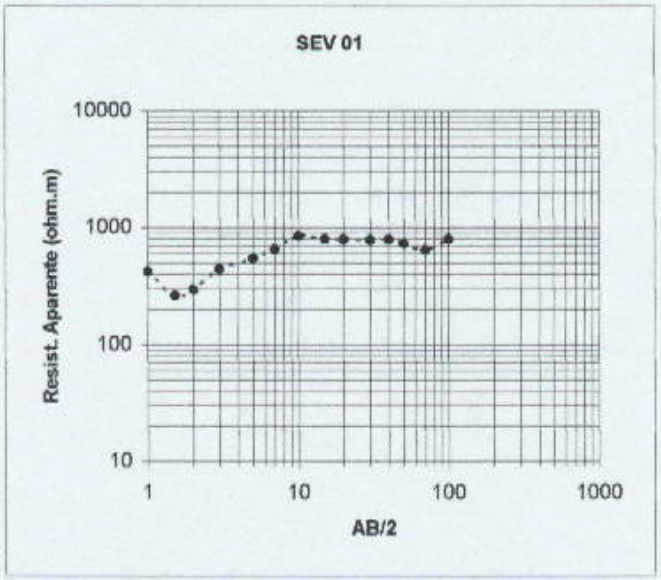
CONTRATANTE:	EXECUTORA: GEOIMAGEM S/C LTDA.

PROJETO: FELDSPATO	COORDENADAS DO FURO	EQUIPAMENTO	
LOCAL: SITIO RANCHARIA	X:	TIPO: SPT	
MUNICÍPIO: SOROCABA - SP.	Y:	Ø EXT.REV.: 63,50	mm
FURO: SR-SOR-SPT-O4	Z (m): ____ Z (m): ____ ____ m	Ø EXT.AMST.: 50,80	mm

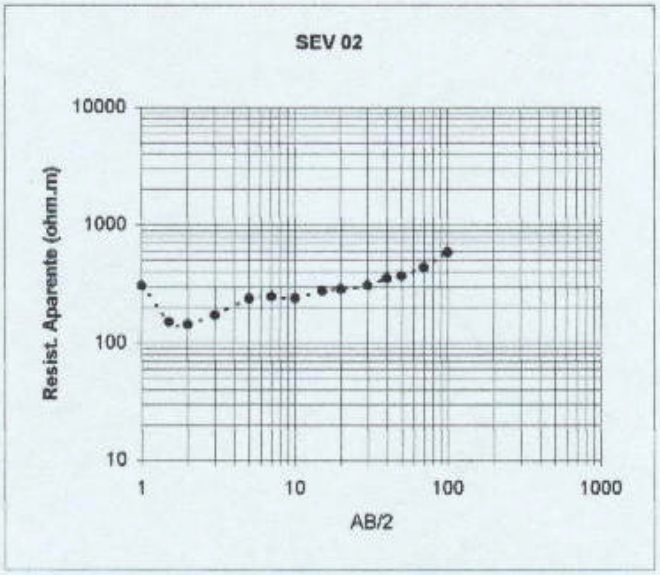
N.A. (1)	AVANÇO/ TESTEMUNHO De (m)	Até (m)	Inf. (m)	Trnp (m)	Amst (nº)	CAMADA Prof. (m)	Perfil	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA
0	0,00	0,90			1	0,35		SOLO ORGÂNICO ARENO-ARGILOSO COM FRAGMENTOS DE QUARTZO, COR CINZA ESCURO A VARIEGADO.
	0,90	2,00			2	1,30		SOLO ARENO- ARGILOSO COM FRAGMENTOS DE QUARTZO, COR AMARELO A VARIEGADO.
	2,00	3,00			3	2,90		MANTO DE INTEMPERISMO DE GRANITO, POUCO COMPACTO ARENO ARGILOSO MICÁCEO COM FRAGMENTOS DE FELSPATO CAOLINIZADO, COR BRANCO AMARELADO.
	3,00	3,97			4			
	3,97	5,00			5			
5,00	5,00	6,00			6			
	6,00	7,00			7			MANTO DE INTEMPERISMO DE GRANITO, POUCO COMPACTO ARENO ARGILOSO MICÁCEO COM PÓRFIROS DE FELDSPATO SEMI ALTERADOS, COR CINZA CLARO.
	7,00	8,00			8			
	8,00	9,00			9			
	9,00	10,00			10			
10,00	10,00	11,00			11	10,30		
10,99 N.A.	11,00	12,00			12	12,00		MANTO DE INTEMPERISMO DE GRANITO, COMPACTO, ARENO ARGILOSO MICÁCEO COM PÓRFIROS DE FELSPATO POTÁSSICO PRESERVADOS, COR RÓSEO CLARO.
12,00								
15,00								
20,00								

(1) TC - Trado Concha, TE - Trado Helicóidal, AM - Amostrador, LV - Lavagem.

Fonte: Geoimagem, 2003.



Camadas	Esp.(m.)	Res.(Wm.)	Prof. (m.)
1	0,3	1538	
2	0,7	110	0,3
3	7,3	1772	1,0
4	18,1	269	8,3
5		2072	26,4



Camadas	Esp.(m.)	Res.(Wm.)	Prof. (m.)
1	0,3	1625	
2	0,8	80	0,3
3	4,8	324	1,1
4	20,1	254	5,9
5		1110	26,0

Fonte: Geoimagem, 2003.

ANEXO V

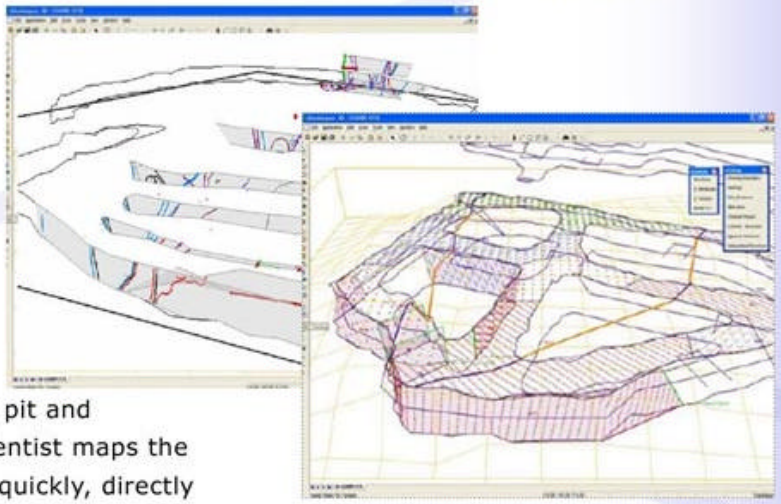
SOFWARES - EXEMPLOS

MineMapper 3D

DATAMINE

3D Mapping at the Source

Visualize your data immediately



MineMapper 3D is designed from the ground up to facilitate mapping Geoscientific features in the mine in true 3D in all mining environments.

Using existing mine surveys in open pit and underground operations, the Geoscientist maps the features in the mine accurately and quickly, directly into MineMapper 3D at the work site. This mapped data is then used directly in your mine planning and modeling systems.

Integration with Mine Planning/Modelling

MineMapper 3D has import and export capabilities to facilitate data exchange with software packages that support DXF, DWG, DGN, Datamine, text/CSV file formats.

Immediate Business Decisions

With MineMapper 3D you capture your mapping features once and they are immediately available to use in your mine design and modeling system.
All mapped data is stored in the database so you no longer have to go through the drawers to locate the correct level drawings.
With the inherent math functions in MineMapper 3D for Q, RMR, MRMR, face grade, tons and grade and other business decisions can be made immediately when and where the data is being collected.

FEATURES

- **Data entry, validation and business decisions at the source**
- **Data visualized in 3D, including face, wall, back/roof maps, drillholes and photographs**
- **Integration with mine modeling and mine design systems**
- **Support for GPS and Total Stations**
- **Central database storage for all mapped data**

Discard your drawers of level drawings and store them electronically in an open database with MineMapper 3D.

Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

Downhole Explorer

The smart affordable program for high quality drillhole presentation and plotting

DATAMINE

Downhole Explorer is an exceptionally smart drillhole presentation and plotting program with many innovative features. On-line tutorials and wizards make the program extremely easy to use. The document wizard makes it possible for the first time user to build an entire project complete with section plots and log sheets in a matter of minutes.

GENERAL

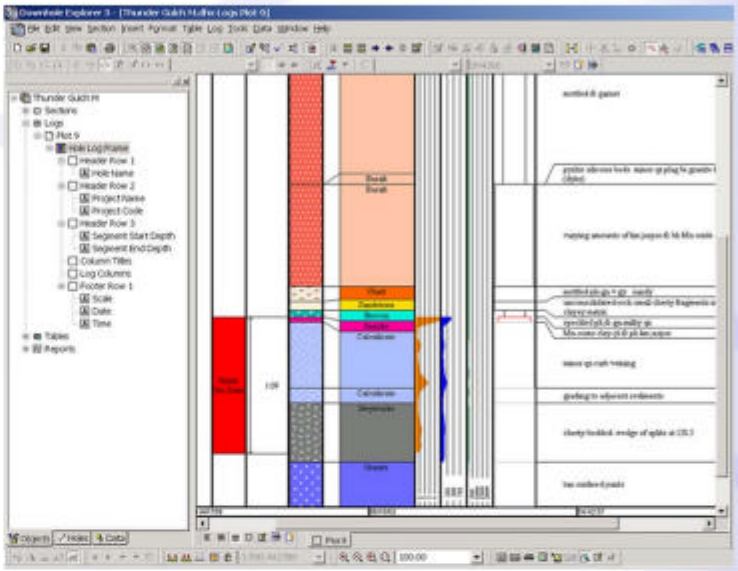
- Windows 98, ME, 2000 and XP.
- One program deals with detailed logsheets plus sections and 3D views.
- Multi-view, multi-window, multi-document interface.
- Allows hyperlinking from both data and graphical features.
- Customizable and dockable toolbars.
- Save log and section views in bitmap, jpeg and tiff formats.

DATA MANAGEMENT

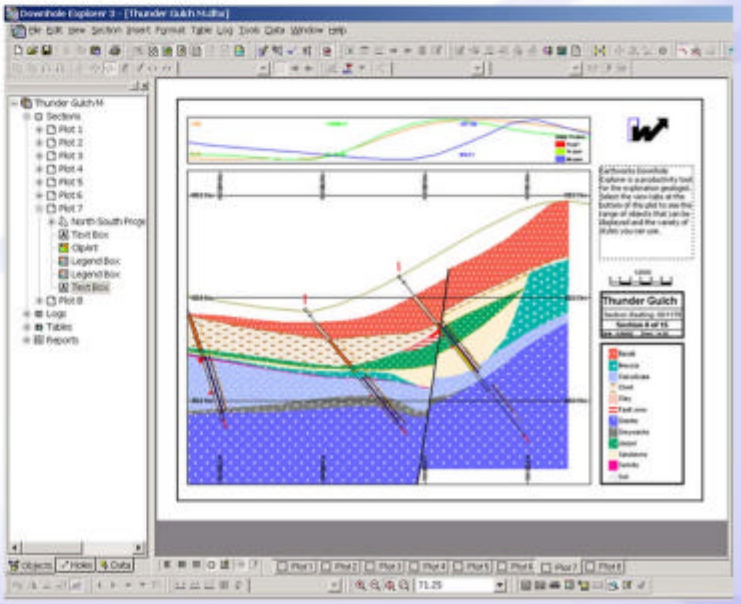
- Database independent - uses any SQL, spreadsheet or text data source.
- Supports Microsoft ODBC.
- DataShed, Century, Datamine, DXF, AutoCAD, ArcView and other special purpose drivers.
- Automatic plot updating.

VIEWS

- Report, table, section, plan, rotated section, 3D and log sheet views.
- Linked views - selecting samples in one view selects in all.
- Can have multiple views on a page at the same time, including a mixture of log and section views
- Customized tables with graphical column formatting.
- Customized log sheets with user selected column, header and footer sections.
- One document contains all section and log plots.
- One section view defines complete family of sections.
- One log view defines all holes in project.
- Section master permits same section to be viewed in multiple windows.
- Pick sections interactively by center point or end points.
- Exaggerate section views in X, Y or Z.
- Add outlines or other interpreted features to the view.



Downhole Explorer is database independent and is designed to work with your existing data management software. Changes and additions made to the source data files or tables are automatically reflected in all plots. When a new hole is added to the database, or a hole is re-surveyed, just open the Downhole Explorer document to view the updates.

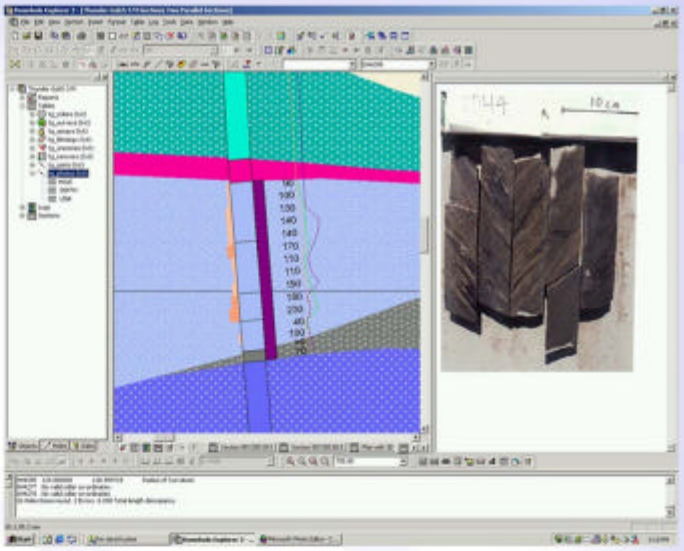


PLOTTING

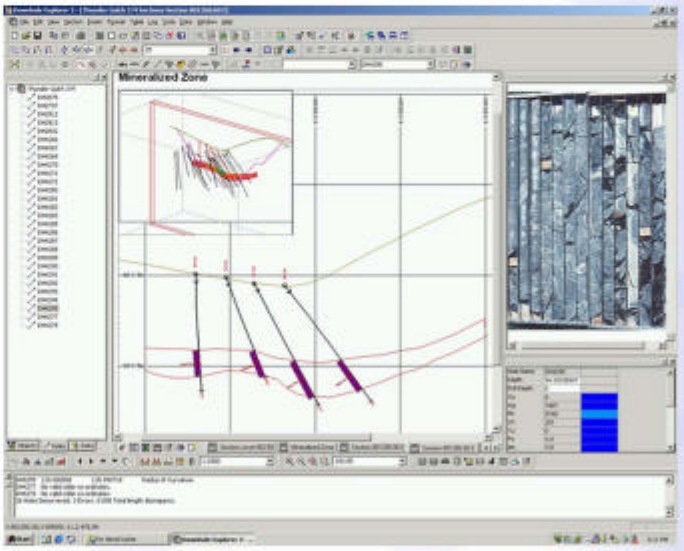
- Paper size and orientation defined independently for each view.
- Page Layout and Normal view modes.
- Draggable page margins and borders.
- Standard ISO and US sheet sizes.
- Metric and Imperial scaling.
- Text box, title block, scale bar, legend, profile box and clip art plot items.
- Smart plot items adjust automatically to changes in view and plot settings.
- Plot items can be inserted into title boxes, eg scale bars and bitmaps.
- Automatic plot item in section views to show downhole columns.
- Set column display formats in section views using style templates.
- Drag and drop plot editing.
- Copy and paste plot items from one page to another and to other open documents.
- Color, pattern and texture fill legends.
- Extensive drillhole trace and column formatting controls.
- Import and display 3D objects from CAD and geological modeling packages.
- Independent labelling of these 3D objects.
- Import and display topography and parameter surface models (soil sampling, magnetic surveys etc) as intersection profiles.

EVALUATION

- Interactive drillhole compositor.
- Compositing can be set to use Length Weighting or Length x Specific Gravity Weighting.
- Save selected intervals to intersections table.
- Digitize section interpretations.
- Format polygons with color or pattern fill legends.
- Report tables that show validation errors are automatically updated if you edit the data i.e. fix the errors.
- Downhole Explorer is a part of the Exporation Office suite but may also be purchased separately.
- Downhole Explorer is an exceptionally smart drillhole presentation and plotting program with many innovative features.
- On-line tutorials and wizards make the program extremely easy to use. The document wizard makes it possible for the first time user to build an entire project complete with section plots and log sheets in a matter of minutes.



The program is capable of handling any form of downhole data from virtually any source and allows the user to import any number of interval logs (properties defined over From-To intervals) and depth logs (properties defined at specified depths). Geophysical, hydrogeological, mineralogical and geo-mechanical data can be imported, combined and displayed with the same ease as standard geochemical and lithological logs.



Downhole Explorer's multi-view, multi-window, multi-document interface allows you to tailor the display to your precise needs. Views are linked allowing selections made in one to be displayed in all other linked views. Selections can be made directly in table, section or log views with the pointer, or you can use the Compositor Tool to navigate and interrogate the data:

Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

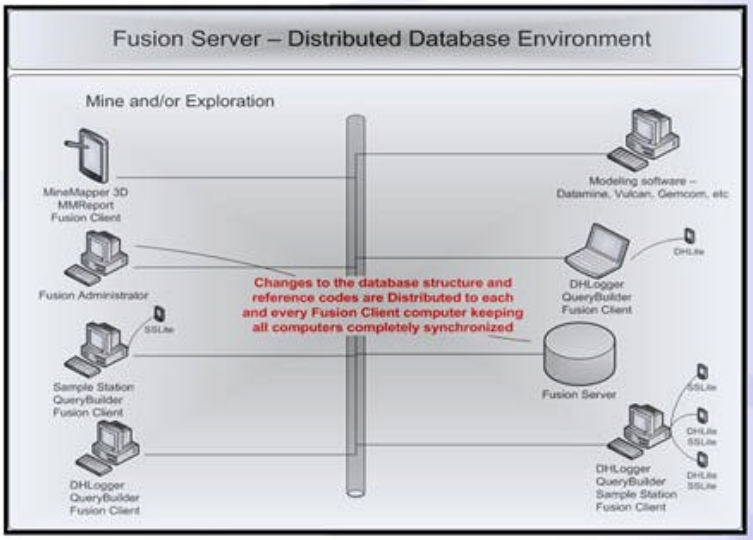
Fusion Server

DATAMINE

Geological Data Management

The Complete Geological Data Storage and Management Solution

Fusion is a comprehensive geological data management system designed to combine all of your exploration and production data into one common database for reporting and analysis.



All data is managed in Fusion Server including geological, geochemical, geotechnical, QAQC, mapping, surveying and other field data.

Centralized Control

All Fusion administration and management of reference lists is done centrally in Fusion Server.
This includes creating and modifying tables, users, business units, rock types, and other information all centrally and only once.

Works How and Where You Do

Fusion Server has been skillfully designed by Computer Scientists and Geoscientists with extensive mining and exploration experience to accommodate and facilitate your real world data management and storage requirements. Securely and safely "Check-Out" your data and take it to the field.

FEATURES

- **Distributed database architecture model**
- **Central administration**
- **Secure, reliable and accessible storage of spatial data**
- **Advanced security systems**
- **Enterprise-level performance**
- **Scalable from single site to multi-site installations**
- **Operates on Microsoft SQL Server 2000 and Oracle 8.1.6+ and 9i**

Capable of managing hundreds of thousands of drillholes and over a million samples.

Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

BIBLIOGRAFIA

ESPARTEL, L. *Curso de Topografia.* Editora Globo, 1978.

ESPARTEL, L. *Caderneta de Campo.* Editora Globo, 1978.

MOSER, I.T. *Noções de Topografia.* Manfra e Cia. Ltda., 2007.

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 03 – LAVRA DE JAZIDAS

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	03
2. CONCEITOS BÁSICOS.	04
3. PLANEJAMENTO DE LAVRA.	08
4. MÉTODOS DE LAVRA.	11
5. PERFURAÇÃO E DESMONTE DE ROCHAS.	23
6. CARREGAMENTO E TRANSPORTE.	24
7. ANÁLISE ECONÔMICA.	25
8. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.	26
BIBLIOGRAFIA.	30

ANEXOS

I. PLANO DE APROVEITAMENTO ECONÔMICO – MODELO DNPM.
II. MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA.
III. LAVRA SUBTERRÂNEA DE CALCÁRIO – MINA BALTAR – SP.
IV. SOFTWARES – EXEMPLOS.

1. INTRODUÇÃO.

A indústria de mineração, como as demais, tem por objetivo econômico básico maximizar sua riqueza futura.

No entanto, como essa riqueza futura depende do aproveitamento de um bem de capital exaurível, não renovável, que é a jazida mineral, o objetivo real da indústria de mineração é maximizar sua riqueza ao final da vida da jazida.

Em termos econômicos, pode-se dizer apropriadamente: maximizar o valor presente líquido dos benefícios monetários futuros, durante toda a vida da mina.

Existem duas alternativas extremas ao se encarar o aproveitamento de um depósito mineral:

a) Lavrar todo o depósito, ainda que com prejuízo. Essa alternativa pode ser utilizada em casos excepcionais, por questão de segurança nacional ou política mineral do país.
b) Lavrar somente a parte mais rica ou em melhores condições de aproveitamento, proporcionando benefícios monetários maiores e mais cedo.

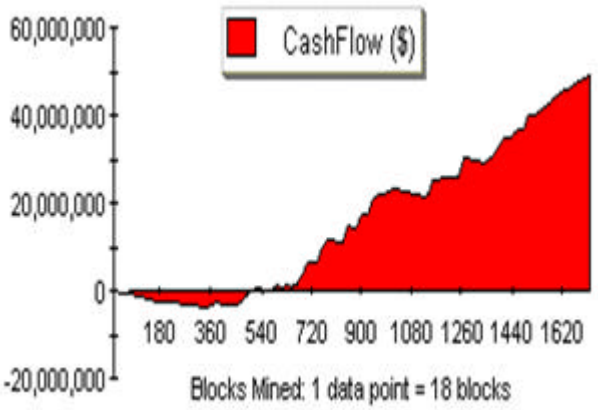
É possível, muitas vezes, para uma empresa, sem impedir a realização do objetivo econômico global citado, optar por uma etapa inicial onde se realize entradas líquidas de caixa maiores e bem rápidas. Num país carente de capitais essa atitude pode até ser imperativa.

Na realidade, existe uma gama enorme de possibilidades de aproveitamento de uma jazida mineral, conduzindo a várias alternativas quanto à investimento inicial , escala de produção, custo de produção, valor do bem mineral produzido, vida útil da mina, lucros e benefícios monetários, os quais devem ser bem avaliados para se chegar à otimização da lavra a ser implantada.

Considerando que o depósito mineral é um bem não renovável, exaurível, pode-se ver que, se não for elaborado um plano de lavra que conduza à maximização dos valores presentes líquidos dos benefícios futuros, se estará comprometendo, para sempre e de forma irreversível, o valor da jazida para a empresa.

Essas apreciações demonstram a importância da aplicação dos critérios de medida de rentabilidade e de seleção de alternativas de investimento aos problemas de planejamento das operações de lavra de uma jazida mineral.

Fonte: Liebherr, 2007.



Fonte: Datamine, 2007.

2. CONCEITOS BÁSICOS.

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

Os trabalhos de lavra se dividem basicamente em duas fases: o desenvolvimento e a lavra propriamente dita.

2.1. DESENVOLVIMENTO.

A extração das substâncias úteis de uma jazida não deve ser iniciada imediatamente nos locais onde a mesma aflora.

A eventual adoção de tal prática, denominada "extrativismo mineral", pode comprometer de forma irreversível o aproveitamento econômico de todo o jazimento.

Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 1996.

Deve-se proceder à uma preparação do local, dentro de um determinado planejamento, envolvendo uma série de operações e atividades denominadas desenvolvimento.

Trata-se de uma fase que envolve investimentos significativos e que, por segurança, deve ser iniciada somente após a certeza de posse da jazida.

Seu planejamento está intimamente ligado ao tipo de jazimento e ao método de lavra a ser adotado.

a) Tipos de desenvolvimento.

Os desenvolvimentos podem ser agrupados nos seguintes tipos:

- Céu aberto ou subterrâneo: conforme sejam executados na superfície ou no interior dos terrenos. Em geral está ligado ao tipo de lavra a ser adotado, isto é, céu aberto ou subterrânea.
- Prévios ou simultâneos com a lavra: se executados antes do início da lavra, como pré-condição para esta, ou se efetuados à medida que a mesma prossegue. Em alguns casos esta simultaneidade se torna obrigatória, quando o estéril retirado deve ser depositado nos trechos já lavrados.
- Sistemáticos ou supletivos: se forem empreendidos em conformidade com o plano de lavra, ou realizados ocasionalmente para atender à conveniências técnico-econômicas ou imposições locais.

- Produtivos ou obras mortas: conforme forneçam substâncias úteis ou estéril, caso sua locação esteja na jazida, nas encaixantes ou em terrenos vizinhos.
- Puros ou exploratórios: segundo tenham ou não finalidade subordinada de completar a exploração da jazida, para fornecimento de maiores detalhes do corpo.

b) Vias de acesso.

As vias de acesso são desenvolvimentos básicos que permitem atingir a jazida em um ou mais horizontes, bem como propiciar o escoamento do minério explotado.

Quando da sua escolha e locação, devem ser levados em conta, entre outros fatores, a topografia local, a morfologia da jazida, o tipo de lavra, a independência das operações unitárias, os custos, a produção desejada, etc...

São classificadas da seguinte forma:

- Acessos em serviços superficiais: são basicamente estradas convenientemente projetadas e construídas para possibilitar a lavra nas diversas bancadas constituintes da mina, cujo traçado e dimensões estão vinculados à topografia e ao porte dos equipamentos utilizados.
- Acessos em serviços subterrâneos: constituem basicamente túneis, galerias, poços e chaminés, convenientemente projetados e construídos para possibilitar a lavra dos diversos painéis e blocos constituintes da mina, cujo traçado e dimensões também estão vinculados à geometria da corpo mineral e ao porte dos equipamentos utilizados.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

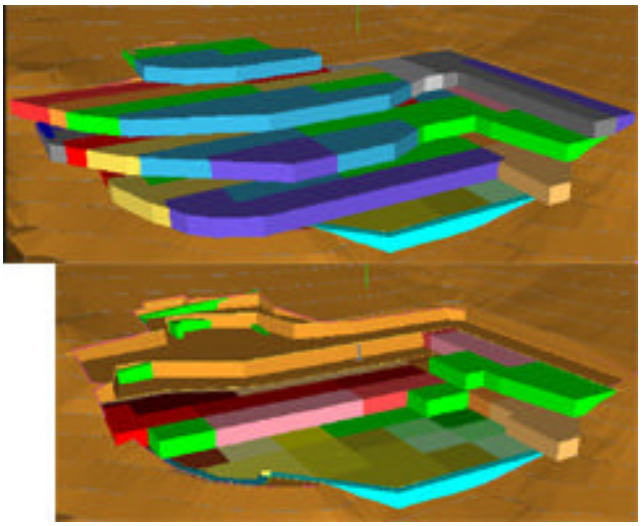
c) Divisão da jazida.

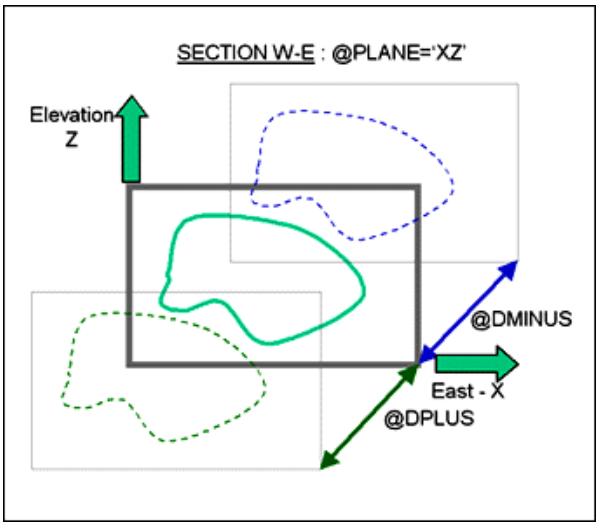
No desenvolvimento das jazidas de médio e grande porte, se faz necessário efetuar sua divisão em módulos de menor porte, compatíveis com a geologia e morfologia do corpo de minério, visando o planejamento racional e sistemático das futuras operações de lavra.

Basicamente uma jazida pode ser subdividida de duas maneiras:

- Divisão vertical: considerando-se um eixo principal vertical, a divisão é obtida mediante planos horizontais, abstratos, denominados níveis. Na lavra a céu aberto, estes níveis correspondem normalmente às bancadas e seu distanciamento costuma ser a altura das mesmas. Na lavra subterrânea, corresponde às principais galerias de acesso ao corpo de minério e seu distanciamento é ditado pelo método de extração adotado.

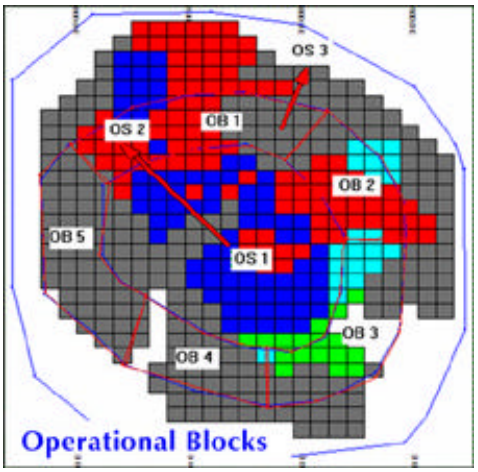
- Divisão horizontal: considerando-se um eixo horizontal, compatível com o alinhamento principal do corpo de minério, a divisão é obtida por planos verticais, abstratos e ortogonais ao referido eixo, denominados perfis.

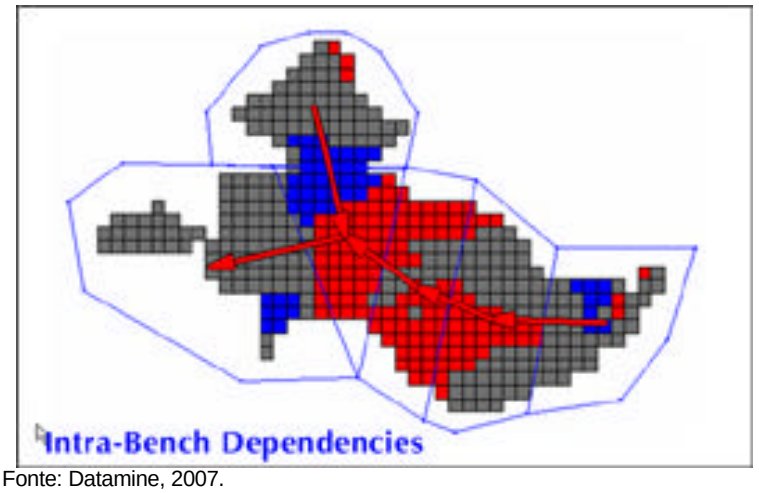




Fonte: Datamine, 2007.

Os módulos delimitados pelos níveis e/ou perfis são denominados painéis, os quais, por sua vez, poderão ser mais uma vez subdivididos em unidades menores denominadas blocos.





Fonte: Datamine, 2007.

Todos os painéis e blocos deverão obedecer aos seguintes quesitos:

- Atender à demanda de minério por um período pré-determinado.
- Possibilitar acesso de equipamentos, pessoal, etc....
- Favorecer o escoamento de minério, estéril, etc....
- Permitir os trabalhos de extração de forma independente de outros setores.
- Possuir sistema de ventilação independente (minas subterrâneas).

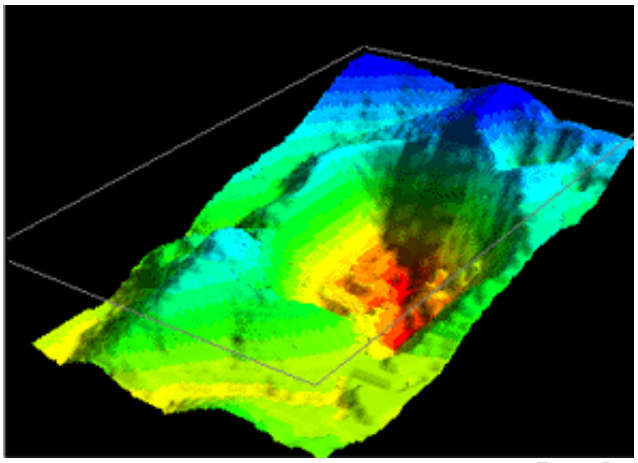
2.2. LAVRA.

A lavra de uma jazida mineral pode ser realizada por trabalhos a céu aberto, subterrâneos ou por uma combinação dos mesmos.

A opção depende de um fator denominado relação de mineração limite, isto é, relação estéril / minério limite.

Trata-se de um número adimensional que expressa uma relação entre massas ou volumes.

Esta relação é um dos valores fundamentais para o planejamento de lavra.



Fonte: Datamine, 2007.

A nível de toda a jazida, a opção de lavra será obtida através da análise das expressões:

Nº	EXPRESSÃO	OPÇÃO
01	CMs > CMca + R x Ce	Lavra a céu aberto
02	CMs = CMca + R x Ce	Lavra indiferente
03	CMs < CMca + R x Ce	Lavra subterrânea

Onde:

- CMs : custo de lavra subterrânea de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de perfuração, desmonte, carregamento e transporte até a unidade de benenficiamento.
- CMca : custo de lavra a céu aberto de 1 t de minério, incluindo os custos operacionais de perfuração, desmonte, carregamento e transporte até a unidade de beneficiamento.
- Ce : custo de lavra do estéril, incluindo os custos operacionais de perfuração, desmonte, carregamento e transporte até o local de deposição (“bota fora”).
- R : relação de mineração, ou relação estéril / minério, que representa o número de unidades de estéril a ser removido para liberar cada unidade de minério a ser lavrado a céu aberto.

A condição limite é obtida da Expressão 02, denominada relação de mineração limite:

$$RL = (CMs – CMca) / Ce$$

Outros fatores importantes, que devem ser considerados, são os seguintes:

- Teor de corte a céu aberto (tc): entende-se por teor de corte de um bloco aquele teor capaz de pagar sua lavra, seu tratamento, bem como seus custos financeiros indiretos, não auferindo nenhum lucro e também não suportando a remoção de nenhum estéril associado.
- Teor mínimo ou marginal (tm): é aquele teor que paga apenas os custos de beneficiamento, além dos custos indiretos e financeiros subseqüentes. Corresponde ao bloco já lavrado que, em lugar de ser jogado no "bota fora", é levado à unidade de beneficiamento, extraindo-se o elemento valioso, não dando nem lucro nem prejuízo.
- Teor de utilização (tu): é o teor estabelecido em conformidade com os estudos de viabilidade técnico econômica do jazimento, que conduz à maximização da vida útil e da rentabilidade do empreendimento.
- Teor limite de corte subterrâneo (tl): é o menor teor que torna viável economicamente a lavra subterrânea.

3. PLANEJAMENTO DE LAVRA.

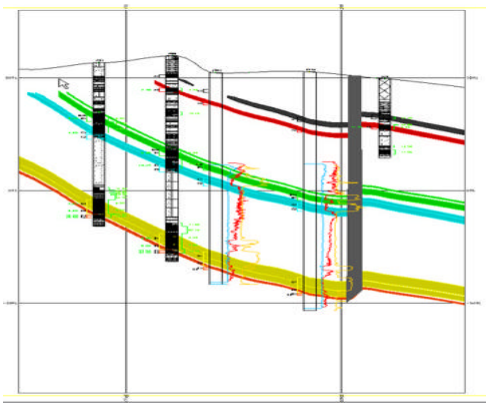
O planejamento de lavra, de uma maneira geral, envolve o estabelecimento de programas de trabalho de curto, médio e longo prazo exigido basicamente:

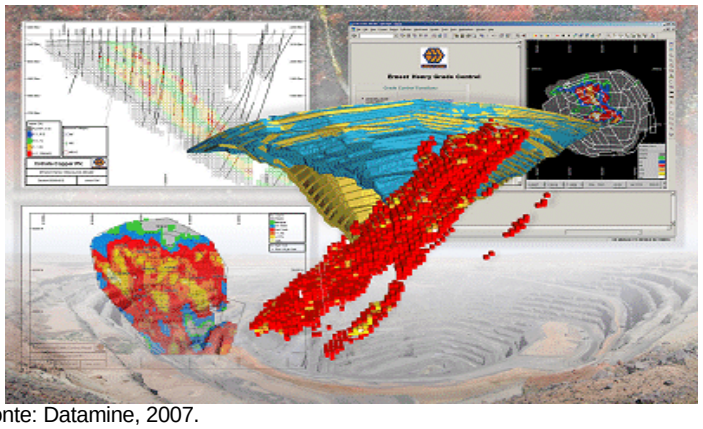
a) Desenvolvimento de um inventário da mineralização.

Com base nos resultados da pesquisa mineral realizada, envolvendo mapeamentos superficiais e campanhas de sondagem, deve-se elaborar um modelo completo da jazida representando a topografia e a geologia do depósito mineral, assim como destacando a variação das características tecnológicas do minério e das encaixantes.

Na confecção desse modelo, que pode ser representado simplesmente por seções horizontais (plantas) ou verticais (perfis), por um modelo físico tridimensional (dividido ou não em blocos) ou até por um sofisticado sistema informatizado de dados baseado em geoestatística, deve-se utilizar todos os dados anteriores da pesquisa.

Cabe aqui ressaltar que não só os resultados da pesquisa interessam, mas também como eles foram levantados. Só assim se poderá analisar criteriosamente os dados disponíveis.

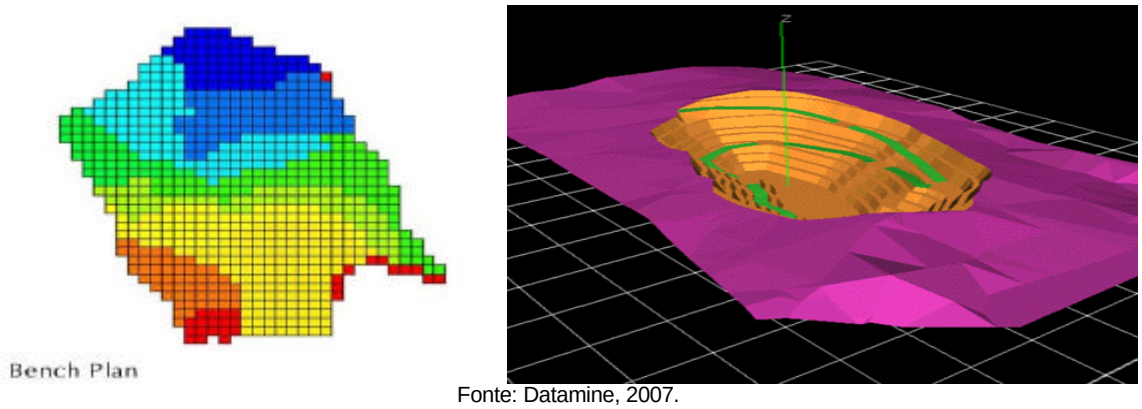




Fonte: Datamine, 2007.

b) Escolha da técnica de planejamento.

Uma vez estabelecidos os requisitos fundamentais para o projeto de lavra, deve-se selecionar a técnica que será utilizada para a elaboração do projeto (manual, computadorizada ou mista). É evidente que esta escolha depende, ou exigirá mudanças, do inventário de mineralização realizado.

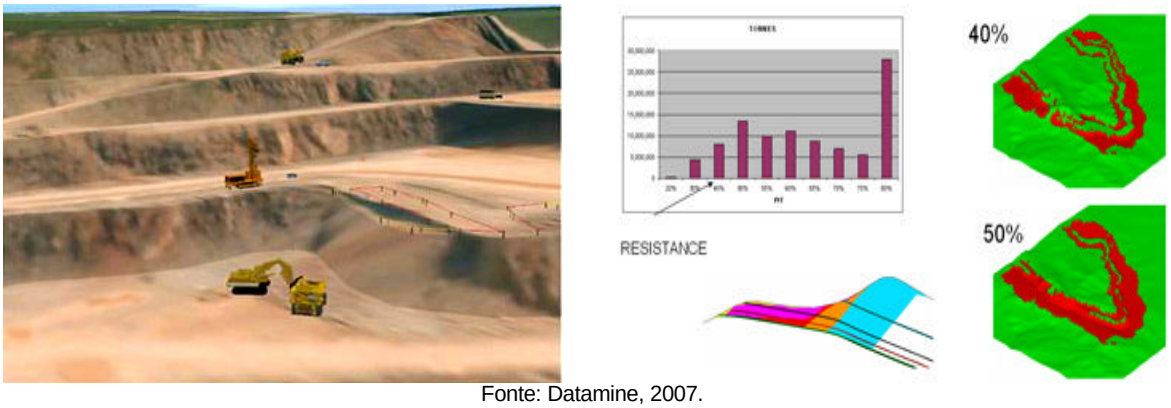


Fonte: Datamine, 2007.

c) Estabelecimento dos parâmetros básicos.

Trata-se da fixação dos parâmetros físicos ligados às características mecânicas das rochas (taludes de trabalho e taludes final), ou ligados ao método de lavra e aos equipamentos a serem utilizados (espaço mínimo de trabalho).

Os parâmetros econômicos a serem definidos nessa etapa são os teores e as relações de mineração de equilíbrio econômico, com a utilização dos conceitos, critérios e métodos de seleção de investimento.

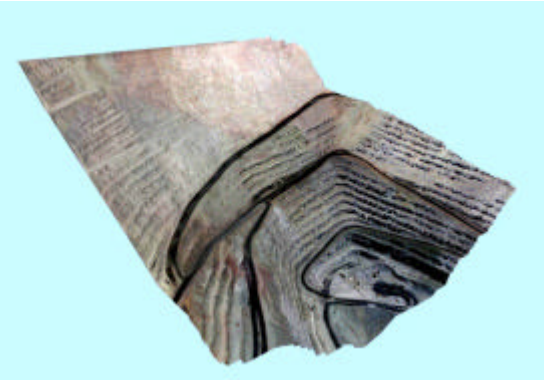


Fonte: Datamine, 2007.

d) Estabelecimento do limite final da cava

Essa etapa visa definir, com base nos conceitos, critérios e dados estabelecidos nas etapas anteriores, os limites finais da cava, isto é, a quantidade total de material que será extraída durante toda a vida da mina (minério e estéril).

Como se baseia em fatores econômicos, mutáveis com o tempo, e em fatores físicos, que serão ajustados experimentalmente durante a lavra, o limite final da cava deverá ser passível de mudanças no decorrer do tempo, não havendo assim um único limite final mas sim um plano de longo prazo.



Fonte: Datamine, 2007.

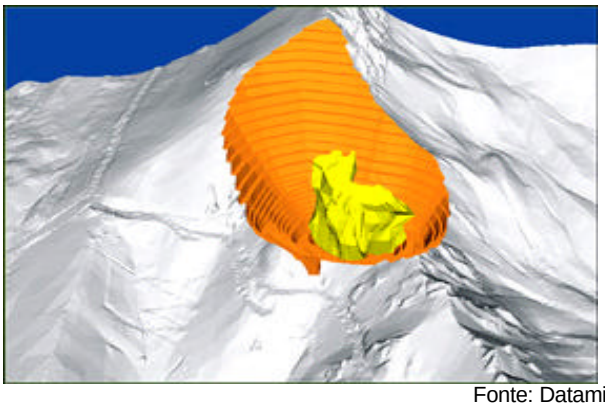
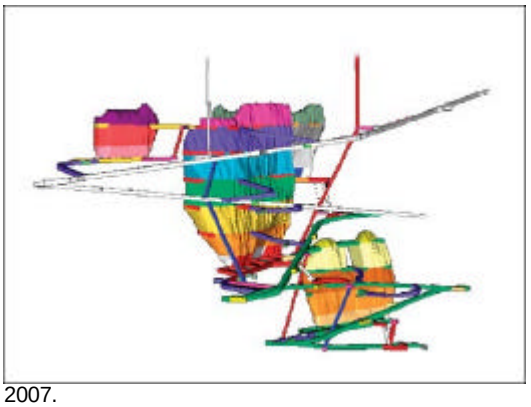
e) Disposição de serviços

Na escolha da disposição de operações e instalações, a experiência daquele que projeta tem um papel importante pois, das várias alternativas tecnicamente viáveis, ele deverá selecionar aquela ou aquelas que melhor se adaptem à jazida, e que conduzam seguramente aos menores custos.

Uma das decisões maiores quanto à disposição dos trabalhos se refere à escolha: céu aberto ou subsolo?

Todas as características do jazimento devem ser analisadas e os custos de produção a céu aberto e subsolo devem ser estimados, seja com base na própria experiência ou na de outros.

Estabelecido o limite final da cava, deve-se resolver como executar a lavra daquela massa rochosa. Em outros termos, é a determinação do “lay-out” de trabalho, dos tipos de equipamentos necessários e sua disposição no local, bem como da geometria da lavra (altura de bancadas, largura de bermas, rampas de acesso, etc...).

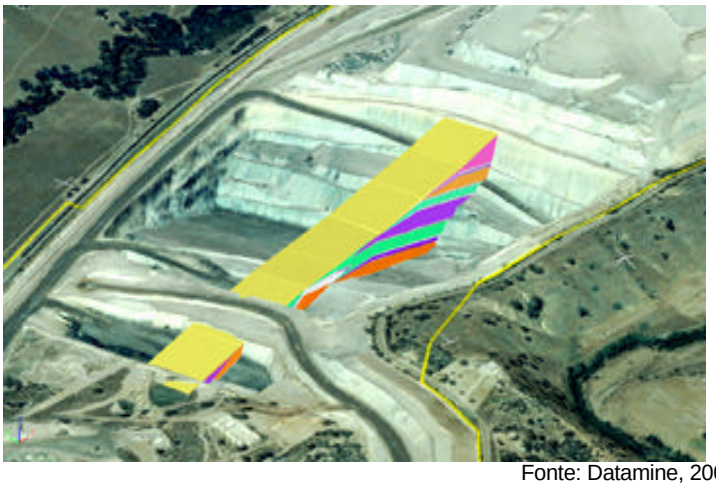
Fonte: Datamine, 2007.

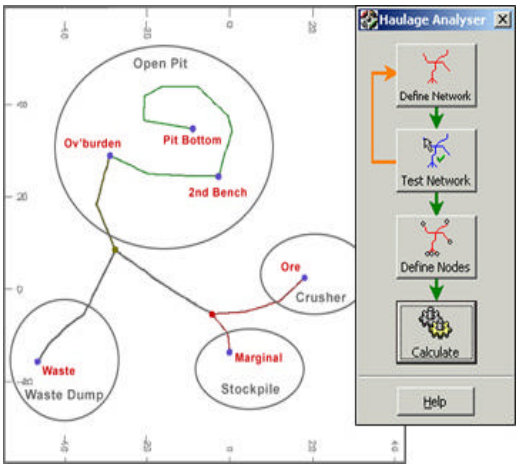
f) Planos de curto e médio prazo.

Nessa etapa deve-se estabelecer o nível de produção de minério e de estéril (quanto lavrar por ano, por mês ou dia), a seqüência de lavra (quando lavrar o que) e qual o tipo de minério a utilizar. Assim, serão fixados os períodos de vida da mina e a seqüência da remoção do estéril e da lavra dos diferentes tipos de minério.

Os planos de curto e médio prazo são as etapas intermediárias para se atingir o limite final da cava. Por serem também dependentes das condições econômicas vigentes, devem ser suficientemente flexíveis.

No caso de minas complexas, é fundamental a adoção da informática para sua realização e atualização.





Fonte: Datamine, 2007.

g) Seleção de equipamentos.

Uma vez estabelecidas as quantidades a lavrar em cada unidade de tempo e quais as disposições de serviço, deve-se definir quais os equipamentos que deverão operar nas várias fases da mineração, assim como nos serviços auxiliares necessários.

Cabe aqui ressaltar que é na fase de projeto que se fixam os níveis de custos da operação futura e também a rentabilidade global do empreendimento.

Desta forma, se o projeto for executado inadequadamente e contiver erros na disposição de serviços e na seleção de equipamentos, a futura gerência de operações dificilmente conseguirá sanar os problemas. Quando muito, lutará arduamente para minimizar tais efeitos, pois uma correção completa implicará em novos investimentos.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

4. MÉTODOS DE LAVRA.

Os métodos de lavra são definidos basicamente em função das características geológicas e geotécnicas do minério e das encaixantes, assim como dos custos envolvidos.

São divididos classicamente em métodos a céu aberto e subterrâneo.

3.1. MÉTODOS DE LAVRA A CÉU ABERTO.

A lavra a céu aberto apresenta, com relação à lavra subterrânea, as vantagens do menor custo de produção, maior facilidade de supervisão, melhores condições de trabalho, uso mais racional e eficiente dos explosivos, riscos mais reduzidos, maior nível de produção, emprego de equipamentos de grande porte, etc...

Como desvantagens, exige grande movimentação de materiais (minério e estéril), imobiliza expressivas áreas superficiais, expõe os trabalhadores às intempéries, limita a lavra à profundidades moderadas, etc...

Os métodos de lavra a céu aberto podem ser classificados em convencionais e especiais.

Os métodos convencionais compreendem basicamente a lavra por bancadas, por tiras, por desmonte hidráulico e por dragagem.

Já os métodos especiais compreendem basicamente a lavra de sais solúveis, lavra submarina e a extração de petróleo e gases combustíveis.

a) Lavra por bancadas.

Utilizado em jazimentos de rocha sã ou alterada, podendo ser desenvolvido em cava (abaixo da superfície média do terreno) ou em encosta (acima da superfície média do terreno).

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Na lavra por bancadas em cava, o escoamento do material desmontado é feito de forma ascendente, utilizando-se caminhões, “scrapers”, ferrovia ou transportadores contínuos. O esgotamento das águas superficiais ou de infiltração é feito através de um sistema de captação e bombeamento situado no fundo da cava.

Na lavra por bancadas em encosta, o escoamento do material desmontado é feito de forma descendente, utilizando-se caminhões, “scrapers” ou transportadores contínuos. O esgotamento das águas superficiais ou de infiltração é feito através de um sistema de drenagem por gravidade situado no entorno da mina.

Define-se talude geral de lavra ou simplesmente talude de lavra, num determinado perfil, ortogonal à face considerada, ao ângulo formado pelo alinhamento dos pés das bancadas nele situadas com a horizontal.

O talude de lavra é um elemento de extraordinária importância pois determina as condições de segurança dos serviços, define o limite final da cava e influi diretamente na rentabilidade do empreendimento.

Não é um fator de abrangência local, condicionado apenas à topografia, natureza do material, seu comportamento frente ao intemperismo, profundidade atingida, etc..., mas susceptível de significativas variações numa mesma mina, ou numa mesma formação geológica, pela ocorrência de fraturas, intercalações, planos de acamamento, dobramentos, efeitos de detonação, etc...

Exemplos: pedreiras de granito e calcário, jazidas de ferro, cobre, manganês, etc...

b) Lavra por tiras.

Utilizado em jazimentos na forma de lentes ou camadas sub-horizontais.

Consiste na retirada seqüencial de tiras de estéril e tiras de minério, depositando sistematicamente o estéril no local de onde previamente se retirou o minério.

Trata-se de um método simples, em termos operacionais, com elevada produção e baixo custo. Sua principal limitação está na grande interdependência entre as operações de decapeamento e as de extração do minério.

Exemplos: jazidas de carvão, caulim sedimentar, folhelho piro betuminoso, etc...

Fonte: Imerys, 2004.

c) Lavra por desmonte hidráulico.

O desmonte hidráulico é o método utilizado para desmonte e desagregação de rochas pouco consolidadas, através da utilização da energia cinética que se imprime a um jato de água.

Fonte: IHC Holland, 2007.

Nas operações desta natureza, a ação da água em geral promove também o transporte do material desagregado a distâncias variáveis.

O minério assim lavrado é então bombeado até a unidade de beneficiamento.

As operações correntes de desmonte hidráulico encontram aplicação nas seguintes situações:

- Lavra de eluviões e coluviões.

Estes depósitos frequentemente situam-se acima do nível hidrostático, de forma que podem ser trabalhados por qualquer dos outros métodos tradicionais, dependendo em cada caso das condições do jazimento.

Os métodos hidráulicos adaptam-se em geral a depósitos pouco espessos, assentados sobre embasamento irregular, notadamente rochoso.

Quando o mineral de interesse econômico se concentra na parte inferior do depósito, o método torna-se particularmente indicado por permitir inspeção e limpeza completa do embasamento.

- Lavra de aluviões não submersos.

O desmonte hidráulico encontra sua principal aplicação na lavra de aluviões fluviais não submersos. Entende-se como tais os aluviões em que, na área da cava a céu aberto, é possível rebaixar o lençol freático até o nível do embasamento (ou do fundo da cava).

Sempre que, por contingência do depósito ou propositadamente, o material lavrado for mantido, total ou parcialmente, submerso a operação aqui tratada cederá lugar para a lavra por dragas.

No primeiro caso enquadram-se os aluviões antigos (em geral situados acima do nível hidrostático atual) e aluviões de pequenos cursos d'água que permitam fácil controle de seu leito.

No segundo caso enquadram-se os aluviões marinhos, os aluviões fluviais dos cursos médios a grandes e os aluviões abaixo do lençol freático, cuja cava pode ser propositadamente deixada inundar, desde que suas dimensões justifiquem o uso de dragas.

Exemplos: jazidas de cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zirconita, etc...

- Remoção do capeamento de pedreiras ou minas.

Encontra sua melhor aplicação nas operações de decapagem de depósitos elevados em relação à topografia local, possibilitando o transporte do material desmontado exclusivamente por suspensão e arraste pela água.

Quando se fizer necessário o bombeamento dos sólidos presentes, este método poderá se tornar econômicamente desvantajoso.

Uma das principais vantagens é a limpeza da superfície a decapar, notadamente quando irregular.

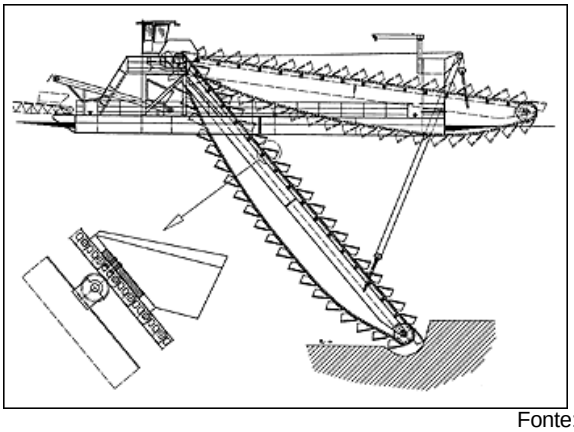
Sempre que for desejável limitar-se o ritmo da remoção, este método poderá também ser vantajoso.

d) Lavra por dragagem.

Utilizada em jazimentos de rochas ou sedimentos inconsolidados, situados abaixo do lençol freático.

Os equipamentos utilizados são as dragas de sucção, de alcatruzes, de concha, escavadoras de arraste e raspadores à cabo.

Exemplos: jazidas de areia industrial, cascalho, cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zirconita, etc...

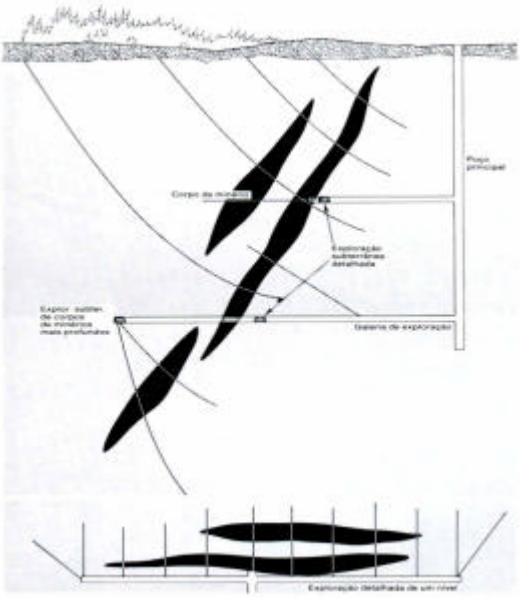


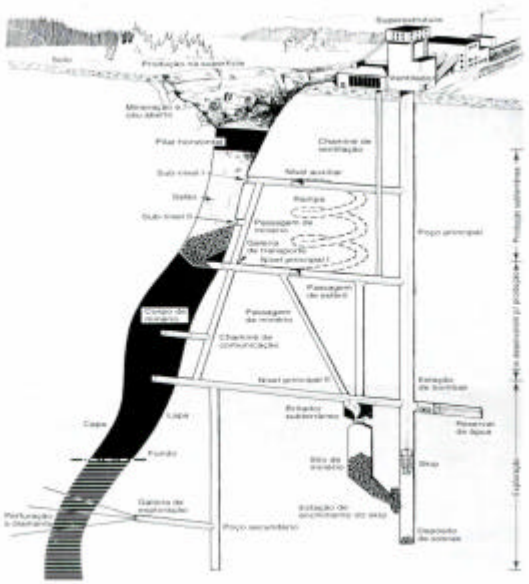
Fonte: IHC Holland, 2007.

3.2. MÉTODOS DE LAVRA SUBTERRÂNEA.

A lavra subterrânea é aquela executada no interior da crosta terrestre. É aplicável a jazidas minerais situadas sob espessas camadas de capeamento, cuja remoção seria anti-econômica para ser realizada a céu aberto.

Uma mina subterrânea produtiva necessita de um sistema de poços, galerias e chaminés cuidadosamente planejado. As figuras abaixo mostram como um sistema como este pode ser instalado.





Fonte: Atlas Copco, 2007.

Este trabalho de planejamento pode ser dividido em duas partes dependendo do seu objetivo. Um planejamento geral é relacionado com a forma do corpo de minério, sua profundidade e com o lay-out da mina. A outra parte se refere ao método de mineração propriamente dito, onde uma variedade de técnicas podem ser adotadas.

As diversas vias de locomoção no interior da rocha podem ser agrupadas em quatro tipos distintos: poços, galerias, chaminés e plano inclinados.

a) Abertura de poços.

O principal objetivo de um poço é proporcionar o acesso ou permitir o contato com as instalações subterrâneas. A conexão pode então ser utilizada para içar o material estéril e o minério, transportar pessoal ou equipamentos, efetivar a ventilação, etc...

A escavação de um poço é uma fase relativamente complicada no desenvolvimento de uma mina, tanto no equipamento necessário, quanto à natureza do trabalho em si. A escavação de um poço requer guinchos especiais, plataformas, etc...

Como esta operação não ocorre com muita freqüência, normalmente estes trabalhos de escavação são confiados a empreiteiros ou firmas especializadas.

Nos casos em que já existe um acesso ao fundo do poço projetado, como por exemplo através de um segundo poço previamente instalado, o novo poço pode ser escavado através da abertura de uma chaminé (escavação ascendente), a qual é então alargada até a dimensão final.

b) Escavação de galerias.

As galerias horizontais em uma mina subterrânea são empregadas para vários propósitos: desenvolvimento do sistema de túneis, investigação, transporte, etc... As seções transversais podem variar entre cerca de 4 e 20 m², situando-se usualmente entre 6 e 10 m². A forma da seção pode ser retangular, em arco ou até circular, quando melhores condições de estabilidade são necessárias.

As galerias de menor seção são escavadas com perfuratrizes leves manuais, equipadas com avanços pneumáticos tipo “pusher-leg”. Nas galerias de seção média, braços hidráulicos leves do tipo rotativo podem ser utilizados. Braços hidráulicos pesados montados sobre jumbos são normalmente empregados na escavação de galerias de grande seção transversal, embora não exista uma regra fixa para tal.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Frequentemente outros equipamentos em operação no interior da galeria devem também ser levados em consideração, sendo o equipamento de perfuração sempre selecionado de acordo com as condições reinantes.

Nas galerias estreitas, carregadeiras sobre trilhos são usualmente utilizadas para a remoção do material desmontado.

Em galerias de maior seção transversal, auto carregadeiras pneumáticas sobre pneus, carregadeiras diesel, scrapers e outros equipamentos podem ser empregados.

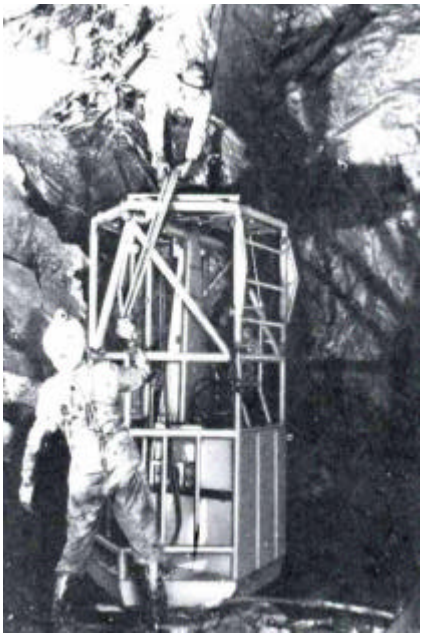
c) Escavação de chaminés.

As chaminés em uma mina subterrânea permitem a conexão entre os diferentes níveis horizontais, sendo utilizadas como passagem de minério, para transporte de pessoal, como condutor de ventilação e para iniciar o desmonte de painéis como, por exemplo, nas minas do tipo "sublevel stoping".

A inclinação das chaminés normalmente varia da vertical até 55º, pois uma inclinação menor tornaria bastante difícil a remoção do material desmontado no seu interior. A seção transversal está normalmente entre 4 e 6 m², sendo seu formato quadrado, retangular ou circular.

Vários métodos de trabalho são utilizados, sendo mais simples os não mecanizados. Uma parede de madeira ou metal é levantada no interior da chaminé servindo de plataforma durante a perfuração.

A perfuração mecanizada de uma chaminé pode ser levada a efeito, por exemplo, com um elevador tipo JORA ou com conjuntos especiais de perfuração.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

Um outro meio de mecanizar a escavação é através de perfuração de furos longos desde a galeria situada no nível superior utilizando um conjunto especial de perfuração como, por exemplo, o Simba 7.

Estes métodos mecanizados tornam os trabalhos de escavação tanto mais simples como seguros. O comprimento total da chaminé pode, entretanto, introduzir algumas limitações. O furo para instalação do cabo do equipamento JORA pode ser perfurado até um comprimento máximo de 80 a 100 metros.

d) Rampas e planos inclinados.

Rampas ou planos inclinados estão se tornando bastantes comuns nas minas subterrâneas, acarretando uma tendência bastante nítida de utilização de equipamentos sobre pneus. As rampas, a exemplo das chaminés, tem por função muitas vezes, proporcionar uma conexão entre dois níveis diferentes. A inclinação das rampas está normalmente entre 1:7 e 1:10, o que torna possível a utilização nas mesmas de equipamentos auto-propelidos, sobre pneus, capazes de proporcionar um avanço rápido e fácil.

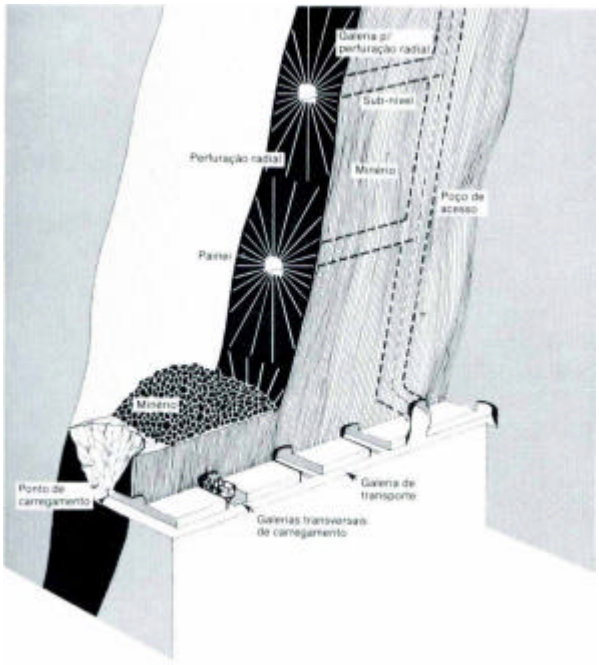
e) Métodos.

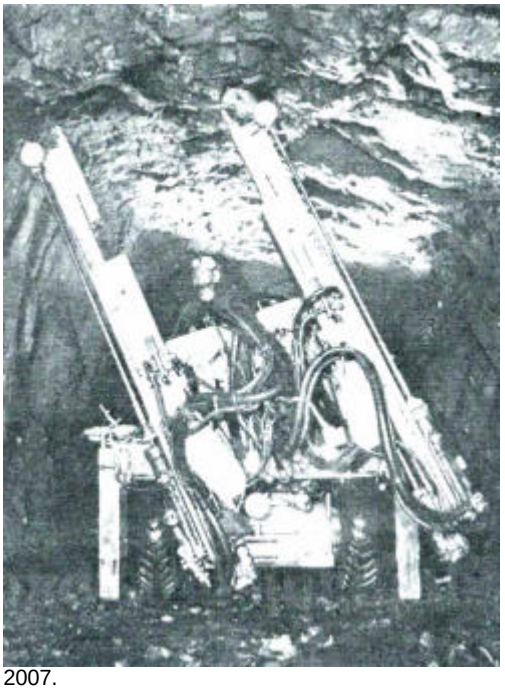
Diversos métodos de mineração são aplicáveis na exploração das minas subterrâneas, sendo determinados através de fatores como: tamanho, forma, profundidade, teor de minério e estabilidade.

f) Mineração tipo “Sublevel Stoping”.

O método “sublevel stoping” é caracterizado pela abertura de salões ou painés que são deixados vazios ou preenchidos com material estéril após a extração do minério. Estes salões possuem frequentemente dimensões bastante grandes, especialmente na altura. As paredes devem ser reforçadas e no caso de um corpo de grandes proporções, parte do minério pode ser deixado no local, como pilares verticais, para garantir a estabilidade e sustentação das mesmas.

A perfuração de produção é efetuada com furos longos, cujo comprimento varia com a espessura do corpo mineralizado, bem como, com a distância até a galeria transversal mais próxima, porém raramente excede 30 metros.





Fonte: Atlas Copco, 2007.

Com relação à remoção do material desmontado, diversos métodos são passíveis de utilização:

- Carregamento diretamente no interior de vagonetas através de chutes (matacões ou blocos, comuns neste método de mineração, podem tornar esta solução menos viável).
- Remoção com “scrapers” para o interior de vagonetas ou passagens de minério.
- Carregamento em pontos especiais de alimentação com carregadeiras sobre pneus, usadas para carregar os veículos de transporte diretamente ou via as passagens de minério.

g) Mineração em salões e pilares (“Room and Pillar”).

No método de mineração em salões-e-pilares, o minério é escavado o máximo possível, deixando-se pilares para suportar o teto e as paredes.

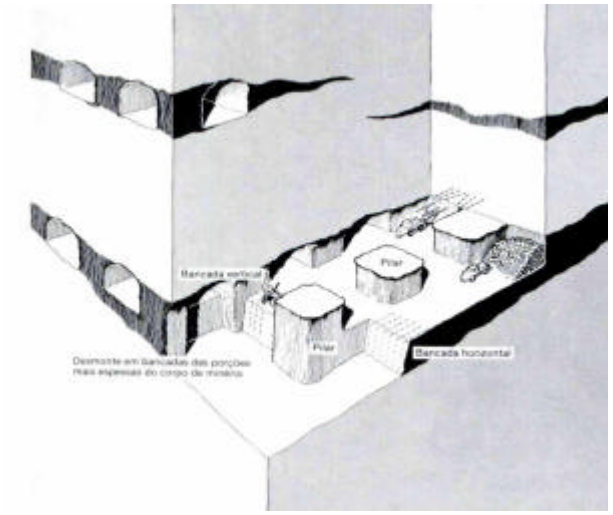
As dimensões dos salões e pilares dependem, nestas circunstâncias, da resistência à compressão do minério e das paredes, do tamanho do corpo e das condições de estabilidade das rochas encaixantes.

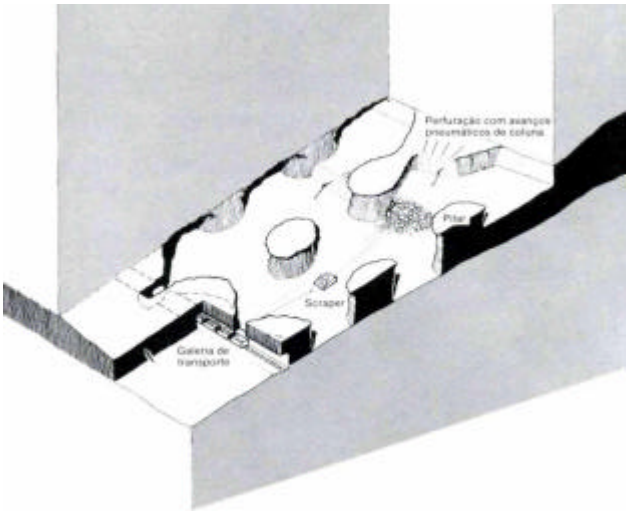
Os pilares são normalmente dispostos em uma distribuição regular, podendo ter seção circular ou retangular, ou ainda ter a forma de paredes espessas entre as frentes de trabalho. O minério existente nos pilares pode ocasionalmente ser extraído, porém como regra geral é considerado perdido.

Este método de mineração é principalmente adotado quando o corpo de minério encontra-se em uma posição bastante próxima da horizontal. O depósito necessita ter uma espessura conveniente, em adição ao fato de que tanto o minério quanto a massa de rocha adjacente necessitam ter uma elevada resistência a compressão.

O método é freqüentemente empregado na lavra de minerais não metálicos como o carvão, calcário, sal, potassa, etc.

As figuras abaixo ilustram dois diferentes princípios para este tipo de mineração.





Fonte: Atlas Copco, 2007.

O primeiro é usado em geral em corpos de minério horizontais, que por outro lado devem apresentar uma espessura razoável. Neste caso é comum a abertura de salões com o piso praticamente horizontal permitindo desta forma a utilização de equipamentos auto-propelidos.

O outro principio é aplicado em corpos de minério com uma inclinação mais acentuada, normalmente entre 20º e 40º. O desmonte é efetuado avançando-se de baixo cima no interior do corpo mineralizado.

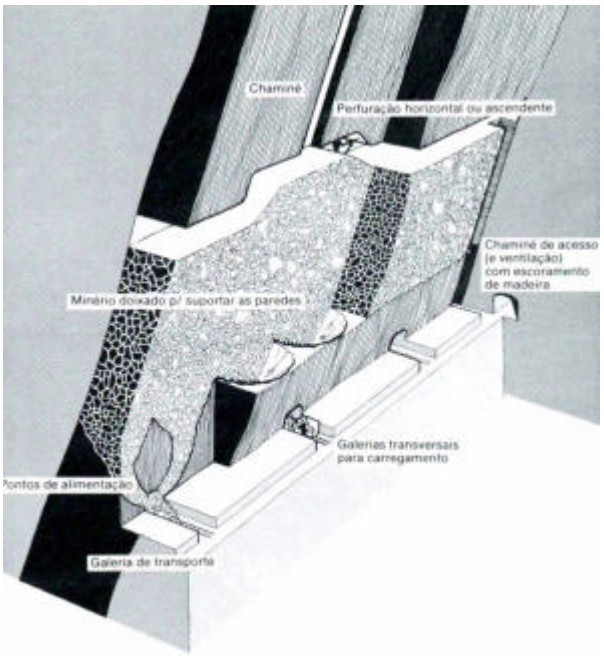
h) Mineração tipo “Shrinkage Stoping”.

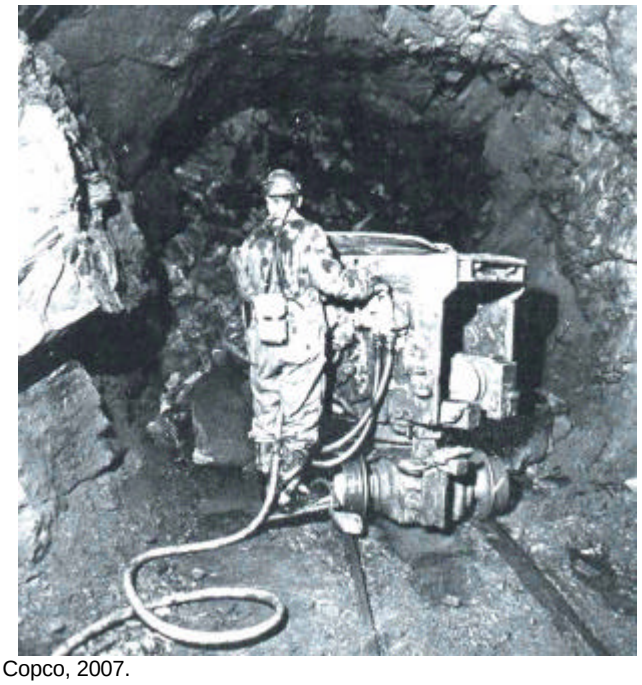
No método “shrinkage stoping” o minério é extraído em fatias horizontais iniciando-se no sentido ascendente.

Parte do minério desmontado é deixado no local de maneira a servir de plataforma para assegurar a continuidade da operação, bem como servir de suporte para as paredes laterais.

Após a denotação, o volume do material desmontado aumenta de cerca 70%, portanto 40% do minério deve ser continuamente removido de maneira a deixar um espaço suficiente entre o teto e o piso formado pela superfície do material acumulado. Quando a operação de lavra atinge a parte superior do corpo mineralizado, os restantes 60% do minério são então removidos.

Os corpos do minério de grande proporções são explorados em vários painéis separados, divididos por pilares que têm por função sustentar as paredes. Quando a lavra principal é concluída, o minério contido nestes pilares pode eventualmente ser recuperado também.





Fonte: Atlas Copco, 2007.

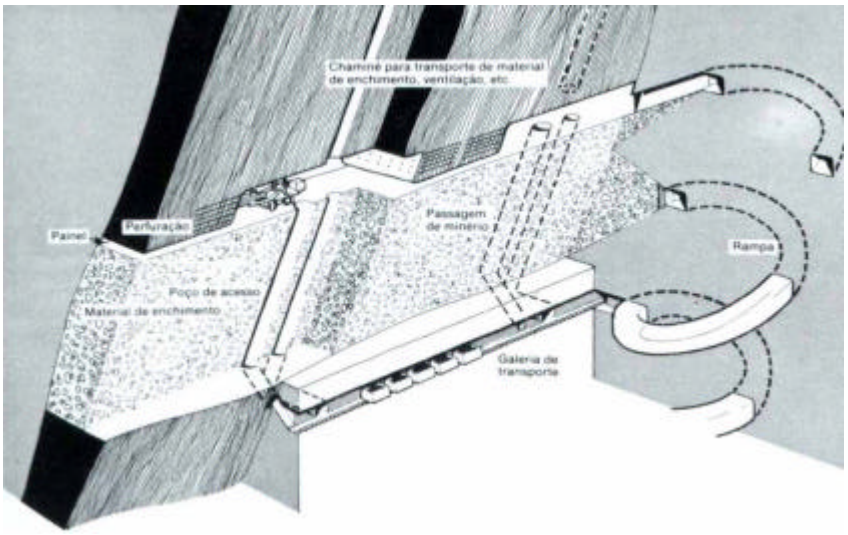
i) Mineração tipo “Cut and Fill”.

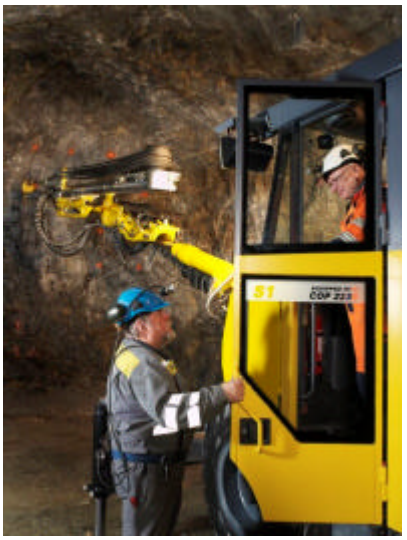
Em uma lavra pelo método “cut-and-fill” o minério é trabalhado em fatias horizontais. As operações tem início na parte mais baixa do corpo mineralizado prosseguindo no sentido ascendente. O minério desmontado é transportado para fora do painel. Quando uma determinada porção de minério já foi retirada, o espaço correspondente ao mesmo é completado com o material de enchimento que funciona tanto como suporte para as paredes, quanto como piso, quando os trabalhos continuam na lavra da próxima fatia.

O material de enchimento consiste dos detritos provenientes das escavações efetuadas durante a fase de desenvolvimento da mina, sendo espalhado por meios mecânicos.

Nas minas modernas do tipo “cut-and-fill”, entretanto, o enchimento hidráulico predomina. Neste caso, o material de enchimento consiste de aparas de material finamente moídas ou areia, misturados com água. O material é transportado para o interior da mina e distribuído através de uma rede de tubulações. Quando a água é drenada o resultado é um enchimento de material competente e com uma superfície lisa.

Por vezes o material de enchimento é misturado com cimento, fornecendo desta maneira um suporte adicional para as paredes, além de criar um piso mais duro e melhor de se trabalhar sobre ele.

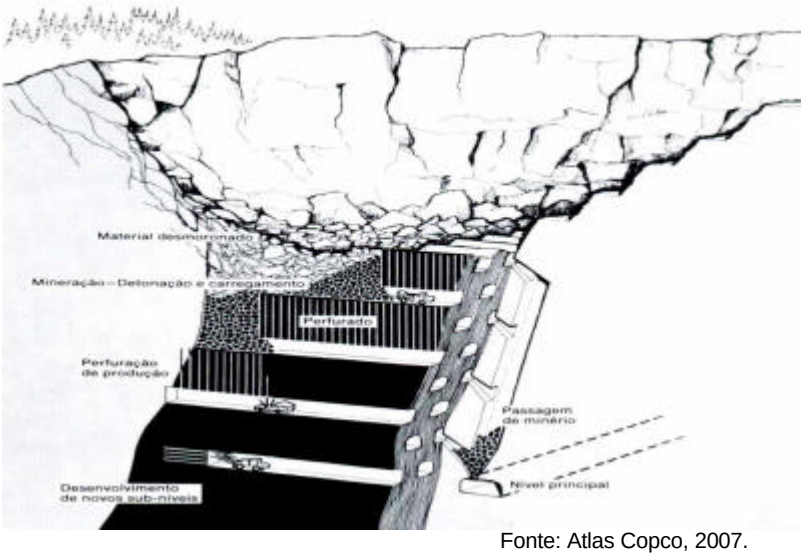




Fonte: Atlas Copco, 2007.

j) Mineração tipo “Sublevel Caving”.

No método “sublevel caving” o corpo de minério é atravessado por galerias em vários subniveis, distantes entre si na vertical de 8 a 15 metros. As galerias são desenvolvidas ao mesmo tempo que o sistema normal de galerias e cobrem todo o corpo de minério. No caso de corpos de minério muito extensos, as galerias dos subniveis cruzam o corpo de minério a partir de uma galeria principal situada ao longo da lapa (“foot wall”); nos depósitos estreitos (largura inferior a 20 metros) as galerias são dispostas ao longo do mesmos.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

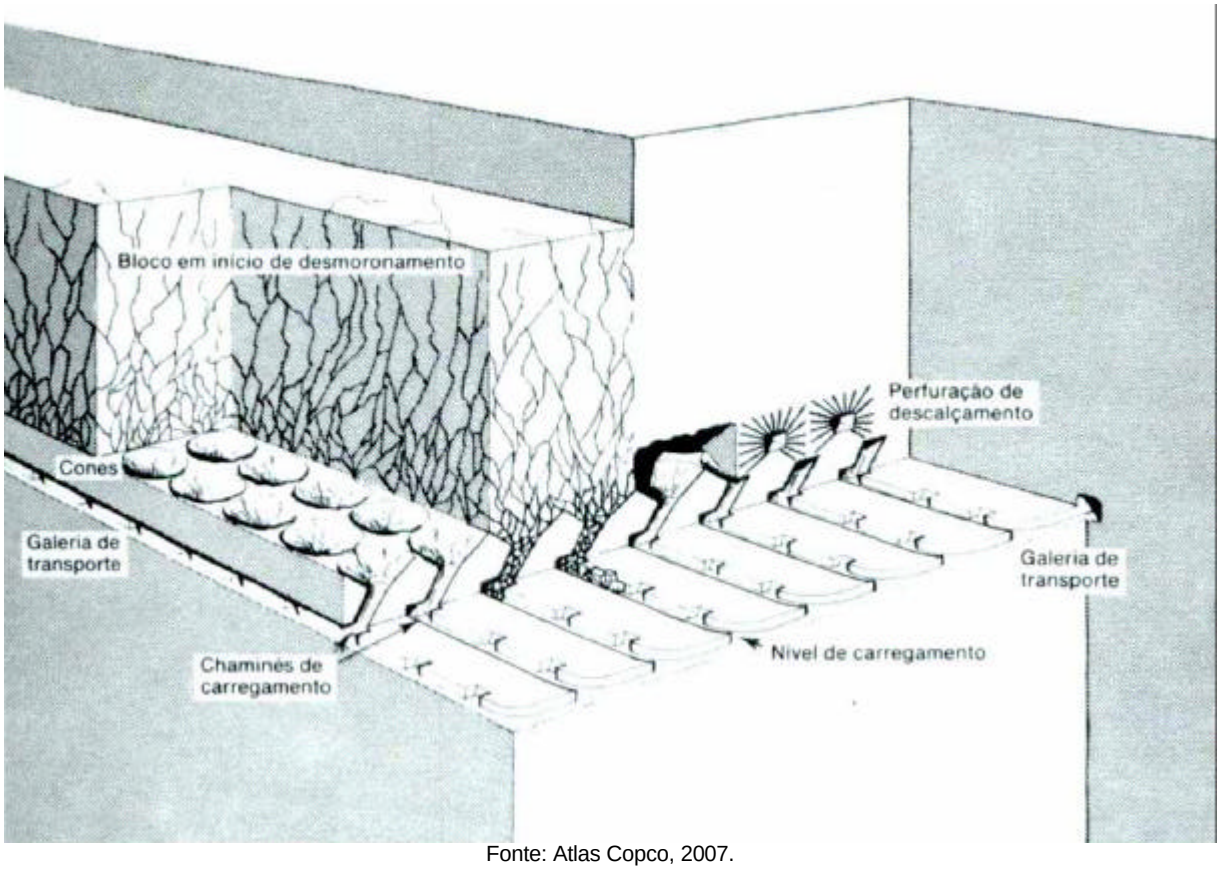
Dos subniveis o corpo mineralizado é perfurado em leques direcionados de baixo para cima. A detonação dos leques tem inicio junto à capa (“hanging wall”) continuando para a frente em direção à lapa (“foot wall”) ou aos pontos de carregamento.

Quando um leque é detonado, o minério é forçado pela ação da gravidade para o interior da galeria, onde é carregado e transportado para uma passagem de minério. O minério é gradativamente substituído pelo material estéril proveniente da capa e/ou pelo material desmoronado. Isto significa que o minério é misturado com o estéril, e que esta mistura aumenta a medida que cada ciclo individual de carregamento avança. Quando a mistura de estéril com o minério atinge com um certo limite, o carregamento é paralisado e um novo leque é então detonado. Uma certa quantidade de minério é conseqüentemente não recuperado. A mistura de estéril com o minério pode variar de 10 a 35% enquanto que as perdas de minério variam entre 5 e 20%.

k) Mineração tipo “Block Caving”.

No método “block caving” o minério é dividido em blocos de grandes proporções, normalmente com uma seção transversal no sentido horizontal de mais de 1.000 m². Em sua parte inferior o bloco é completamente descalçado, isto é, uma porção horizontal é detonada removendo o suporte do minério situado acima.

O descalçamento cria um sucessivo fraturamento do material, que gradualmente afeta todo o bloco. A elevada pressão criada pela gravidade esmaga o minério na parte inferior do bloco proporcionando uma fragmentação capaz de permitir a recuperação do material nos pontos de carregamento.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

5. PERFURAÇÃO E DESMONTE DE ROCHAS.

Desde os tempos pré-históricos, o homem tem sido compelido a trabalhar com rochas a fim de atender à diversas necessidades. A procura de sílex, para utilização nas ferramentas da idade da pedra, iniciou a mineração já em 15.000 a.C.. Por volta de 3.000 a.C. depósitos metálicos eram trabalhados no Egito e no Oriente Médio, tendo-se conhecimento de que várias minas de metais estavam em operação na Europa em torno de 1.600 anos antes de nossa era como, por exemplo, as minas de estanho de Cornwall.

O desenvolvimento técnico sempre tem sido determinado pelas fontes de energia disponíveis. Nas minas de sílex da idade da bronze desde 3.000 a.C, e durante cerca de 4.700 anos a instalação de fogueiras era o método de mineração predominante. A rocha era aquecida pelo fogo e em seguida resfriada com água, de maneira a forçar o aparecimento de fissuras. A pólvora começou a ser utilizada nas operações de mineração na Europa no século XVII, tendo o aparecimento da nitroglicerina ocorrido em 1870.

A perfuração e o desmonte de rochas constituem respectivamente a primeira e a segunda das operações unitárias básicas da mineração clássica.

5.1. PERFURAÇÃO DE ROCHAS.

A idéia de perfurar minas na rocha surgiu quando as operações de mineração passaram do simples acender de fogueira para as detonações com explosivos. Antes de 1860, quando as perfuratrizes pneumáticas começavam a ser utilizadas, a perfuração manual era o único método concebível. A primeira perfuratriz tipo martelo, foi construída em 1896 e em meados de 1940 as pontas forjadas das brocas foram substituídas por pastilhas de carbeto de tungstênio.

Atualmente são utilizados diversos tipos de perfuratrizes, manuais e mecanizadas, acionadas principalmente por ar comprimido, gerado por compressores específicos.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

5.2. DESMONTE DE ROCHAS.

Paralelamente com as técnicas de perfuração, as técnicas de detonação e desmonte também foram desenvolvidas. A espoleta de segurança foi inventada em 1831 e estava em uso geral na Suécia em 1850. Por volta da passagem do século, algumas tentativas foram feitas com fogos de acionamento elétrico, porém mais de 100 anos se passaram antes que este método ganhasse a aceitação geral. Em 1922 as espoletas de retardo foram introduzidas.

Atualmente são utilizados uma grande variedade de explosivos e acessórios, fabricados dentro de rigorosos padrões de qualidade, de forma a propiciar elevada segurança no seu manuseio e aplicação.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

6. CARREGAMENTO E TRANSPORTE.

Desde o inicio dos tempos, após a extração dos recursos minerais essenciais à sua sobrevivência, se fez necessário para o homem carregar e transportar o material obtido até o local de sua real utilização.

No principio foram usados seus próprios membros para estas atividades.

Acessórios rudimentares foram desenvolvidos para escavar, carregar e transportar, no seu próprio dorso ou no dos primeiros animais domesticados.

Com o advento da roda, carroças acionadas por tração humana ou animal, constituíram a primeira grande evolução tecnológica na área do transporte, perdurando por milênios até o início da revolução industrial no final do Século XVIII.

O carregamento e o transporte constituem respectivamente a terceira e a quarta das operações unitárias básicas da mineração clássica.

6.1. CARREGAMENTO.

Após as operações de perfuração e desmonte dos minérios rochosos, ou após a escavação dos materiais inconsolidados, se faz necessário carregá-los em algum tipo de equipamento para se efetivar o translado até seu destino.

Até meados do Século XIX, enquanto houve escravidão declarada, predominou o carregamento manual, utilizando-se as próprias mãos ou pás para tal.

Com o advento da máquina a vapor, foram desenvolvidas as primeiras escavadeiras mecanizadas.

Atualmente é utilizada uma grande diversidade de equipamentos, de porte os mais variados, acionados por motores diesel ou elétricos, deslocando-se sobre pneus ou esteiras, compreendendo pás carregadeiras, escavadeiras frontais, retro escavadeiras, “shovels”, “drag-lines”, escavadeiras contínuas com rodas de alcatruzes, etc...

Fonte : Caterpillar, 2007.

Fonte :Liebherr, 2007.

6.2. TRANSPORTE.

Como já foi dito acima, o transporte em carroças movidas por tração animal perdurou por milênios até o advento das máquinas à vapor no início do Século XIX .

No início do Século XX, os caminhões movidos à diesel ou gasolina, ampliaram e flexibilizaram as opções até então existentes.

Com a consolidação e expansão da distribuição de energia elétrica, máquinas de elevada potência e rendimento revolucionaram novamente os meios de transporte.

Atualmente é utilizada uma grande diversidade de equipamentos, de porte os mais variados, acionados por motores diesel ou elétricos, deslocando-se sobre pneus ou trilhos, compreendendo caminhões, carregadeiras LHD, “moto scrapers”, locomotivas e vagões, teleféricos, transportadores de correia, minerodutos, etc...

Fonte : Liebherr, 2007.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

7. ANÁLISE ECONÔMICA.

Jazida e mina não se confundem. São diferenciadas pelo critério de sua utilização industrial. Jazida pressupõe a existência de reserva mineral em depósito, em seu estado natural. Mina indica a sua exploração a nível econômico. Mas não basta a existência da reserva, nem seu potencial econômico. Há de ter valor econômico efetivo. Sua exploração deverá ser tecnicamente viável e com demanda suficiente para viabilizar o empreendimento.

A análise econômica visa a obtenção de parâmetros do fluxo de caixa do empreendimento, possibilitando assim, a análise de viabilidade técnico-econômica da implantação do projeto.

A avaliação de rentabilidade de um empreendimento é usualmente realizada pelo método da taxa interna de retorno, ou seja, pelo cálculo de taxa juros que torna o investimento feito equivalente ao fluxo de caixa obtido.

Para realizar esta avaliação, costuma-se adotar as seguintes premissas:

- Amortização dos investimentos ao longo do tempo.
- Investimentos entram no fluxo de caixa no período de implantação (ano zero) e as reposições são feitas nas datas pertinentes.
- Para todos os equipamentos é considerado um valor residual de 20% do investimento, após sua vida útil. Os investimentos em construções civis e infra-estrutura são considerados sem valor residual.
- Considera-se um capital de giro equivalente a 3 meses de operação.
- Escala de produção e vida útil compatíveis com as reservas medidas.
- Análise econômica para um período máximo de 20 anos.
- Custos de produção.
- Receitas previstas.
- Considera-se a incidência de todos os tributos aplicáveis ao empreendimento.

A simulação do fluxo de caixa do empreendimento fornece a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente (VP) para uma pré-determinada taxa de atratividade ao ano.

A tabela contida no Anexo II detalha o modelo de fluxo de caixa para um empreendimento fictício.

8. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.

O regime de aproveitamento de minas e jazidas minerais, por sua relevância, sempre mereceu tratamento constitucional. Reflete a intervenção do Estado na economia, dentro de um avançado conceito de propriedade, relevando a sua função econômica e social.

Núcleo de toda a atividade mineral, a jazida e a mina tem como características essenciais a sua natureza imobiliária, a sua autonomia em relação ao solo, a rigidez locacional e a exaustão das reservas.

A Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988, no seu artigo 176 destaca que “as jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra”.

O Código de Mineração regula os direitos sobre as jazidas e minas, os regimes de seu aproveitamento e a fiscalização federal da atividade.

O Departamento Nacional da Produção Mineral DNPM, do Ministério de Minas e Energia, criado pelo Decreto 23.979 de 08/03/1934, é o órgão competente para a execução do Código de Mineração, de seu Regulamento e, para fiscalizar as atividades concernentes à mineração, à indústria e ao comércio de matérias primas minerais.

No Brasil, cinco regimes jurídicos presidem, concomitantemente o aproveitamento dos recursos minerais:

- Regime de Concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia.
- Regime de Autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor Geral do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM.
- Regime de Licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.
- Regime de Permissão de Lavra Garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor Geral do Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM.
- Regime de Monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal.

São transcritos a seguir alguns textos básicos contidos no Código de Mineração, relativos ao capítulo da Lavra.

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

Na outorga da lavra a jazida deverá estar pesquisada, com o relatório aprovado pelo DNPM.

A área de lavra será adequada à condução técnico econômica dos trabalhos de extração e beneficiamento, respeitados os limites da área de pesquisa.

Não haverá restrições quanto ao número de concessões outorgadas a uma mesma empresa.

O requerimento de autorização de lavra será dirigido ao Ministro das Minas e Energia, pelo titular da autorização de pesquisa, ou seu sucessor, e deverá ser instruído com os devidos elementos de informação e prova.

Quando tiver por objeto área situada na faixa de fronteira, a concessão de lavra fica ainda sujeita aos critérios e condições estabelecidas em lei.

O dimensionamento das instalações e equipamentos, previstos no plano de aproveitamento econômico da jazida, deverá ser condizente com a produção justificada no memorial explicativo, bem como apresentar previsão das ampliações futuras.

A autorização será recusada se a lavra for considerada prejudicial ao bem público ou comprometer interesses que superem a utilidade da exploração industrial, a juízo do governo. Neste último caso, o pesquisador terá direito de receber do governo a indenização das despesas feitas com os trabalhos de pesquisa, uma vez que haja sido aprovado o relatório.

A concessão da portaria de lavra ficará condicionada à apresentação ao DNPM, por parte do empreendedor, da Licença de Instalação expedida pelo órgão ambiental competente.

A concessão de lavra terá por título uma portaria assinada pelo Ministro de Estado de Minas e Energia.

O titular da concessão de lavra requererá ao DNPM a posse a jazida, dentro de noventa dias a contar da data da publicação da respectiva portaria no Diário Oficial da União.

Ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais previstas no código, ainda às seguintes, sob pena das sansões legais pertinentes:

- Iniciar os trabalhos previstos no plano de lavra aprovado pelo DNPM, dentro do prazo de seis meses, contados da data da publicação do Decreto de Concessão no Diário Oficial da União.
- Lavrar a jazida de acordo com o plano de lavra aprovado pelo DNPM, e cuja segunda via, devidamente autenticada, deverá ser mantida no local da mina.
- Extrair somente as substâncias minerais indicadas no Decreto de Concessão.
- Comunicar imediatamente ao DNPM o descobrimento de qualquer outra substância mineral não incluída no Decreto de Concessão.
- Executar os trabalhos de mineração com observância das normas regulamentares.
- Confiar, obrigatoriamente, a direção dos trabalhos de lavra a técnico legalmente habilitado ao exercício da profissão.
- Não dificultar ou impossibilitar, por lavra ambiciosa, o aproveitamento ulterior da jazida.
- Responder pelos danos e prejuízos a terceiros, que resultarem, direta ou indiretamente, da lavra.
- Promover a segurança e a salubridade das habitações existentes no local.
- Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos.
- Evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração.
- Proteger e conservar as fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos e legais pertinentes.
- Tomar as providências indicadas pela fiscalização dos órgãos federais.
- Não suspender os trabalhos de lavra, sem prévia comunicação ao DNPM.
- Manter a mina em bom estado, no caso de suspensão temporária dos trabalhos de lavra, de modo a permitir a retomada das operações.
- Apresentar ao DNPM, até o data limite estabelecida por lei, o Relatório Anual de Lavra relativo às atividades realizadas no ano anterior.

Para o aproveitamento, pelo concessionário de lavra, de novas substâncias minerais será necessário aditamento específico ao seu título de lavra.

Considera-se ambiciosa, a lavra conduzida sem observância ao plano pré estabelecido, ou efetuada de modo a impossibilitar o ulterior aproveitamento econômico da jazida.

Os trabalhos de lavra, uma vez iniciados, não poderão ser interrompidos por mais de seis meses consecutivos, salvo motivo comprovado de força maior.

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

A lavra praticada em desacordo com o plano aprovado pelo DNPM, sujeita o concessionário à sansões que podem ir gradativamente da advertência à caducidade.

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

O concessionário de um Grupamento Mineiro, a juízo do DNPM, poderá concentrar as atividades de 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.

Em zona que tenha sido declarada Reserva Nacional de determinada substância mineral, o governo poderá autorizar a pesquisa ou lavra de outra substância mineral, sempre que os trabalhos relativos à autorização solicitada forem compatíveis e independentes dos referentes à substância da reserva e mediante condições especiais, de conformidade com os interesses da União e da economia nacional.

As disposições acima referidas aplicam-se também a áreas específicas que estiverem sendo objeto de pesquisa ou lavra sob regime de monopólio.

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

A concessão de lavra poderá ser desmembrada em duas ou mais concessões distintas, a juízo do DNPM, se o fracionamento não comprometer o racional aproveitamento da jazida e desde que evidenciadas a viabilidade técnica, a economicidade do aproveitamento autônomo das unidades mineiras resultantes e o incremento da produção da jazida.

No curso de qualquer medida judicial não poderá haver embargo ou seqüestro que resulte em interrupção dos trabalhos de lavra.

Poderá o titular da portaria de concessão de lavra, mediante requerimento justificado ao Ministro de Estado de Minas e Energia, obter a suspensão temporária da lavra, ou comunicar a renúncia ao seu título.

Cabe aqui ressaltar que, além do disposto no Código de Mineração, o desenvolvimento das atividades de lavra de uma jazida mineral também está sujeito à legislação imposta pelos órgãos ambientais pertinentes (CONAMA, SEMA, IAP, etc...).

BIBLIOGRAFIA

ATLAS COPCO *Mining Methods.* Mc Graw-Hill, 1976.

FREIRE, W. *Comentários ao Código de Mineração.* Aide Editora, 1995.

FREIRE, W. *Direito Ambiental Aplicado à Mineração.* Editora Mineira, 2005.

PINTO, U.R. *Consolidação da Legislação Mineral e Ambiental.* Brasília, 2005.

MAIA, J. *Curso de Lavra de Minas.* Fundação Gorceix, 1980.

MOTTA, J.P. *Economia Mineira Nacional.* Mc Graw-Hill, 1977.

NÚCLEO DE TECNOLOGIA MINERAL & CERÂMICA *Documentos Técnicos.* SENAI PR, 2004.

SITES

ATLAS COPCO : www.atlascopco.com

CATERPILLAR : www.cat.com

DATAMINE : www.datamine.co.uk

IBQ BRITANITE : www.britanite.com.br

IHC HOLLAND : www.ihcholland.com

IMERYS : www.imerys.com

METSO MINERALS : www.metsominerals.com

LIEBHERR : www.liebherr.com

ANEXO I

PLANO DE APROVEITAMENTO ECONÔMICO – MODELO DNPM.

ÍNDICE

1 MEMORIAL EXPLICATIVO

2 IDENTIFICAÇÃO DO TITULAR REQUERENTE

3 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E VIAS DE ACESSO

4 RESERVA MINERAL APROVADA

5 PLANO DE LAVRA

5.1 PLANEJAMENTO DA LAVRA
5.2 LOCAL PARA INÍCIO DA LAVRA
5.3 MÉTODO DE LAVRA E SENTIDO DE AVANÇO
5.4 PRODUÇÃO COMERCIALIZÁVEL
5.5 VIDA ÚTIL DA JAZIDA
5.6 DESENVOLVIMENTO DE LAVRA

5.6.1 ABERTURA DA MINA
5.6.2 DECAPEAMENTO
5.6.3 DESMONTE DO MINÉRIO
5.6.4 CARREGAMENTO E TRANSPORTE DO MINÉRIO
5.6.5 ESTOCAGEM DO MINÉRIO
5.6.6 ESTOCAGEM DO ESTÉRIL/CAPEAMENTO
5.6.7 FLUXOGRAMA DAS OPERAÇÕES DE LAVRA
5.6.8 CRONOGRAMA DE DESENVOLVIMENTO DE LAVRA

5.7 PLANO DE DRENAGEM DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
5.8 VIAS DE ACESSO
5.9 PIT FINAL DE LAVRA
5.10 INFRA ESTRUTURA
5.11 EQUIPAMENTOS
5.12 MÃO-DE-OBRA
5.13 HIGIENE E SEGURANÇA DOS TRABALHOS
5.14 SERVIDÕES
5.15 PLANO DE EMERGÊNCIA - PE

5.15.1 ASPECTOS GERAIS
5.15.2 SITUAÇÃO EMERGENCIAL
5.15.3 CARACTERIZAÇÃO DE RISCOS
5.15.4 MAPA DE RISCOS

5.16 PLANO DE RESGATE E SALVAMENTO - PRS

5.16.1 CARACTERIZAÇÃO
5.16.2 AÇÕES DE ENFRENTAMENTO
5.16.3 ABRANGÊNCIA DO PRS

6 ASPECTOS AMBIENTAIS

6.1 GEOMORFOLOGIA
6.2 GEOLOGIA REGIONAL E LOCAL
6.3 ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS
6.4 SOLO
6.5 CLIMA
6.6 COBERTURA VEGETAL
6.7 FAUNA

7 PLANO DE CONTROLE DE IMPACTO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO - PCIAM

7.1 IMPACTOS AMBIENTAIS POTENCIAIS

7.1.1 DEGRADAÇÃO DA PAISAGEM
7.1.2 EROSÃO E ASSOREAMENTO
7.1.3 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
7.1.4 SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA
7.1.5 POLUIÇÃO SONORA
7.1.6 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
7.1.7 TRÁFEGO DE VEÍCULOS
7.1.8 INTERFERÊNCIA NO ENTORNO DO EMPREENDIMENTO

7.2 MEDIDAS DE CONTROLE AMBIENTAL

7.2.1 ASPECTOS GERAIS
7.2.2 DISPOSIÇÃO DO ESTÉRIL
7.2.3 IMPLANTAÇÃO DE CORDÕES DE VEGETAÇÃO
7.2.4 REVEGETAÇÃO DE TALUDES
7.2.5 DISCIPLINAMENTO DO ESCOAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
7.2.6 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS
7.2.7 CONTROLE DE POEIRAS
7.2.8 CONTROLE DE EROSÃO
7.2.9 CONTROLE DE RUÍDOS

7.3 PLANO DE MONITORAMENTO
7.4 RELATÓRIO DE MONITORAMENTO

8 EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DA LAVRA

8.1 ANÁLISE DE MERCADO
8.2 INVESTIMENTOS

8.2.1 PESQUISA MINERAL
8.2.2 LICENCIAMENTO AMBIENTAL
8.2.3 AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

8.2.4 INFRA ESTRUTURA E EDIFICAÇÕES
8.2.5 DESPESAS COMPLEMENTARES
8.2.6 DESPESAS DE POSTA EM MARCHA
8.2.7 DESPESAS EVENTUAIS
8.2.8 RESUMO DOS INVESTIMENTOS

8.3 CUSTOS DE PRODUÇÃO

8.3.1 MÃO DE OBRA NA PRODUÇÃO
8.3.2 INSUMOS NA PRODUÇÃO
8.3.3 MANUTENÇÃO NA PRODUÇÃO
8.3.4 MÃO DE OBRA NA ADMINISTRAÇÃO
8.3.5 DESPESAS ADMINISTRATIVAS
8.3.6 DESPESAS COM RECUPERAÇÃO AMBIENTAL
8.3.7 DESPESAS EVENTUAIS
8.3.8 RESUMO DOS CUSTOS OPERACIONAIS

8.4 ECONOMICIDADE DO PROJETO

8.4.1 FATURAMENTO PROJETADO
8.4.2 DEPRECIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS
8.4.3 DEPRECIAÇÃO DE INSTALAÇÕES
8.4.4 PROVISÃO PARA IMPOSTOS
8.4.5 PROVISÃO PARA CAPITAL DE GIRO
8.4.6 CUSTO DO CAPITAL FINANCIADO
8.4.7 CUSTO OPERACIONAL MÉDIO
8.4.8 VIABILIDADE ECONÔMICA

9 PLANO DE FECHAMENTO DA MINA (PFM)

9.1 OBJETIVO
9.2 ESTRUTURA DO PFM
9.3 OFICIALIZAÇÃO DO FECHAMENTO DA MINA

10 CONCLUSÃO

11 BIBLIOGRAFIA

12 ANEXOS

ANEXO II

MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA.

MODELO DE ANÁLISE ECONÔMICA

1. ESCALA DE PRODUÇÃO.

REGIMES OPERACIONAIS						
ESCALA DE PRODUÇÃO		PARTIÇÃO DOS PRODUTOS				
17,0	t/h = alimentação	%	Produto	t/hora	t/mês	t/ano
25	dias por mês	35%	Feldspato	5,4	3.213	38.556
24	horas/dia - 3 turnos	35%	Areia Feld.	5,4	3.213	38.556
600	horas / mês	30%	Rejeito	4,6	2.754	33.048
7200	horas / ano	**100%**	**Total**	**15,3**	**9.180**	**110.160**
90%	Eficiência da operação					

PARÂMETROS DA JAZIDA			
RESERVAS LAVRÁVEIS DO PROCESSO		PARÂMETROS ANUAIS DE LAVRA	
4.766.340	Toneladas de minério residual	110.160	Toneladas de minério lavrado
1,85	Densidade "in situ" do minério	1,85	Densidade "in situ" do minério
0	Relação estéril minério = R	0	Relação estéril minério
43,3	Vida útil do empreend. (anos)	59.546	Volume anual de minério lavrado
2.576.400	Volume minério "in situ" (m3)	**4.962**	Vol. mensal de minério "in situ"
3.220.500	Volume minério empolado (m3).	6.203	Volume mensal empolado

2. INVESTIMENTOS.

	INVESTIMENTOS		
1- UNIDADE DE PRÉ CONCENTRAÇÃO			
ÍTEM	*DESCRIÇÃO BÁSICA*	*Total R$*	*HP*
AC-01	Alimentador de correia 24" x 4m	7.500,00	2
TC-02	Transportadortador de correia 16" x 6m	6.000,00	3
MG-01	Moega de alimentação, metálica, cap.15m3	10.000,00	-
PV-01	Peneira rotativa, dimensões 1,2 x 6,0 m	45.000,00	10
SR-01	Secador rotativo capacidade de 17 t/h.	75.000,00	15
TC-01	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
TC-03	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
TC-04	Transportador de correia 16" x 15 m	11.000,00	5
	TOTAL ÁREA 1	**176.500,00**	**45**

2 - OUTROS ÍTENS DE INVESTIMENTO			
	DESCRIÇÃO BÁSICA	*Total R$*	*% Tt 1*
	Equipamentos e materiais elétricos	10.590,00	6%
	Estruturas metálicas e caldeiraria	14.120,00	8%
	Montagem	14.120,00	8%
	Miscelâneas e contingências	17.650,00	10%
	TOTAL ÁREA 2	**56.480,00**	

3- EDIFICAÇÕES			
Área(m2)	*DESCRIÇÃO BÁSICA*	*R$/m2*	*Total R$*
40	Escritório	350	14.000,00
8	Guarita	200	1.600,00
20	Refeitório	400	8.000,00
20	Vestiário	350	7.000,00
60	Manutenção	200	12.000,00
	TOTAL ÁREA 3		**42.600,00**

4 - INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS		*Total R$*
	Desenvolvimento da frente de lavra	10.000,00
	Acessos	6.000,00
	Terraplenagens	4.000,00
	Engenharia consultiva	10.000,00
	TOTAL DA ÁREA 4	**30.000,00**

5- LICENCIAMENTO AMBIENTAL		*Total R$*
	Elaboração do PAE	10.000,00
	Relatório Ambiental Preliminar	15.000,00
	EIA/RIMA	25.000,00
	Taxas diversas	5.000,00
	TOTAL DA ÁREA 5	**55.000,00**

RESUMO DOS INVESTIMENTOS			
ÌTEM	**DESCRIÇÃO BÁSICA**	*Total R$*	**%**
1	UNIDADE DE PRÉ CONCENTRAÇÃO	176.500,00	48,95
2	OUTROS ÍTENS DE INVESTIMENTO	56.480,00	15,66
3	EDIFICAÇÕES	42.600,00	11,81
4	INFRA-ESTRUTURA E SERVIÇOS	30.000,00	8,32
5	LICENCIAMENTO AMBIENTAL	55.000,00	15,25
	TOTAL DOS INVESTIMENTOS	**360.580,00**	100,00

AMORTIZAÇÃO DOS INVESTIMENTOS		**Anos**	**R$/ano**
	Lavra e auxiliares - itens 4 e 5	5	17.000,00
	Beneficiamento - itens 1 e 2	10	23.298,00
	Edificações - item 3	20	2.130,00
	TOTAL DA AMORTIZAÇÃO/ANO		**42.428,00**

3. CUSTOS.

			CUSTOS			
1. CUSTOS DA LAVRA TERCEIRIZADA						
Custos de lavra praticados para material friável, desmonte e carregamento por pá-carregadeira transporte do minério por caminhão até 500 metros e carregamento dos produtos finais						
R$	**Discriminação dos preços individuais**			t/mês		
3,20	Por tonelada de produto vendido			6.426		
2,20	Por tonelada de rejeito gerado			2.754		
1,40	Por tonelada de solo orgânico armazenado			459		
27.264,60	Custo mensal da lavra terceirizada.					
4,24	**R$/t Lavra e carregamento**					
327.175,20	Custo anual da lavra terceirizada					

2. CUSTO DA MÃO DE OBRA					
Função	**Salário**	**N.Func.**	**Encargos(%)**	**Tt mensal**	**Tt anual**
	R$/mês		**80%**	R$	R$
Encar. Geral	600,00	1	480,00	1.080,00	12.960,00
Aux. Adm.	400,00	1	320,00	720,00	8.640,00
Operadores	400,00	3	960,00	1.360,00	16.320,00
Vigia	400,00	1	320,00	720,00	8.640,00
Total		**6**	**2.080,80**	**3.880,00**	**46.560,00**
0,60	**R$/t mão de obra**				

3- CUSTO DA MANUTENÇÃO			
			R$
Investimento em equipamentos			176.500,00
	% ao ano	8,00%	
	R$ ao mês	1.176,67	
	R$ ao ano	14.120,00	
0,18	**R$/t manutenção**		

4 - CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA					
	HP	Kwh	Custo médio Kwh com demanda		
Potência	45	33,56	R$		
			0,15		
Cons. Mês	Kwh	20.134			
Cons.ano	Kwh	241.611			
0,47	**R$/t energia elétrica**				

5- CUSTO DA SECAGEM				
	Kg/t	R$/Kg	R$/mês	R$/ano
Óleo combustível - BPF	4,80	0,62	27.319,68	327.836,16
4,25	**R$/t secagem**			

6 - CUSTOS AMBIENTAIS	
0,15	**R$ / t de custos ambientais**
1.377,00	Custo ambiental mensal
16.524,00	Custo ambiental anual

Resumo dos custos da lavra e do beneficiamento				
Item	Custo prod	Tt mês	Tt Ano	%
1	4,24	27.264,60	327.175,20	42,58
2	0,60	3.880,00	46.560,00	6,06
3	0,18	1.176,67	14.120,00	1,84
4	0,47	3.020,13	36.241,61	4,72
5	4,25	27.319,68	327.836,16	42,66
6	0,15	1377,00	16.524,00	2,15
Total	**9,90**	**64.038,08**	**768.456,97**	100,00

4. FLUXO DE CAIXA.

Item/ano				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produtos (t/ano)	110.160	100,00%		110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160
PC1 - Pré Concentrado 1	38.556	35,00		38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
PC2 - Pré Concentrado 2	38.556	35,00		38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
PC3 - Pré Concentrado 3	33.048	30,00		33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048
Faturamento (R$/ano) = Fa	R$/t.	100,00		1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0
PC1 - Pré Concentrado 1	30,00	65,42		1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0
PC2 - Pré Concentrado 2	15,00	32,71		578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0
PC3 - Pré Concentrado 3	1,00	1,87		33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0
Impostos e Royalties Totais = Ip	22,72%			401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0
ICMS	12,00%			212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2
COFINS	3,00%			53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0
PIS	0,65%			11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4
CFEM	1,69%			29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3
ROYALTIES	5,00%			88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4
CPMF	0,38%			6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7
Custos Operacionais (R$/ano) = Co	768.457,0			768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0
Depreciação = Dp	42.428,00	R$/ano		42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00
Lucro Bruto Anual= Lb = (Cx - Dp)		R$/ano		555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0
IRPJ = IR	35%	R$/ano		194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3
Lucro Líquido Anual = Li = (Lb - IR)		R$/ano		361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7
Caixa = Cx = (Fa-Co-Ip)		R$/ano		403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
Capital de giro = Cg		3 meses		256.152,3									
Taxa de juros = i (%/ano)	18,50			1,185	1,404	1,664	1,972	2,337	2,769	3,281	3,888	4,607	5,460
Valor Presente (Inv. e caixa) = VP	R$	2.241.657,9		147.336,4	340.496,8	287.339,1	242.480,2	204.624,7	172.679,0	145.720,7	122.971,1	103.773,0	87.572,2
Taxa Interna de Retorno = TIR	%	80,27%	-360.580,0	147.336,4	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
			360.580,0										
" Pay Back"	anos	1,00											

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160	110.160
38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556	38.556
33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048	33.048
1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0	1.768.068,0
1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0	1.156.680,0
578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0	578.340,0
33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0	33.048,0
401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0	401.705,0
212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2	212.168,2
53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0	53.042,0
11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4	11.492,4
29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3	29.880,3
88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4	88.403,4
6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7	6.718,7
768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0	768.457,0
42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00	42.428,00
555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0	555.478,0
194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3	194.417,3
361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7	361.060,7
403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7
6,470	7,667	9,085	10,766	12,758	15,118	17,915	21,229	25,156	29,810
73.900,6	62.363,4	52.627,3	44.411,2	37.477,8	31.626,9	26.689,3	22.522,6	19.006,5	16.039,2
403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7	403.488,7

ANEXO III

LAVRA SUBTERRÂNEA DE CALCÁRIO – SP

LAVRA SUBTERRÂNEA DE CALCÁRIO – SP

APRESENTAÇÃO

Uma grande fábrica de cimento, pertencente à um renomado grupo nacional, explora há várias décadas calcário para fabricação de cimento.

Visando o abastecimento seguro do bem mineral e com a progressiva exaustão das reservas a céu aberto e reservas potenciais em profundidade, o estudo técnico e econômico mostrou a viabilidade da lavra subterrânea.

Assim, no segundo semestre de 1975, a empresa iniciou a abertura de uma mina subterrânea confiando o projeto de lavra à Outukumpu Oy, da Finlândia, com participação direta do seu corpo técnico.

1. INTRODUÇÃO.

O referido grupo, tradicional minerador brasileiro participava com 4,77% da produção mineral brasileira, colocando-se em quarto lugar entre os grupos mineradores que atuavam no país.

A capacidade instalada de produção de cimento do grupo era de 19 milhões de toneladas/ano, que correspondia a 43% da capacidade instalada no país.

A fábrica de cimento localizava-se no Município de Votorantim distando cerca de 120 km da capital do Estado. A capacidade de produção instalada era de 7.700 toneladas/dia de clínquer e o consumo de calcário podia atingir um máximo de 4 milhões de toneladas/ano.

As fontes principais de calcário eram: Jazida Baltar (lavras à céu aberto e subterrânea), Jazida Pastinho e Jazida Placa.

Os trabalhos de abertura da Mina Subterrânea do Baltar foram iniciados no segundo semestre de 1975 e a lavra começou em julho de1981, produzindo inicialmente 1 milhão de tonelada/ano. A produção da mina foi planejada para aumentar gradualmente até atingir a capacidade de 3 milhões de tonelada/ano.

2. GEOLOGIA.

A seqüência metamórfica na região de Santa Helena pertence ao Grupo São Roque, constituída por filitos, quartzitos, meta-arenitos, dolomitos, calcários, calcários dolomitícos além de rochas calco-silicatadas e metabasitos. Os corpos de calcário são lenticulares, com direção NE e mergulho predominante para SE. Estruturalmente, a lente Baltar situa-se numa das abas de um sinclinal com o núcleo central constituído de camadas cíclicas de quartzito, meta-arenito e filito. A direção do eixo deste sinclinal é N60ºE com mergulho para SW. Todas as litologias apresentam-se fortemente dobradas e falhadas.

A Jazida Baltar dista aproximadamente 1.200 metros da fábrica, com extensão de 1.300 metros e espessura variando de 40 a 220 metros, tendo sido lavrada a céu aberto nos seus primeiros 830 metros. Engloba uma lente principal de calcário, que ao longo da zona da capa e lapa é recoberta e superposta por uma seqüência de dolomito com intercalações de calcário e calcário dolomítico.

A direção geral é concordante com as direções regionais, embora com fortes variações locais. Os teores médios de CaO e MgO no calcário são respectivamente, 48,0% e 1,5%.

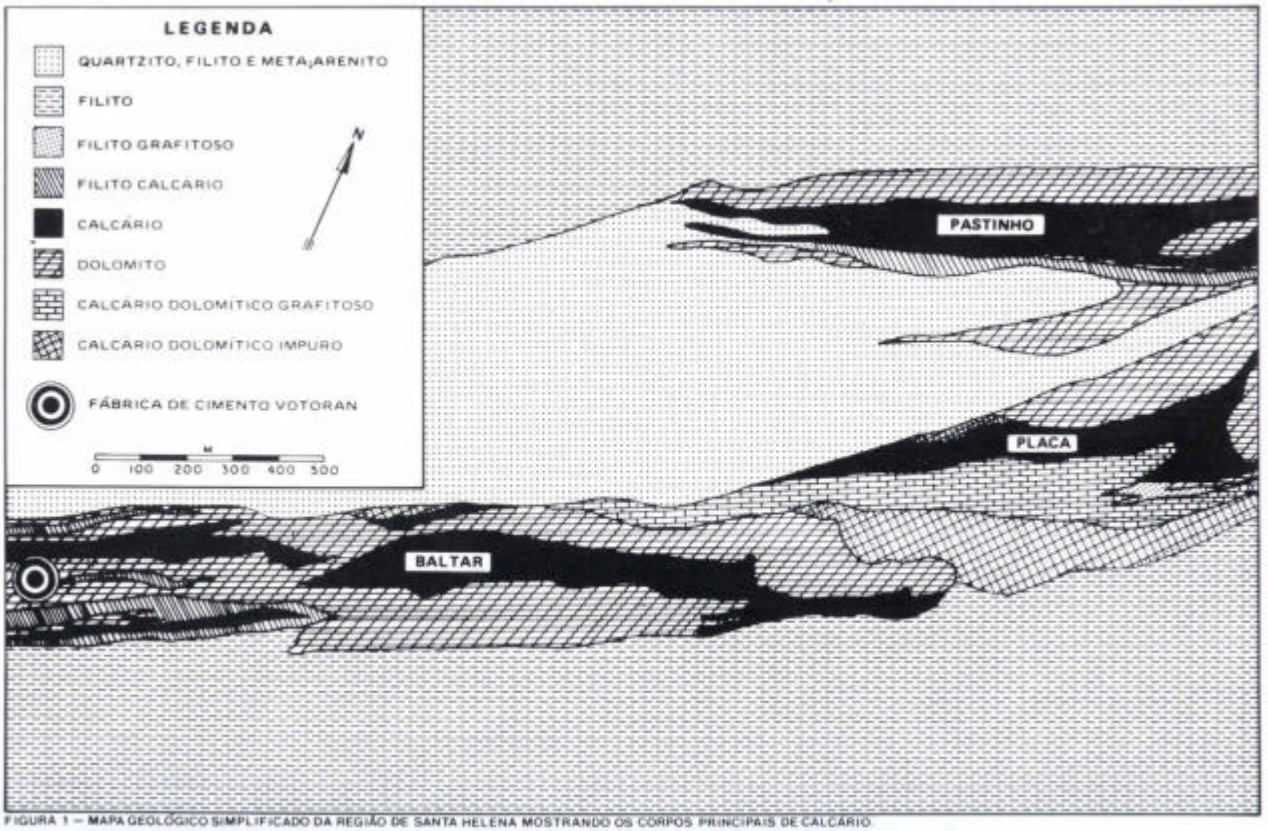


FIGURA 1 – MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DA REGIÃO DE SANTA HELENA MOSTRANDO OS CORPOS PRINCIPAIS DE CALCÁRIO

Fonte: Votorantim, 1993.

3. "LAY OUT" DA MINA.

O projeto de lavra subterrânea da Mina Baltar incluiu em suas fases principais desmonte em salões por subníveis, carregamento e transporte do minério com equipamento convencional sobre pneus, britagem primária em britador giratório e elevação do minério à superfície por correia transportadoras.

Os serviços complementares eram ventilação, bombeamento, energização, oficina de manutenção, refeitório e ambulatório.

O acesso principal à mina era feito a partir da superfície, na cota 616, por um túnel descendente com traçado em zig-zag com 1.850 metros de comprimento, 12,4% de inclinação, com dimensões de 7,5 x 5,0 metros, que permitia o acesso à mina de máquinas, equipamentos e pessoal.

O túnel da correia transportadora tinha traçado em linha reta, declividade de 26,8%, dimensões de 5,5 x 5.0 metros e comprimento de 1.100metros.

A instalação de britagem, na cota 405, era composta de um britador primário giratório 46" x 65" com capacidade máxima de 1.500 toneladas/h e um silo intermediário para regularização do fluxo com a capacidade de 2.200 toneladas.

A elevação do minério à superfície era feita a partir do silo, através de um alimentador vibratório com transferência para a correia transportadora principal de 1.200 mm x 1.040 metros com capacidade de 1.000 toneladas/h, velocidade de 3m/s e acionada por um motor elétrico de 1.215kw.

A britagem secundária, instalada em superfície operava em sistema circuito fechado, sendo composta de um britador hidrocone, modelo Faço 12-60, com capacidade de 300 toneladas/h, reduzindo o minério à granulometria de 1”.

A ventilação da mina era feita através de chaminés de insuflação e exaustão de ar a partir da lavra à céu aberto.

Pelo fato da mina estar situada sob o rio Sorocaba, foi prevista uma estação de bombeamento de água de 1.500 metros cúbicos/h. A eletrificação da mina era feita em 24 kV, através de poço vertical, rebaixada na mina para 6.600V, 2.200V e 440 V.

A disposição dessas instalações atendia à lavra dos salões do primeiro painel entre as cotas 530 e 420 e a do segundo entre as cotas 370 e 260.

O acesso ao segundo painel de lavra foi feito por túnel descendente à partir das imediações das instalações principais cota 397, com 1.100 metros de comprimento, 12,5% de inclinação, com dimensões de 6.5 x 5.5 metros. Os trabalhos de abertura do acesso ao segundo painel de lavra foram iniciados em dezembro de 1.990.

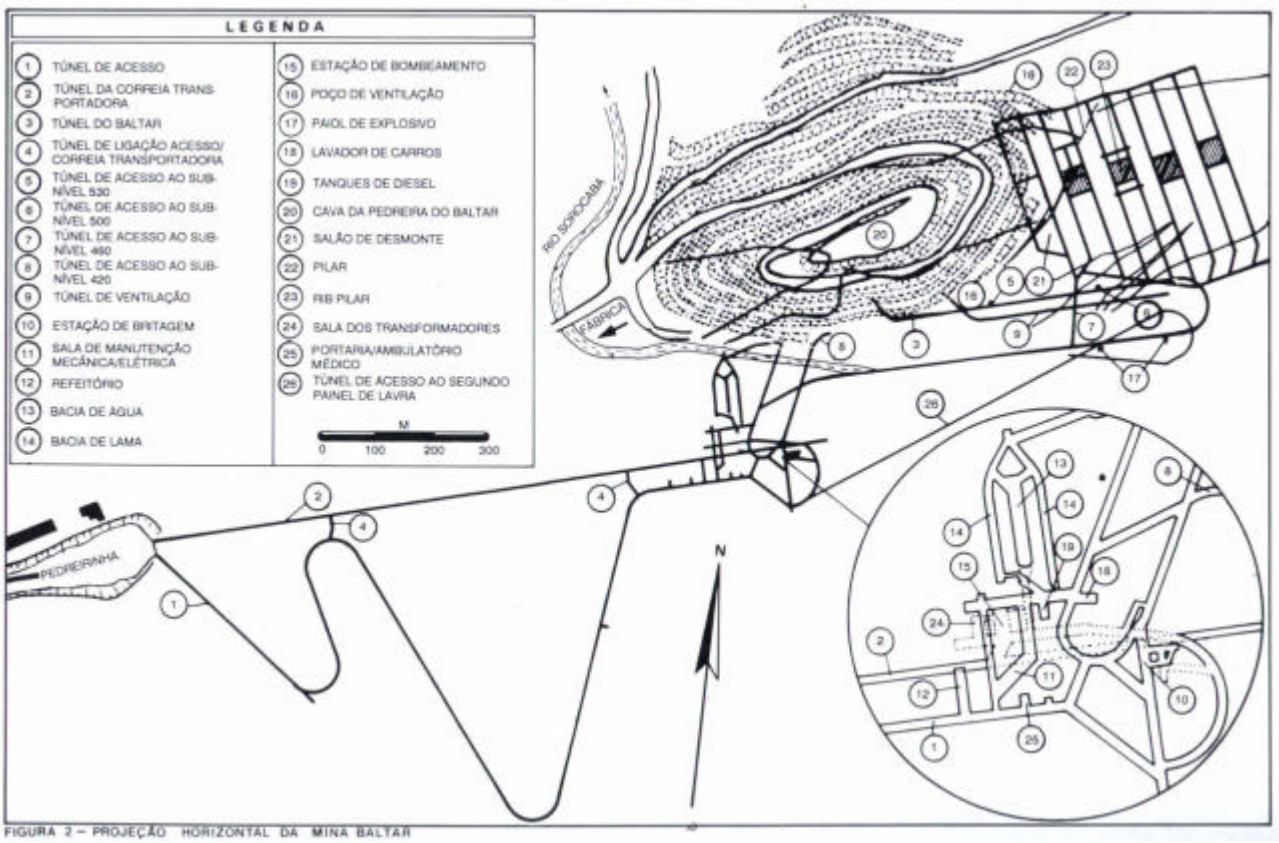


FIGURA 2 – PROJEÇÃO HORIZONTAL DA MINA BALTAR

Fonte: Votorantim, 1993.

4. MÉTODO DE LAVRA.

O método de lavra era o desmonte por subniveis (“sublevel stoping”), em salões transversais ao corpo de minério, com salões e pilares alternados.

O salão era definido por 3 subniveis de perfuração nas cotas 530, 500 e 460 e um subnivel principal de transporte na cota 420. Nos subniveis 500 e 460 duas galerias de perfuração com dimensões de 3,5 x 3,5 metros, paralelas, definem a largura dos salões. Nos subniveis 530 e 420 uma galeria central ao salão dava o contorno geométrico final do salão.

No subnivel 420 existiam, ainda, paralela às demais, uma a duas galerias de transporte com dimensões de 6,0 x 5,0 metros com as suas travessas de acesso aos pontos de escoamento do minério.

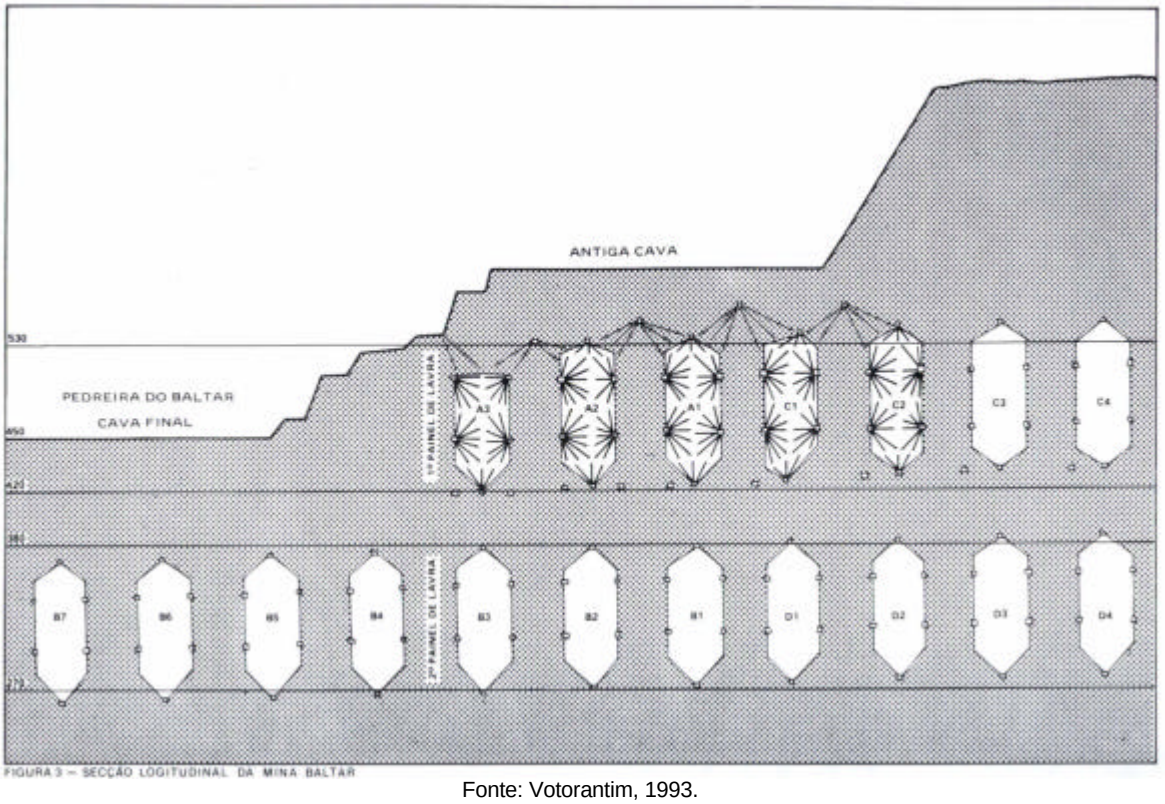


FIGURA 3 – SECÇÃO LÓGITUDINAL DA MINA BALTAR

Fonte: Votorantim, 1993.

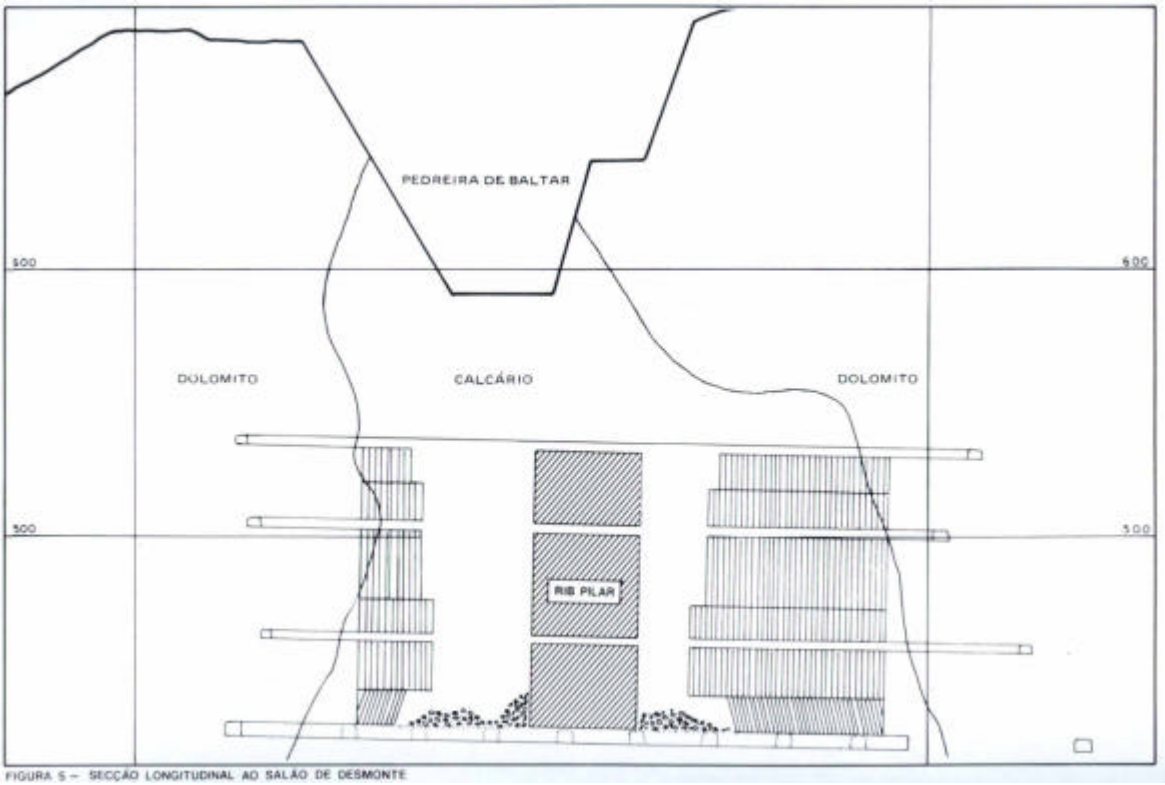


FIGURA 5 – SECÇÃO LONGITUDINAL AO SALÃO DE DESMONTE

Fonte: Votorantim, 1993.

A partir do subnivel 530 eram desenvolvidas galerias ascendentes ou a própria galeria de perfuração para execução dos trabalhos de sustentação dos tetos dos salões.

A geometria preliminar dos salões era de 40 metros de largura, 110 metros de altura e comprimento aproximado de 200 metros; dependendo da potência lateral do corpo de minério era deixado um pilar um pilar de 40 metros no centro do salão, que o divide em duas porções.

Os pilares entre salões tinham largura preliminar de 32 a 40 metros. A partir das galerias de perfuração eram executados furos dispostos em leques de 180 graus preferencialmente num mesmo plano perpendicular à galeria.

No desmonte do minério era utilizado explosivo à base de ANFO. Para iniciar o desmonte do salão era aberta uma face livre em toda extensão da largura do salão. Esta face livre é obtida pelo alargamento de um poço vertical até atingir a configuração desejada.

Após abertura da face livre, iniciavam-se os desmontes dos leques em seqüência adequada à garantia da segurança dos operadores e estabilidade das paredes.

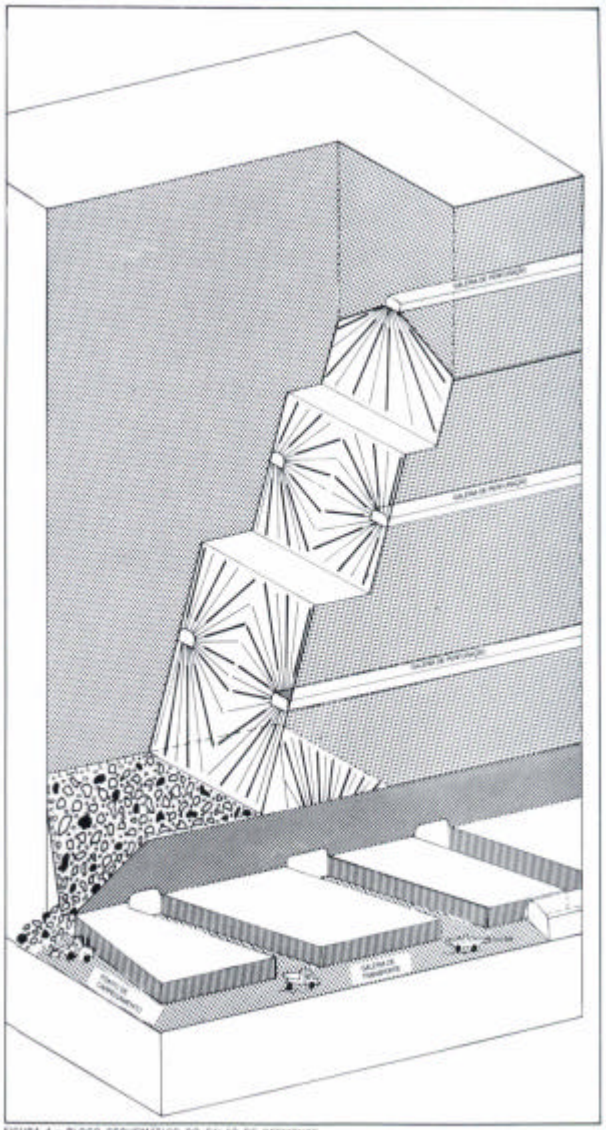


FIGURA 4 – BLOCO ESQUEMÁTICO DO SALÃO DE DESMONTE

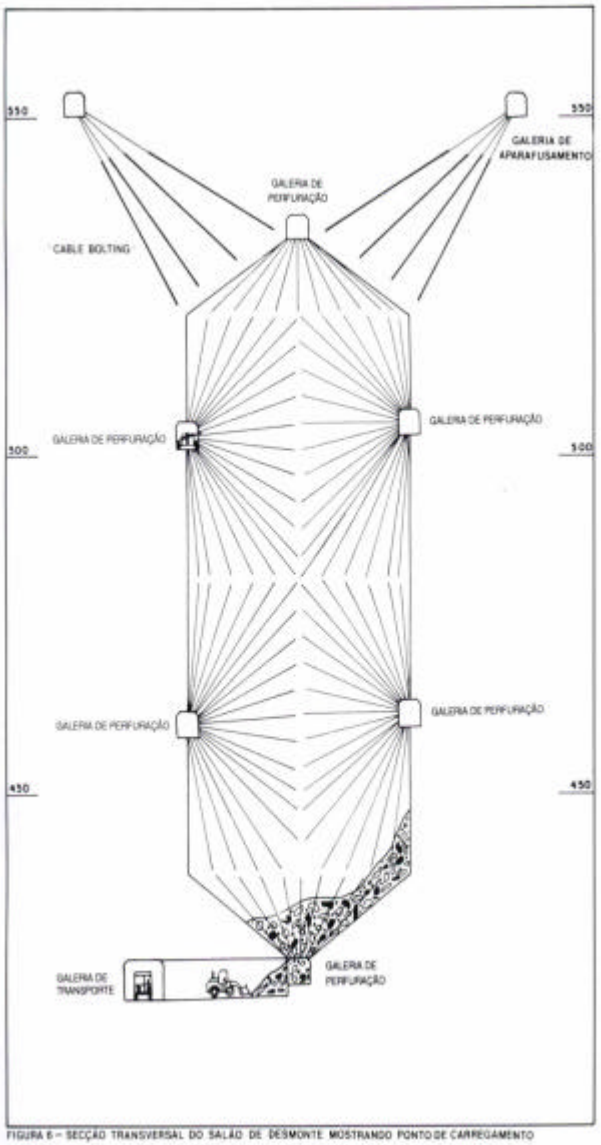


FIGURA 6 – SECÇÃO TRANSVERSAL DO SALÃO DE DESMONTE MOSTRANDO PONTO DE CARREGAMENTO

Fonte: Votorantim, 1993.

5. EQUIPAMENTOS.

5.1.Túneis e galerias.

- 1 Jumbo de perfuração marca Atlas Copco, com 3 braços BUT 15, martelo Cop 126, montado em caminhão Euclid.
- 1 Jumbo de perfuração marca Atlas Copco, com 3 braços Tumec B15R, martelo Atlas Copco Cop 126EB.
- 1 Jumbo de perfuração marca Ingersoll-Rand, com 2 braços Hidra-boom L-124, martelo Atlas Copco Cop 126EB
- 1 Jumbo de perfuração marca Atlas Copco, modelo H128, com 2 braços BUT 28, martelo Atlas Copco 1238.
- 3 Carregadeiras de 3.0 metros cúbicos – Caterpillar 966C.

5.2. Salões.

- 2 Fan drill marca Atlas Copco com 2 braços, martelo Cop 131EB - Promec M-37.
- 1 Fan drill marca Atlas Copco com 1 braço, martelo Cop 131EB - Promec M-55.
- 2 Carregadores pneumáticos de explosivos.
- 2 Carregadeiras de 6.0 metros cúbicos – Caterpillar 988B
- 6 Caminhões de 32 toneladas – Terex R35B

5.3. Chaminés.

- 1 Raise Borer Machine – Ingersoll Rand RBM7

5.3. Geral.

- 2 Jumbos de perfuração com 1 e 2 braços respectivamente, martelos Cop 91 montados em caminhões FNM.
- 8 Veículos de serviços auxiliares .
- 2 Máquinas de projeção de concreto – Aliva 500.
- 1 Motoniveladora – Caterpillar Cat 120G.
- 2 Compressores estacionários, marca Atlas Copco-ER9.
- 8 Ventiladores axiais – Higrotec-Chicago Blower.
- 1 Ambulância.

6. PRODUÇÃO E GERENCIAMENTO.

A mina foi dimensionada para a produção de 5.000 toneladas por turno de 6 horas, 6 dias por semana.

Com um turno de operação a produção mensal era de 125.000 toneladas ou 1,5 milhões de toneladas/ ano.

A mina atingiu produções de 1,0 a 1,5 milhões de toneladas nos seus dois primeiros anos de operação.

O gerenciamento da mina era voltado para uma mineração de alto padrão que compreendia como aspectos principais o alto grau de segurança e baixo custo de produção.

7. FINAL.

A empresa enfrentou e suplantou as incertezas da implementação de um projeto pioneiro de lavra subterrânea de calcário no Brasil, atestando o alto grau de eficiência técnica disponível no país capaz de absorver tecnologia necessária para o desenvolvimento deste projeto.

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

ANEXO IV

SOFWARES - EXEMPLOS

The Software of Choice for Mining Professionals

DATAMINE

Studio 3 is the latest version of the industry-standard mining software from Datamine, building on its existing reputation of delivering highly configurable and powerful solutions for orebody modeling and mine planning.

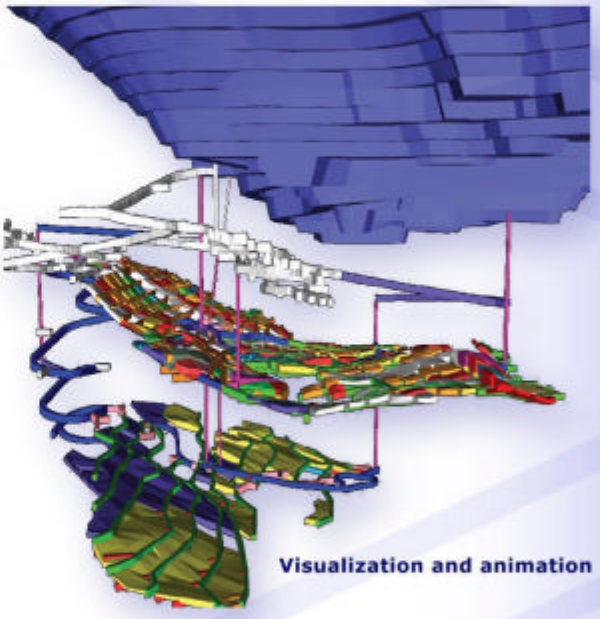
Whether in consultancy, exploration, resource development, planning or production, Studio is the standard used by mining professionals in every corner of the world.

When it comes to the calculation of resource and reserve statements, Studio not only has the geological modeling and mine planning functions that are famed for accuracy and reliability, it also has the scripting, versioning, audit trails and repeatability demanded by JORC, SAMREC, NI 43-101 and Guide 7. Studio is the essential tool for the Competent Persons in your mining organization.

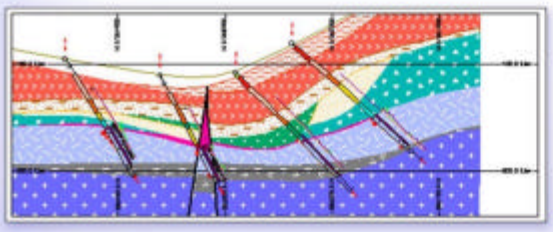
Datamine also provides comprehensive implementation and consulting services from our global network of offices, ensuring the implementation of a fully customized solution that meets your particular business requirements.

Standard Features:

- Ability to handle complex data sets including drillhole samples, channel samples, face maps, laser and image processed 3D models.
- Superior geostatistical capabilities including methods to unravel post mineralization folding and conditional simulation tools to quantify risk.
- Wireframing and modeling tools that help define the structural geology quickly and accurately.
- Geotechnical modeling that provides detailed understanding of ground stability and rock characteristics.
- Sophisticated block modeling with comprehensive sub-celling to accurately represent grade and structure on any grid system.



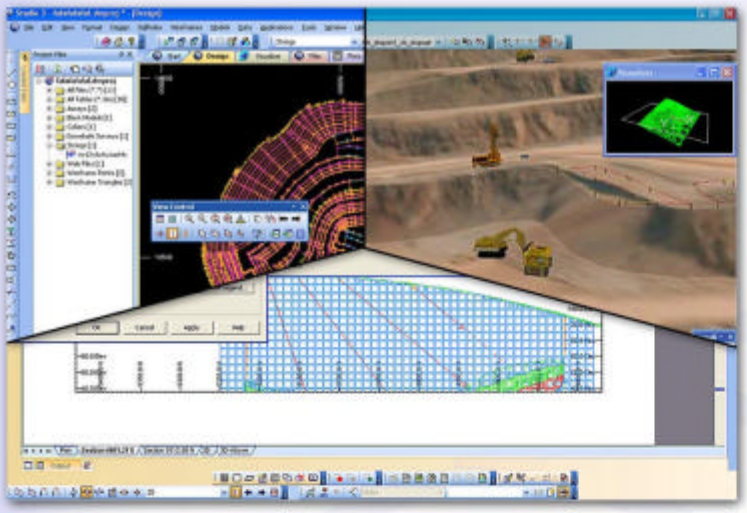
Visualization and animation



Fully-integrated data presentation

- Facilities to turn wireframe models into cell and sub-cell models in a single pass enabling grades within orebodies and seams to be modeled in as much detail as the data permits.
- Multi-parametric modeling capabilities that model geo-metallurgical and geotechnical parameters in addition to grade.
- A Mineable Reserves Optimizer that allows the stoping blocks to be identified to turn a geological resource into a mineable reserve.
- Data Source Drivers that enable Studio to integrate seamlessly with other solutions.
- Data archiving to manage multiple scenario mine planning in a governance environment.

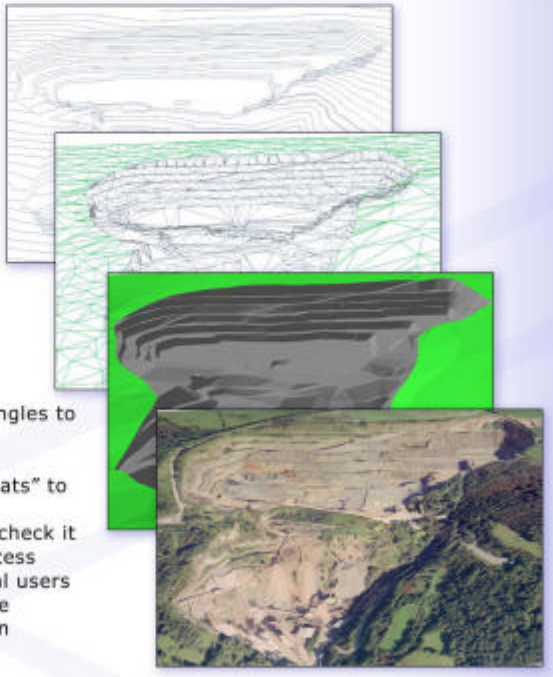
New in Studio 3:



- Virtual Reality View of the geology and mine plan. Place shovels, truck fleets and other real world objects into the mine environment to check safety parameters by seeing the mine from the operator's point of view. Drive a truck down a newly designed ramp to check what the operator will see in real life.
- Real time multiple views of the data that are always synchronized:
  - Design window for rapid orebody modeling and mine design in a 3D environment
  - Table Window for quick access to the base data and the ability to manipulate it for a particular scenario without losing original values.
  - Plotting Window that means all hardcopy output is report-ready quality.
  - Log Views for professional representations of drillholes.

- Object Oriented Data Handling so that loaded data objects can be formatted and filtered independently and applied to all active views.
- Multiple block models loaded simultaneously for geological modeling scenarios.
- Data Viewer and Table Editor available outside of the Studio environment for fast and efficient data file review and management.
- Improvements to Datamine's powerful scripting capability that has always made it the system of choice for configuring repeatable processes.
- Enterprise enabled – integration with Datamine's Enterprise system that provides work flow capability for day-to-day activities within a strong governance framework.

System Integration:



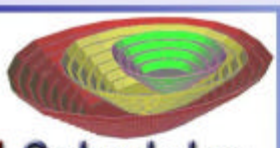
- Integrated seamlessly with the same project file into Datamine's industrial strength solution footprint for the mine planning cycle
  - Geological Data Management System
  - Resource / Reserve Management Solution
  - Strategic Mine Planning Solution
  - Mine Design and Scheduling
  - Mining Operations
- Data Source Drivers that integrate Studio to a host of complementary products in the market – even from our competitors.

Technical Environment:

- Single workstation or network licensing environment using dongles to protect the IP purchase.
- Network licensing:
  - Use the Datamine License Manager to provide system "seats" to users over LAN, WAN or internet.
  - Use the seat in connected mode when on the network or check it out onto laptops for use at a location with no network access
  - Ability to build solutions of selected modules for individual users
  - Supports distributed data – can make full use of corporate servers, does not require all data to be on the workstation – reduces divergence created by using multiple datasets

Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

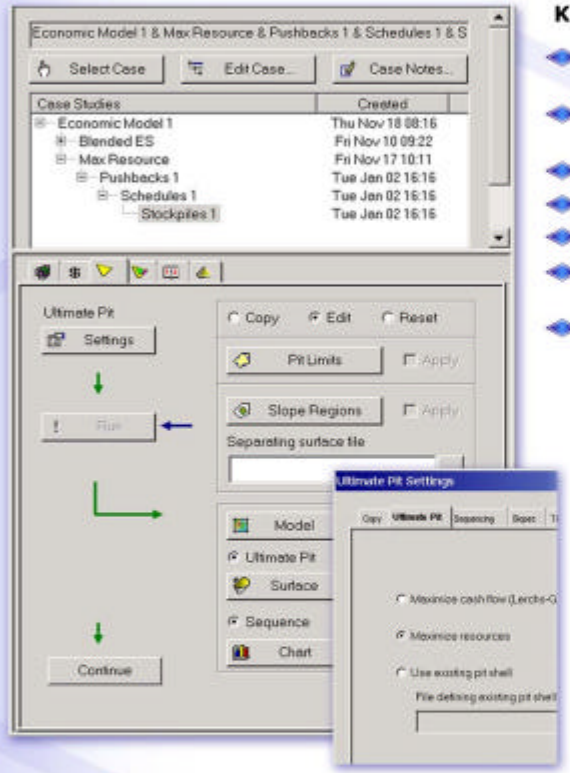


RM Scheduler

specially designed to optimize the extraction of industrial minerals deposits such as limestone, gypsum, talc, aggregates and clay

DATAMINE

The capabilities and terminology used in RM Scheduler have been tailored to meet the needs of non-metalliferous applications. You can choose to maximize your raw material resources available for blended products, or, choose to maximize the profit from mining those materials. RM Scheduler not only tells you the optimal limits of the quarry but will also tell you the optimal sequence by which the quarry should be mined to either deliver a consistently blended product or to deliver the highest net present value on your investment. An optional stockpile management system is also available to optimize the re-handling of off-spec materials and minimize the use of expensive imports or additives. If you need to improve quality and cost control, and extend the life of your quarry, then RM Scheduler has the answer.



Key benefits of RM Scheduler:

- **Maximizes the life of raw materials quarries for blended products;**
- **Keeps quality deviations within specified limits for the life of the quarry;**
- **Locates the optimal blended pit at any point in time;**
- **Minimizes costs of re-handling stockpiles;**
- **Minimizes costs of imports and external additives;**
- **Maximizes profits (= value - mining cost - processing cost);**
- **Maximizes net present value (discounted cash flow);**

Features:

Mining Limits
- Maximize blendable material resources, or
- Maximize cashflow.

Mining Sequence
- Satisfy quality targets for blended product over life of quarry, or
- Maximize net present value.
- Locate the optimal blended pit at any point in time.

Stockpile Management
- An integral part of RM Scheduler.
- Stockpiles can contain external materials not related to the mine/quarry production. (for applications such as cement).

Costs
- Vary costs by rock type, depth and end product.
- Minimize costs of re-handling and additives.

On-screen Digitizing
- Straightforward slope region definition.
- Accurate positioning of pit limits.
- Interactive pushback limit definition.

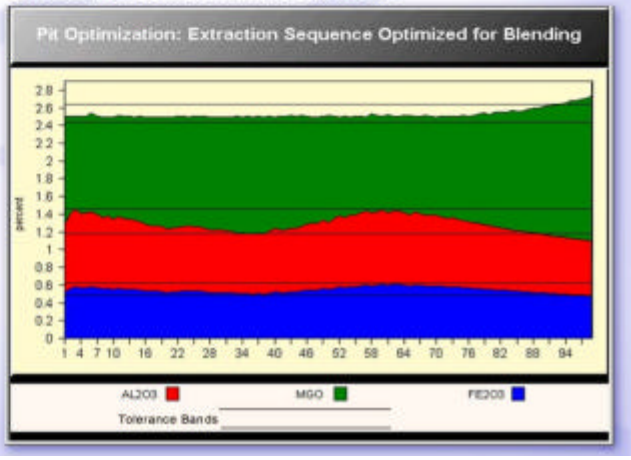
Many Different Views of Data
- View surfaces as 3D images, contours or model sections.
- View models in plan or section.
- View results in reports, spreadsheets and charts.

Quality Plotted Output
- High quality bench and section plots.
- Import data from many external sources e.g. CAD.
- Easy to use with many smart features.

Detailed Pushback Control
- Apply a minimum footprint.
- Avoid impractical narrow toes being generated.
- Single contiguous zones created that are practical to mine.

Integral Case Management
- Organizes your project work.
- One document contains multiple scenarios.
- Comparisons are faster and easier.

Easy Report Generation
- Simple report format.
- Detailed breakdown of results.
- Always available and in front of the user.



Datamine's Strategic Planning Solutions
RM Scheduler

Pit Optimization for Industial Minerals Quarries

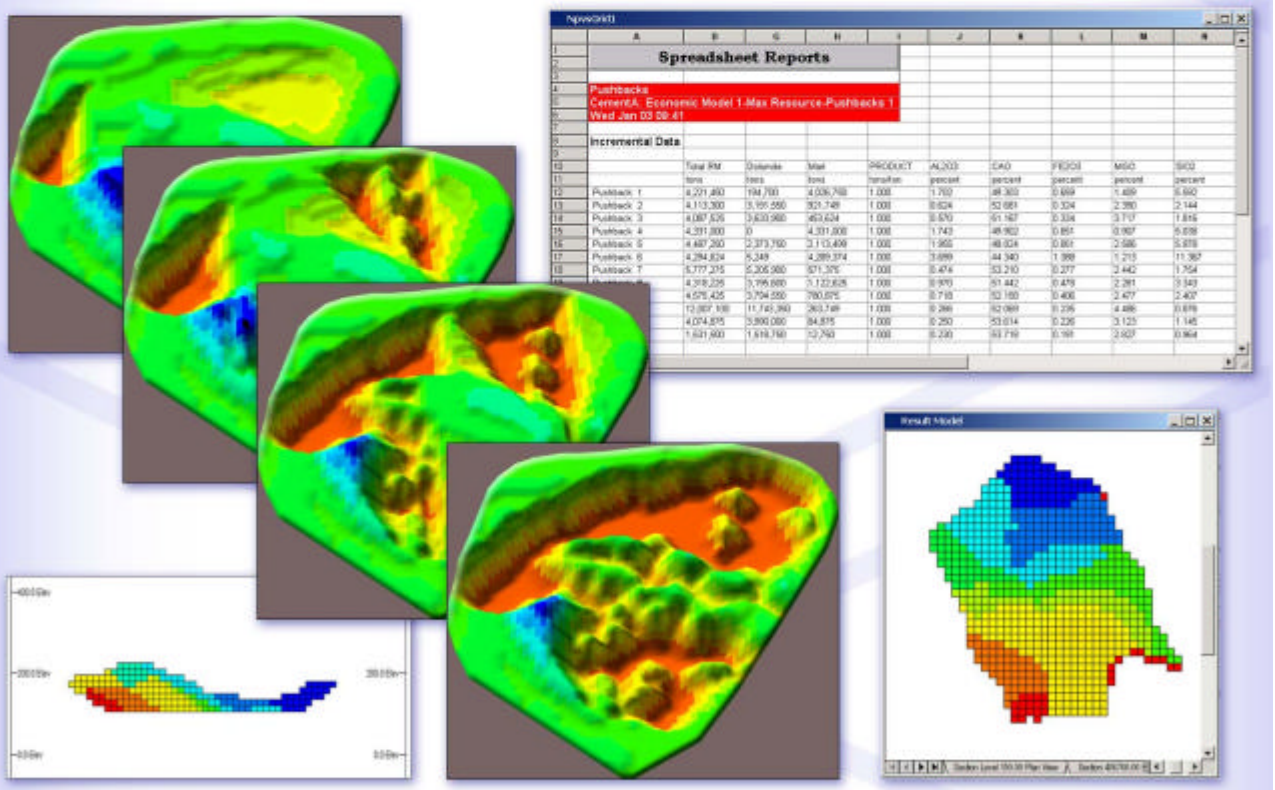
The design and scheduling of raw materials quarries poses special problems - problems which need special solutions. RM Scheduler has been designed specifically for industrial minerals applications like limestone, aggregates, talc, clay, gypsum, diamonds and sands. It is not just the economics of mining these deposits that is critical to their successful exploitation, it is also a matter of blending qualities, size distributions, color indices, particle strengths and other qualitative and quantitative measures.

Blended Products Pose Special Problems

When the over-riding production criteria is to produce a consistently blended product, designing the extraction sequence using economic criteria, i.e."phases" or "nested pits", can actually worsen the fluctuations in qualities and prematurely shorten the life of the quarry. RM Scheduler allows you to define the targets and tolerances for multiple quality variables (SiO2, MgO, Moisture, Al2O3, LSF, Color, etc) and will then sequence the extraction of the quarry to meet these targets and ensure that you maximize the life of the quarry.

Maximizing the Cashflow Doesn't Mean that the Pit is Optimized

Conventional pit optimization programs are designed to find the pit limit which maximizes the cashflow - the ultimate pit. This is a useful piece of information but it is a long way from being the ultimate answer. When economics are the determining factor in what to mine and when to mine (instead of blending), it is vital that the time value of money is considered, just as you would in assessing any long-term investment. RM Scheduler will find the optimal pit which delivers the highest practical net present value on your investment.



Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	**Datamine North America**	**Datamine Brazil**	**Datamine Chile**	**Datamine Peru**
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 04 – PERFURAÇÃO E DESMONTE DE ROCHAS

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	3
2. PERFURAÇÃO DE ROCHAS.	3
3. DESMONTE DE ROCHAS.	15
4. EXPLOSIVOS.	25
5. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.	47
BIBLIOGRAFIA.	52

1. INTRODUÇÃO.

Desde os tempos pré-históricos, o homem tem sido compelido a trabalhar com rochas a fim de atender à diversas necessidades. A procura de sílex, para utilização nas ferramentas da idade da pedra, iniciou a mineração já em 15.000 a.C.. Por volta de 3.000 a.C. depósitos metálicos eram trabalhados no Egito e no Oriente Médio, tendo-se conhecimento de que várias minas de metais estavam em operação na Europa em torno de 1.600 anos antes de nossa era como, por exemplo, as minas de estanho de Cornwall.

O desenvolvimento técnico sempre tem sido determinado pelas fontes de energia disponíveis. Nas minas de sílex da idade da bronze desde 3.000 a.C, e durante cerca de 4.700 anos a instalação de fogueiras era o método de mineração predominante. A rocha era aquecida pelo fogo e em seguida resfriada com água, de maneira a forçar o aparecimento de fissuras. A pólvora começou a ser utilizada nas operações de mineração na Europa no século XVII, tendo o aparecimento da nitroglicerina ocorrido em 1870.

2. PERFURAÇÃO DE ROCHAS.

2.1. HISTÓRICO.

Inicialmente, a perfuração em rocha era efetuada com o fito de obter blocos de pedra para obras públicas. Para tanto utilizavam-se pedras mais duras (sílex, etc...) que se friccionavam sobre pedras mais brandas (calcários, arenitos etc.). Para isso eram fabricadas pedras com formatos especiais ou, por vezes, empregavam-se chifres de animais ou qualquer outro objeto que possuísse dureza suficiente. Ainda existem remanescentes de pedreiras e minas trabalhadas dessa maneira, minas cujas origens se perdem nos albores do tempo.

Com a descoberta dos metais, começou-se a trabalhar os minérios que continham cobre e, posteriormente, o ferro. De início, o trabalho de obtenção do metal ainda tinha a finalidade de talhar a pedra. As ferramentas de metal permitiam a feitura de furos, onde posteriormente se aplicava uma cunha, possibilitando que um bloco fosse rapidamente destacado do maciço.

As minerações eram operadas de forma semelhante, mas não exigiam a obtenção de blocos regulares. Desta forma, passou-se a utilizar ferramentas apropriadas, como pás, picaretas, picões etc.

Da necessidade de grande produção resultou a introdução do rompimento do maciço rochoso por meio de aquecimento pelo fogo. Esta prática perdurou por muito tempo, mesmo após o advento da pólvora. A pólvora negra introduziu grandes alterações na mineração.

A crescente industrialização e a introdução do agregado de pedras na indústria da construção civil (concreto, estradas etc.) deram grande impulso à extração de pedras. A pólvora foi substituída por dinamite e, posteriormente, surgiram o nitrato de amônia e outros compostos explosivos.

A mão do homem foi paulatinamente substituída pela máquina; introduziram-se as perfuratrizes, aperfeiçoaram-se as brocas, chegando-se, finalmente, à introdução da ponta de carbeto de tungstênio, que se pode considerar como a maior revolução neste sentido, nas últimas décadas.

Nos últimos tempos, estão-se fazendo pesquisas em uma série de processos de corte de pedra e abertura de furos, alguns ainda incipientes, outros já utilizados comercialmente.

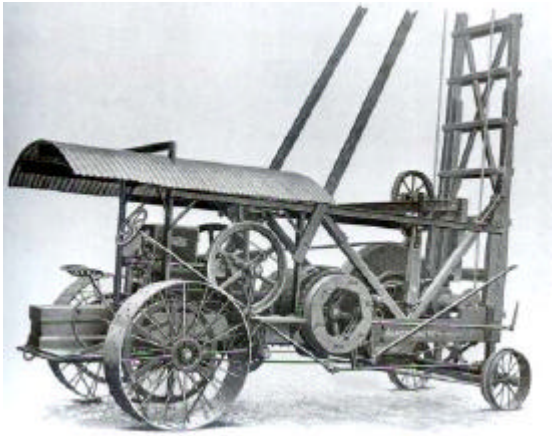
2.2. A EVOLUÇÃO DAS PERFURATRIZES.

O modo mais comum de efetuar um furo numa rocha é golpear a rocha com uma barra de ferro e rodá-la entre dois golpes sucessivos. Este procedimento, usado até hoje em alguns lugares na extração rudimentar de pedras, foi aperfeiçoado pelo homem para construir as máquinas que receberam o nome de “perfuratrizes de rocha”.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

A evolução das perfuratrizes refere-se, particularmente, às perfuratrizes de percussão, que ainda hoje constituem a maioria das máquinas utilizadas na execução de furos destinados à carga de explosivos (*blast hole drilling*).

As primeiras perfuratrizes de rocha surgiram no início do século XIX e a princípio usavam como fonte de energia o vapor, até então a forma comum de energia. Devido a problemas intrínsecos a este tipo de máquinas, a barra de perfuração, que mais tarde se chamaria broca de perfuração, era ligada solidariamente ao pistão. Este, em seu movimento recíproco, arrastava consigo a broca, que golpeava a rocha em seu movimento descendente. A rotação era, a princípio, manual, passando-se mais tarde a empregar dispositivos mecânicos.



Fonte: Bucyrus, 2007.

Foi uma longa caminhada de cerca de 50 anos, até que se logrou uma máquina semelhante às de hoje, isto é, até que se conseguiu desligar a broca do pistão, diminuindo dessa o efeito nocivo das massas mortas e aumentando grandemente o rendimento das máquinas.

No entanto, foi uma caminhada produtiva, que permitiu a Saunders afirmar, em 1889: “Há na perfuratriz de rocha mais invenções, por volume e peso, do que em qualquer outra máquina de igual importância”.

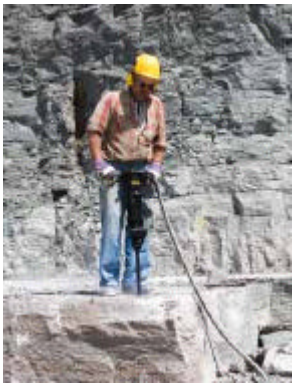
2.3. TIPOS DE PERFURATRIZES.

2.3.1. PERFURATRIZES DE PERCUSSÃO.

Normalmente são pneumáticas. Utilizam, praticamente, toda energia para a percussão. São as mais antigas e atingem hoje seu ponto máximo de desenvolvimento técnico. Denominadas classicamente como marteletes, caracterizam-se pela construção separada da ponta percussora e do pistão.

Os marteletes movidos a ar comprimido são os mais utilizados, dos quais se destacam:

- Marteletes manuais.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

- Marteletes sobre avanços pneumáticos (horizontais e verticais).

Fonte: Atlas Copco, 2007.

- Marteletes sobre avanço de corrente.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Os marteletes movidos a motor, a gasolina ou elétrico, se aplicam apenas em condições especiais:

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Executam a perfuração utilizando brocas integrais ou hastes com brocas especiais (“bits”).

Fonte: Atlas Copco, 2007.

2.3.2. PERFURATRIZES ROTATIVAS.

Utilizavam toda a energia na rotação. Alcançam rendimento ótimo em rochas brandas.

A penetração é determinada pela pressão constante de avanço. Esta pressão é por sua vez função do tipo de coroa, da rocha e da velocidade de rotação.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

O comando da perfuratriz é elétrico, hidráulico ou pneumático. A circulação de limpeza é feita com água, lama ou ar.

Quanto à dinâmica de perfuração, são classificados da seguinte forma:

a) Perfuração por corte.

Executam a perfuração com pontas dispostas ao longo da periferia da coroa. São chamadas “drag-bits”, utilizadas em rochas brandas como, por exemplo, o carvão, sal-gema, etc...

Fonte: Atlas Copco, 2007.

b) Perfuração por abrasão.

Estas perfuratrizes trabalham com coroas cilíndricas cuja face cortante é revestida por diamantes (no caso de rochas duras) ou por pino de carbonetos de tungstênio (no caso de rochas brandas). A rocha é desgastada pela fricção e resultante abrasão.

Este tipo de perfuração é utilizado na abertura de poços e principalmente em sondagens, pois não destrói a parte central do material do furo. Esta parte central, chamada testemunho, é retirada do furo em sua forma mais original possível, para o exame geológico das camadas atravessadas pela perfuração.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

c) Perfuração por quebra.

Esta é a perfuração por excelência da moderna mineração de grande porte. As coroas rotativas são formadas normalmente por 3 cones (“tri-cone-bits”) montados sobre roletes.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Estes cones têm em toda sua periferia dentes de maior (rochas brandas) ou menor (rochas de dureza média) saliência e podem estar revestidos com pastilhas de carbeto de tungstênio (rochas duras e muito duras).

A perfuração se dá através da pressão exercida pelos dentes da coroa sobre a rocha. Esta pressão é bastante elevada exigindo uma perfuratriz de grande porte, que possa, por seu peso próprio, equilibrar pressões verticais de dezenas de toneladas.

Na mineração os diâmetros variam de 102 a 458 mm aproximadamente, as profundidades atingem cerca de 30 m, e a limpeza do material quebrado no furo é feita por sopro de ar. A pressão sobre a coroa e a rotação ideais são determinadas na prática, de caso para caso.

Em perfurações petrolíferas também se utiliza essas coroas, mas a perfuratriz apresenta características diferentes, visto que as profundidades podem atingir alguns milhares de metros. A limpeza do furo é feita com lamas e a pressão exercida sobre o fundo pelo peso próprio do material (coroa e tubos) pode ser superior à pressão ideal, sendo então necessário suspender parcialmente o conjunto em lugar de exercer pressão sobre o mesmo.

2.3.3. PERFURATRIZES ROTATIVO-PERCUSSIVAS.

Utilizam cerca de 80% da energia consumida no mecanismo de rotação e o restante em percussão.

Na mineração à céu aberto, as perfuratrizes rotativo percussivas são montadas em estruturas sobre pneus ou esteiras.

“Wagon Drill”

“Crawler Drill”

“Crawl Master”

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Na mineração subterrânea elas são montadas em veículos especiais denominados “jumbos”.

“Jumbo"

Fonte: Atlas Copco, 2007.

São de acionamento hidráulico e/ou pneumático. Seu desenvolvimento nos últimos anos as tem indicado como as prováveis sucessoras das perfuratrizes de percussão.

Utilizam martelos percussores especiais movidos a ar comprimido.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Para perfuração da rocha em si, são usados hastes, acoplamentos e brocas especiais (“bits”). Os diâmetros dos furos variam de 50 a 102 mm.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Os tipos mais comuns de perfuratrizes rotativo-percussivas utilizam o ar comprimido apenas para a percussão, tendo um pistão totalmente livre. Apresentam, essencialmente, as seguintes características:

- Separação completa de rotação e percussão.
- Pressão constante e elevada sobre a coroa.
- Controle independente da rotação e da pressão, permitindo sua adaptação a cada tipo de rocha.
- Desenho especial da coroa, com forma e constituição de pastilha, de acordo com a natureza da rocha.

As principais vantagens desse tipo de perfuratriz residem em:

- Menos partes móveis na percussão, permitindo maior rendimento e menos consumo de ar.
- A rotação proporcionada por motor hidráulico dá maior eficiência e a transmissão de potência, diretamente à bucha de rotação, permite um sistema com menos partes móveis do que o das perfuratrizes de eixo de catraca.
- Maior economia devido a maior velocidade de penetração, a menor custo de manutenção, a menor consumo de ar e maior vida ao equipamento de extensão.

A velocidade média de perfuração com coroas de 2” tem sido a seguinte:

- Calcário brando: 3,00 a 3,60 m/min.
- Calcário duro: 1,50 a 2,00 m/min.
- Granito: 0,90 m/min.

A velocidade de perfuração é, portanto, de 2 a 3 vezes superior à das perfuratrizes de percussão.

2.3.4. PERFURATRIZES DE PROFUNDIDADE (“DOWN THE HOLE”).

Acionadas hidráulica e/ou pneumaticamente, são similares às anteriores, mas executam furos maiores (4” até 9”) e mais profundos (30 a 50 m).

A perfuratriz é dissociada em duas partes, ficando a rotação (em geral hidráulica) fora do furo e a percussão (em geral pneumática) dentro do furo, acompanhando a coroa.

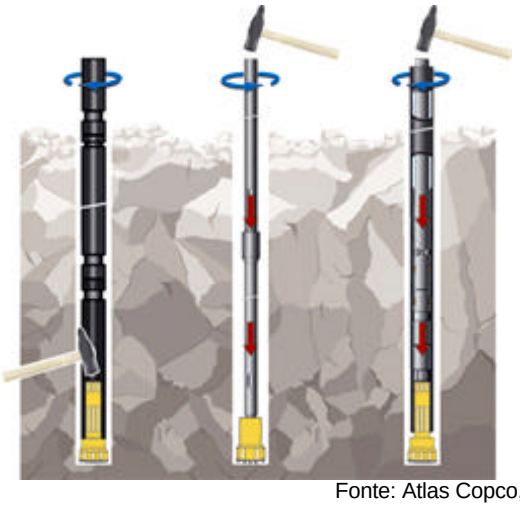
São utilizadas na execução de furos profundos, evitando-se perdas na transmissão do impacto que ocorrem ao longo das hastes.

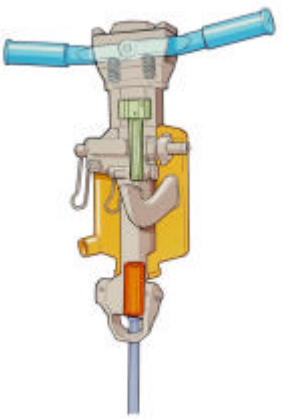
Fonte: Atlas Copco, 2007.

2.4. FUNCIONAMENTO DAS PERFURATRIZES.

As perfuratrizes operam basicamente da seguinte forma:

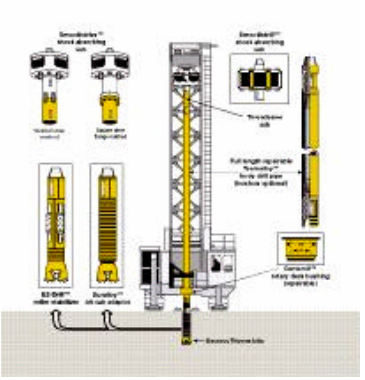
- Sistemas de percussão: ar comprimido.





Fonte: Atlas Copco, 2007.

- Sistema de rotação: ar comprimido ou hidráulico.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

- Sistema de limpeza: ar ou água.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

- Sistema de avanço: pneumático, corrente ou hidráulico.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

2.5. LUBRIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE PERFURATRIZES.

A boa lubrificação é característica essencial, não só da longa vida de uma perfuratriz, como também de seu rendimento. Para se conseguir boa lubrificação, torna-se necessário ter um lubrificador adequado e o óleo lubrificante recomendado.

Nos modelos antigos o óleo lubrificante era colocado na própria perfuratriz, num lubrificador embutido que a mesma possuía. Este lubrificador embutido não tinha capacidade suficiente para longas operações e exigia que fosse completado seu nível com muita freqüência.

Devido a isso passou-se a adotar o lubrificador externo à máquina, localizado na linha de ar. É o chamado lubrificador de linha.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

Para a perfeita manutenção da perfuratriz recomenda-se o seguinte programa básico de manutenção preventiva:

Manutenção Preventiva	
nº	Atividade
1.	Antes de iniciar a operação diária:
1.1.	Verificar se a(s) mangueira(s) de ar e água (caso tenha) estão limpas de impurezas e/ou de água de condensação, antes de colocá-la(s) na perfuratriz.
1.2.	Verificar se o lubrificador de linha está com óleo suficiente e na posição correta.
1.3.	Verificar se a bucha de rotação está limpa e sem desgaste excessivo.
2.	Durante a operação diária:
2.1.	Verificar se a lubrificação da perfuratriz está correta.
3.	Cada 200 horas de trabalho.
3.1.	Recolher a perfuratriz à oficina, desmontar e revisar completamente.

Tomando os cuidados acima, a vida da perfuratriz será longa e seu rendimento será apreciável.

Essas operações de manutenção estão normalmente detalhadas junto ao manual de instruções de cada fabricante.

2.6. EQUIPAMENTOS DE PERFURAÇÃO – SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO.

A decisão quanto à escolha do tipo de perfuratriz ideal, para a execução de um certo tipo de serviço, pode dar ao engenheiro ou encarregado sérios problemas.

Não só é muito grande a variedade de tipos, como é também grande a variação que um certo tipo de perfuratriz pode apresentar, tanto quanto ao diâmetro da coroa, como também quanto à profundidade do furo, quanto ao tipo de rocha e quanto ao tipo de serviço a que destina o furo.

Na tabela abaixo estão relacionados os diferentes serviços a que se destinam os furos, dando para cada um deles o diâmetro e a profundidade comumente utilizados.

Serviço	Tipo de rocha	Fogo	Furo	
			Diâmetro (mm)	Profund. (m)
1. Pedreiras.	Granito, calcário.	Primário	50 a 150	10 a 30
		Secundário	20 a 50	0,5 a 5
2. Mineração:				
2.1.Céu aberto.	Arenito, xisto, calcário.	Primário	100 a 200	10 a 30
	Minério de ferro.	Primário	76 a 150	10 a 20
2.2. Subterrânea.	Carvão, calcário.	Primário	25 a 50	1,5 a 6
	Minérios metálicos.	Primário	25 a 50	1,5 a 6

Convém observar também que cada perfuratriz, como qualquer outro tipo de máquina, tem seu campo ótimo de trabalho (diâmetro e profundidade).

Em casos especiais, pode-se ultrapassar estes valores, aumentando o diâmetro (em profundidades pequenas) ou aumentando a profundidade (em diâmetros pequenos).

Em todos os casos, porém, o técnico deve pensar bem antes de se afastar dos valores recomendados, pois sempre haverá um sacrifício da máquina (maior desgaste) e do serviço (menor velocidade de perfuração).

Haverá igualmente, por este ou aquele técnico, opiniões e simpatias diversas, sobre este ou aquele equipamento, fato que não só não invalida as recomendações apresentadas, como principalmente demonstra que a perfuração de rocha é uma ciência/arte apaixonante, capaz de suscitar as mais diferentes, e por vezes as mais desencontradas, opiniões entre os entendidos do assunto.

Para o cálculo da perfurabilidade podem ser tomados como referência os seguintes dados práticos:

Produção efetiva conseguida em turnos de oito horas.
Perfuração em granito

Perfuratrizes	Manuais	“Bencher”	“Wagon Dril”	“Crawler Drill”	“Crawl Master”
d = ?	1,1/2”	1,1/2”	2,1/2”	3,1/2”	4”
ml/turno	25-40	70-90	70-85	60-80	90-100
m^3/turno	45-80	160-200	500-600	800-1200	1700-1900

A produção prevista das máquinas deve ser de aproximadamente 30% acima da produção teoricamente necessária, caso não haja possibilidade da inclusão de um segundo turno de trabalho, numa eventualidade.

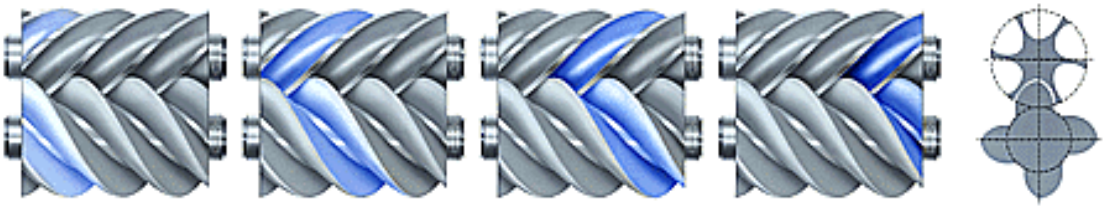
Além das perfuratrizes calculadas para execução do trabalho, deverá ser previsto um estoque adequado de unidades “stand-by”, a fim de evitar paralisação de serviço em caso de revisão de máquinas.

Dependendo do equipamento de carregamento, será também aconselhável prever uma ou mais perfuratrizes para o fogo secundário (fogacho).

2.7. AR COMPRIMIDO.

Determinado o número de perfuratrizes necessárias passa-se á escolha dos compressores capazes de acioná-las.

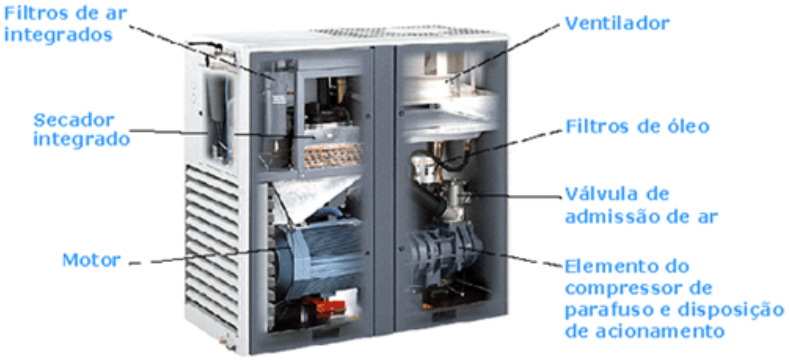
Hoje em dia, a grande maioria dos compressores utilizados na mineração operam pelo sistema de parafusos.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

As condições locais de disponibilidade de energia determinarão a escolha entre compressor portátil ou estacionário.

Quando há disponibilidade de energia elétrica, utilizam-se normalmente compressores estacionários, fazendo-se uso de uma estação centralizada de ar comprimido, com um ou mais compressores adequadamente dimensionados.



Fonte: Atlas Copco, 2007.

Havendo dificuldades no suprimento de energia ao local dos trabalhos, lança-se mão de compressores portáteis, em geral, movidos a motor Diesel . Neste caso, destina-se em geral, um compressor a uma perfuratriz ou a um campo de perfuratrizes isoladamente.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

É bastante raro e desaconselhável o uso de compressores portáteis em bateria única, ligados em paralelo.

O ar comprimido constitui, e ainda constituirá por longo tempo, a fonte principal de energia aplicável à mineração e à perfuração de rocha em geral.

Não apenas as perfuratrizes são acionadas a ar comprimido em uma mina, como também o são outras máquinas, tais como guinchos, afiadoras, estampadeiras, forjas, bombas, etc...

Sob o ponto de vista de investimento e rendimento, a energia do ar comprimido é muito cara se for comparada à energia elétrica.

Esta última não exige, normalmente, grandes investimentos iniciais.

Se considerarmos o baixo rendimento volumétrico de um compressor, assim como a perda de energia provocada pelo aquecimento do ar ao ser comprimido, o custo do metro cúbico de ar comprimido aumenta ainda mais.

Finalmente, a linha de transmissão pode apresentar pontos de elevada perda de carga devido às restrições impostas pelo projeto ou tubulação.

Todos estes fatores destacam a importância que se deve dar ao ar comprimido, pois, dentro de uma mina.

Ao ser utilizado por uma perfuratriz, a energia que o ar possui custa de 4 a 6 vezes mais que a energia elétrica.

Donde se conclui que a pressão máxima deve ser obtida e mantida a todo o custo em uma rede de ar comprimido.

3. DESMONTE DE ROCHAS.

O desmonte de rochas (construção civil) e de minério (mineração) é efetuado quase que exclusivamente com o auxílio de explosivos. Para aplicação do explosivo ao maciço rochoso ou ao corpo de minério, torna-se necessária, na maioria dos casos, a execução de um ou mais furos convenientemente dimensionados. Estes furos são executados por perfuratrizes de rocha, alimentadas geralmente a ar comprimido.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

3.1. DESMONTE A CÉU ABERTO.

O desmonte a céu aberto corresponde ao conjunto de operações que se verificam na superfície do terreno, com a finalidade de lavrar uma pedreira (rochas) ou mina (minerais metálicos ou não metálicos).

3.1.2. DESMONTE EM BANCADAS.

É o método mais utilizado em detonações a céu aberto, aplicável tanto à mineração quanto aos ramos da construção civil:

Denomina-se bancada à forma dada ao terreno rochoso pelos fogos sucessivos.

Uma bancada consta, essencialmente, de três planos.

Dois dos planos são horizontais, formando o mais elevado o topo da bancada e o mais baixo o pé da bancada, também conhecido por “praça”.

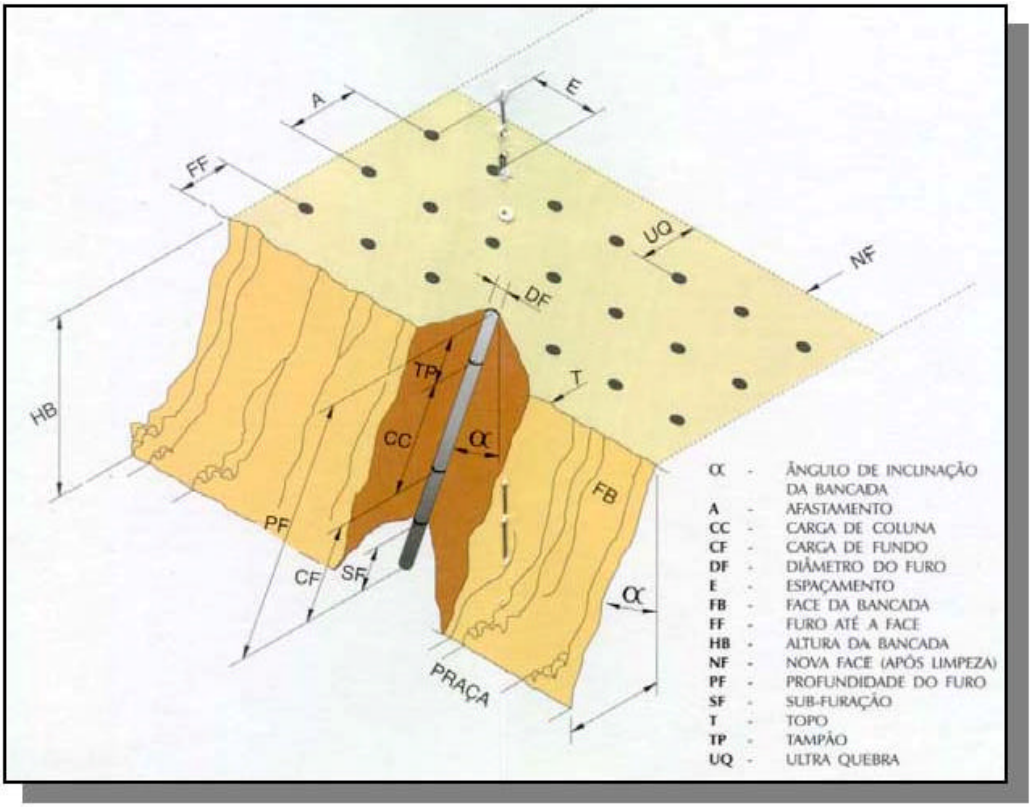
O terceiro plano é vertical ou levemente inclinado em relação à vertical e forma a face da bancada.

A razão desta configuração dada ao terreno reside na necessidade de obter o máximo possível de superfícies livres, em cuja direção o explosivo pode agir com máxima intensidade e efeito.

Todos os trabalhos preparatórios devem conduzir a uma rápida formação da bancada projetada e o serviço posteriormente deve desenvolver-se no sentido da manutenção dessa forma.

Uma bancada bem dimensionada e bem trabalhada apresenta as seguintes vantagens:

- Maior rapidez dos serviços.
- Maior produção diária.
- Melhor programação dos serviços.
- Melhor plano de ataque e plano de fogo.
- Maior economia.



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

Adota-se no desmonte de rochas por bancadas a seguinte terminologia:

- Bancada: forma dada ao terreno rochoso pelos fogos sucessivos e constantes, composta de topo, praça e face;
- Altura da Bancada (HB): é a altura vertical medida do topo a praça da bancada.
- Ângulo de Inclinação (a): ângulo formado entre a face da bancada e a vertical.
- Afastamento (A): distância entre a face da bancada e uma fileira de furos ou distância entre duas fileiras de furos.
- Espaçamento (E): distância entre os furos posicionados numa mesma fileira.
- Profundidade do Furo (PF): é o comprimento total perfurado que, devido á inclinação e da sub-furação, será maior que a altura bancada;
- Sub-Furação (SF): é o comprimento perfurado abaixo da praça da bancada.
- Carga de Fundo (CF): é uma carga reforçada, necessária no fundo do furo onde a rocha está mais confinada.
- Carga de Coluna (CC): é a carga acima da de fundo: não precisa ser tão concentrada quanto a de fundo já que a rocha desta região não está tão presa.
- Tampão (TP): parte superior do furo que não é carregado com explosivos, mas sim com terra, pedrisco (mais aconselhável) ou outro material socado cuidadosamente, que tem a finalidade de evitar que os gases provenientes da detonação escapem pela boca do furo, diminuindo a ação do explosivo;
- Razão de Carregamento (RC): é a quantidade de explosivo usada para detonar um certo volume de rocha;
- Perfuração Específica (PE): é a relação de metros perfurados por metros cúbicos de rocha detonada.

Teoricamente, não há limites na altura de uma bancada, nem no número de furos a executar e detonar simultaneamente.

Na prática, porém, bancadas muito altas e longas tornam-se perigosas, mais difíceis de serem perfuradas e, portanto, mais caras.

3.1.3. PLANO DE FOGO.

Denomina-se “plano de fogo”, na lavra a céu aberto, o conjunto dos elementos necessários ao projeto e execução do desmonte em uma bancada.

Consta de diversos elementos, que serão analisados em detalhes, a seguir.

Os dados abaixo considerados, referem-se a bancadas executadas em granito, tendo como explosivo gelatina especial (75% de força).

Qualquer outro material a detonar ou outro tipo de explosivo apresentarão pequenos desvios das relações apresentadas, exigindo modificações, em geral determináveis por experiência.

3.1.3.1. Diâmetro do furo (DF).

O diâmetro do furo depende normalmente, do equipamento escolhido ou à disposição do empreiteiro. Vice-versa, fixado o diâmetro do furo desejável, escolhe-se o equipamento adequado a executá-lo.

Na prática, quanto maior o diâmetro do furo mais alta deverá ser a bancada. Esta relação entre altura da bancada e diâmetro do furo é mais uma conseqüência do volume dos serviços do que propriamente uma inter-relação matemática.

A parte central de toda a seqüência dos trabalhos de escavação de rochas é constituída normalmente pelo equipamento de carregamento e, conhecido este, poderá ser arbitrado o diâmetro do furo.

Existe uma fórmula prática que relaciona tamanho do furo, com o volume da caçamba da carregadeira:

DF = VC

Sendo DF o diâmetro do furo em polegadas e VC o volume da caçamba em jardas cúbicas.

A justificativa da relação acima reside no fato de que quanto maior o furo, menor a fragmentação resultante. Quanto menor a fragmentação maior deverá ser o volume da caçamba que efetuará o carregamento.

Modificando-se a relação acima para furos de diâmetro menor, obter-se-á melhor fragmentação, resultando em blocos menores e, portanto, maior facilidade no carregamento.

Modificando-se a relação acima para furos de diâmetro maior, obter-se-á pior fragmentação, resultando em blocos maiores que aumentarão a necessidade de fogo secundário.

A relação acima é empírica e apenas válida dentro de certos limites.

3.1.3.2. Altura da Bancada (HB).

Fixado o diâmetro do furo, pode-se avaliar o porte do equipamento capaz de executá-lo e dimensionar a altura adequadamente.

Conforme dito acima, não convém exagerar na altura das bancadas, mesmo que o equipamento o permita.

De acordo com equipamento escolhido ou disponível, poder-se-á executar bancadas da seguinte ordem:

TIPO DE EQUIPAMENTO	**ALTURA RECOMENDADA**
Perfuratrizes manuais.	HB < 5 m
“Bencher”.	5 m < HB < 10 m
“Wagon Drill” ($f 2{,}1/2''$).	10 m < HB < 15 m
“Crawler Drill” ($f 3{,}1/2''$).	10 m < HB < 30 m
Perfuratrizes rotativas.	HB > 30 m

A profundidade do furo executado (tratando-se de furos verticais) tem o seguinte valor:

PF = HB + 0,3 A

A necessidade do excesso 0,3A, comumente conhecido por sub-furação, decorre do engastamento da rocha no pé da bancada.

Caso não seja observada essa subfuração, a base não será arrancada segundo um ângulo de 90º e o pé da bancada (praça) não permanecerá horizontal, mas formará o que é conhecido por “repé”.

O repé exigirá furações secundárias de acabamento, grandemente onerosas.

Fazendo-se a subfuração no valor de 0,3A, não haverá aparecimento do repé, a praça se manterá na horizontal e os serviços normais de bancada se desenvolverão adequadamente.

Se a subfuração for superior a 0,3A, o consumo de explosivo aumentará e não se conseguirá, praticamente, vantagem alguma deste fato.

Modernamente, a execução de bancadas se tem desviado da face vertical passando a usar faces inclinadas com até 30º. Com tal procedimento conseguem-se as seguintes vantagens:

- Bancadas com face mais segura devido à inclinação.
- Melhor fragmentação da rocha, menos fogachos.
- Diminuição do consumo de explosivos.
- Maiores afastamentos (A) e espaçamentos(E) entre furos.
- Eliminação do problema de “repé”.
- Diminuição da ultra-quebra (“over-break”)
- Menor vibração.

Relatórios de minas americanas informam que se conseguiram economias de explosivos no desmonte de rocha, equivalente a 1% para cada grau que a face desvia da vertical e economia global, incluindo perfuração, detonação, carregamento e britagem, de até 10% sobre o total.

3.1.3.3. Afastamento (A).

Dá-se o nome de afastamento à distância existente entre as linhas de furos paralelas à face livre da bancada.

Sendo DF o diâmetro do furo em milímetros, o afastamento máximo permissível (AMP) será de:

AMP = 45 x DF

Na prática raramente poderá ser utilizado AMP e será necessária uma redução desse valor, correspondente à maior ou menor precisão da perfuração. Geralmente, os desvios variam entre 10% (carretas) e 20% (perfuratrizes manuais), fazendo com que o afastamento de projeto (AP) seja fixado em:

0,8 AMP < AP < 0,9 AMP

Para cálculos expeditos pode-se utilizar a seguinte fórmula, com pequenas margem de erro:

A (metros) = DF (polegadas)

3.1.3.4. Espaçamento (E).

Dá-se o nome de espaçamento à distância existente entre dois furos de uma mesma fileira. A determinação do espaçamento se dá segundo a relação:

E = 1,3 x A

Esta relação determina a condição ótima de arrancamento e fragmentação.

Variando-se os valores de E e A de tal forma que o produto E x A permaneça constante, obter-se-á aproximadamente o mesmo resultado.

No entanto, a fragmentação sofrerá alterações dentro das seguintes características:

- Aumentando-se E e diminuindo-se A, a rocha ficará mais fragmentada e os blocos serão menores.
- Diminuindo-se E e aumentando-se A, a fragmentação será diminuída e os blocos resultantes serão maiores.

3.1.3.5. Razão de carregamento (RC).

A quantidade de explosivo necessária para o desmonte de 1m³ de rocha (ou 1 t de minério) chama-se razão de carregamento (RC).

As experiências práticas em pedreiras e minerações a céu aberto têm dado os seguintes valores para a razão de carregamento:

Tipo de rocha	Razão de carregamento (RC)
Granito, gnaisse ou basalto.	180 a 270 g/m³
Rocha decomposta.	250 a 340 g/m³
Arenito e folhelho.	200 a 300 g/m³
Hematita compacta.	100 a 135 g/t
Calcário	75 a 110 g/t

Estes valores são válidos para a “perfuração primária”. A “perfuração secundária” (fogacho) poderá elevá-los de 10% a 50%.

Conhecida ou arbitrada a razão de carregamento e conhecido o volume de rocha deslocado com cada furo, determina-se a carga de explosivo por furo. Conhecido o número de furos detonados em fogo, determina-se a carga de explosivo por fogo.

A distribuição explosivo ao longo do furo preferencialmente não deverá ser uniforme. Do ponto de vista do carregamento do explosivo, o furo poderá ser dividido em três seções:

- Carga de fundo: 1,3 A
- Carga de coluna: HB – 2 A
- Tampão: A
- Total: HB + 0,3 A

A carga de fundo (CF) deverá ser bem socada tendo a seguinte concentração linear:

$$CF\ (g/m) = 0{,}8 \text{ a } 1{,}0\ DF^2\ (mm)$$

A carga de coluna será colocada sem socagem, havendo mesmo necessidade e conveniência do uso de espaçadores. A concentração de carga da coluna (em g/m) deverá ser de 50% a 70% da carga de fundo (em g/m).

O tampão não será carregado. Poderá ser enchido por material de granulometria fina (pó de pedra, saibro etc.), bem socado.

3.1.3. FOGO SECUNDÁRIO (FOGACHO).

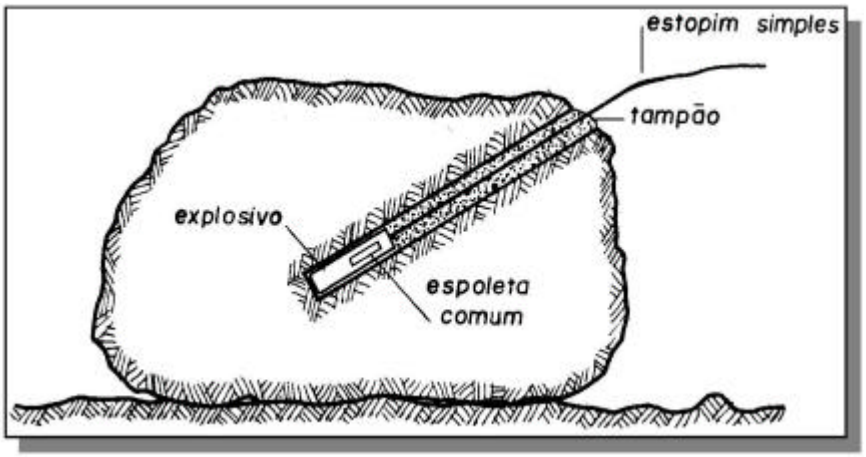
Chama-se fogo secundário, ou fogacho, a perfuração secundária feita depois da perfuração principal.

Sua necessidade e extensão dependem da capacidade do equipamento de carregamento e da capacidade do britador.

Em geral, em pedreiras de porte médio, os blocos com dimensões superiores a 0,60 m devem ser novamente detonados.

O furo é feito com perfuratriz leve, dita “de fogacho” e com hastes de 3/4” ou 7/8”.

A profundidade de perfuração varia de 0,30 a 0,60 m e utiliza-se de 1/4 a um cartucho de dinamite por bloco.

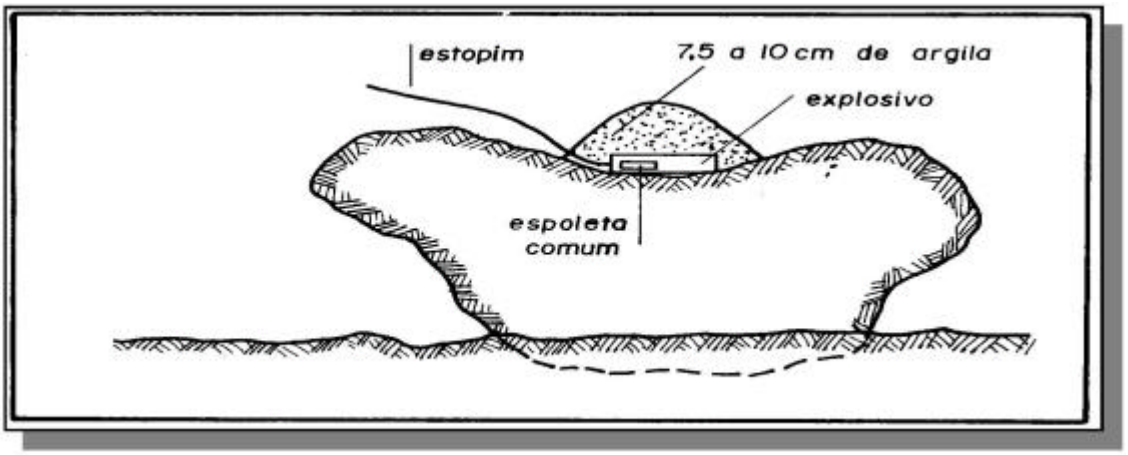


Fonte: DuPont, 1978.

Um operador pode perfurar 30 a 40 blocos por turno de 8 horas.

O consumo de explosivo é de 0,2 kg/m³ de rocha, aproximadamente.

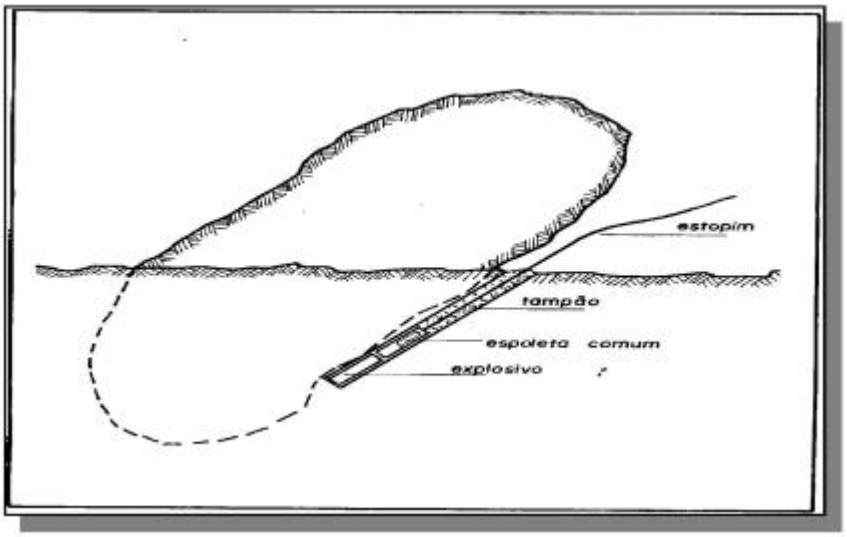
Muitas vezes prefere-se fazer o “joão-de-barro”, evitando a perfuração e colocando simplesmente a carga sobre a pedra, cobrindo-a com barro.



Fonte: DuPont, 1978.

O consumo de explosivo aumentará assim em 3 a 5 vezes e este procedimento deverá ser evitado sempre que possível. O consumo de explosivo é de 0,6 a 1,0 kg/m³ de rocha.

Uma terceira modalidade é a do “snake-holing”, ou buraco de cobra, que consiste em carregar um bloco por baixo, fragmentando-o por levante.



Fonte: DuPont, 1978.

A carga aproximada para cada uma das modalidades é a seguinte, relacionada ao peso do bloco:

Peso do bloco (kg)	250	500	1.000	1.500	2.000	2.500	4.000	5.000	Perfuração
Nº de cartuchos 1 ¼” x 8”	1,5	2	3	3,5	4	4,5	6	8	João de barro
	1	1,5	2,5	3	3,5	4	5	6	Snake holing
	0,25	0,5	0,67	1	1,25	1,75	2,5	3,5	Fogacho

O número de blocos e a quantidade de fogachos devem ser diminuídos ao máximo, pois representam uma despesa desnecessária.

Esta diminuição se consegue mediante melhorias no plano de fogo.

Se diminuirmos o afastamento, aumentando o espaçamento, a fragmentação vai melhorar.

Se diminuirmos o espaçamento, aumentando o avançamento, a fragmentação vai piorar.

Do balanço conveniente destes dois elementos vai depender a maior ou menor economia, através do maior ou menor número de blocos resultantes de fogo primário.

Outra forma de melhorar a fragmentação consiste no uso de maior razão de carregamento e detonação com espoletas de retardo.

3.1.4. FOGO DE REPÉ.

Algumas vezes em função de deficiências da detonação primária, o arranque da rocha no nível da praça não se dá por completo originando assim algumas saliências também chamadas “repés” que necessitam ser removidos por detonação posterior, denominado “fogo de repé”.

Para a detonação de repé utilizam–se marteletes de 1”, com furos que ultrapassem em 0,30 m o nível da praça e malha quadrada de perfuração, com afastamento de no máximo 80% do comprimento do furo.

3.1.5. CORTE PRÉVIO (“PRÉ-SPLITTING”).

Nos últimos anos, a técnica de detonação de rochas tem sofrido um desenvolvimento impressionante.

Entre outros ocupam destaque os chamados “métodos de detonação controlada”.

Um destes métodos, o “pré-splitting” ou corte prévio, tem merecido de nossos empreiteiros de obras públicas particular atenção e interesse.

“Pre-splitting” é uma modalidade da “detonação controlada” que se caracteriza pela detonação prévia de uma secção, antes da detonação do maciço restante.

Fazem parte deste “corte prévio” uma linha de furos de diâmetro e espaçamento adequados, carregados e detonados de forma adequada.

Estes furos são executados com espaçamentos bem menores do que na detonação convencional e recebem cargas distribuídas, também menores que as usuais.

O resultado desta técnica está na obtenção de uma face da rocha lisa, após a retirada do maciço central, situado à frente da parede “pré-cortada”.

As vantagens do “pre-splitting” podem ser resumidas como segue:

- Menos perfuração que qualquer outro método de “cirurgia rochosa” e, consequentemente, mais rapidez e menor custos do que outros métodos.
- Menos ultraquebra (“over-break”) e, consequentemente, economia em concreto.
- Economia e segurança em conseqüência da diminuição de “chocos”.

3.2. DESMONTE SUBTERRÂNEO.

3.2.1. ABERTURA DE TÚNEIS.

A escavação em subsolo (túneis, galerias, poços, cavernas, etc...) tem conduzido os técnicos e especialistas a vários conceitos em vista da literatura teórica existente, que provocam algumas contradições em função da experiência relatada de cada autor.

A diferenciação de qualquer equipamento irá mudar todo o plano de fogo para que os resultados do desmonte se adaptem às possibilidades de limpeza e estabilidade das paredes.

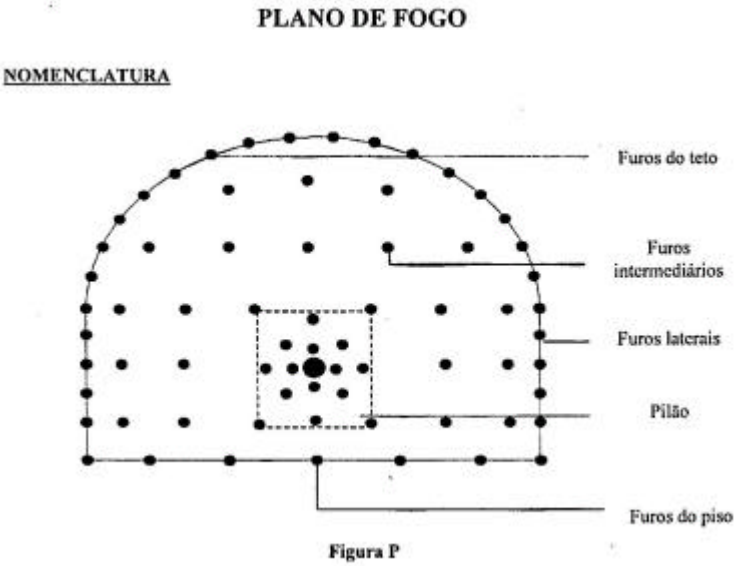
No desmonte subterrâneo, os fatores que mais poderão alterar um plano de fogo são:

- Tamanho da seção.
- Forma da seção.
- Equipamento de perfuração.
- Equipamento de limpeza.
- Tempo para execução.
- Tipo e consistência da rocha.
- Tipo de revestimento.
- Finalidade.

Na abertura de túneis, costuma-se adotar a seguinte terminologia:

- Galeria**:** espaço obtido pela escavação de um túnel.
- Galeria-piloto: primeiro espaço criado em uma detonação em subsolo para posterior alargamento.

- Abóbada: forma dada à área superior do túnel para oferecer maior estabilidade (semi-círculo ou elíptico).
- Seção: é a área transversal do túnel
- Seção-plena: é aplicar o plano de fogo de tal forma que após o desmonte o túnel ofereça seção e o contorno final desejado.
- Pilão: é a primeira área a ser afetada pela detonação. Nele estarão dispostos planejadamente furos vazios e carregados com a finalidade de criar a frente livre inicial do desmonte.



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

Na face do túnel a ser perfurado, os pilões podem estar localizados em posições diferentes:

- Pilão próximo ao canto: se adapta a túneis pequenos e tem a vantagem de economia de perfuração.
- Pilão no centro inferior: forma uma pilha no centro e bastante compacta. A fragmentação é maior que a normal e o consumo de explosivos é baixo.
- Pilão no centro superior: apresenta uma boa fragmentação, a pilha fica menos compacta e o consumo de explosivos é maior que os outros.

Ainda podemos citar:

- Pilão com furos paralelos.
- Pilão com furos desviados (em cunha).
- Furos de alargamento: são os furos que aumentam a face livre criada pelo pilão. Esses furos são os mais importantes, pois deles resultarão todo o trabalho desejado na escavação. Um dimensionamento errado destes resultará em um péssimo avançamento.
- Furos de contorno: também chamado de “smooth blasting” ou fogo cuidadoso. A perfeita aplicação destes furos e da carga nos mesmos irá oferecer maior segurança e economia em materiais de revestimento.
- Avanço efetivo: é a relação entre os metros lineares avançados e a profundidade perfurada.

3.3. CUSTO DO DESMONTE DE ROCHAS.

A estimativa dos custos de um desmonte de rochas é talvez o problema mais apresentado a um técnico no assunto e, possivelmente, um dos mais difíceis de ser respondido com precisão.

Como, porém, a estimativa de custo é um ponto básico para a execução de uma obra, principalmente nas fases de programação, reprogramação, modificações etc., devem ser levados em conta subsídios práticos que dêem aos técnicos uma primeira base, a partir da qual podem, posteriormente, desenvolver seus próprios cálculos.

Logicamente, os dados que serão levantados estarão sujeitos a fortes variações de serviço para serviço, ou mesmo dentro de um só serviço, variações estas provocadas pelas condições de trabalho, pelo tipo de equipamento, pela rocha etc.

Chamamos a atenção para o fato de que cada firma tem seus índices de depreciação, de incidência de administração, eventuais e outros, que podem ser diferentes.

4. EXPLOSIVOS.

4.1. DEFINIÇÃO DE EXPLOSIVOS.

Explosivo é a substância, ou a mistura de substâncias químicas, que tem a propriedade de, ao ser iniciado convenientemente, sofrer transformações químicas violentas e rápidas, transformando–se em gases, que resultam na liberação de grandes quantidades de energia em reduzido espaço de tempo. O explosivo utiliza esta energia para arrancar o maciço rochoso que está adiante dele, no sentido da face livre ou de menor resistência.

Devido à alta temperatura de detonação, o volume atingido pelo explosivo pode chegar a aproximadamente 18.000 vezes o seu volume inicial.

Após a detonação, uma onda de choque percorre a rocha com uma velocidade de 3.000 a 5.000 m/s.

Ao chegar à frente livre da bancada, a onda de choque tende a arremessar o material da superfície por um efeito semelhante ao que acontece com uma série de bolas de bilhar, ao golpear-e a primeira das bolas, o choque é transmitido por todas, sem que se movam do lugar, sendo somente a última da outra extremidade é projetada para a frente.

4.2. EVOLUÇÃO DOS EXPLOSIVOS.

4.2.1. PÓLVORA NEGRA.

A pólvora foi o primeiro passo para o desenvolvimento de quase uma centena de produtos hoje em dia conhecidos. Sua origem provável é de uma mistura de nitrato de potássio com materiais combustíveis.

A pólvora Negra é uma mistura de Nitrato de Potássio, KNO_3 (75%), Carvão (15%) e Enxofre (10%).

A primeira notícia que se tem do uso da pólvora, como explosivo industrial, data de 1627, e foi feita por Kasper Weidel em uma mina na Hungria.

A pólvora negra fornece na combustão cerca de 44% de gases e 56% de substâncias sólidas, as quais formam a fumaça depois da explosão.

Modernamente usa–se a pólvora sem fumaça, que é constituída de Nitrocelulose pura ou misturada com Nitroglicerina.

4.2.2. NITROCELULOSE.

A Nitrocelulose é uma mistura de vários ésteres nítricos da celulose. Descoberta em 1838 por Pelouse. De acordo com sua composição é usada em explosivos de alta importância (gelatina explosiva, pólvora sem fumaça).

4.2.3. NITROGLICERINA.

Em 1847, em Turim, Ascânio Sobero, descobriu que a Nitroglicerina tem um poder de explosão muitas vezes superior às pólvoras. Tinha, porém, o inconveniente de apresentar perigo de explosão quando submetida a movimentos bruscos ou atrito, o que limitava as condições de segurança em seu manuseio.

Em 1873 surgiu a dinamite (75% de nitroglicerina e 25% de farinha fóssil).

4.2.4. GELATINA OU “BLASTING”.

Em 1875 Nobel produz o “Blasting” uma mistura de Nitroglicerina e Nitrocelulose, sendo considerada a base das Gelatinas Nitroglicerinadas usadas atualmente.

4.2.5. TRINITROTOLUENO (TNT).

O empenho em novas pesquisas fez surgir em 1912 o TNT: explosivo muito importante usado no meio militar em escala sempre crescente, especialmente por causa de sua insensibilidade aos choques, detonando apenas por ação de iniciadores muito fortes.

4.2.6. ANFO (AMMONIUM NITRATE AND FUEL OIL).

É um agente explosivo composto a base de nitrato de amônia, descoberto em 1947. A denominação ANFO vem do inglês Ammonium Nitrate + Fuel Oil – mistura de Nitrato de Amônio (94,5%) com Óleo Diesel (5,5%).

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

O ANFO necessita de uma escorva para detonar, devido a sua baixa sensibilidade, isto é, de um explosivo semigelatinoso, gelatinoso ou de um reforçador para iniciar o processo.

É um agente explosivo que não apresenta nenhuma resistência à água, devendo somente ser usado em tempo e local bem secos, possui baixa densidade, fator que permite a sua utilização para o preenchimento de cargas de coluna a um baixo custo.

4.2.7. LAMAS EXPLOSIVAS.

Surge em 1958, uma mistura em proporções adequadas de nitrato de amônia, óleo diesel, água e outros produtos.

Este explosivo preenche os furos totalmente durante o carregamento. Devido à sua alta densidade e a consistência pastosa, é possível a utilização de malhas alongadas com um alto desempenho.

Possuem grande capacidade de trabalho nas rochas mais compactas e duras, boa resistência à água, podendo ser usadas em furos úmidos.

4.2.8. EMULSÕES EXPLOSIVAS.

A emulsão é resultante da mistura de uma solução oxidante, à base de água e nitrato de amônio, e uma solução combustível a base de óleos e emulsificantes.

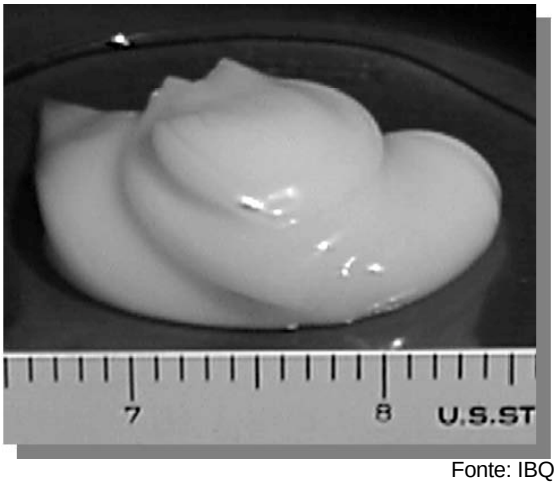
São considerados explosivos de última geração, sendo atualmente os mais utilizados, para as mais variadas aplicações.

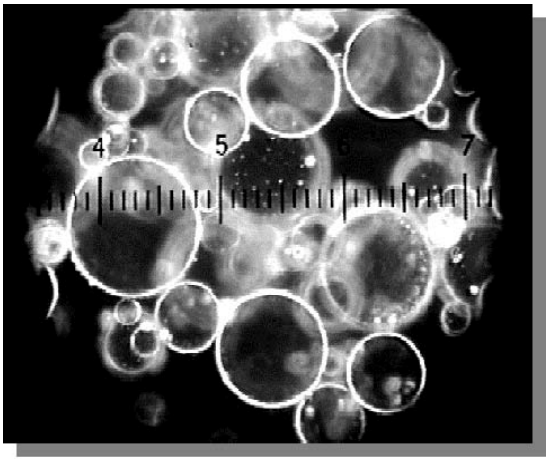
As emulsões explosivas são fornecidas encartuchadas em filmes de polietileno, ou, também, bombeadas diretamente nos furos através de caminhões adaptados para tal fim.

Tem como característica básica diferencial em relação às lamas explosivas, o fato de apresentar em sua cadeia molecular, uma fase continua em óleo e não em água, o que confere um ganho elevado de energia total final.

Algumas vantagens de emulsões explosivas:

- Acoplamento nos furos igual a 100%.
- Agilidade operacional (150 a 250 Kg/min.(carregamento bombeável).
- Segurança no transporte, manuseio e aplicação.
- Flexibilidade de formulações até em um mesmo furo.
- Alto nível de energia.
- Baixo custo de mão-de-obra.
- Flexibilidade de densidade desde 0,8 g/cm^3 até 1,3 g/cm^3.



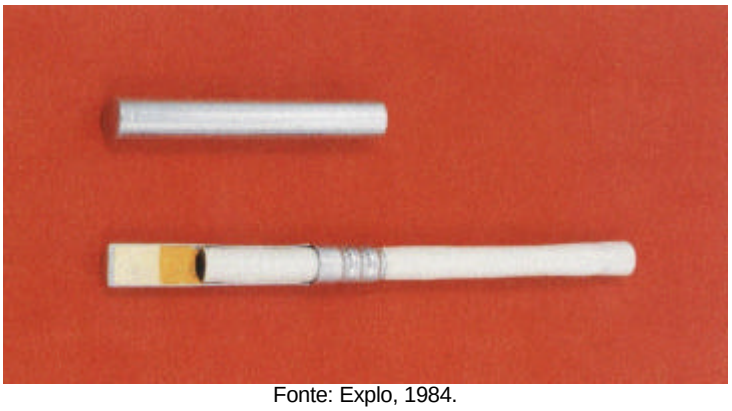


Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS EXPLOSIVOS QUANTO À APLICAÇÃO.

4.3.1 PRIMÁRIOS OU INICIADORES.

Explosivos que oferecem uma maior facilidade de decomposição quando excitados por agentes externos. Utilizados como iniciadores de cargas maiores de explosivos secundários. Ex: Espoletas, estopim, cordel detonante, etc.



Fonte: Explo, 1984.

4.3.2. SECUNDÁRIOS OU DE RUPTURA.

São os explosivos propriamente ditos. Tão potentes quanto os explosivos primários, porém por serem mais estáveis necessitam de uma maior quantidade de energia para iniciar o processo de detonação, o que é conseguido por um explosivo primário. Ex: dinamite, gelatinas, ANFO, lamas, etc.

Alguns materiais podem atuar tanto como primários, como secundários em um processo de detonação. É o caso da nitropenta que no cordel detonante atua como explosivo primário ou iniciador e em cargas especiais atua como secundário em trabalho de detonação

4.3.2.1. DINAMITE.

Nome genérico dos explosivos que possuem como substância explosiva um composto de nitroglicerina e carga mineral inerte.

Em função da quantidade de nitroglicerina contida, apresentam grande variação de força e sensibilidade em sua explosão.

Geralmente, produzem gases tóxicos.

Tipos mais comuns: dinamite comum, dinamite-amônia e dinamite-gelatina.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3.2.2. GELATINAS E SEMI-GELATINAS.

Explosivos que apresentam alta resistência à água, baixa quantidade de nitroglicerina, menor velocidade, menor custo.

São utilizados no desmonte de rochas muito duras e médias, a céu aberto, subterrâneas ou subaquáticas.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3.2.3. LAMAS EXPLOSIVAS.

São explosivos que pela sua consistência, apresentam a vantagem de ocupar todo o espaço vazio do furo. Apresentam grande resistência à água, sendo utilizadas para o desmonte de quase todos os tipos de rochas.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3.2.4. EMULSÕES EXPLOSIVAS.

São agentes explosivos que após gaseificados possuem uma consistência que facilita o carregamento de furos inclinados em vários tipos de desmontes. Não possuem nitroglicerina em sua composição, sendo então muito estáveis e seguras. Os gases resultantes da denotação não causam efeitos fisiológicos negativos (dores de cabeça, náuseas, etc.).

Possuem elevada resistência à água e são utilizados para desmonte em qualquer tipo de rocha.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3.2.5. GRANULADOS.

Possuem formato de grãos, tendo geralmente carbonitratos como explosivo básico.

Necessitam de um alto explosivo para iniciar a detonação de explosivo pulverulento.

Apresentam as seguinte características:

- Baixa densidade;
- Nenhuma resistência à água;
- Facilmente manuseáveis a granel;
- Adequados a carregamentos pneumáticos (ANFO LOADER, devido aterramento do equipamento ao solo e é obrigatório o uso de mangueira de carregamento antieletrostático dos furos);
- Aplicados como carga de coluna, desmonte a céu aberto, desmontes subterrâneos.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.3.2.6. EXPLOSIVOS BOMBEÁVEIS.

São emulsões, lamas, pastas explosivas e granulados que podem ser bombeados diretamente nas perfurações através de equipamentos montados sobre caminhões. São extremamente seguros, pois somente após terem sido injetados nos furos, é completada a reação química que propicia a explosão.

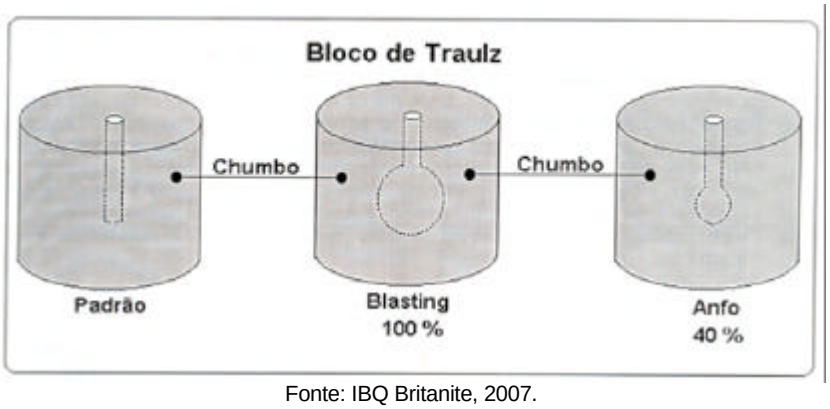
Permitem grande rapidez no carregamento, sendo apropriado para desmontes em larga escala e em furos de grandes diâmetros. A detonação destes explosivos é auxiliada por um reforçador (booster).

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.4. PROPRIEDADES DOS EXPLOSIVOS.

4.4.1 FORÇA.

É a relação entre a quantidade de energia liberada por uma certa massa de explosivo na detonação, com a quantidade de energia liberada pela mesma massa de nitroglicerina pura (“blasting”).



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.4.2. RESISTÊNCIA À ÁGUA.

A resistência do explosivo à água corresponde à capacidade de detonação depois da exposição à mesma.

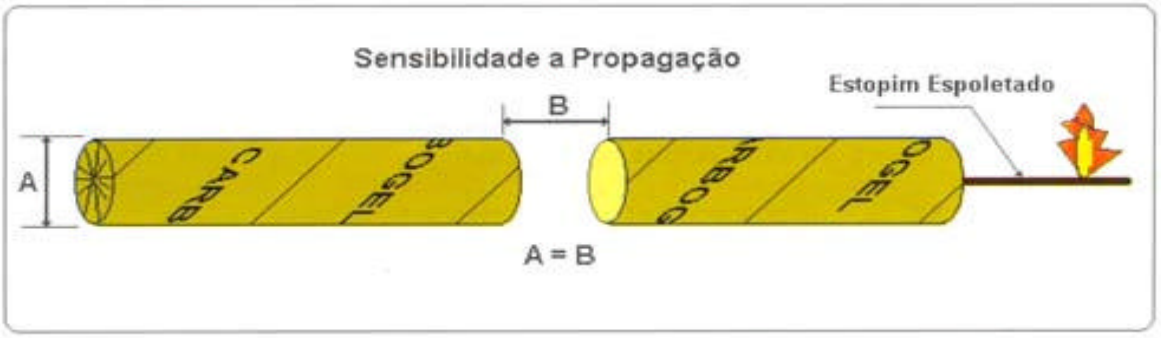
O produto é classificado quanto a sua capacidade de resistir à degradação da água conforme a seguir:

Classe	Horas
1	Indefinido
2	32 – 71
3	16 – 31
4	8 – 15
5	4 – 7
6	1 – 3
7	Menos do que 1

Normalmente, os produtos nitroglicerinados possuem maior a resistência à água.
Emulsões e lamas também possuem elevada resistência.
Já o explosivo amoniacal normalmente tem pouca resistência à água, sendo esta reforçada pela embalagem.

4.4.3 SENSIBILIDADE.

Propriedade dos explosivos detonarem quando se situarem próximos de uma carga escorvada detonada separadamente (sensibilidade à propagação).



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.4.4. VELOCIDADE DE DETONAÇÃO.

A medida com que a onda de detonação se propaga por uma coluna de explosivos é a sua velocidade de denotação. O cordel detonante, por exemplo, possui uma velocidade de detonação de 7.000 m/s; isto quer dizer que se estendêssemos uma linha de cordel detonante numa extensão de 7 quilômetros e a iniciássemos, esta detonaria integralmente com apenas um segundo.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.4.5. DENSIDADE.

Densidade é a relação entre o peso do explosivo e o seu volume. É importante para determinar a adequação do explosivo à razão de carregamento pretendida.
Ela depende dos ingredientes que o compõem, os quais são devidamente dosados para obter-se os valores desejados.
Com um explosivo de alta densidade a energia da detonação apresenta maior concentração, o que é desejável no caso de desmonte de material duro, por outro lado, se desejamos excessiva fragmentação ou a rocha é branda, explosivos de baixa densidade deverão ser usados.

4.4.6. RESISTÊNCIA AO ARMAZENAMENTO.

Intervalo de tempo que os explosivos podem ficar estocados sem perder as qualidades e sem ocorrer a sua deterioração. Varia normalmente de seis meses a um ano, dependendo do produto e do fabricante.

4.4.7. RESISTÊNCIA AO CHOQUE.

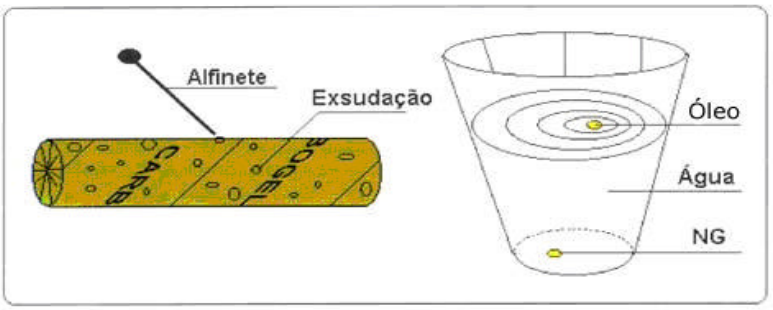
Propriedade do explosivo de não detonar quando submetido a certos choques acidentais. A espoleta tem pouca resistência ao choque; o cordel detonante tem uma maior resistência ao choque. Os explosivos nitroglicerinados têm uma regular resistência ao choque.

4.4.8. EXSUDAÇÃO.

Quando armazenados por longos períodos ou sob condições climáticas desfavoráveis, os explosivos podem vir a exsudar ("suar", desprender material líquido de sua massa). O líquido exsudado pode ser nitroglicerina , água com sais diluídos ou óleo.

Para sabermos se é nitroglicerina ou não, podemos fazer os seguintes testes:

- Com o auxilio de um alfinete, retira-se uma gota deste líquido exsudado e a colocamos num copo d' água. Caso essa gota vá ao fundo do copo, sem misturar-se com a água, será nitroglicerina. Caso venha a diluir-se, não é nitroglicerina, e por tanto não oferece perigo.



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

- Ao invés do copo d' água, deposita–se sobre uma folha de papel parafinado uma gota de líquido exsudado e observa-se seu comportamento. Se o líquido for nitroglicerina, formará uma mancha escura sobre o papel parafinado (Fig. A) e, em se tratando de nitratos ou água, formam-se gotículas sobre o papel (Fig. B).

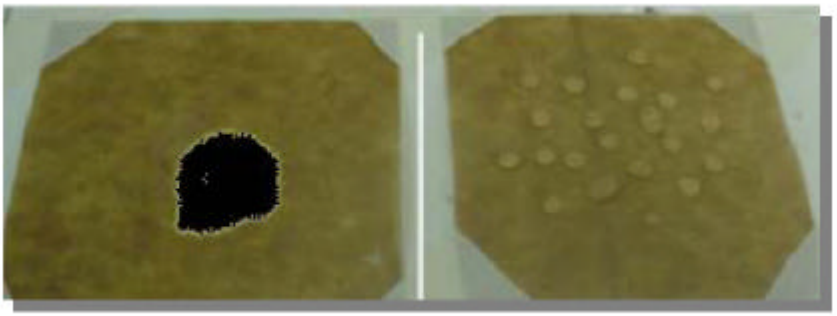


Figura - A (Nitroglicerina) Figura – B (Nitratos ou Água)

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

- Pode-se também fazer uso de um pedaço de papel absorvente, do tipo mata–borrão, deixando a gota do líquido umedecer este papel; então atea-se fogo ao papel observando-o. Se este queimar com uma chama forte e viva, como a da pólvora, indica que é nitroglicerina. Caso o fogo não se propague no papel, trata–se de água com sais dissolvidos.
- Uma vez que seja constatada que o líquido exsudado proveniente das caixas é nitroglicerina, o fabricante deve ser imediatamente comunicado para que proceda à retirada e destruição do material. O paiol cujo piso apresentar manchas de nitroglicerina deve ser inteiramente lavado com a seguinte solução:

  Solução = 1,5 litros de água + 3,5 litros de álcool + 1,0 litros de acetona + 500 gramas de sulfeto de sódio (60% COMERCIAL).

É preferível dissolver o sulfeto de sódio em água antes de acrescentar o álcool e a acetona. Deve-se espalhar bastante quantidade desta solução no piso para garantir a completa dissolução da nitroglicerina.

4.4.9. GASES.

Os gases que resultam da detonação de um explosivo são principalmente o dióxido de carbono (CO_2), o nitrogênio (N_2) e o vapor d' água (H_2O), não tóxicos. Além destes podem também aparecer gases tóxicos tais como o monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO e NO_2).

A natureza e a quantidade de gases tóxicos variam com os diferentes tipos e espécies de explosivos, ou até mesmo com as condições de uso.

Nos trabalhos a céu aberto, o aparecimento de gases, normalmente, não exerce maiores influências.

Em trabalhos subterrâneos, porém, exige-se especial cuidado na escolha do explosivo, quantidades, condições de detonação e, sobretudo, ventilação.

As dinamites, segundo os gases que originam, estão classificados em três categorias:

Classe	Classificação	SATURAÇÃO SANGUÍNEA	Est. Físico Pessoal	Horas de Explosivos				
		80%						
3	Bastante Tóxico	60%	Morte			0,50		0,67 0,33
2	Pouco Tóxico	40%	Inconsciência Náusea, Dor de Cabeça. Fraqueza					0,30 0,25 0,21 0,16
1	Praticamente não Tóxico	20% 0%	Nenhum Sintoma					0,10

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.5. ACESSÓRIOS PARA DETONAÇÃO.

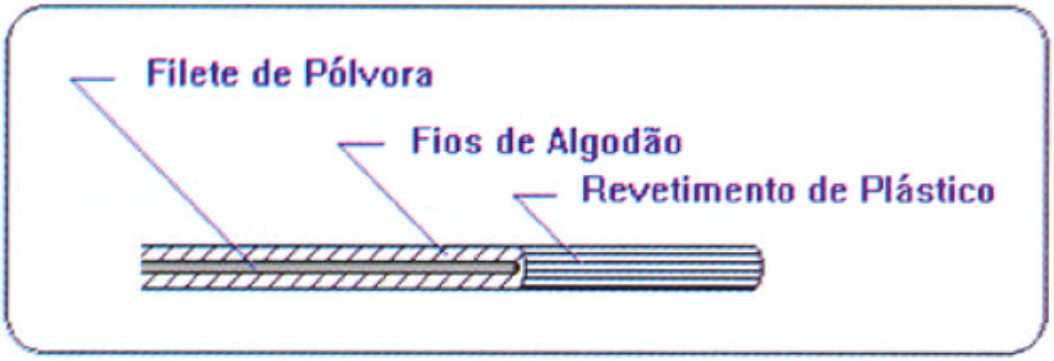
Os acessórios para detonação de emprego usual são os estopins, as espoletas simples e as e elétricas, cordel detonante, retardos para cordel detonante, reforçadores, e sistemas não elétricos (SNE).

4.5.1 ESTOPIM.

Estopim é essencialmente um filamento de pólvora enrolado e protegido por fio ou fita de algodão, que pode ser ou não alcatroado, encerado ou com revestimento plástico.

A propriedade principal dos estopins é queimar com velocidade constante e conhecida, produzindo na extremidade oposta a em que foi aceso, um sopro ou chama capaz de provocar a detonação da espoleta.

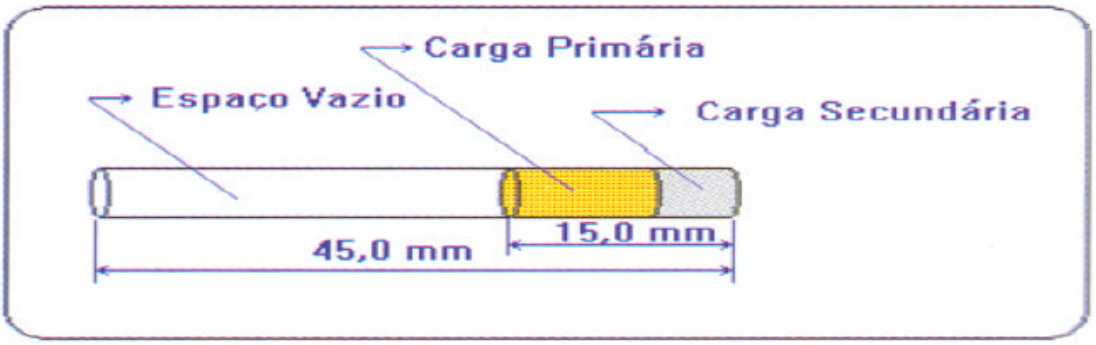
De acordo com as normas brasileiras, o estopim deve ter um tempo de queima de 100 a 140 segundos por metro e resistir à 1 hora de imersão em água. São condutores de energia.



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.5.2 ESPOLETAS SIMPLES.

São acessórios destinados a iniciar a detonação de explosivos encartuchados cordéis ou S.N.E. Consistem em uma cápsula de alumínio contendo uma carga primária, sensível à chama e uma carga secundária cuja explosão inicia a detonação da “massa”, explosiva. São, portanto detonadores.



Fonte: IBQ Britanite, 2007.

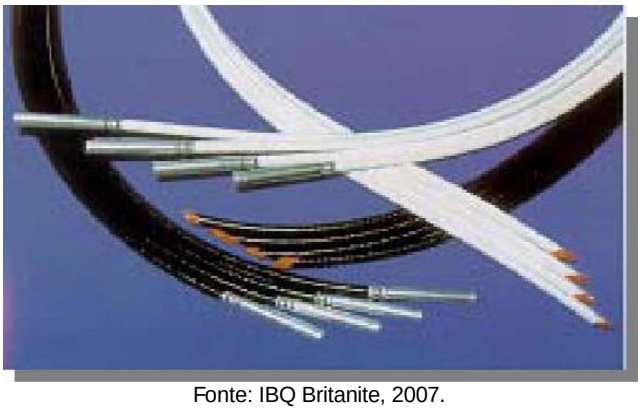
4.5.3 CONJUNTO ESPOLETA / ESTOPIM.

É um estopim de comprimento definido, tendo numa extremidade uma espoleta simples e na outra uma massa de acendimento rápido, acionado por chama.

O amolgamento executado através de equipamento de precisão oferece garantia de uma iniciação perfeita.

Vantagens no uso do conjunto espoleta / estopim:

- Economia no tempo de operação.
- Redução do número de falhas devido ao amolgamento perfeito.
- Rapidez no acendimento, proporcionando maior segurança.
- Redução nas perdas do estopim por falha de corte ou sobras não utilizáveis.
- Eliminação do risco de acidentes, na operação de amolgamento da espoleta ao estopim, devido ao uso de ferramentas inadequadas, ou manuseio incorreto.

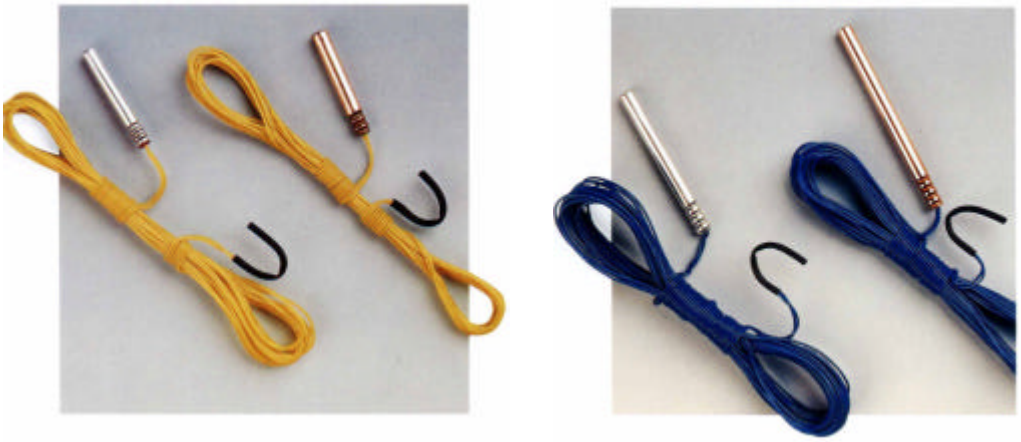


Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.5.4. ESPOLETA ELÉTRICA.

Constituída por uma resistência elétrica envolta em pólvora negra colocada junto à um explosivo primário (azida de chumbo) justaposto a um explosivo secundário (nitropenta).

Existem dois tipos de espoletas: instantânea e de retardo. Na de retardo, existe um elemento de espera que atrasa a detonação.



Fonte: Explo, 1984.

A utilização deste tipo de espoleta permite a detonação de cargas explosivas segundo uma seqüência pré-estabelecida, permite o controle das vibrações, a melhoria de fragmentação, entre outras vantagens.

Recomendações de uso:

- Utilizar fonte e energia adequadas.
- Manter a espoleta em curto–circuito até sua aplicação.
- Utilizar, num mesmo desmonte, espoletas de um só fabricante.

4.5.5. SISTEMA NÃO ELÉTRICO E NÃO EXPLOSIVO.

É composto de um tubo oco de plástico flexível, translúcido, resistente e de pequeno diâmetro, cujas paredes internas são revestidas por uma camada fina de material pirotécnico não explosivo. Devidamente iniciado, produz um plasma gasoso que percorre o interior do tubo, sensibilizando o elemento de retardo da espoleta, dando seqüência ao processo de detonação na forma como o conhecemos.

Fonte: Explo, 1984.

Tipos mais usados:

- Iniciador ou zero: Ideal para iniciar fogos a uma distância segura, desmontes secundários e corte de granito ornamental.
- Coluna: Utilizado no interior da mina, preferencialmente com espoleta colocada no fundo da mesma.
- Túnel: Para aplicações específicas em túneis e galerias, em substituição ao sistema elétrico.
- Carbo: Ideal para minas de carvão e galerias de pequena seção, com vantagens no manuseio e segurança.
- Ligação: Para ligações de linha tronco nos desmontes a céu aberto.

Características:

- Dimensões: diâmetro interno – 1,5 mm, diâmetro externo – 3,0 mm.
- Misto pirotécnico gerador de plasma: 8 a 12 mg/m.
- Velocidade de transferência de plasma: 1.000 m/s a 2000 m/s.
- Elemento de iniciação: espoleta simples, cordel detonante e acionador específico.
- Absoluta segurança insensíveis ao atrito, choque e impacto sob condições normais de trabalho em minas ou obras.
- Não é iniciado por transmissões de rádio – freqüência, correntes parasitas ou energia estática.
- Ausência de ruído e circuitos elétricos.

4.5.6. CORDEL DETONANTE.

Tem por finalidade iniciar cargas explosivas em função da detonação de seu núcleo; portanto não transmite chama como o estopim de segurança, mas garante a detonação de toda uma coluna de carga explosiva.

Consiste num núcleo cilíndrico de explosivo (nitropenta) envolvido por uma camada protetora de fibras têxteis e PVC que lhe assegura resistência à tração, impermeabilização à água, óleo e outros líquidos.

A explosão do núcleo do cordel detonante precisa ser iniciada por uma espoleta. Sua velocidade de detonação é da ordem de 7.000 m/s.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.5.7. RETARDOS PARA CORDEL DETONANTE.

As detonações realizadas com cordel detonante podem ser retardadas convenientemente pela aplicação do elemento de retardo para cordel detonante.

Este consiste de um tubo plástico, no qual em suas extremidades é preso o cordel.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

Dentro do tubo são colocadas duas cargas explosivas e um elemento de retardo.

A detonação de uma das pontas do cordel se propaga à carga explosiva contínua, a qual inicia o elemento de retardo do outro lado.

O tempo de queima deste é necessário para o retardamento na detonação.

Quando o elemento de retardo acaba de queimar, provoca a detonação imediata da carga a seu lado, a qual se transmite ao resto da linha - tronco.

Existem retardos de 5, 10, 20, 30, 50 e 100 mili-segundos (ms), dentre outros.

O tipo de retardo escolhido dependerá do plano de fogo.

A do mesmo é muito simples, basta que nos pontos adequados cortemos a linha - tronco e a prendamos no retardo por meio de cunhas plásticas nele existentes. Desta forma não será necessário fazer-se qualquer nó, tornando-se o encaixe mais econômico.

Os elementos de retardo devem ser ligados o mais próximo possível da linha de furos que irá ser detonada com atraso.

Por precaução, devem ser introduzidos na linha - tronco apenas pouco antes de efetuar-se a detonação.

Além disso, como as suas cargas explosivas podem ser detonadas por um forte impacto, deverão ser protegidos durante o trabalho, em local seguro, para evitar que caiam sobre os mesmos, pedras ou objetos pesados.

O retardo é um dispositivo criado para fornecer uma diferença de tempo entre dois segmentos de uma ligação detonada simultaneamente, originando uma seqüência de detonação dos furos em um plano de fogo.

A utilização de retardos numa detonação proporciona os seguintes efeitos:

Retardos entre linhas:

- O uso de retardos entre linhas facilita o lançamento do material, propiciando uma pilha de material mais baixa e espalhada;
- O alívio criado entre a linha da frente e a linha de trás, melhora o arranque do fundo do furo, diminuindo o surgimento de repé e problemas de ultraquebra;
- A diferença de tempos entre os furos provoca uma diminuição na onda de choque, dispersada no maciço rochoso, diminuindo a vibração do terreno.

Retardos entre furos de uma mesma linha:

- Melhora da fragmentação;
- Diminuição da vibração do terreno;
- Diminuição do lançamento horizontal.

Saber escolher os tempos de retardos a serem utilizados numa detonação é uma tarefa que requer sobre tudo experiência e conhecimento do comportamento do maciço a ser desmontado. Por isto, o resultado de cada detonação deve ser analisado com cuidado e as observações anotadas nos planos de fogo, juntamente com o croqui da ligação, pois servirão de dados para as próximas detonações.

Normalmente, pode-se dizer que para os retardos entre linhas, quanto maior o tempo de retardo, maior o alívio e conseqüentemente maior à distância de lançamento. No caso de retardos entre furos da mesma linha, quanto maior o tempo de retardo menor à distância de lançamento perpendicular á linha detonada.

Retardos de maior tempo podem ser utilizados nos furos do canto para gerar um maior alívio da frente destes furos, melhorando o arranque desta porção mais engastada e diminuindo a ultraquebra lateral.

Outro caso especial onde o uso de retardos é bastante útil é nas detonações onde o comprimento da face livre é muito pequeno em relação a maior dimensão da área a ser detonada; como nos casos do fogo de trincheira.

Geralmente, as seguintes observações são válidas:

- Menores tempos de retardo causam pilhas mais altas e mais próximas a face.
- Menores tempos de retardo causam mais a quebra lateral do banco (end break).

- Menores tempos de retardo causam onda aérea.
- Menores tempos de retardo apresentam maior potencial de ultralançamento (fly rock).
- Maiores tempos de retardo diminuem a vibração do terreno.
- Maiores tempos de retardo diminuem a incidência da quebra para trás (back break).

4.5.8. REFORÇADORES OU ”BOOSTERS”.

A espoleta antes descrita não tem capacidade de iniciar agentes detonantes ou explosivos pouco sensíveis ao choque. Há, por isso, necessidade de ser usado outro iniciador de maior potência.

Para explosivos pouco sensíveis, como ANFO e nitrocarbonitratos em geral, a brisância das espoletas não é suficiente, e há necessidade do uso de reforçadores ou “boosters”.

O reforçador normalmente é utilizado em conjunto com o cordel detonante e ou S.N.E. (Brinel).

Possui um furo, através do qual se faz passar o cordel ou Brinel. O número de reforçadores em cada furo, e a distância entre os mesmos, é determinado no plano de fogo.

Consta basicamente de dois elementos explosivos: o primário, ou cerne, que é iniciado pelo cordel e o secundário, ou amplificador, que dá a brisância necessária ao conjunto.

Os reforçadores são fabricados em diversos diâmetros de acordo com o diâmetro do furo no qual será utilizado e em variadas gramaturas.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.6. ESCORVAS.

Com a finalidade de ativar a massa explosiva, coloca-se em contato com a carga um conjunto contendo um dispositivo qualquer de detonação, o qual constitui a escorva.

Normalmente corresponde a um cartucho de dinamite no qual vai inserida uma espoleta simples ou elétrica, ou mesmo cordel detonante.

4.6.1 PREPARO DAS ESCORVAS.

Na preparação das escorvas, o seguinte cuidado deve ser tomado:

- A espoleta ou cordel não pode sair do cartucho – escorva.
- A espoleta deve ficar na posição mais eficaz e segura no cartucho – escorva.
- Os fios dos dispositivos elétricos, ou não, de detonação e o estopim não devem estar sujeitos a esforços ou dobras acentuadas que possam danificá–los.
- A escorva deve ser resistente à água, quando necessário.
- O conjunto cartucho-escorva deve ser carregado facilmente, de modo conveniente, seguro e na posição perfeita junto à carga.
- Os cartuchos-escorva não devem ser cortados ou socados.

O furo para a introdução do dispositivo iniciador deve ser executado com furador adequado (haste pontuda, de madeira, bronze, alumínio ou outro metal não faiscante, com cabo de madeira) e suficiente grande para que não haja necessidade de forçar o dispositivo iniciador do cartucho ou deixá–lo com alguma parte fora.

4.6.2 ESCORVA DE DINAMITES.

4.6.2.1. Espoleta Comum com Estopim de Segurança:

A espoleta deve ser inserida no centro do cartucho de dinamite e orientada segundo seu eixo longitudinal, sendo colocada de modo a não ser prejudicada pelo tamponamento. Devemos evitar dobras e nós no estopim.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.6.2.2. Sistema não Elétrico no Explosivo:

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.6.2.3. Cordel Detonante com Explosivo:

Não há necessidade de escorvas especiais com o cordel detonante, o qual inicia qualquer cartucho em seu contato no furo.

Como normalmente se utiliza o cordel para iniciar toda a coluna de explosivos, é necessário que o mesmo atinja o fundo do furo, para tanto é conveniente amarrá–lo ao primeiro cartucho ali colocado.

Recomenda–se iniciar a preparação das escorvas antes da operação de carregamento dos furos.

Fonte: IBQ Britanite, 2007.

4.6.3 ESCORVA COM PRODUTOS TIPO LAMA (“WATER GEL”).

Produtos tipo lama (“Water Gel”), requerem maior cuidado, principalmente quando escorvados com espoleta comum e estopim. Por serem mais aquosos, podem dessensibilizar o estopim ou mesmo a espoleta comum, se o amolgamento entre estes dois acessórios não for perfeito, podendo provocar falhas. A espoleta comum ou elétrica deve permanecer em contato com a massa explosiva, no interior da salsicha plástica.

O estopim ou os fios devem ser presos ao corpo da salsicha por uma fita isolante, cordão ou lançada, para evitar um possível deslocamento da espoleta.

A escorva com cordel detonante é normal, devendo o cordel ser amarrado na primeira salsicha a entrar no furo, garantindo assim a iniciação de toda a coluna de explosivo.

4.7. SEGURANÇA NO MANUSEIO DE EXPLOSIVOS.

Visando um maior desenvolvimento tecnológico no setor de Segurança com Explosivos, passamos a discorrer sobre as operações a serem executadas nos trabalhos com explosivos, sejam eles desmontes de rochas, transportes, etc.

4.7.1. PLANO DE FOGO.

Um plano de fogo deve ser simples, mas completo, devido ao risco de erro. Um profundo conhecimento e entendimento dos requisitos de um fogo são essenciais para a segurança e o sucesso deste plano. Se o Blaster não for experiente, um assistente técnico deve ser consultado.

Quando se projetam detonações com alta razão de rarregamento, deve ser conhecido o risco de ultralançamento e tomadas as ações preventivas pertinentes.

Os explosivos só devem ser utilizados sob as condições para as quais foram destinados (temperatura, sensibilidade à iniciação, resistência à água e pressão hidrostática, etc.).

A equipe de carregamento deve constantemente inspecionar os produtos para localizar danos, vazamentos ou anormalidades antes do carregamento.

Nunca utilize um produto suspeito!

4.7.2. PLANEJAMENTO.

Nele devem ser considerados o tempo disponível para as atividades de detonação, número e experiência dos cabos de fogo e ajudantes, bem como tempo extra para imprevistos.

Quando possível, deve-se ter uma boa coordenação entre o encarregado da detonação e a equipe de perfuração.

Deve-se consultar a previsão do tempo antes do início das atividades de carregamento.

A área de detonação deve ser evacuada se uma tempestade elétrica se aproximar durante o tempo que o explosivo estiver no local do carregamento.

4.7.3. CARREGAMENTO.

Quanto ao carregamento a equipe deve estar com os EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) corretos, tais como:

- Capacete.
- Protetor Auricular.
- Óculos de segurança.
- Cinto de segurança.
- Luvas.
- Capa.
- Corda.

A equipe de detonação deve ter à sua disposição todas as ferramentas necessárias para manusear explosivos com segurança. A seguir uma lista de sugestões:

- Trena, balança, canivete, furador de cartucho, lanterna,
- Tinta fluorescente, sinais de tráfego.
- Kit de primeiros socorros, água potável.

O encarregado deve reunir a equipe para discutir sobre segurança antes do início do carregamento, abordando sobre os seguintes tópicos:

- Identificar o encarregado;
- Revisão da previsão do tempo;
- Breve descrição dos parâmetros do carregamento;
- Delegar responsabilidades;
- Revisar os potenciais de risco;
- Rever os equipamentos necessários;
- Rever a seqüência de carregamento;
- Ouvir alguma sugestão da equipe;
- Rever o plano de emergência e evacuação;
- Enfatizar Segurança e qualidade;
- Enfatizar que cada um é uma pessoa de segurança.

O local a ser carregado deve ser revisto pelo encarregado e o pessoal do carregamento, enfatizando os seguintes itens:

- Condições da face e dos afastamentos na crista;
- Profundidade e condições dos furos;
- Medição da altura da bancada;
- Diferença entre projeto e a execução;
- Diâmetro dos furos;
- Presença de blocos soltos.

Antes do início do carregamento, todos os sinais e avisos devem ser instalados.

Relâmpagos e raios são causas potenciais de ignição prematura para qualquer sistema de iniciação e produtos explosivos.

Todo funcionário novo, ou sem experiência deve trabalhar sob a supervisão direta do encarregado.

Todos os funcionários não envolvidos na ligação do sistema devem ficar de fora da área durante a operação e nunca assistindo a mesma.

4.7.4. ISOLAMENTO DA ÁREA.

O encarregado deve sugerir que toda a equipe e o pessoal da mina façam revisão do isolamento da área e do plano de emergência. Neste plano deve-se:

- Identificar o cabo de fogo licenciado e qualificado que vai detonar o fogo.
- Identificar o refúgio (direção e distância da detonação).
- Especificar a área limite a ser isolada.
- Designar pessoal qualificado para isolar a área.
- Especificar o sinal de isolamento da área.
- Especificar os métodos de isolamento para evitar penetração durante o isolamento (deve-se delimitar a área de risco, assim entendido como qualquer obstáculo que impeça o ingresso de pessoas não autorizadas).
- Designar os pontos de guarda e assegurar que todos os guardas saibam onde é seu posto, descrevendo suas autoridades.
- Especificar o tipo de proteção para os guardas.
- Assegurar que todos os guardas tenham identificação visual, bandeirolas, equipamentos de proteção individual e um método de comunicação com o cabo de fogo.
- Descrever o tipo, duração e intervalo do sinal de detonação:
  - Aviso de pré-detonação;
  - Detonação;
  - Liberação da área.
- Assegurar freqüência livre e silêncio no rádio durante os sinais de detonação, a menos que haja uma razão para tal (quando utilizando espoleta elétrica).
- Descrever o plano de emergência no caso de ferimentos decorrentes da detonação ou outro evento.
- Descrever os procedimentos em caso de falha de explosivo ou acessório.
- O refúgio para o cabo de fogo deve estar localizado fora do alcance de um ultralançamento.
- O cabo de fogo é a única pessoa autorizada a permanecer na área de isolamento.

As posições mais favoráveis são:

- Direção oposta ao movimento da rocha (para trás da detonação).
- Nunca em frente a faces livres.
- Nunca próximo de crista ou pé de uma bancada.

A proteção para o cabo de fogo deve ser bem feita. Carros, caminhonetes, caminhões ou outro veículo não são apropriados para proteção.

O refúgio deve ter pelo menos: telhado e três lados fechados, com entrada oposta ao fogo.

Deve suportar o impacto de uma rocha pesada vinda da frente de detonação (deve ser construído em locais onde se permita a construção – pedreiras ou mineradoras).

O cabo de fogo deve se comunicar com o encarregado, com o responsável pelo isolamento e com os guardas para conferir a situação do isolamento antes de iniciar a detonação, a qual deve ser efetuada preferencialmente no final do expediente.

Todas as pessoas responsáveis pela guarda da área isolada devem ser treinadas para suas funções.

É recomendado que os guardas usem roupas fosforescentes, bandeirolas, avisos e rádio.

O cabo de fogo deve observar de sua posição, toda a área isolada antes de iniciar a detonação.

Para aumentar a segurança da área de isolamento, criar postos de observação com contato via rádio com o cabo de fogo.

4.7.5. MEDIDAS DE SEGURANÇA APÓS A DETONAÇÃO.

Nenhuma pessoa deverá ser autorizada a retornar à área de fogo antes que todos os gases tóxicos tenham sido dissipados

Nas minerações subterrâneas, o retorno à área de fogo poderá ser abreviado por:

- Ventilação adequada.
- Molhando-se com água a pilha de material desmontado.

O tempo de espera para a área de fogo depende se a detonação foi feita a céu aberto, ou em subsolo.

Na verificação do resultado do desmonte, deve-se aguardar entre 10 e 20 minutos e é feita primeiramente pelo responsável (“blaster”). Este, após a inspeção, liberará a área para continuidade dos serviços.

4.7.6. VERIFICAÇÃO DE FALHAS (“NEGAS”).

A constatação de uma falha na detonação poderá se dar através:

- Do resultado do desmonte.
- Da presença de explosivos não detonados.
- De espoletas não detonadas.

Uma falha pode ser causada por:

- Escorvamento mal feito.
- Estopim, cordel detonante ou explosivo deteriorado.
- Ligações mal feitas.

- Avarias no circuito, na utilização de espoletas elétrica.
- Explosão gerando pouca corrente, na utilização de espoletas elétrica.
- Furos roubados.
- Falha na fabricação dos materiais.

Procedimentos de segurança na presença de falhas:

- Não tente investigar uma “nega” imediatamente.
- Não permita que os trabalhos de carga, transporte e furação sejam iniciados sem antes resolver o problema.
- Não tentem retirar os explosivos do furo por meio mecânico. Sugere-se um jato de água (ar comprimido + água) para retirá-lo ou dessensibilizá-lo (se for possível).
- Cuidados adicionais deverão ser tomados se o explosivo ainda estiver escorvado.
- Não se deve fazer furação em locais que possam atingir furos falhados.
- Pode-se resolver o problema da falha; introduzindo-se uma nova carga escorvada e detoná-la.
- Não aproveite furos remanescentes para continuar a furação.

4.8. TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS.

Existem regras para todas as etapas dos produtos controlados. Todo Blaster deve conhecê-las.

No caso do transporte de explosivos e seus acessórios, quer da fábrica para o revendedor, quer deste para o usuário, só pode ser feito depois de autorizada a competente guia de tráfego.

4.8.1 NORMAS GERAIS.

O motorista de qualquer veículo de carregamento de explosivo deve sinalizar qualquer movimento do veículo. Alarme de marcha ré deve ser instalado em veículo de transporte de explosivos (para prestadora de serviços).

Verificar antes de sair para transportar explosivos: motor, chassis, freios, direção, sistema elétrico, carrocerias, triângulo e extintor (verificando pneus a cada 100 Km ou a cada 2 horas).

Com relação à documentação: verificar a validade da carteira de habilitação, documentação da carga e do veículo para evitar futuros transtornos, visto que você está transportando produtos perigosos.

O itinerário deve ser considerado importante. O trajeto deverá ser o de menor movimento, evitando locais de possível congestionamento. Sinalizar o veículo com bandeirolas, etiquetas e adesivos.

Quando acontecer “pane” no veículo, estacionar em local adequado, colocar o triângulo, manter o público curioso longe do veículo, explicando com educação a situação.

Não estacionar a menos de 100 (cem) metros de pontes, viadutos, habitações ou locais de trabalho.

Velocidade máxima do veículo deve ser de 60 (sessenta) Km/hora em rodovia.

Nunca fumar quando estiver trabalhando ou transportando explosivos e nem permitir que outros fumem, através de placas com dizeres “É PROIBIDO FUMAR” que possam ser observados por todos.

Em caso de dúvida sempre perguntar, não tomar decisões precipitadas.

Procurar se possível não parar durante o trajeto.

Não transportar explosivos com acessórios no mesmo veículo, apenas fazer este transporte se tiver uma caixa apropriada.

Quando em obras ou mineração, o veículo de explosivos e acessórios possui trânsito preferencial.

4.8.2. REGULAMENTAÇÃO PARA TRANSPORTE.

Por serem os explosivos produtos controlados pelo Ministério do Exército e considerados perigosos para transporte, além das normas comuns de transporte, estão também sujeitos à legislação própria.

O transporte rodoviário de explosivos e acessórios está, em nosso país, sujeito à seguinte legislação:

- Decreto Nº 55.649, de 28 de janeiro de 1965 (R-105 do Ministério do Exército).
- Decreto Nº 2.063, de 06 de outubro de 1983.
- Decreto Nº 96.044, de 18 de maio de 1988.
- Portaria Nº 291, de 31 de maio de 1988, do Ministério dos Transportes.

5. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.

5.1. RECOMENDAÇÕES IMPORTANTES DO R-105.

O transporte de explosivos obedecerá às regras de segurança, afim de limitar, tanto quanto possível, os riscos de acidentes, que são:

- Da quantidade do material transportado.
- Do tipo da embalagem.
- Da arrumação da carga.
- Das condições de marcha e estacionamento.
- Deverão ser rigorosamente verificados, quanto às condições adequadas de segurança, todos os equipamentos empregados nos serviços de carga, transporte e descarga.
- Salvo casos especiais, os serviços de carga e descarga de explosivos serão feitos durante o dia e com tempo bom.
- Será proibida a presença de estranhos nos caminhões que transportam explosivos.
- Para viagens longas, os caminhões terão dois motoristas que se revezarão.
- Tabuletas visíveis serão afixadas nos lados e atrás dos caminhões com os dizeres “CUIDADO EXPLOSIVO” e também serão colocadas bandeirolas vermelhas.

5.2. RECOMENDAÇÕES DO DECRETO Nº 96.044.

Durante as operações de carga, transporte, descarga, transbordo, limpeza e descontaminação, os veículos e equipamentos utilizados no transporte de explosivos deverão portar rótulos de risco e painéis de segurança específicos, de acordo com as Normas Brasileiras NBR – 7500 e NBR – 8286.

O condutor de veículo utilizado no transporte de explosivos, além das qualificações de trânsito, deverá receber treinamento específico em órgão credenciado pelo Ministério dos Transportes.

O Veículo que transportar explosivos deverá trafegar acompanhado da seguinte documentação:

- Nota Fiscal.
- Guia de Tráfego.
- Ficha de Emergência.
- Envelope para o Transporte.

Para fins de transporte, os explosivos são considerados como carga perigosa e de acordo com a classificação da ONU para produtos perigosos para transporte, estão classificados na classe 1.

Classe 1, somente para explosivos, está subdividida em 5 subclasses, em ordem decrescente de risco

1.1 – risco de explosão em massa.
1.2 – risco de projeção, sem risco de explosão em massa.
1.3 – risco de fogo, pequeno risco de projeção, sem risco de explosão em massa.
1.4 – sem risco significativo.
1.5 – substâncias muito pouco sensíveis, só detonam com iniciação muito forte.

Os veículos de transporte deverão conter placas em todos os ângulos indicando o grupo de risco, o número de identificação é uma letra que designa o grupo de compatibilidade.

5.3. NORMAS PARA ADMINISTRAÇÃO DE PAIOL.

Armazene somente explosivo neste local. Não armazene espoletas simples e elétricas, materiais inflamáveis, ferramentas ou outros tipos de utensílios metálicos nos paióis de explosivo.

Manuseie com cuidado as caixas de explosivos. Não as deixe cair, nem os impulsione.

Não use cintas de embalar metal para manobrar caixas de explosivos.

Armazene as caixas de dinamite com a tampa para cima. Os explosivos do tipo e marca correspondente devem ser guardados juntos e com marcações bem visíveis para facilitar sua identificação, de forma que o material de mais tempo em estoque seja utilizado em primeiro lugar.

Sempre embarque, despache e use com prioridade o estoque mais antigo.

Não utilize ferramentas de metal para abrir ou fechar caixas de explosivos, se estes entrarem em contato com o explosivo, o mesmo poderá ser iniciado. No caso de caixas de papelão poderão ser empregadas para cortar a fita – lacre.

Não deixe explosivo soltos pelo paiol nem abra ali as caixas de explosivos.

Quando necessário o uso de luz artificial, utilize unicamente lanterna de segurança.

Não fume nem porte fósforo, isqueiro ou outro material inflamável, nem permita que os outros o façam dentro do paiol de explosivos.

Proíba disparos de tiros ou porte de armas de fogo e munições dentro ou nas mediações do paiol.

Mantenha o interior do paiol sempre limpo e o terreno ao redor livre de folhas, capim, vegetação de qualquer espécie, lixo e detritos a fim de evitar incêndios.

As goteiras no telhado e paredes do paiol, assim como quaisquer outros na estrutura do mesmo, devem ser imediatamente concertados.

Mantenha constante vigilância para averiguar as embalagens que apresentem avarias, exsudação ou defeitos. Coloque–as a um lado do paiol e notifique o fabricante, comunicando a causa provável.

Não utilize caixa de dinamite vazia dentro ou nas proximidades do paiol.

Mantenha a porta do paiol sempre trancada, salvo quando houver carga e descarga.

Ante a aproximação de tempestade os depósitos devem ser fechados e o pessoal afastado até o termino do fenômeno atmosférico.

As caixas de dinamite devem ser dispostas em pilhas do seguinte forma:

- Alojadas em estrados de madeira.
- Afastadas das paredes e do teto para assegurar boas condições de circulação de ar.
- Separadas entre si para permitir a passagem, entrada e saída de caixas com segurança.
- Ter altura máxima de dois metros ou 7 caixas, prevalecendo o menor valor.
- Ter o rótulo indicando o nome do produto, as especificações e data de chegada no depósito.
- As pilhas devem ser dispostas em filas da seguinte forma: afastadas das paredes no mínimo 10 cm, do teto 70 cm e de outras filas 60 cm.

Para qualquer depósito serão exigidas a manutenção de vigia permanente e a proteção contra incêndios.

Para os paióis de primeira qualidade (permanente) será exigida a instalação de pára-raios.

5.4. CERTIFICADO DE REGISTRO.

Fornecido pelo Ministério do Exército através dos SFPCs, é o documento que habilita as Empresas a comprar, estocar, consumir e/ou vender produtos controlados como: explosivos, armas, munição e pirotécnicos.

5.4.1. REGISTROS.

Art. 40 – As pessoas físicas ou jurídicas, registradas ou não, que operem com produtos controlados pelo Exército, estarão sujeitas à fiscalização, ao controle e as penalidades previstas no R-105 e na legislação complementar em vigor.

Art. 41 – O Registro será formalizado pela emissão do competente Certificado de Registro, que terá validade fixada em até três anos, a contar da data de sua concessão ou revalidação, podendo ser renovado a critério da autoridade competente, por iniciativa do interessado.

Art. 44 – O Registro somente dará direito ao que nele estiver consignado e só poderá ser cancelado pela autoridade militar que o concedeu.

5.5. CARTA “BLASTER”.

Este documento é fornecido pelos Departamentos Estaduais de Segurança Pública através da Policia Civil.

O nome “blaster” provém da palavra inglesa “blast”, que significa dinamitar.

Na língua portuguesa, na forma popular, é utilizado o nome “cabo de fogo”.

Existem hoje três categorias:

- Carta Blaster de 3º Categoria: esta categoria habilita o profissional a executar trabalhos de carregamento e detonação a céu aberto em pedreiras e minerações onde não haja habitações e concentração humana.
- Carta Blaster de 2º Categoria: esta categoria habilita o profissional a executar trabalhos de carregamento e detonação em mineração e construções a subsolo.
- Carta Blaster de 1º Categoria: esta categoria habilita o profissional a executar trabalhos de carregamento e detonação em áreas urbanas.

5.6. ASPECTOS LEGAIS.

A atividade mineradora encontra-se associada ao uso de explosivos industriais objetivando a desagregação do material rochoso para aproveitamento comercial ou a simples remoção para alguma obra de engenharia.

O manuseio do explosivo desde a sua estocagem, transporte, carregamento e detonação implicam em grandes riscos, conseqüentes da alta periculosidade de que são providos.

Estes riscos são representados pelos danos físicos ou materiais que podem ocasionar a terceiros, os quais ao verem-se prejudicados recorrerão com predominância a um órgão policial e, posteriormente, a uma ação indenizatória (civil).

Normalmente, a ação penal recairá sobre o responsável técnico (engenheiro e "blaster") e a ação civil no contratante (em geral, a empresa). Assim, cumpre destacar a responsabilidade penal do engenheiro ou "blaster", pois, o mesmo será incurso no crime de natureza culposa caracterizado por negligência, imprudência ou imperícia.

Com isto, e em havendo um inquérito policial, poderão se requerer provas técnicas ou periciais que materializem o fato delituoso. Neste momento, surge o perito, profissional com conhecimentos, isenção e habilitado a buscar vestígios do fato e relacioná-los sempre sob a ótica científica, procurando buscar a verdade irrefutável.

5.7. ASPECTOS LEGAIS.

A Lei Nº 6.938 que estabelece a política nacional de meio ambiente foi promulgada em 1981.

Nela estão os fundamentos que regem a proteção ambiental em nosso país.

A resolução CONAMA 001/86 regulamentou a lei 6938 definindo os empreendimentos que necessitam de licenciamento ambiental. Dentre eles estão todas as atividades de mineração, incluídos os minerais da Classe II – de emprego direto na construção civil como pedreiras e atividades afins.

Cabe aos órgãos públicos competentes dos estados a fiscalização e execução das políticas ambientais, definidas pelo artigo 225 parágrafo segundo da Constituição de 1988; do decreto 97.632 de 10 de abril de 1989, e das resoluções CONAMA 009/90 que estabelecem normas e ações para obter – se o licenciamento ambiental para o setor mineral.

Os estudos exigidos por estas legislações de impacto ambiental (EIA), e os relatórios destes estudos (RIMAs) são acompanhados das propostas atenuantes e de controle destes impactos através dos Planos de Controle Ambiental (PCA).

Assim, qualquer novo empreendimento no setor mineral, como pedreiras, minerações, obras civis; estão obrigadas a obter o licenciamento ambiental.

Ressalta-se que para as atividades que já operavam à época (decreto 97.632), em abril de 1989, e que continuam em operação há também a necessidade de obterem o licenciamento ambiental.

Existem três tipos de licença ambiental, a saber:

- Licença Prévia (LP).
- Licença de Instalação (LI).
- Licença de Operação (LO).

No que se refere à utilização de explosivos, na fase de lavra dos empreendimentos mineiros, em obra civis, em serviços que empreguem explosivos e que, pela natureza de sua atividade, o órgão público de fiscalização exige o licenciamento ambiental com parâmetros bem identificados:

- Que fenômenos ambientais danosos ao meio ambiente e ao tecido social são gerados pelo desmonte de rocha?
- Quais são as medidas de controle destes fenômenos?

Atenção especial deve ser dada, nos relatórios e planos de controle ambiental, aos níveis de impacto de ar, vibrações, bem como a ocorrência de ultralançamentos.

BIBLIOGRAFIA

ATLAS COPCO *Manual do Ar Comprimido.* Mc Graw-Hill, 1976.

ATLAS COPCO *Fundamentos do Ar Comprimido.* Boletim Técnico, 1982.

ATLAS COPCO *Perfuração e Desmonte de Rochas.* Boletim Técnico, 1980.

BRITANITE *Manual do Blaster.* IBQ Britanite, 2007.

DU PONT *Explosivos & Desmonte de Rochas.* Du Pont S.A.. 1978.

EXPLO *Técnicas Básicas de Desmonte de Rochas.* Explo Indústrias Químicas e Explosivos S.A., 1980.

HERRMANN, C. *Manual de Perfuração de Rochas.* Editora Polígono, 1972.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO *Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados R-105.* Departamento de Material Bélico, 1999.

SITES

ATLAS COPCO : www.atlascopco.com

BUCYRUS : www.bucyrus.com

IBQ BRITANITE : www.britanite.com.br

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 05 – ESCAVAÇÃO, CARREGAMENTO E TRANSPORTE

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	3
2. ESCAVAÇÃO MECÂNICA.	3
3. CARREGAMENTO.	7
4. TRANSPORTE.	10
5. ANÁLISE ECONÔMICA.	15
6. PLANEJAMENTO OPERACIONAL.	19
7. SEGURANÇA OPERACIONAL E LEGISLAÇÃO PERTINENTE.	19
BIBLIOGRAFIA.	25

ANEXOS

I. TABELAS DE CUSTOS.

II. SOFTWARES.

1. INTRODUÇÃO.

Desde o inicio dos tempos, após a extração dos recursos minerais essenciais à sua sobrevivência, se fez necessário para o homem carregar e transportar o material obtido até o local de sua real utilização.

No principio foram usados seus próprios membros para estas atividades.

Acessórios rudimentares foram desenvolvidos pelo homem para escavar, carregar e transportar, quer no seu próprio dorso quer no dos primeiros animais domesticados.

Com o advento da roda, carroças acionadas por tração humana ou animal, constituíram a primeira grande evolução tecnológica na área do transporte, perdurando por milênios até o início da revolução industrial no final do Século XVIII.

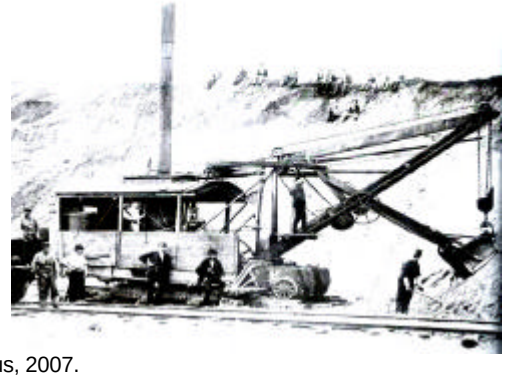
A escavação mecânica, o carregamento e o transporte constituem três importantes operações unitárias da mineração clássica.

2. ESCAVAÇÃO MECÂNICA.

A escavação mecânica compreende basicamente as operações necessárias à desagregação e remoção de materiais inconsolidados (solos, capeamentos, minérios residuais, aluviões, etc...), bem como de materiais rochosos previamente desmontados.

Até meados do Século XIX, enquanto houve escravidão declarada, predominou a escavação manual, utilizando-se pás, enxadas e picaretas para tal.

Com o advento da máquina a vapor, foram desenvolvidas as primeiras escavadeiras mecanizadas.



Fonte: Bucyrus, 2007.

A introdução de equipamentos giratórios representou um significativo avanço tecnológico, reduzindo o tempo de ciclo das operações de escavação.

Atualmente é utilizada uma grande diversidade de equipamentos, de porte os mais variados, acionados por motores diesel ou elétricos, utilizando sistemas a cabo e/ou hidráulicos, deslocando-se sobre pneus ou esteiras, compreendendo tratores de esteiras, escavadeiras hidráulicas, “drag-lines”, “moto scrapers”, escavadoras contínuas, etc...

2.1. TRATORES DE ESTEIRAS.

São máquinas robustas, montadas sobre esteiras e dotadas de lâminas, destinadas à escavação e movimentação de materiais inconsolidados ou de baixa coesão.

São projetados para suportar condições severas de trabalho.

No princípio utilizavam sistemas mecânicos e a cabo, os quais foram gradualmente substituídos por sistemas eletrônicos e hidráulicos, resultando em maior produtividade associada a um menor consumo de combustível.

Podem ser equipados com ferramentas auxiliares tais como escarificadores, visando facilitar os trabalhos de escavação.

Apresentam excelentes resultados na abertura de estradas, valas, na decapagem de jazidas diversas, bem como na escavação de vários minérios residuais.

Fonte: Caterpillar, 2007.

2.2. ESCAVADEIRAS HIDRÁULICAS.

São equipamentos giratórios que apresentam elevada capacidade de produção e reduzido consumo de combustível.

Dotadas de uma robusta lança metálica articulada, acionada hidraulicamente, são também providas de uma concha específica para escavação.

Os sistemas hidráulicos asseguram movimentos suaves da máquina nas diversas operações combinadas. Monitoram também bombas e válvulas, garantindo máxima eficiência no aproveitamento da potência do motor, reduzindo ainda as perdas hidráulicas verificadas ao longo da operação.

Atualmente apresentam motores com baixo nível de emissão de poluentes, baixo nível de ruídos e componentes de fácil substituição.

Possuem uma ampla linha de ferramentas de trabalho, com desempenho compatível para atender às diversas necessidades dos clientes.

Apresentam excelentes resultados na decapagem de jazidas diversas, na escavação e carregamento de minérios inconsolidados, ou previamente desmontados, bem como na dragagem e desassoreamento de canais e pequenas represas.

Podem ser montadas sobre esteiras ou rodas, dependendo do tipo de aplicação a que se destinam.

Fonte: Caterpillar, 2007.

2.3. “DRAG LINES”.

São equipamentos giratórios, de médio a grande porte, com significativa capacidade de produção e baixo consumo de combustível.

Montadas sobre esteiras ou sapatas, são dotadas de uma longa lança metálica, com um sistema de cabos e roldanas utilizados para manobrar uma caçamba.

Utilizadas para escavação e movimentação de materiais inconsolidados ou de baixa coesão, tanto acima do solo quanto submersos.

Apresentam excelentes resultados na decapagem de jazidas sedimentares sub-horizontais de grande extensão (lavra de carvão), bem com na dragagem e desassoreamento de canais e represas.

Fonte: Bucyrus, 2007.

2.4. “MOTO SCRAPERS”.

São equipamentos tradicionalmente utilizados em terraplanagem, cuja principal vantagem é a de executar operações seqüenciais de escavação, carregamento, transporte e deposição de materiais inconsolidados ou de baixa coesão.

Apresentam elevada produtividade e rentabilidade para distâncias de transporte de até 3 quilômetros, sendo utilizados na lavra de argilas e caulim sedimentares, bem como na decapagem de algumas jazidas minerais.

Fonte: Caterpillar, 2007.

2.5. ESCAVADEIRAS CONTÍNUAS.

São equipamentos de grande porte, montados sobre esteiras, sapatas ou trilhos, destinados à escavação contínua de matérias inconsolidados ou de baixa coesão.

Possuem elevada capacidade de produção associada a um baixo consumo energético.

São fabricadas diversas configurações diferentes destinadas a usos específicos.

Apresentam excelentes resultados na decapagem de jazidas sedimentares sub-horizontais de grande extensão (lavras de linhito e carvão), bem com na retomada de minérios em grandes pátios de estocagem.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.6. RETRO ESCAVADEIRAS.

São equipamentos de pequeno porte, de uso multifuncional, apresentando grande versatilidade na execução de pequenos serviços de escavação e carregamento.

Adaptadas originalmente a partir de um modelo de trator agrícola, são dotadas frontalmente de uma pequena caçamba para fins de carregamento e, na traseira, possuem uma pequena lança articulada e provida de uma concha de escavação.

Possuem uma ampla linha de ferramentas de trabalho, com desempenho compatível para atender às diversas necessidades dos clientes.

Utilizadas na execução de valetas e canais de dimensões reduzidas, tem se mostrado uma máquina versátil e indispensável nas pequenas minerações.

Apresentam baixos valores de investimento, com uma boa relação custo/benefício.

Fonte: Randon, 2007.

2.7. MOTO NIVELADORAS.

São equipamentos auxiliares destinados à regularização e nivelamento de vias de acesso, estradas e pátios não pavimentados.

Projetadas para passadas de nivelamento, acabamento, limpeza de valetas e trabalhos de talude lateral, apresentam boa durabilidade, desempenho e confiabilidade.

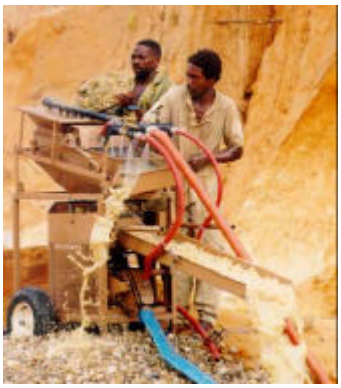
Contam atualmente com sistemas eletrônicos e hidráulicos avançados, bem com opções variáveis de força.

Fonte: Caterpillar, 2007.

3. CARREGAMENTO.

Após as operações de perfuração e desmonte dos minérios rochosos, ou após a escavação dos materiais inconsolidados, se faz necessário carregá-los em algum tipo de equipamento para se efetivar o translado até seu destino.

Até meados do Século XIX predominou o carregamento manual, utilizando-se as próprias mãos ou pás para tal.



Fonte: IHC Holland, 2007.

Com a revolução industrial, foram desenvolvidas as primeiras carregadeiras mecanizadas, movidas à vapor.

Cabe aqui ressaltar que, com a introdução de sistemas giratórios, muitos dos equipamentos de escavação desempenham também a função de carregamento, maximizando a produtividade e minimizando os custos envolvidos.

Atualmente é utilizada uma grande diversidade de equipamentos, de porte os mais variados, acionados por motores diesel ou elétricos, utilizando sistemas a cabo e/ou hidráulicos, deslocando-se sobre pneus ou esteiras, compreendendo pás carregadeiras, escavadeiras frontais, “shovels”, etc...

3.1. PÁS CARREGADEIRAS.

São equipamentos de porte variável, destinado ao carregamento de materiais inconsolidados ou previamente desmontados.

Montadas sobre rodas ou esteiras, são dotadas de um robusto braço metálico, acionado hidraulicamente, utilizado para manobrar uma caçamba específica.

Atualmente, muitas carregadeiras tem controles automáticos da caçamba, os quais permitem que a mesma seja levantada até alturas pré-determinadas de despejo e, em seguida, retornem para os ângulos pré-ajustados de carregamento, visando tempos de ciclo rápidos.

O projeto do motor traseiro permite que o mesmo sirva de contrapeso natural e operante para maior estabilidade e visibilidade, com boa relação peso/potência.

As carregadeiras de esteiras, pelo fato de possuírem elevada força de penetração, permitem em determinadas situações, sua utilização como máquinas de escavação, sendo dotadas muitas vezes de escarificadores.

Fonte: Caterpillar, 2007.

Já as carregadeiras de rodas, foram concebidas para fornecer desempenho elevado, versatilidade, facilidade de operação e de manutenção.

Fonte: Caterpillar, 2007.

Todas possuem uma ampla linha de ferramentas de trabalho, com desempenho compatível para atender às diversas necessidades dos clientes.

Apresentam excelentes resultados no carregamento de minérios inconsolidados, ou previamente desmontados, bem como no manuseio de materiais diversos.

3.2. ESCAVADEIRAS FRONTAIS.

São equipamentos giratórios, de médio a grande porte, que apresentam elevada capacidade de produção e reduzido consumo de combustível.

Montadas sobre esteiras e dotadas de uma robusta lança metálica articulada, acionada hidraulicamente, são também providas de uma concha específica para escavação e carregamento.

Os sistemas hidráulicos asseguram movimentos suaves da máquina nas diversas operações combinadas. Monitoram também bombas e válvulas, garantindo máxima eficiência no aproveitamento da potência do motor.

Apresentam excelentes resultados na escavação e carregamento de minérios inconsolidados, ou previamente desmontados, que demandam elevados esforços de penetração.

Fonte: Liebherr, 2007.

Fonte: Caterpillar, 2007.

3.3. “SHOVELS”.

São equipamentos giratórios, de médio a grande porte, com significativa capacidade de produção e baixo consumo energético.

Montadas sobre esteiras ou sapatas, são dotadas de uma robusta lança metálica articulada, com um sistema de cabos e roldanas utilizados para manobrar uma caçamba.

Apresentam excelentes resultados na escavação e carregamento de minérios inconsolidados, ou previamente desmontados, que demandam elevados esforços de penetração.

Fonte: Bucyrus, 2007.

4. TRANSPORTE.

Como já foi dito, o transporte em carroças movidas por tração animal perdurou por milênios até o advento das máquinas à vapor no início do Século XIX.

No início do Século XX, os caminhões movidos à diesel ou gasolina, ampliaram e flexibilizaram as opções até então existentes.

Com a consolidação e expansão da distribuição de energia elétrica, máquinas de elevada potência e rendimento revolucionaram novamente os meios de transporte.

Atualmente é utilizada uma grande diversidade de equipamentos, de porte os mais variados, acionados por motores diesel ou elétricos, deslocando-se sobre pneus ou trilhos, compreendendo caminhões, carregadeiras LHD, transportadores de correia, teleféricos, minerodutos, locomotivas e vagões, barcaças e navios, etc...

4.1. CAMINHÕES.

Constituem, atualmente, os equipamentos de transporte mais versáteis existentes no mercado.

De porte os mais variados, trabalham em canteiros de obras, pedreiras, minas, estradas não pavimentadas, descendo rampas acentuadas, trilhando vias sinuosas e cruzando os mais variados tipos de terrenos.

Fonte: Scania, 2007.

Para atuarem na indústria mineral, são projetados com motores, caixas de mudanças e diferenciais com força suficiente para se mover portando elevadas cargas, em declives os mais acentuados.

Marcantes pela robustez e longa vida útil, os chassis são concebidos para condições severas de utilização, oferecendo elevada confiabilidade.

Além disso, os equipamentos mais sensíveis estão situados acima do quadro, para reduzir ao mínimo as interferências na operação.

Com estrutura robusta, eixos fortes, conjuntos de molas resistentes e soluções bem estudadas, possuem capacidade para cargas muito pesadas.

Além disso, são projetados para oferecer ao motorista o melhor ambiente de trabalho possível.

São classificados basicamente em 3 tipos distintos: caminhões “fora de estrada”, caminhões articulados e caminhões basculantes convencionais.

4.1.1. Caminhões “fora de estrada”.

São fabricados especificamente para trabalhos extremamente severos em minas, pedreiras e obras de grande porte.

Portam estrutura e caçamba devidamente reforçadas, com elevada capacidade de carga, sendo acionados por motores diesel, elétricos ou mistos.

Devem possuir a passada adequada para as carregadeiras de rodas, ou escavadeiras hidráulicas, utilizadas, afim de agilizar os tempos de ciclo e maximizar a produtividade.

Fonte: Randon, 2007.

4.1.2. Caminhões articulados.

São unidades de transporte extremamente versáteis, crescendo em popularidade no mundo todo.

Como parte de um sistema de terraplanagem, eles podem transportar uma vasta gama de materiais numa grande variedade de aplicações e condições de solo.

Atualmente os caminhões articulados vem oferecendo elevados retornos sobre o investimento realizado.

São basicamente acionados por motores diesel.

Fonte: Randon, 2007.

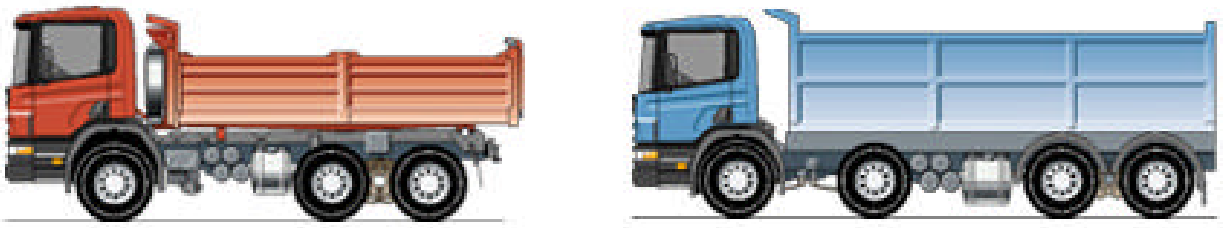
4.1.3. Caminhões basculantes convencionais.

São equipamentos relativamente robustos, de baixo custo e grande versatilidade.

Com um raio de giro reduzido, os caminhões basculantes podem manobrar em qualquer terreno, possibilitando um avanço rápido em áreas apertadas.

Além disso, para este tipo de aplicação, são utilizados pneus que agüentam uma elevada carga e possuem uma altura maior em relação ao solo, diminuindo o desgaste dos mesmos.

São basicamente acionados por motores diesel.



Fonte: Scania, 2007.

4.2. CARREGADEIRAS LHD.

As carregadeiras sobre rodas do tipo LHD (“load-haul-dump”) são unidades de carregamento, transporte e descarga largamente utilizadas na mineração subterrânea, onde os espaços e as distâncias costumam ser reduzidos para esse tipo de operação.

Consiste basicamente de uma carregadeira de rodas articulada, de baixo perfil e caçamba com elevada capacidade de carga.

Assim sendo, o mesmo equipamento efetua as operações de carregamento, transporte e descarga do minério, com elevada produtividade e custo reduzido.

Fonte: Atlas Copco, 2007.

4.3. TRANSPORTADORES DE CORREIA.

São equipamentos largamente utilizados nas instalações de manuseio de materiais desagregados.

Consiste basicamente de uma estrutura metálica, do tipo treliça, onde são montados roletes diversos, rolos de acionamento e retorno, uma cinta de borracha reforçada com lonas, que é acionada por um conjunto motor/redutor de acionamento elétrico.

Apresenta dimensões e configurações as mais diversas, efetuando o transporte de materiais de forma contínua e segura, com elevada produtividade e baixo custo operacional.

O transporte pode ser feito de forma horizontal, inclinada ou até vertical, dependendo da necessidade e do tipo de equipamento utilizado.

Pode abranger de pequenas (poucos metros) a grandes distâncias (vários quilômetros).

Fonte: Metso Minerals, 2007.

4.4. TELEFÉRICOS.

Existem situações geográficas que muitas vezes inviabilizam a construção de estradas, como no caso de relevos acidentados com montanhas elevadas e vales profundos.

Nestes casos, a utilização de teleféricos pode se tornar a alternativa mais viável.

Consiste basicamente na implantação de um sistema constituído de torres metálicas portando roldanas especiais, conjuntos de acionamento e retorno, cabo de aço contínuo e caçambas basculantes.

Possuem boa capacidade de transporte, mas os investimentos e a manutenção costumam ser elevados.

4.5. MINERODUTOS.

Recentemente, com o desenvolvimento de equipamentos especiais, o transporte de minério cominuído, em suspensão aquosa, vem se tornando uma alternativa cada vez mais acessível, tanto em termos de produtividade quanto em economicidade operacional.

Consiste basicamente de um sistema de estações de bombeamento de polpa e tubulações especiais, devidamente integradas e monitoradas, cobrindo distâncias que atingem algumas centenas de quilômetros.

Em virtude dos elevados investimentos pertinentes, sua utilização se aplica apenas no caso de elevadas capacidades de transporte por longos períodos de produção.

Apresentam excelentes resultados no transporte de minérios de ferro, caulim, etc...

Fonte: Metso Minerals, 2007.

4.6. LOCOMOTIVAS E VAGÕES.

O transporte ferroviário se caracteriza pela elevada capacidade de carga, associada ao baixo consumo de energia.

Tal situação se deve ao fato dos equipamentos rodantes se deslocarem sobre trilhos, facilitando a movimentação das locomotivas e vagões, com baixas perdas por atrito.

Sua principal limitação reside na relativa rigidez imposta pela linha férrea, bem como nos elevados investimentos pertinentes.

As locomotivas basicamente são acionadas por motores diesel ou elétricos, dependendo das condições e facilidades existentes no local.

Fonte: Gia Industries, 2007.

4.7. BARCAÇAS E NAVIOS.

O transporte fluvial, ou marítimo, se caracteriza pela elevada capacidade de carga, associada à mais baixa demanda energética requerida.

Tal situação se deve ao fato do deslocamento de uma barcaça, ou navio, na água exigir muito menos potência do que numa ferrovia ou estrada, para uma mesma quantidade de carga.

Assim é que, ao longo de milênios, esse tipo de transporte vem sendo realizado em torno de todo o nosso planeta.

Entretanto, são necessários elevadíssimos investimentos em barcaças, navios e infra-estrutura portuária.

5. ANÁLISE ECONÔMICA.

O desempenho de um equipamento de escavação deve ser medido através do custo unitário de material removido, incluindo produtividade e custos específicos.

Os fatores primários que influem diretamente na produtividade são basicamente os seguintes: tipo de operação, características do material a ser escavado, relação peso-potência, capacidade, tipo de transmissão e velocidades.

Os fatores secundários que afetam o desempenho da máquina compreendem basicamente a facilidade de manutenção, disponibilidade de peças, preparo e conforto do operador.

Com relação aos custos específicos, os métodos para se calcular os custos de propriedade e operação variam bastante, dependendo da região, métodos de trabalho, preferências do proprietário e outros fatores.

As máquinas utilizadas na escavação, carregamento e transporte de minérios devem equilibrar a produtividade e os custos para se atingir o desempenho ideal, ou seja, obter a produção desejada no custo mais baixo possível.

O método mais frequentemente usado para se medir o desempenho do equipamento se resume numa simples equação:

$$\frac{\text{Menor Custo Horário Possível}}{\text{Maior Produtividade Horária Possível}} = \text{Máximo Desempenho da Máquina}$$

Os custos horários de propriedade e operação de uma determinada máquina podem variar consideravelmente porque são influenciados por vários fatores, destacando-se o preço da máquina em si, custos de embarque, frete e seguros, preços locais de combustível e lubrificantes, tipo de trabalho que a máquina efetua, depreciação, taxa de juros , etc...

É fundamental que os usuários de equipamentos devam estar habilitados a calcular, com um grau razoável de precisão, o custo horário de uma máquina, em uma determinada aplicação e localidade.

5.1. CUSTOS DE PROPRIEDADE.

5.1.1. Depreciação.

Depreciação é a perda de valor comercial de um equipamento. O proprietário da máquina pode recuperar seu investimento original estabelecendo índices de depreciação para as diversas finalidades do equipamento. A assistência financeira e fiscal adequada é altamente recomendada, ao se estabelecer os índices pertinentes.

O método de depreciação a ser utilizado deve ser simples e direto, baseado unicamente nas horas de uso.

São adotados na prática períodos adequados de depreciação, expressos em horas de operação, que consideram principalmente as condições de trabalho da máquina.

Outros fatores podem também influenciar os períodos acima considerados, tais como a vontade do proprietário em acelerar a recuperação do investimento, a compra da máquina para um trabalho de duração específica, práticas locais, condições econômicas vigentes, disponibilidade cambial para importação, etc...

As práticas de manutenção tem papel preponderante na determinação da vida econômica do maquinário, podendo prolongar ou reduzir a vida útil do equipamento.

Assim sendo, o conhecimento da finalidade do uso, condições de operação e métodos de manutenção, além de outros fatores especiais, é essencial no estabelecimento dos períodos de depreciação.

5.1.2. Valor residual de revenda ou troca.

Qualquer máquina de escavação, carregamento ou transporte terá algum valor na hora da troca. Vários proprietários preferem depreciar, na escrita contábil, até o valor zero, enquanto outros deixam uma quantia residual, representando o valor de troca ou revenda. É uma opção para o avaliador.

Para muitos proprietários, a revenda em potencial ou valor de troca é um fator chave em suas decisões de compra, já que esse é um meio de reduzir o investimento que deve ser recuperado pela depreciação.

Quando o valor de revenda ou troca tiver de ser usado na estimativa horária de propriedade e custos de operação, deve-se levar em conta as condições locais, uma vez que o valor do equipamento usado varia consideravelmente, em diversas partes do mundo.

Entretanto, em qualquer mercado de máquinas usadas, os fatores que mais influenciam o valor de revenda ou troca são: o número de horas de uso do equipamento, tipos de trabalho e condições nas quais operou, bem com as suas condições físicas.

Uma vez estabelecido o valor residual real, de revenda ou troca, ele será deduzido do preço de entrega, para se chegar ao valor líquido de depreciação.

5.1.3. Valor líquido de depreciação da máquina.

No caso de equipamentos montados sobre rodas, os pneus são considerados itens de desgaste e, portanto, não sofrem depreciação. Em vez disso, seu custo de reposição, para o proprietário, é deduzido do preço de entrega da máquina, para obter-se o valor líquido de depreciação do equipamento. Os pneus são cobertos pelos custos de operação, e não de propriedade.

Assim sendo, o valor líquido de depreciação de uma determinada máquina deve ser calculado tomando-se inicialmente o preço de aquisição do equipamento, incluindo acessórios e entrega, deduzindo-se a seguir o custo de reposição de pneus (se for o caso) e o valor de revenda ou troca (opcional).

5.1.4. Juros, seguros e impostos.

Muitos proprietários recuperam esses custos incluindo-os nos custos horários e de operação, enquanto outros preferem considerá-los como despesa na operação total.

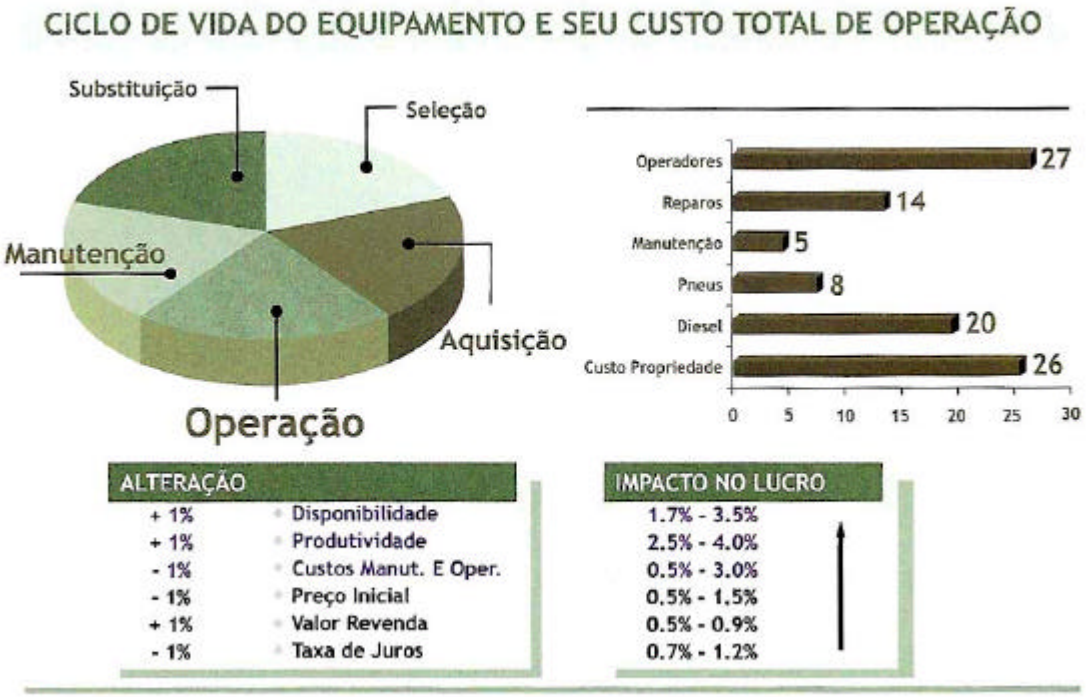
Quando debitados a máquinas específicas, todos os itens são normalmente baseados no investimento médio anual da unidade, podendo ser considerados como um todo.

Os juros são considerados como custos de utilização de capital.

Os juros sobre o capital utilizado na compra de uma máquina devem sempre ser considerados, seja a máquina comprada à vista ou financiada.

Os impostos referem-se às taxas de propriedade ou uso que podem ser atribuídas a uma determinada máquina.

5.2. CUSTOS DE OPERAÇÃO.



Fonte: Caterpillar, considerando uma carregadeira 950H em operação em pedreira

5.2.1. Combustível.

O consumo de combustível pode ser medido, com precisão, no próprio campo. Entretanto, caso não haja oportunidade de fazê-lo, pode ser previsto quando a aplicação da máquina for conhecida.

A aplicação determina o fator de carga do motor que, por sua vez, controla o consumo de combustível. Para se calcular o custo horário de combustível, deve-se selecionar para a máquina o seu fator de carga, com base na aplicação pertinente, e determinar o consumo horário, estabelecido nas tabelas fornecidas pelo fabricante do equipamento.

5.2.2. Lubrificantes, Filtros e Graxas.

Os custos horários dos lubrificantes e graxas podem ser estimados tomando-se os índices de consumo, estabelecidos nas tabelas fornecidas pelo fabricante do equipamento, e aplicando-se os preços locais.

Os custos horários de filtros podem ser calculados usando-se tabelas específicas, fornecidas pelo fabricante, aplicando-se também os preços locais.

5.2.3. Pneus.

O custo dos pneus é parte preponderante do custo horário de qualquer máquina sobre rodas.

Uma boa estimativa desse item pode ser obtida quando os números da vida útil do pneu, com base na experiência, são usados com os preços que o proprietário da máquina realmente paga pelos pneus de reposição.

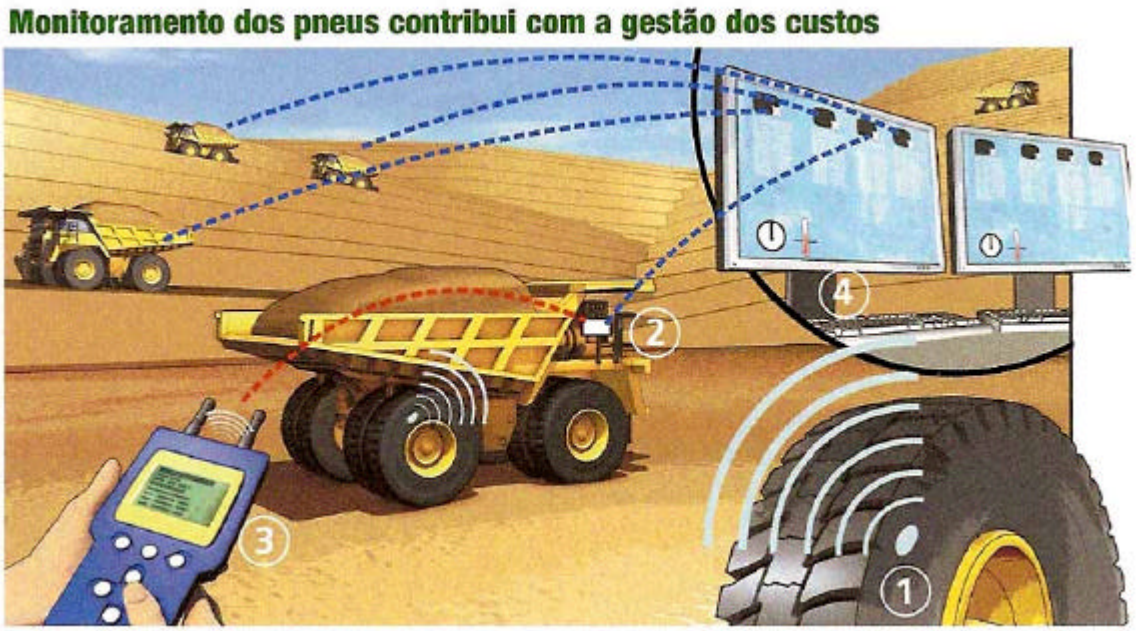
Os preços de reposição devem sempre ser obtidos através de fornecedores locais.

Como já foi dito anteriormente, os pneus são considerados itens de desgaste na operação e o seu custo total de reposição deverá ser deduzido do preço de entrega da máquina para se chegar ao valor líquido de depreciação.

A despesa com os pneus é depois incluída como um item dos custos operacionais:

$$\frac{\text{Custo da Reposição do Pneu}}{\text{Vida Útil do Pneu estimada em horas}} = \text{Custo Horário do Pneu}$$

A recauchutagem pode, às vezes, baixar o custo horário do pneu. Devem ser considerados a disponibilidade de moldes, custos locais de recauchutagem e a experiência com sua durabilidade.



Fonte: Michelin, 2007.

5.2.4. Material Rodante.

O custo do material rodante representa uma parcela significativa dos custos de operação de máquinas de esteiras. Esses custos irão variar consideravelmente dependendo da aplicação, condições de solo e técnica do operador.

O giro dos pinos e buchas, além do recondicionamento dos roletes e rodas-guia, no ponto certo de desgaste, também irá afetar os custos do material rodante.

Os valores considerados devem-se basear em custos de condições locais de peças e mão de obra.

5.2.5. Manutenção.

A manutenção dos equipamentos, normalmente, constitui o maior item individual dos custos operacionais e incluem todas as peças e mão de obra direta (exceto o salário do operador) debitáveis à máquina.

As despesas de oficina podem ser absorvidas nas despesas gerais ou debitadas às máquinas como porcentagem do custo direto de mão de obra, seja qual for a prática normal do proprietário.

Os custos horários de manutenção para uma única máquina, normalmente seguem um padrão ascendente, uma vez que grandes despesas de consertos geralmente surgem esporadicamente. Entretanto, quando são consideradas médias amplas, a "locada" transforma-se em uma curva suave.

Como essa curva de custo horário de manutenção começa baixa e vai subindo gradualmente durante a vida útil da máquina, os custos horários de operação devem ser constantemente ajustados para cima, ou usado um custo médio que proporcione um valor horário uniforme.

A maior parte dos proprietários prefere o método da média.

Como o custo de manutenção são inicialmente baixos, elevando-se gradualmente ao longo do tempo de utilização do equipamento, a aplicação do método da média resulta em fundos extras, que deverão ser reservados para cobrir os custos mais elevados que virão depois.

5.2.6. Itens Especiais.

Todos os custos de itens de alto índice de desgaste, tais como bordas cortantes, pontas de escarificadores, dentes da caçamba, revestimento do chassi, etc... devem ser aqui incluídos.

Os custos de soldagem e de recondicionamento de caçambas, lâminas, chassis de caminhões, lanças, braços, etc... também devem estar incluídos.

Os valores considerados deverão variar amplamente dependendo da aplicação, material e técnica do operador.

5.2.7. Salário do Operador.

O cálculo do custo horário do salário do operador deve-se basear em escalas locais de mão de obra e deve incluir também os custos relativos aos encargos trabalhistas e assistenciais.

6. PLANEJAMENTO OPERACIONAL.

A documentação contida no Anexo II detalha softwares disponíveis no mercado para o planejamento das operações de escavação, carregamento e transporte.

7. SEGURANÇA OPERACIONAL E LEGISLAÇÃO PERTINENTE.

7.1. PROTEÇÃO DO OPERADOR.

Com um operador atento e bem treinado, trabalhando em condições seguras e confortáveis, utilizando-se uma máquina moderna e bem equipada, consegue-se um conjunto homem-máquina capaz de assegurar o máximo de produção.

Em ambiente controlado, um operador estará menos sujeito à distrações, podendo dedicar atenção total ao trabalho que lhe foi designado.

Uma máquina bem protegida estará menos propensa a avarias ou falha prematura dos componentes, dando ao operador a confiança e a segurança que ele necessita para executar seu trabalho.

São apresentados a seguir alguns pontos básicos que podem ser aplicados na maioria das condições de trabalho:

7.1.1. Treinamento.

Treinar o operador para o trabalho que ele deve executar.

Uma obra congestionada, perigosa e poeirenta não é o local indicado para um operador novato conseguir a experiência requerida numa determinada máquina.

Nenhum operador deve ser designado para um trabalho antes de satisfazer os seguintes requisitos:

- Estar devidamente treinado para operar a máquina que lhe foi destinada.
- Ler e assimilar as instruções contidas no manual específico de operação.
- Obter o equipamento essencial de segurança pessoal e saber como usá-lo.
- Saber o que fazer no caso de uma emergência.
- Estar física e mentalmente preparado para o trabalho a ser executado.

7.1.2. Regulamentos.

Observar os regulamentos vigentes.

As leis de segurança de trânsito e de operação de máquinas pesadas estão cada vez mais rígidas e abrangentes.

É responsabilidade do proprietário da máquina verificar se o equipamento atende a essas exigências.

7.1.3. Riscos da Obra.

Verificar os riscos existentes na obra.

Observar todas as prováveis fontes de perigo para o operador, para a máquina e outros.

Prestar atenção especial à condições que possam se aproximar ou ultrapassar os limites recomendados da máquina, isto é, taludes, rampas íngremes, sobrecargas excessivas, etc...

Examinar restrições de tráfego, deficiência de visibilidade, congestionamentos, etc..., no local de trabalho.

7.1.4. Proteção da Máquina.

Instalar todos os equipamentos de proteção da máquina, necessários à segurança da mesma.

7.1.5. Métodos Operacionais.

Examinar os métodos de operação e efetuar as correções necessárias.

Mesmo uma máquina perfeitamente equipada pode ser perigosa se não for conservada em boas condições, ou se for operada por profissionais descuidados ou inexperientes, ou ainda se for operada de modo a ignorar os riscos naturais da obra.

Acessórios fornecidos por fabricantes especializados encontram-se disponíveis no mercado para cobrir a maior parte, se não todos, dos requisitos de segurança e proteção,

7.2. SEGURANÇA.

Embora os fabricantes se empenhem ao máximo no sentido de fornecer máquinas que apresentem um elevado índice de segurança para o operador, cada obra apresenta seus próprios riscos exclusivos.

Constituem perigos diretos para o operador todas as fontes possíveis de distração que possam reduzir sua eficiência e aumentar as chances de que custosos enganos sejam cometidos.

Cabines com equipamentos de supressão de ruídos, aquecidas ou com ar condicionado, assentos com suspensão especial e iluminação extra são opções disponíveis para ajudar a evitar essas distrações.

Outros itens como estruturas de proteção contra capotamento, buzinas e alarmes de marcha à ré protegem contra as conseqüências de eventuais erros do operador.

Cada fabricante fornece o respectivo manual de segurança para o pessoal de operação e manutenção.

7.3. PROTEÇÃO DE MÁQUINAS.

Deve-se adotar proteção para componentes de máquinas sujeitos a avarias que poderiam causar falhas prematuras ou desgaste excessivo.

Protetores reforçados de radiador, protetores de cárter, tampas laterais do motor, protetores dos roletes das esteiras e blindagens dos freios são alguns acessórios que oferecem proteção adicional.

Deve-se considerar também dispositivos contra vandalismo tais como tampas com trava e protetores do painel de instrumentos.

7.4. REGULAMENTOS DE SEGURANÇA.

De um modo geral, todas as operações de máquinas, seja em construção ou mineração, são regidas por regulamentos de segurança que, na maioria das vezes, seguem critérios e práticas recomendadas internacionalmente.

Nestas recomendações estão incluídos itens como estruturas de proteção contra capotamento, cintos de segurança, buzinas, alarmes de marcha à ré e sistemas de freios de emergência.

7.5. CONTROLE DE RUÍDOS.

Existem regulamentos de controle de ruídos para proteção do operador, estabelecendo limites de intensidade de som, expressos em decibéis, admissíveis durante um determinado período de tempo.

Essa proteção é representada por cabines à prova de som, silenciadores, protetores auriculares e outros dispositivos de supressão ou redução de ruídos.

7.6. RELAÇÃO DE ITENS DE PROTEÇÃO.

Segue abaixo a relação dos principais itens de proteção para alguns dos equipamentos de escavação, carregamento e transporte de minérios:

7.6.1. Tratores de Esteiras.

- Estrutura de proteção contra capotamento.
- Equipamento de supressão de ruídos.
- Cinto de segurança.
- Alarme de marcha à ré.
- Buzina.
- Removedor de galhos e telas protetoras.
- Sistemas de iluminação.
- Detector de fagulhas.
- Grade de proteção da colméia do radiador.
- Refletor de sopro do ventilador.
- Protetor reforçado do radiador.
- Tampa de proteção contra chuva.
- Protetor do cárter.
- Tampa protetora do motor.
- Protetores dos roletes das esteiras.
- Tampas com trava para tanque de combustível, óleo, hidráulico e radiador.
- Protetor do painel de instrumentos.
- Aquecedor.
- Limpador e lavador de parabrisa.
- Condicionador de ar.

7.6.2. Pás carregadeiras de esteiras.

- Estrutura de proteção contra capotamento.
- Equipamento de supressão de ruídos.
- Cinto de segurança.
- Alarme de marcha à ré.
- Buzina.
- Removedor de galhos e telas protetoras.
- Sistemas de iluminação.
- Tampa protetora do motor.
- Protetor reforçado do radiador.
- Protetor do cárter.
- Protetores dos roletes das esteiras.
- Tampas com trava para tanque de combustível, óleo, hidráulico e radiador.
- Protetor do painel de instrumentos.
- Contrapeso.
- Cabine.
- Aquecedor.

- Condicionador de ar.
- Limpador e lavador de parabrisa.
- Pára-choque traseiro.
- Sistema hidráulico à prova de incêndio.

7.6.3. Pás carregadeiras de rodas.

- Estrutura de proteção contra capotamento.
- Equipamento de supressão de ruídos.
- Cinto de segurança.
- Alarme de marcha à ré.
- Buzina.
- Removedor de galhos e telas protetoras.
- Espelho retrovisor.
- Emblema de veículo de baixa velocidade.
- Protetor do trem de força.
- Tampas com trava para tanque de combustível, óleo, hidráulico e radiador.
- Aquecedor.
- Limpador e lavador de parabrisa.
- Sistemas de iluminação.
- Contrapeso.
- Direção de emergência.
- Tampa protetora do motor.
- Protetor reforçado do radiador.
- Protetor do cárter.
- Protetor do painel de instrumentos.
- Cabine.
- Condicionador de ar.
- Pára-choque traseiro.
- Sistema hidráulico à prova de incêndio.

7.6.4. Caminhões “fora de estrada”.

- Estrutura de proteção contra capotamento.
- Equipamento de supressão de ruídos.
- Alarme de marcha à ré.
- Buzina.
- Direção de emergência.
- Freios de emergência.
- Freios em todas as rodas.
- Aquecedor.
- Condicionador de ar.

7.6.5. Escavadeiras hidráulicas.

- Equipamento de supressão de ruídos.

- Buzina.
- Cinto de segurança.
- Extintor de incêndio.
- Limpador e lavador de parabrisa.
- Aquecedor.
- Sistemas de iluminação.
- Tampas das janelas da cabine.

7.7. LEGISLAÇÃO PERTINENTE.

Com já foi dito anteriormente, as leis de segurança de trânsito e de operação de máquinas pesadas estão cada vez mais rígidas e abrangentes.

É responsabilidade do proprietário da máquina verificar se o equipamento atende a essas exigências, bem como se o operador está legalmente habilitado para exercer sua profissão.

As questões ligadas à legislação trabalhista também devem ser consideradas.

Cabe aqui ressaltar que cada unidade da federação, bem como seus municípios, costumam ter procedimentos específicos, os quais deverão ser consultados antes do início de qualquer atividade local de escavação, carregamento e transporte.

BIBLIOGRAFIA

ATLAS COPCO *Manual do Ar Comprimido.* Mc Graw-Hill, 1976.

CATERPILLAR *Manual de Produção.* Caterpillar Tractor Co., 1978.

METSO *Manual de Britagem.* Metso Minerals, 2005.

SITES

ATLAS COPCO : www.atlascopco.com

BUCYRUS : www.bucyrus.com

CATERPILLAR : www.cat.com

DATAMINE : www.datamine.co.uk

GIA INDUSTRIES : www.giaindustries.com

IHC HOLLAND : www.ihcholland.com

LIEBHERR : www.liebherr.com

METSO MINERALS : www.metsominerals.com

MICHELIN : www.michelin.com.br

RANDON : www.randon.com.br

SCANIA : www.scania.com.br

ANEXO I

TABELAS DE CUSTOS

TABELA DE CUSTOS

REF: 122

CUSTO HORÁRIO DE EQUIPAMENTOS *COSTO POR HORA DE EQUIPOS*

Equipamento	Propriedade	Manutenção	Mat. Rodante	Comb./ Lubr.	Total
Caminhão basculante articulado 6x6	R$ 64,46	R$ 47,42	R$ 11,19	R$ 30,66	R$ 153,72
Caminhão basculante fora de estrada 30 t	R$ 39,89	R$ 23,95	R$ 11,19	R$ 22,23	R$ 97,26
Caminhão basculante rodoviário 6x4 (26 a 30 t)	R$ 20,48	R$ 14,40	R$ 6,79	R$ 7,67	R$ 49,33
Caminhão basculante rodoviário 6x4 (36 a 40 t)	R$ 30,94	R$ 23,21	R$ 7,04	R$ 15,33	R$ 76,52
Carregadeira de pneus (1,5 a 2,0 m³)	R$ 29,40	R$ 15,40	R$ 3,13	R$ 13,03	R$ 60,97
Carregadeira de pneus (2,5 a 3,5 m³)	R$ 44,20	R$ 22,73	R$ 10,49	R$ 18,40	R$ 95,82
Compactador de pneus para asfalto	R$ 40,00	R$ 12,98	R$ 3,72	R$ 15,33	R$ 72,03
Compactador vibratório liso / pé de carneiro (10 t)	R$ 41,60	R$ 13,35	R$ 0,55	R$ 23,00	R$ 78,49
Compactador vibratório liso / pé de carneiro (7 t)	R$ 28,80	R$ 10,35	R$ 0,31	R$ 23,00	R$ 62,46
Compressor de ar portátil (250 pcm)	R$ 7,68	R$ 6,96	R$ 0,04	R$ 21,77	R$ 36,45
Compressor de ar portátil (750 pcm)	R$ 15,87	R$ 13,55	R$ 0,11	R$ 52,43	R$ 81,95
Escavadeira hidráulica (15 a 17 t)	R$ 41,50	R$ 26,75	R$ 1,61	R$ 13,80	R$ 83,65
Escavadeira hidráulica (20 a 22 t)	R$ 44,20	R$ 27,67	R$ 2,17	R$ 32,19	R$ 106,23
Escavadeira hidráulica (30 a 34 t)	R$ 81,25	R$ 50,07	R$ 4,01	R$ 45,99	R$ 181,32
Motoniveladora (140 a 180 hp)	R$ 49,98	R$ 29,40	R$ 3,74	R$ 26,06	R$ 109,18
Motoniveladora (190 a 210 hp)	R$ 49,00	R$ 29,00	R$ 3,49	R$ 30,66	R$ 112,15
Retroescavadeira	R$ 22,31	R$ 12,46	R$ 1,73	R$ 12,26	R$ 48,77
Trator de esteiras (100 a 120 hp)	R$ 57,09	R$ 29,55	R$ 2,87	R$ 19,93	R$ 109,44
Trator de esteiras (160 a 180 hp)	R$ 56,00	R$ 29,13	R$ 6,18	R$ 32,19	R$ 123,50
Trator de esteiras (300 a 350 hp)	R$ 138,13	R$ 71,07	R$ 19,60	R$ 56,72	R$ 285,52

Os valores sugeridos como padrão, pela Sobratema, correspondem à experiência prática de vários profissionais associados, mas não devem ser tomados como única possibilidade de combinação, uma vez que todos os fatores podem ser influenciados pela marca escolhida, local de utilização, condições do terreno ou jazida, ano de fabricação, necessidade do mercado e oportunidades de execução dos serviços. Maiores informações ou cálculos para sua frota personalizada estão disponíveis no site: www.sobratema.org.br.

| Fevereiro | 2007

Fonte: Revista Manutenção & Tecnologia, 2007.

ESTIMATIVA DE CUSTOS HORÁRIOS DE PROPRIEDADE E OPERAÇÃO DE TRATOR DE ESTEIRAS*

Modelo da Máquina . . . . . Trator de Esteiras

VALOR DE DEPRECIAÇÃO

1. Preço de Entrega (c/ acessórios) . . . . . $ 160.000 (A)**
2. Menos custo de reposição de pneus:
   Dianteiros
   De tração
   Traseiros .. (B)
3. Preço de entrega, sem pneus . . . . . (C)
4. (Opcional) Menos Valor de Revenda ou troca . . . . $ 80.000 (D)
5. VALOR LÍQUIDO PARA DEPRECIAÇÃO . . . . $ 80.000 (E)

CUSTOS DE PROPRIEDADE

6. Depreciação: $\frac{\text{VALOR LÍQUIDO (ITEM 5)}}{\text{PERÍODO DEPRECIAÇÃO EM HORAS}}$

   $\frac{\text{VALOR}}{\text{HORAS}}$ $\frac{\$\ 80.000}{10.000}$ . . . . . $ 8.00 (F)
7. Juros, Seguros, Impostos
   Taxas Anuais: Juros 12% Seg. 3% Imp. 2%
   Uso anual estimado em 2.000 horas

   $\frac{\text{Fator x Preço de Entrega (Item 1)}}{1000}$

   $\frac{0{,}051 \times 160.000}{1000}$ $\frac{\times}{1000}$ $\frac{\times}{1000}$ $ 8,16 (G)
8. CUSTOS TOTAIS DE PROPRIEDADE . . . . . $ 16,16 (H)

CUSTOS DE OPERAÇÃO

9. Combustível:
   Preço Unitário x Consumo
   42 ¢ galão x 10,8 gal./h . . . . . $ 4,54 (I)
10. Lubrificantes, Filtros, Graxa:
    (Das Tabelas de Estimativa Rápida) . . . . . $ 0,33 (J)
11. Pneus: $\frac{\text{CUSTO DE REPOSIÇÃO}}{\text{VIDA ÚTIL EST. EM HORAS}}$

    $\frac{\text{CUSTO}}{\text{VIDA ÚTIL}}$ (K)
12. Material Rodante: $\frac{\text{Recondicionamento mais Custo de Reposição ***}}{\text{Vida Útil da Máquina}}$

    $\frac{\text{Custo}}{\text{Vida Útil da Máquina}}$ $\frac{46.600}{10.000}$ $ 4,66 (L)
13. Reparos: $\frac{\text{Fator x Preço Entrega menos Pneus}}{1000}$

    $\frac{0{,}04 \times \$\ 160.000}{1000}$ $\frac{\times}{1000}$ $\frac{\times}{1000}$ $ 6,40 (M)
14. Itens Especiais***
    Pontas 0,42 - Prot. Porta-Pontas 0,27
    Bordas Cortantes 0,50*** % 1,19 (N)
15. CUSTOS TOTAIS HORÁRIOS OPERAÇÃO . . . $ 17,12 (O)
16. Salário (por hora) do operador . . . . . $ 12,00 (P)
17. CUSTOS TOTAIS HORÁRIOS DE PROPRIEDADE E OPERAÇÃO $ 45,28 (Q)

* Apenas exemplo de cálculo. Consultar tabela de Estimativa Rápida nas páginas 30-31.

** O preço descrito é apenas exemplo. Utilizar preço de compra e custo de entrega da máquina para computar o custo horário de propriedade e operação.

*** Formulário de Serviços na página seguinte.

ESTIMATIVA DE CUSTOS HORÁRIOS DE PROPRIEDADE E OPERAÇÃO DE MÁQUINA DE RODAS*

Modelo da Máquina				Moto-escreiper			Pá-carregadeira de rodas
VALOR DE DEPRECIAÇÃO							
1. Preço de Entrega (c/ acessórios)				$ 220.500	(A)**		$ 112.000**
2. Menos custo de reposição de pneus:							
Dianteiros			$ 3.000				
De tração	$ 6.800		$ 3.000				
Traseiros	$ 6.800			$ 13.600	(B)		$ 6.000
3. Preço de entrega, sem pneus				$ 206.900	(C)		$ 106.000
4. (Opcional) Menos Valor de Revenda ou troca				$ 40.000	(D)		
5. VALOR LÍQUIDO PARA DEPRECIAÇÃO				$ 166.900	(E)		$ 106.000
CUSTOS DE PROPRIEDADE							
6. Depreciação: VALOR LÍQUIDO (ITEM 5) / PERÍODO DEPRECIAÇÃO EM HORAS							
VALOR / HORAS	166.900 / 10.000		106.000 / 10.000	$ 16.69	(F)		$ 10.60
7. Juros, Seguros, Impostos — Taxas Anuais: Juros 12% Seg. 3% Imp. 2% — Uso anual estimado em 2.000 horas — Fator x Preço de Entrega (Item 1) / 1000							
	0,051 x 220.500 / 1000	x	0,051 x 112.000 / 1000	$ 11.24	(G)		$ 5.71
8. CUSTOS TOTAIS DE PROPRIEDADE				$ 27,93	(H)		$ 16.31
CUSTOS DE OPERAÇÃO							
9. Combustível: Preço Unitário x Consumo							
0,42 x 15,8 gal./h			9,0 gal/hr	$ 6,64	(I)		$ 3.78
10. Lubrificantes, Filtros, Graxa: (Das Tabelas de Estimativa Rápida)				$ 0,40	(J)		$ 0.37
11. Pneus: CUSTO DE REPOSIÇÃO / VIDA ÚTIL EST. EM HORAS							
CUSTO / VIDA ÚTIL	13.600 / 2.500		6.000 / 2.200	$ 5.44	(K)		$ 2.73
12. Material Rodante: Recondicionamento mais Custo de Reposição *** / Vida Útil da Máquina							
Custo / Vida Útil da Máquina			10.000		(L)		
13. Reparos: Fator x Preço Entrega menos Pneus / 1000							
	0,04 x $ 206.000 / 1000	x	0,04 x 106.000 / 1000	$ 8.28	(M)		$ 4.24
14. Itens Especiais*** — Bordas Cortantes e Cartos de Guia (Escreipers) / Dentes da Caçamba (Carregadeiras)				$ 0,55	(N)		$ 4.24
15. CUSTOS TOTAIS HORÁRIOS OPERAÇÃO				$ 21,31	(O)		$11.72
16. Salário (por hora) do operador				$ 16.00	(P)		$12.00
17. CUSTOS TOTAIS HORÁRIOS DE PROPRIEDADE E OPERAÇÃO				$ 61,24	(Q)		$ 40.03

* Apenas exemplo de cálculo. Consultar tabela de Estimativa Rápida nas páginas 30-31.
** O preço descrito é apenas exemplo. Utilizar preço de compra e custo de entrega da máquina para computar o custo horário de propriedade e operação.

ANEXO II

SOTWARES

Operation Scheduler

An innovative planning tool that solves short and medium term mine planning problems.

DATAMINE

Converts long-term strategic mine plans into practical monthly or weekly mining schedules.

Generates short and medium-term schedules to meet production targets, blending requirements and other mining constraints.

The Purpose of Operation Scheduler

Mining operations often find it difficult to adhere to strategic plans because of the difficulty in determining short term operational schedules that meet immediate objectives and also comply with the long term plan. There are several reasons for this:

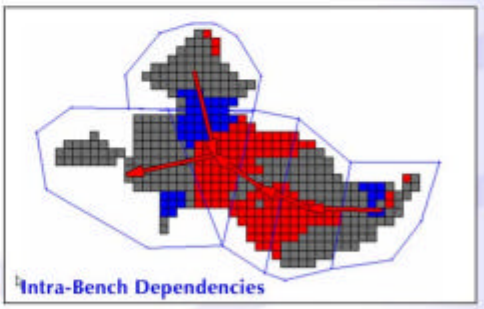
- The strategic and operational schedules are often produced by different people using different tools
- There is a shortage of technology that enables operational schedules to be created quickly from strategic schedules whilst maintaining the smooth output defined in the long term
- Most existing short term planning tools rely on a high level of manual input and do not use optimization techniques

In many cases, given a strategic schedule, spreadsheet tools such as Microsoft Excel™ are used to determine the extraction for the first six months to two years. For these reasons there is often a dislocation between the strategic and operational plans. This dislocation becomes even more acute when the strategic plan changes, for example due to changing economic conditions or new geological information becoming available. Because the process of adjusting operational schedules is manual and unwieldy it does not get done in a timely enough fashion to avoid the strategic schedule being compromised.

Any dislocation between the strategic and operational schedule results in deviation from the strategic (usually highest value) plan, and thus erosion of value. There is a requirement to rapidly convert strategic schedules to operational schedules, and to have a connection between the two. Operation Scheduler solves this problem by converting long-term strategic mining plans into practical monthly or weekly mining schedules that meet production targets, blending requirements, haulage and other types of mining constraints.

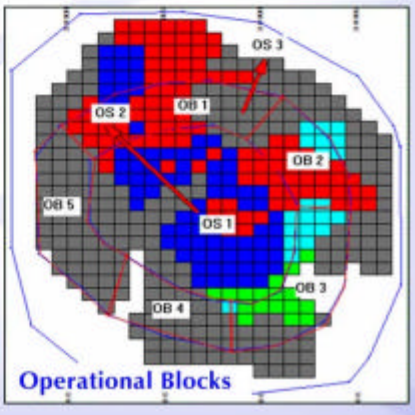
Scheduling Paradigm

Operation Scheduler makes a distinction between separate mines, phases within a single mine, and benches within each phase. The smallest unit in this hierarchy is the phase-bench unit, which for scheduling purposes is further subdivided into smaller mining units called Operational Stages and Operational Blocks.



An Operational Stage is a collection of contiguous blocks of a phase-bench unit that for operational reasons have to be mined together. The order in which the Operational Stages are mined within the same, or even different, phase-bench units can be restricted by defining inter stage dependencies.

An Operational Stage can optionally be subdivided into smaller Operational Blocks to provide more choices to the scheduling engine. Operational Blocks within a given Operational Stage can be mined in any order (there are no dependencies between Operational Blocks). Both Operational Stages and Operational Blocks are graphically represented by polygonal boundaries that can be interactively digitized or imported from external applications.



Once the mining units and the dependencies between them are defined, you set the scheduling objectives and the program's mathematical engine generates solutions. The resulting schedule is a list of mining units to be mined period by period or a sequence of block model cells where each cell has an attached time label indicating the period when it will be mined.

Operation Scheduler

Scope

Open pit multi-phase (multi-pushback) mines. Multi-mine operations can be scheduled as easily as a single mine.

Input data

Scheduling requires economic and geological data that has to be imported into the program. The possible sources of such data include NPV Scheduler's LOM (life of mine) schedules and MFO (Mine Flow Optimizer) mining sequences, as well as standard block models generated by other strategic software packages.

Scheduling objectives

The scheduling objectives are set as rates and/or ratios to reflect most mine planning considerations including mining rates, production quotas, ore qualities, blending, haulage and others. Profit and NPV maximization, although not of primary concern for short-term planning, is used for schedule selection when there are multiple solutions meeting the operational requirements.

Dependencies

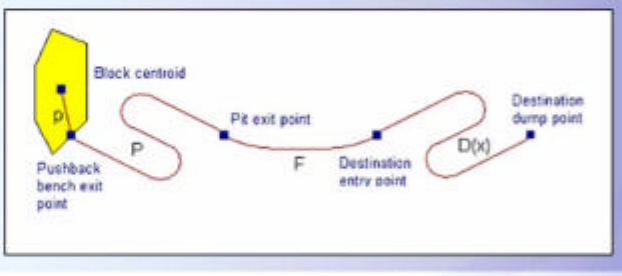
Dependencies can be set between phases. Custom phase dependencies allow you to specify which phase precedes which and to set a minimum bench differential for each dependency.

Intra-Bench dependencies - are dependencies between Operational Stages on a bench. They can be defined interactively or in the dependency dialog.

Inter-Bench dependencies - are dependencies between Operational Stages belonging to the same phase but different benches. The default is that an Operational Stage at a bench must be mined before any Operational Stage at a bench below, but this can be overriden if required. You can also define custom Inter-Bench dependencies

Haulage Analysis Optimization

The control of truck hours is of major importance when generating operational schedules. To provide a high level of definition, the haulage route from a bench to a destination is divided into four components by specifying the Equivalent Flat Haul distances between five fixed points - the load point (eg shovel), the bench exit point (eg entry to ramp), the pit exit point (eg top of ramp), the destination entry point and the destinaton dump point. The destination dump point can be variable over time to allow for stockpile building.

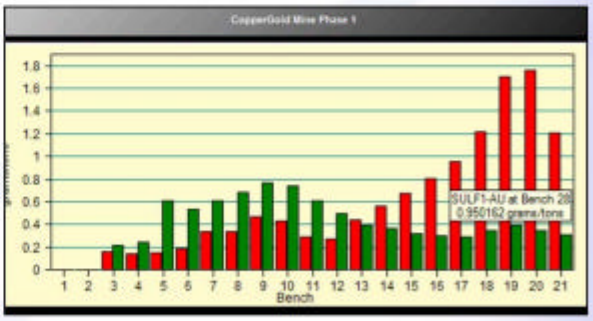


Reporting of Results

- Reports and charts are generated automatically.
- Report per phase and bench; per mining unit; per period (month or week etc.)

Key Benefits

- Ensures consistency between optimal strategic plans and practical short or medium term schedules
- 100% compatible with NPV Scheduler
- Direct import of external life of mine schedules elimates data transfer problems
- Rapid regeneration of short term schedules
- Flexible definition of dependencies ensures practical schedules meet scheduling objectives



Check out our website:
www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

Raw Materials Manager

The complete 'on-site' solution for short term production control in limestone quarries supplying materials for cement manufacture

DATAMINE

RM Manager is an easy-to-use, menu driven system for monitoring and controlling the day-to-day operation of limestone quarries supplying raw material for cement manufacture. It has been designed for use by production staff with a good basic knowledge of quarry operations but does not assume skills in surveying,geology, mine planning or computing. The user is guided through a straightforward set of menu choices with online help at every stage. Menu choices are filled in automatically as processing proceeds so that the system can be operated with minimal training. Alternatively, full access to data files is provided by means of browse buttons so that more experienced staff can use the advanced options. Results may be output automatically to spreadsheets or customized graphs and tables.

The functions provided are:

Survey Update - Takes a set of strings and/or points from a survey update, allows the user to digitize a boundary around them where the two sets of data coincide; merges the new information with the data from the original or previous survey, then builds a Digital Terrain Model of the merged surface which can be visualized to check that the new surface model is complete.

Model Survey - Builds two new Block Models of the deposit; one below the new topography and another between the new and old surfaces (can be used for reconciliation). Uses a previous model as a prototype and the new topographic wireframe as the limiting surface.

Reserves - Calculates summary reserves for either of these block models classifying them by bench and rocktype.

Import Blastholes - Imports a set of blastholes from .csv files representing the collar locations, downhole surveys (or equivalent directional information) and sample analyses.

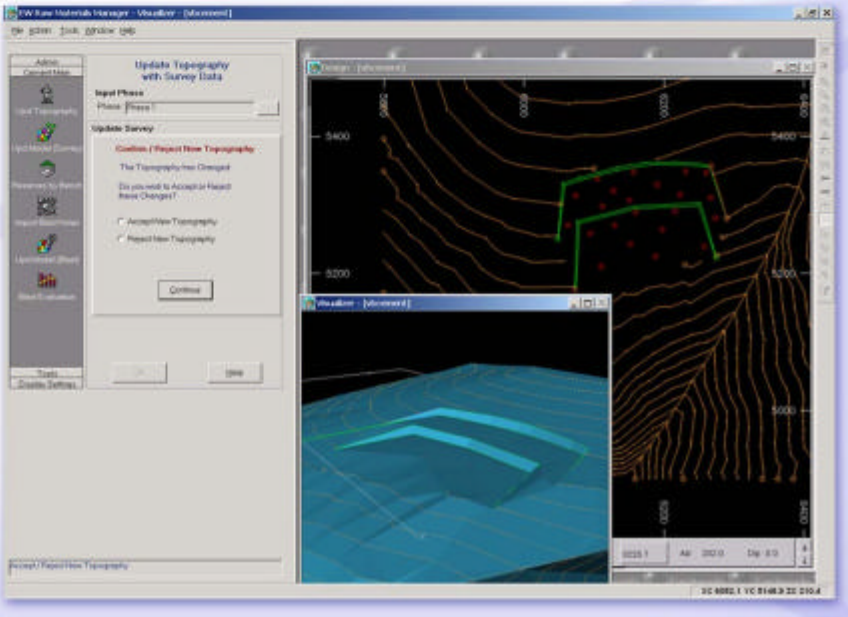
Model Blastholes - Creates an updated Block Model for a chosen radius around the set of blastholes using the samples from the blastholes for quality interpolation by the inverse square of distance method.

Evaluate Blast - Evaluates a digitized blast outline against a block model (see Model Blastholes above). You are prompted to digitize the outline around the blast using the blastholes and face position (from survey update) as a guide.

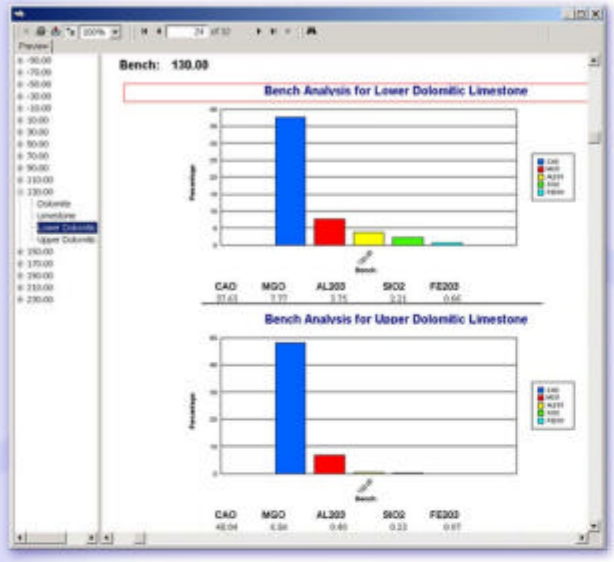
Calculate Ratios - Calculates a series of cement ratios from the results of a reserve evaluation. (Silica & Alumina Ratios plus up to three different calculations for Lime Saturation Factor, dependent on rock chemistry)

Kiln Feed Calculator - Calculate the chemistry and ratios for the kiln feed from the proportions and analyses of up to five blend components.

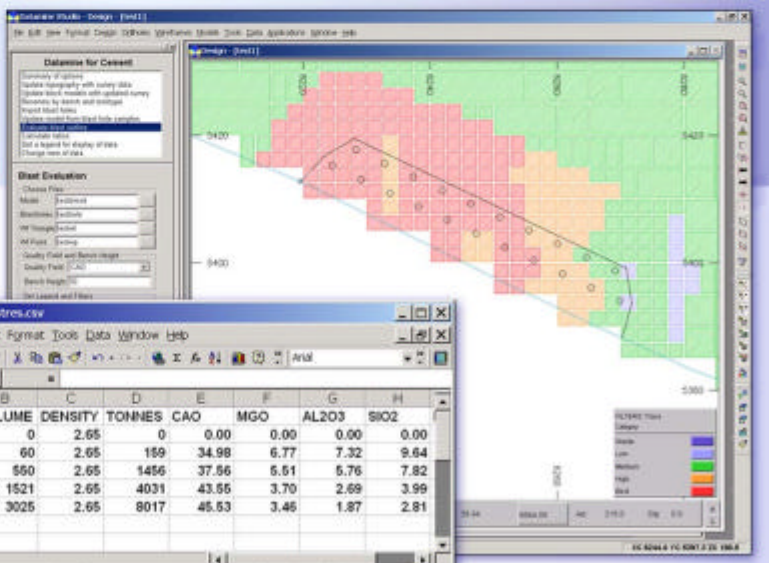
Blasthole Sample Database - Enter and maintain records for the position, orientation and chemical analyses from blasthole drilling and sampling.

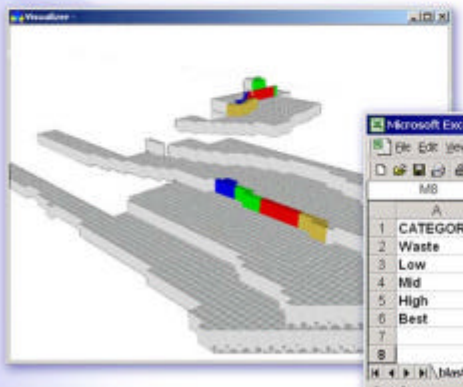


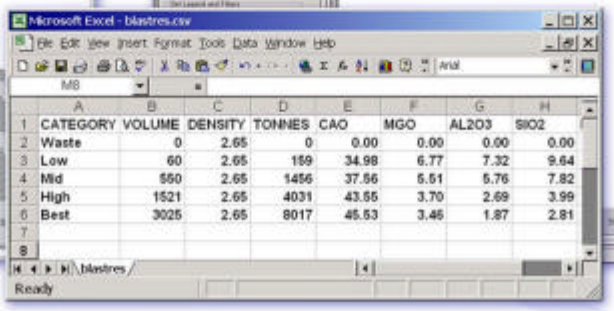
RM Manager



- Base model (supplied with system) - will typically be the result of a mineral resource optimization with **Datamine's RM Scheduler**
- This model can be updated periodically by your company geology department or local Datamine office
- Import data from your survey system or CAD package to update the topography
- Re-model the geology automatically to reflect changes in topographic survey
- Calculate updated reserves from revised models
- Import and model from blasthole samples
- Define and evaluate blast outlines
- Calculate cement ratios from any evaluation
- Reports use standard Excel spreadsheets
- System automatically tracks use of filenames
- Graphical reports updated with each evaluation
- Print reports and graphs directly or export to Word, Excel, HTML and many other formats
- Plan blasts precisely to extract the optimum quality material
- Evaluate, display and print out a table of the material to be blasted
- Visualize any aspect of your quarry and blasting plans







CATEGORY	VOLUME	DENSITY	TONNES	CAO	MGO	AL2O3	SIO2
Waste	0	2.65	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Low	60	2.65	159	34.98	6.77	7.32	9.64
Mid	550	2.65	1456	37.56	5.51	5.76	7.82
High	1521	2.65	4031	43.55	3.70	2.69	3.99
Best	3025	2.65	8017	45.53	3.46	1.87	2.81

Check out our website: www.datamine.co.uk

	Datamine International	Datamine Australia	Datamine South Africa	Datamine India	Datamine Canada
Tel:	+44 1749 670097	+61 8 9479 1771	+27 11 803 6608	+91 11 2694 8393	+1 800 240 6941
Fax:	+44 1749 670086	+61 8 9479 1115	+27 11 803 6699	+91 11 2695 1698	+1 705 688 9533
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine.com.au	dsa@datamine.co.za	datamine@vsnl.com	info@datamine.on.ca
	Datamine Cement & IM	Datamine North America	Datamine Brazil	Datamine Chile	Datamine Peru
Tel:	+44 1749 670097	+1 800 499 7877	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5952	+51 1 222 6000
Fax:	+44 1749 670086	+1 303 985 7612	+55 11 3846 4501	+56 2 334 5951	+51 1 221 4305
Email:	info@datamine.co.uk	info@datamine-na.com	info@datamine.com.br	info_dla@datamine.cl	info@datamine.com.pe

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 06 – BENEFICIAMENTO DE MINÉRIOS

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	3
2. FUNDAMENTOS.	3
3. COMINUIÇÃO.	8
4. CLASSIFICAÇÃO.	9
5. CONCENTRAÇÃO.	10
6. DESAGUAMENTO.	14
7. MANUSEIO DE MATERIAIS.	16
8. AMOSTRAGEM.	17
9. PRÁTICA INDUSTRIAL.	18
BIBLIOGRAFIA.	19

1. INTRODUÇÃO.

A tecnologia mineral constitui o único arsenal de informações e metodologias ao qual se pode recorrer para promover o fortalecimento da indústria de mineração, principalmente as de pequeno e médio porte, visando sua sobrevivência e crescimento num mercado globalizado altamente competitivo.

Sua competência técnica abrange as áreas de geologia (prospecção e pesquisa mineral), engenharia de minas (planejamento e operação de lavra), engenharia de processos (caracterização tecnológica e tratamento de minérios), engenharia de projetos (básico e detalhado), bem como meio ambiente (prevenção e recuperação de áreas degradadas).

O beneficiamento de minérios pode ser conceituado basicamente como sendo a ciência que transforma “pedras” em matérias primas para suprir os mais diversos ramos industriais.

Fonte: Unimin, 2005.

Fonte: WBB, 2005.

Na realidade, compreende um universo amplo e multidisciplinar, envolvendo diversos campos de engenharia e da ciência propriamente dita.

2. FUNDAMENTOS.

2.1. MINÉRIOS, PROCESSOS E CONCENTRADOS.

Todos os materiais inorgânicos utilizados no suprimento de nossa civilização são oriundos da crosta terrestre, esta fina casca de material silicático que recobre nosso planeta, com uma espessura média de 13 km.

Os vários elementos que constituem a crosta não estão regularmente distribuídos na mesma, mas ocorrem na forma de uma mistura de minerais com a predominância de alguns elementos maiores na sua estrutura.

As irregularidades na distribuição elementar são geradas por processos geológicos e climáticos, resultando em alguns casos numa grande concentração de minerais em locais privilegiados.

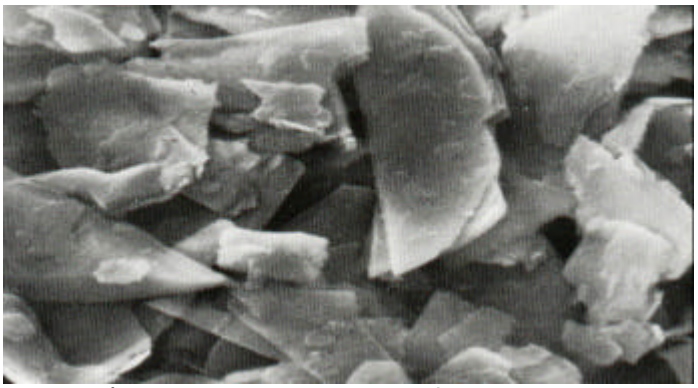
Essas concentrações são definidas como jazidas minerais quando apresentam dimensões e características que permitam sua explotação econômica.

Hoje em dia, poucos minérios brutos são passíveis de utilização direta como produto final. Na maioria dos casos necessitam de um determinado beneficiamento, utilizando essencialmente processos físicos, sem alterar a estrutura química dos minerais presentes. Os materiais assim obtidos são usualmente denominados concentrados.

Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 2007.

2.2. CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA.

A caracterização tecnológica das partículas é de vital importância no beneficiamento de minérios.



Fonte: Núcleo de Tecnologia Mineral & Cerâmica – SENAI PR, 2007.

Em alguns casos torna-se simples quando se visa apenas uma adequação de tamanho. Em outros, torna-se mais complexa quando representa uma variável de controle nos processos de cominuição, classificação ou concentração.

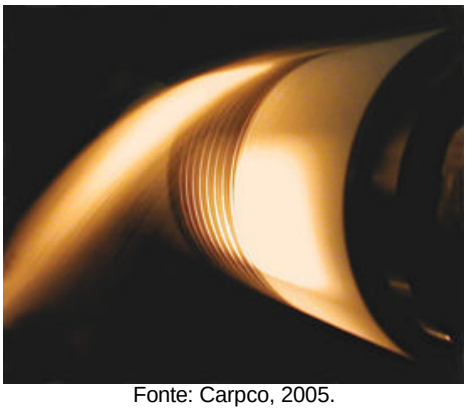
Na maioria das ocasiões, a cominuição tem por meta a liberação física dos diferentes minerais presentes no minério, de forma a permitir sua concentração. O tamanho da partícula é comumente usado para medir a extensão ou grau de liberação.

Na realidade, as partículas obtidas nos processos de redução de tamanho possuem um conjunto de características importantes, das quais se destacam o tamanho de cada partícula, o tamanho médio de todas as partículas, o formato, a distribuição de tamanhos, os minerais e as associações minerais presentes nas mesmas.

2.3. ANÁLISE DO PROCESSO DE SEPARAÇÃO.

O beneficiamento de minérios se preocupa basicamente com a separação de partículas minerais, baseando-se nas variações relativas de tamanho e composição.

Essa separação é obtida pela passagem do fluxo de partículas através de uma peça apropriada de um equipamento denominado separador.



Fonte: Carpco, 2005.

Nesse processo, uma força adequada é aplicada nas partículas e, devido às diferentes propriedades apresentadas (tamanho, formato, densidade, etc...) elas são afetadas de forma e intensidade diferenciadas, resultando na separação pretendida.

Obviamente, a liberação é um pré-requisito para uma perfeita separação, embora em muitos casos a idéia de uma liberação completa não seja praticável.

A separação depende basicamente de 3 fatores:

- Propriedades dos minerais.
- Características do separador.
- Nível de produção e grau de recuperação.

Destacam-se também os fatores relacionados ao equilíbrio da separação, cinética do processo, modelos de fluxo, curvas de separabilidade e eficiência da separação.

2.4. MECÂNICA DOS FLUIDOS.

Embora o beneficiamento de minérios aborde primordialmente questões ligadas à substâncias sólidas, interações entre sólidos e fluidos (líquidos ou gases) fazem parte de qualquer operação industrial.

Fonte: Krebs, 2005.

O fluido mais importante é a água, e muitos dispositivos de concentração requerem consideráveis quantidades dela. Em alguns casos a quantidade necessária atinge até 10 vezes a massa de sólidos tratada, obrigando-se a reciclar o máximo possível dentro do processo.

Nas unidades de beneficiamento via úmida, a água possui também uma importante função secundária como meio de suspensão e transporte dos sólidos tratados.

Em comparação, a interação entre ar e sólido nos processos via seca é geralmente menos expressiva, embora existam exceções significativas.

Assim sendo, fatores relacionados com o tipo de fluxo, reologia, atrito interno, fluidização e sedimentação são fundamentais no processamento mineral.

2.5. MECANISMOS E PROCESSOS DE SEPARAÇÃO.

Como já foi dito anteriormente, os processos de separação procuram tirar o máximo proveito das diferenças existentes nas propriedades das partículas minerais presentes.

Fonte: Mineral Deposits, 2005.

Por outro lado, nenhum fenômeno isolado comanda o comportamento das partículas no interior de um separador, mas sim um conjunto deles, constituindo efetivamente os mecanismos dos processos de separação.

A velocidade diferencial de sedimentação em meio fluido obstruído é o principal mecanismo que rege a concentração gravimétrica. Da mesma forma, a aceleração diferenciada e o escorregamento relativo interferem também significativamente neste processo.

Outros mecanismos que se destacam são os relacionados à velocidade diferenciada em escoamentos de fluxo laminar e a segregação de partículas secas.

2.6. SUPERFÍCIES E INTERFACES.

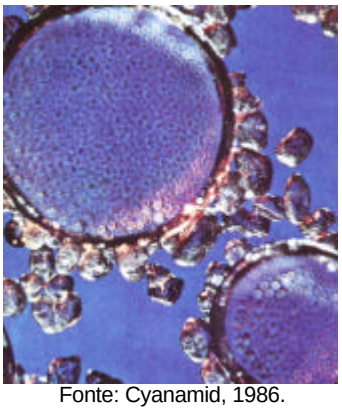
Para o bom entendimento dos processos envolvidos no beneficiamento de minérios, é necessário o estudo das propriedades físicas e químicas das superfícies das partículas minerais.

É necessário também a compreensão das inter-relações existentes entre as fases sólida, líquida e gasosa, bem como das interfaces entre as mesmas.

Propriedades superficiais são fundamentais tanto em processos via úmida quanto via seca.

A condutividade superficial é a base da separação eletrostática via seca.

A físico-química de superfícies e interfaces rege a flotação, a floculação e os processos de aglomeração, sendo também um fator determinante na gravimetria, separação magnética, espessamento, filtragem, moagem e classificação.

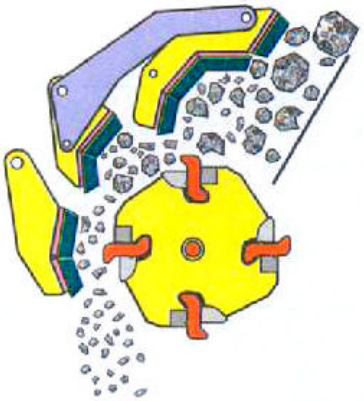


Fonte: Cyanamid, 1986.

A interface mineral/água é uma das mais importantes no beneficiamento de minérios. No entanto, vários processos de separação dependem de outras interfaces como mineral/ar ou mineral/outros líquidos.

2.7. MECANISMOS DE FRATURA.

A redução de tamanho é de vital importância no processamento mineral. Um minério deve ser cominuido até que os minerais úteis contidos sejam fisicamente liberados dos minerais indesejáveis.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

Às vezes, a redução de tamanho visa apenas a adequação às especificações granulométricas estabelecidas pelo mercado.

Em todos os casos, a cominuição é uma operação que envolve elevado consumo energético e baixa eficiência operacional. Ela normalmente representa o maior custo no tratamento de minérios.

Desta forma, a compreensão dos mecanismos de fratura, quer de uma partícula isolada, quer de uma distribuição de partículas, permitirá se atingir a maximização da eficiência operacional, minimizando os custos pertinentes.

3. COMINUIÇÃO.

A cominuição, ou redução de tamanho, como já foi dito, é uma etapa importante no processamento da maioria dos minerais, visando:

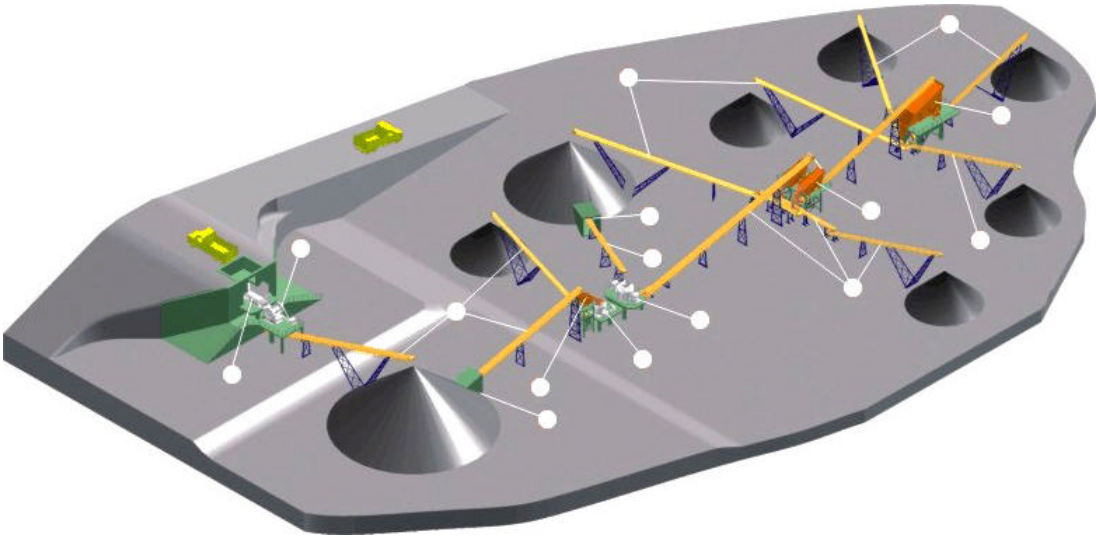
- Produção de partículas com tamanho e formato pré requeridos.
- Liberação dos minerais úteis passíveis de concentração.
- Incrementação da superfície específica, habilitando para processos químicos subseqüentes.

Os processos de cominuição são basicamente divididos em 2 classes distintas: britagem (cominuição inicial) e moagem (cominuição final).

3.1. BRITAGEM.

O termo britagem se aplica quando a redução de tamanho envolvida visa a obtenção de produtos com granulometria superior a 10 milímetros.

A britagem se desenvolve em estágios subseqüentes denominados britagem primária, secundária, terciária e eventualmente quaternária.



Fonte: Furlan, 2007.

Em cada estágio obtém-se uma determinada relação de redução, definida pelo quociente da dimensão da alimentação pela dimensão do produto. A relação ideal é a de 4 para 1.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente impacto, compressão e cisalhamento.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são os britadores giratórios, de mandíbulas, cônicos, de rolos e de impacto (horizontal e vertical).

Fonte: Sandvik, 2005.

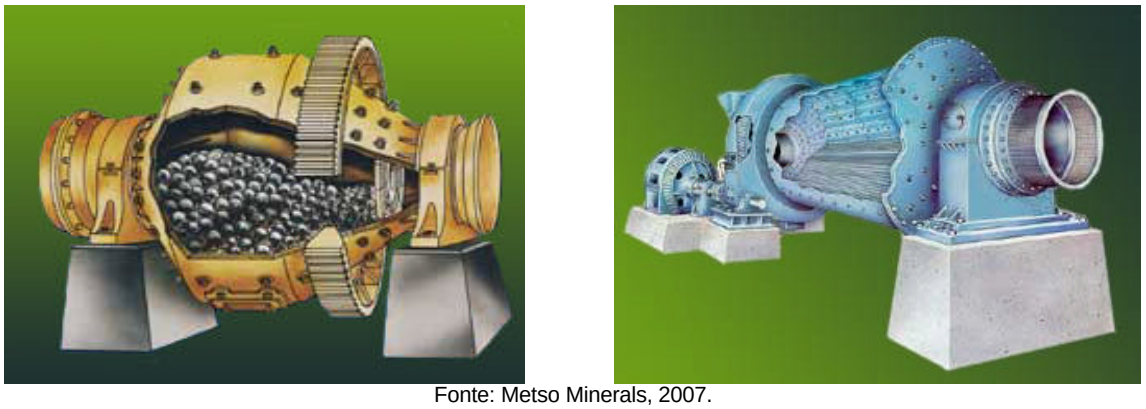
3.2. MOAGEM.

O termo moagem se aplica quando a redução de tamanho envolvida visa a obtenção de produtos com granulometria inferior a 10 milímetros.

A moagem também se desenvolve em estágios subseqüentes, considerando-se as relações de redução pertinentes.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente impacto, compressão e cisalhamento.

Os equipamentos mais usados são os moinhos tubulares rotativos (bolas e barras), vibratórios, de rolos e de impacto.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

4. CLASSIFICAÇÃO.

A classificação, de uma forma geral, consiste na separação de partículas com base nas dimensões físicas das mesmas.

Os processos de classificação são divididos em peneiramento e classificação propriamente dita.

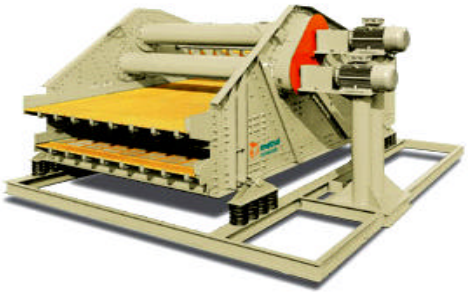
4.1. PENEIRAMENTO.

O peneiramento é um processo mecânico de separação de partículas que se utiliza de uma superfície perfurada para tal.

As partículas com dimensões superiores à da abertura considerada tendem a ficar retidas na superfície, e as com dimensões inferiores tendem a atravessar a mesma.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente estratificação e segregação.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são as peneiras vibratórias, rotativas e estáticas.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

Fonte: Derrick, 2007.

4.2. CLASSIFICAÇÃO.

Classificação é o processo de separação que se baseia na velocidade de sedimentação das partículas imersas num meio fluido.

Os fluidos mais utilizados são a água e o ar, resultando nos processos denominados hidroclassificação e aeroseparação.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente fenômenos ligados à mecânica dos fluidos.

Na hidroclassificação, os equipamentos mais usados são os os hidrociclones, os classificadores espirais e outros hidroclassificadores.

Fonte: Krebs , 2005.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Fonte: Krebs, 2005.

Já na aeroseparação, são utilizados os ciclones e os aeroseparadores dinâmicos.

5. CONCENTRAÇÃO.

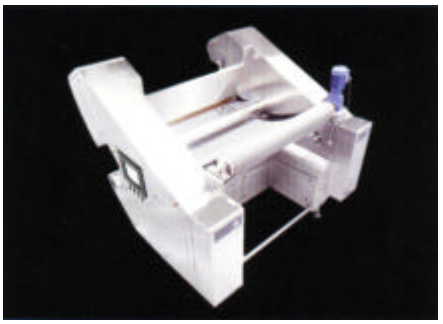
O principal objetivo desse processo é a recuperação dos minerais úteis contidos num minério na forma mais concentrada possível.

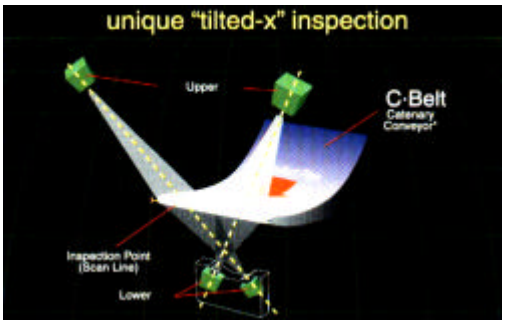
A seleção do método de concentração depende da natureza do minério em si, bem como das diferentes propriedades dos minerais a ser separados. Dentre elas se destacam o tamanho relativo das partículas, cor, densidade, suscetibilidade magnética, condutividade elétrica, molhabilidade superficial e solubilidade.

5.1. SELEÇÃO (“ORE SORTING”).

A seleção manual é o método mais antigo de concentração. Através de uma inspeção visual, os minerais de interesse são manualmente resgatados do restante ou, apenas os minerais contaminantes são separados para purificar o minério original. Devido ao crescente custo da mão de obra, ela vem sendo utilizada somente em casos especiais.

Atualmente a seleção de minérios segue o mesmo princípio, porém de forma mecanizada e se utilizando de uma variedade de dispositivos automáticos de detecção, identificação e separação.





Fonte: Osna, 1995.

As propriedades mais utilizadas são as óticas (reflectância, transparência, etc...), raios X (fluorescência), condutividade elétrica, magnetismo e radioatividade. A seleção automatizada é adotada na recuperação de diamantes, pedras preciosas e minerais nobres.

5.2. SEPARAÇÃO GRAVIMÉTRICA.

A concentração gravimétrica foi a principal ferramenta do beneficiamento de minérios até o início do Século XX, quando ocorreu o advento da flotação. Atualmente continua sendo um método importante, principalmente por apresentar bons resultados com baixo custo.

É um processo que se baseia na diferença de densidade existente entre os minerais presentes, utilizando-se de um meio fluido (água ou ar) para efetivar a separação.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são os jigues, mesas vibratórias, espirais e “sluices”.

Fonte: IHC Holland, 2005.

Fonte: Mineral Deposits, 2005.

A separação gravimétrica é adotada na produção de ilmenita, zirconita, monazita, cromita, cassiterita, etc...

5.3. SEPARAÇÃO POR MEIO DENSO.

A separação por meio denso também se baseia na diferença de densidade existente entre os minerais presentes.

A diferença reside no fato de se utilizar um meio fluido com densidade intermediária à dos minerais considerados para realizar a separação.

Esse meio é obtido através da dissolução de sais em água ou pela dispersão também em água de partículas finas de material com elevada densidade (ferro silício).

Apresenta boa eficiência apenas para material liberado em granulometrias mais grosseiras.

Os equipamentos mais usados são os tambores, cones e centrifugadores.

Fonte: Metso Minerals, 2005.

A separação por meio denso é adotada na produção de carvão, fluorita, etc...

5.4. SEPARAÇÃO MAGNÉTICA.

A propriedade determinante nesse processo é a suscetibilidade magnética.

Baseado nesse fato, os minerais podem ser divididos em 3 grupos, de acordo com o seu comportamento quando submetidos à um campo magnético (natural ou induzido):

- Ferromagnéticos (forte atração).
- Paramagnéticos (média e fraca atração).
- Diamagnéticos (nenhuma atração).

Os processos podem ser desenvolvidos via seca ou via úmida.

Os equipamentos mais utilizados são os tambores, correias, rolos, carrosséis e filtros.

Fonte: Eriez, 2005.

A separação magnética é adotada na produção de areias quartzosas, feldspatos, nefelina-sienitos, etc...

5.5. SEPARAÇÃO ELETROSTÁTICA.

Nesse processo, a propriedade determinante é a condutividade elétrica, sendo os minerais classificados em condutores e não condutores de corrente elétrica.

Os equipamentos utilizados são os separadores eletrodinâmicos que operam com elevadas tensões.

Fonte: Eriez, 2005.

As partículas minerais quando submetidas à um campo elétrico de elevada intensidade, de acordo com sua condutividade, são atraídas ou repelidas por um dispositivo devidamente energizado.

A separação eletrostática é adotada na recuperação de rutilo.

5.6. FLOTAÇÃO.

Atualmente, a flotação é o processo dominante no beneficiamento de quase todos os tipos de minérios, devido à sua grande versatilidade e seletividade. Permite a obtenção de concentrados com elevados teores e expressivas recuperações. É aplicado tanto no processamento de minérios com baixo teor, quanto nos que exigem moagem fina para se atingir a liberação desejada.

O método se baseia no comportamento físico-químico das superfícies das partículas minerais presentes numa suspensão aquosa. A utilização de reagentes específicos, denominados coletores, depressores e modificadores, permite a recuperação seletiva dos minerais de interesse por adsorção em bolhas de ar.

Os equipamentos tradicionalmente adotados se dividem em 2 classes, mecânicos e pneumáticos, dependendo do dispositivo utilizado para efetivar a separação.

Fonte: Metso Minerals, 2005.

A flotação é adotada na produção de areias quartzosas de elevada pureza, cloretos, feldspatos, fluorita, fosfatos, magnesita, sulfetos, talco, etc...

6. DESAGUAMENTO.

A água desempenha um papel expressivo no beneficiamento de minérios. No entanto, numa determinada etapa do processo se faz necessária sua retirada para poder se obter produtos com baixa umidade. As operações unitárias destinadas para tal constituem o desaguamento.

6.1. SEDIMENTAÇÃO.

A sedimentação pode ser definida como a técnica de desaguamento obtida através da concentração de partículas sólidas em suspensão num líquido por ação exclusiva da força da gravidade.

As operações são divididas em 2 classes: espessamento e clarificação.

O espessamento visa uma concentração efetiva de sólidos e a clarificação a remoção das partículas sólidas presentes numa suspensão diluída.

A utilização de reagentes específicos, denominados floculantes, favorece sobremaneira as operações pertinentes.

Os equipamentos usados compreendem basicamente cones, espessadores e clarificadores.

Fonte: Door Oliver, 2005.

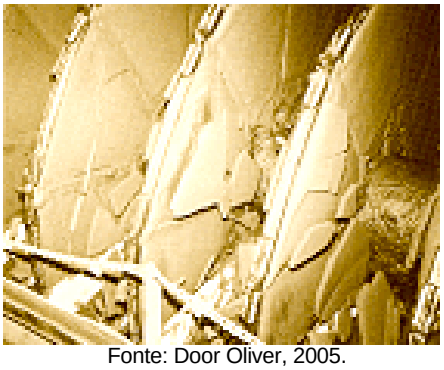
Fonte: Metso Minerals, 2005.

6.2. FILTRAGEM.

Filtragem é o método de desaguamento obtido pela passagem forçada de uma suspensão aquosa através de um elemento filtrante que retém as partículas sólidas na sua superfície.

O processo pode ser conduzido de forma contínua ou intermitente, sob a ação de vácuo ou pressão induzidos.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são os filtros à vácuo (tambor, disco, correia, etc...) o os filtros prensa.


Fonte: Door Oliver, 2005.

Fonte: Vernay, 2005.

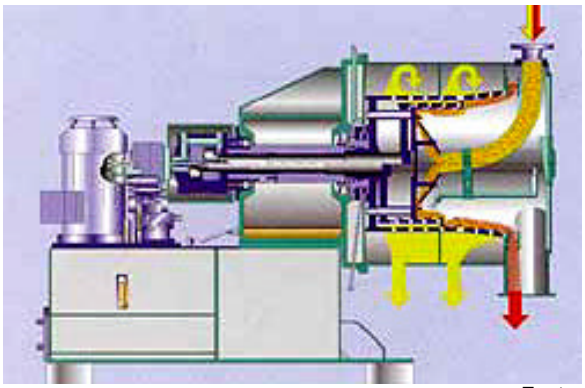
6.3. CENTRIFUGAÇÃO.

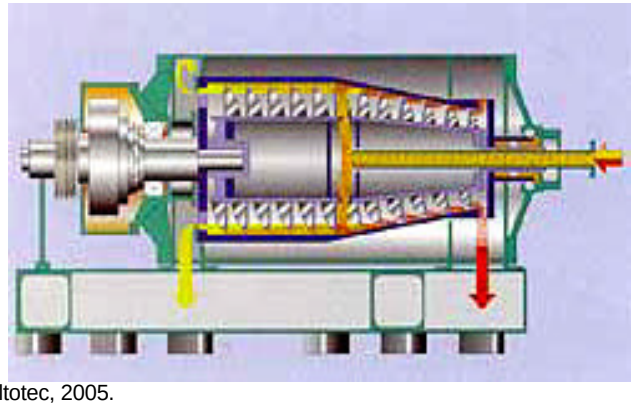
A centrifugação é a técnica de desaguamento que se utiliza de um dispositivo rotativo que induz uma sedimentação forçada sob a ação de uma aceleração significativamente elevada.

As centrífugas são equipamentos caros, porém versáteis, podendo ser usadas como classificadores, espessadores, clarificadores e filtros.

No beneficiamento de minérios elas são utilizadas quando a sedimentação gravitacional é insuficiente para promover a separação de partículas muito finas, ou quando se requer baixos níveis de umidade no produto final.

Classificam-se em 2 tipos básicos: centrífugas espirais decantadoras e centrífugas de cesto vibratório.





Fonte: Multotec, 2005.

6.4. SECAGEM.

A secagem consiste na retirada da água contida num produto sólido particulado através da evaporação da mesma por ação do calor.

É utilizada quando se requer um nível de umidade bem baixo.

Trata-se de um processo relativamente caro, uma vez que não só os sólidos devem ser aquecidos, como também a água deve ser vaporizada para poder ser retirada do material.

Os equipamentos mais usados são os secadores rotativos, de bandejas e de leito fluidizado.

Fonte: Metso Minerals, 2005.

7. MANUSEIO DE MATERIAIS.

O transporte e estocagem de materiais constitui uma das maiores operações em qualquer unidade de beneficiamento de minérios.

O transporte é requerido entre cada etapa do processo e freqüentemente como parte do mesmo. Áreas de estocagem também são necessárias antes, durante e depois do beneficiamento.

O manuseio de materiais abrange não só produtos sólidos e secos como também suspensões aquosas de partículas minerais.

7.1. SÓLIDOS SECOS.

As operações de beneficiamento requerem usualmente o manuseio de sólidos secos, tais como minérios brutos, produtos britados e concentrados secos.

Com relação à estocagem, são utilizadas pilhas para grandes volumes de material grosseiro e silos para menores quantidades de material mais fino.

Com relação ao transporte, são utilizados carregadeiras, caminhões, vagões, alimentadores e transportadores, mecânicos ou pneumáticos.

Fonte: Metso Minerals, 2005.

7.2. POLPAS.

A maior parte das unidades de beneficiamento utiliza processos via úmida.

A água é o meio preferido nas operações de manuseio, moagem e classificação.

O transporte das partículas é feito na forma de uma suspensão aquosa denominada polpa.

Em muitos casos, concentrados são transportados por longas distâncias em minerodutos, freqüentemente cruzando regiões inóspitas onde outras formas de transporte seriam inviáveis.

Rejeitos de processos também são descartados para as barragens pertinentes na forma de suspensões aquosas.

O manuseio de polpas inclui também operações de suspensão e agitação em tanques durante o processo.

Como já foi dito, a mecânica dos fluidos rege o mecanismo dessa classe de manuseio.

Os equipamentos mais usados são as bombas centrífugas, bombas de deslocamento positivo e tanques com agitação.

Fonte: Metso Minerals, 2005.

7.3. DEPOSIÇÃO DE REJEITOS.

A deposição dos rejeitos provenientes de uma unidade de beneficiamento constitui uma tarefa delicada, quer por questões econômicas, quer por questões ambientais.

Os problemas dependem do tipo de minério e do tipo de operação adotada.

Na maioria dos casos, a maior fração do minério lavrado se torna rejeito.

Por não possuir valor comercial, ele precisa ser descartado da forma mais econômica possível, minimizando porém os impactos ambientais resultantes.

No caso de rejeitos sólidos secos, a deposição em áreas pré determinadas tem equacionado o problema.

No caso de rejeitos na forma de polpas, a construção de barragens especiais, criteriosamente projetadas, com reaproveitamento da água recuperada, tem se mostrado a solução mais adequada.

Em alguns casos, os rejeitos são utilizados para preenchimento de cavas, na recuperação ambiental de áreas já lavradas.

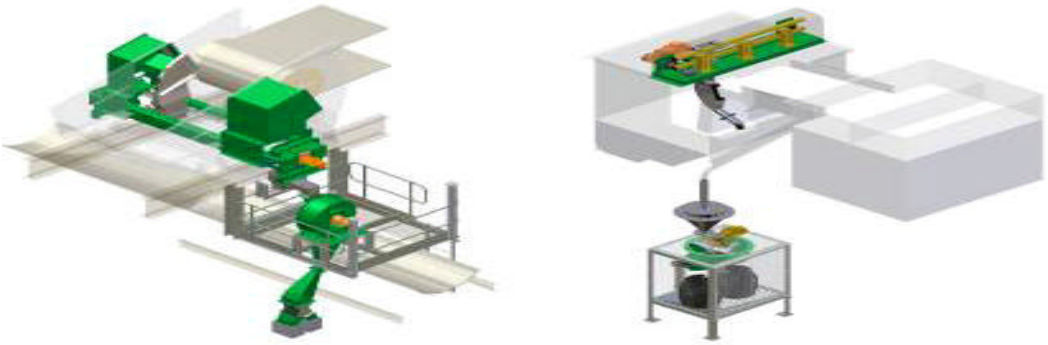
Os equipamentos tradicionalmente utilizados são carregadeiras, caminhões, tratores, bombas centrífugas e eventualmente hidrociclones.

Fonte: Caterpillar, 2005.

Fonte: Krebs, 2005.

8. AMOSTRAGEM.

Define-se amostragem como sendo uma seqüência de operações com o objetivo de retirar uma parcela representativa (densidade, teor, distribuição granulométrica, constituintes minerais) de seu universo.



Fonte: Multotec, 2005.

A importância da amostragem é ressaltada principalmente quando entram em jogo a avaliação de depósitos minerais, o controle de processos em laboratório e na indústria, bem como o controle de qualidade na comercialização de produtos.

Uma amostragem mal conduzida pode resultar em prejuízos consideráveis ou em distorção dos resultados com conseqüências técnicas imprevisíveis.

9. PRÁTICA INDUSTRIAL.

Nas unidades industriais de beneficiamento de minérios, dois fatores são particularmente importantes.

O primeiro é que cada minério é único, e requer um tratamento específico sob medida para se obter o resultado pretendido.

O segundo diz respeito às interações entre as várias operações que constituem o processo em si.

Embora cada equipamento presente se preste para um propósito específico, qualquer alteração funcional que ocorra num deles afetará o comportamento das operações subseqüentes.

Assim sendo, o desenvolvimento do processo para beneficiamento de um bem mineral deve ser conduzido por uma equipe de profissionais experientes, visando subsidiar corretamente o projeto, a instalação e a perfeita operação da unidade industrial pertinente.

Fonte: C. E. Minerals, 2005.

BIBLIOGRAFIA

CYANAMID *Mining Chemicals Handbook.* Cyanamid International, 1986.

KELLY, E.G.; SPOTTISWOOD, D.J. *Introduction to Mineral Processing.* John Wiley & Sons, 1982.

METSO *Manual de Britagem.* Metso Minerals, 2005.

NÚCLEO DE TECNOLOGIA MINERAL & CERÂMICA *Documentos Técnicos.* SENAI PR, 2007.

OSNA *Ore Sorting.* Boletim Técnico, 1995.

WEISS, N.L. *Mineral Processing Handbook.* Society of Mining Engineers, 1985.

SITES

CARPCO : www.carpco.com

CE MINERALS : www.ceminerals.com

DERRICK : www.derrick.com

DOOR OLIVER : www.dooroliver.com

ENGENDRAR : www.engendrar.com.br

ERIEZ MAGNETICS : www.eriez.com

FURLAN : www.furlan.com.br

IHC HOLLAND : www.ihcholland.com

KREBS : www.krebs.com

METSO MINERALS : www.metsominerals.com

MINERAL DEPOSITS : www.mdl.co.uk

MULTOTEC : www.multotec.com

SANDVIK : www.sandvik.com

UNIMIN : www.unimin.com

VERNAY : www.vernay.com

WBB : www.wbb.com

WEIR MINERALS : www.weirminerals.com

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 07 – COMINUIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE MINÉRIOS

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	3
2. BRITAGEM.	3
3. MOAGEM.	13
4. PENEIRAMENTO.	21
5. CLASSIFICAÇÃO.	31
BIBLIOGRAFIA.	35

1. INTRODUÇÃO.

A cominuição, ou redução de tamanho, como já foi dito, é uma etapa importante no processamento da maioria dos minerais, visando:

- Produção de partículas com tamanho e formato pré-requeridos.
- Liberação dos minerais úteis passíveis de concentração.
- Incrementação da superfície específica, habilitando para processos químicos subseqüentes.

Os processos de cominuição são basicamente divididos em 2 classes distintas: britagem (cominuição inicial) e moagem (cominuição final).

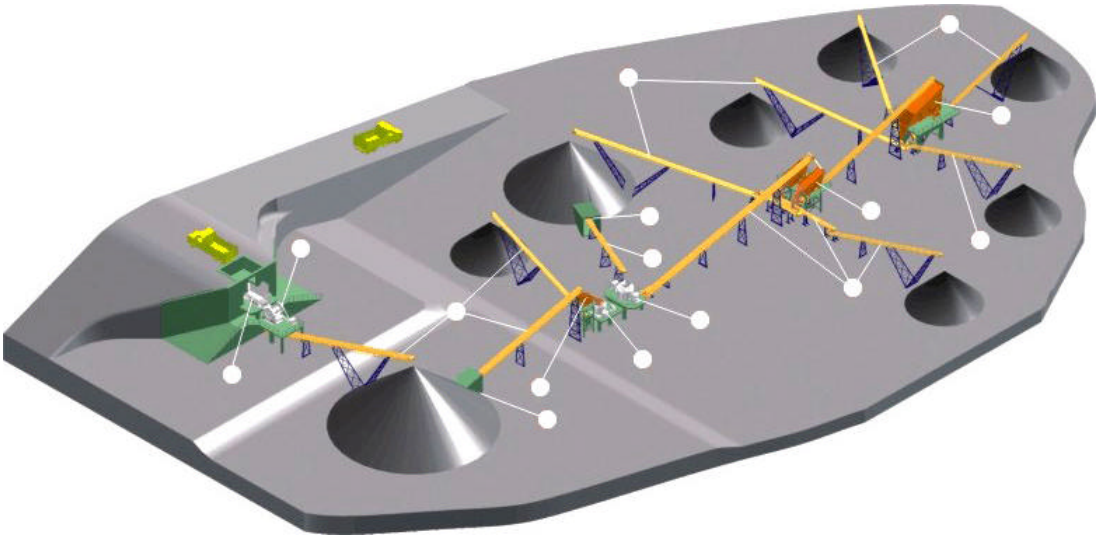
A classificação, de uma forma geral, consiste na separação de partículas com base nas dimensões físicas das mesmas.

Os processos de classificação são divididos em peneiramento e classificação propriamente dita.

2. BRITAGEM.

O termo britagem se aplica quando a redução de tamanho envolvida visa a obtenção de produtos com granulometria superior a 10 milímetros.

A britagem se desenvolve em estágios subseqüentes denominados britagem primária, secundária, terciária e eventualmente quaternária.



Fonte: Furlan, 2007.

Em cada estágio obtém-se uma determinada relação de redução, definida pelo quociente da dimensão da alimentação pela dimensão do produto. A relação ideal é a de 4 para 1.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente, compressão e impacto.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são os britadores giratórios, de mandíbulas, cônicos, de rolos e de impacto (horizontal e vertical).

2.1. BRITADORES.

Todos os britadores podem ser classificados em dois grupos principais:

- Britadores de compressão, que esmagam o material até quebrá-lo.
- Britadores de impacto, que utilizam o princípio do rápido impacto para despedaçar o material.

Os britadores de mandíbulas, cônicos, giratórios e de rolos operam todos pelo princípio da compressão. Os impactores e moinhos de martelos utilizam o princípio do impacto.

2.1.1. BRITADORES DE COMPRESSÃO.

2.1.1.1. Britadores de Mandíbulas.

Os britadores de mandíbulas são empregados principalmente como britadores primários, tendo a principal função de produzir material que possa ser conduzido por transportador de correia aos estágios subseqüentes da instalação.

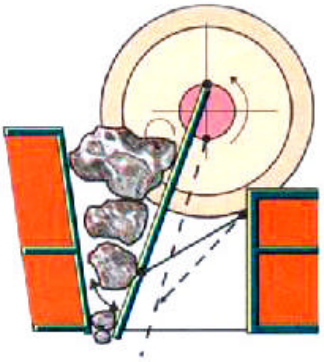
A britagem ocorre entre uma mandíbula fixa e uma móvel. A mandíbula móvel é montada sobre o queixo que descreve um movimento de vai-e-vem.

As mandíbulas estão sujeitas a desgastes e precisam ser substituídas regularmente.

Há dois tipos básicos de britador de mandíbulas: de um ou dois eixos.

No britador de mandíbulas de um eixo, o queixo se apóia num eixo excêntrico na parte superior. Na parte inferior, o queixo é mantido em posição por uma placa de articulação. Essa placa oscila somente em forma de pequeno arco.

A combinação de movimento excêntrico em cima do movimento oscilatório em baixo do queixo dá ao queixo um movimento de “mastigação” por toda a superfície de britagem.

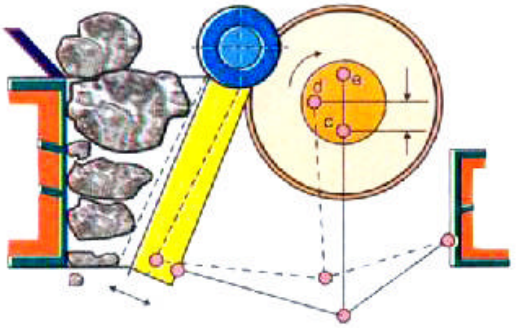


Fonte: Metso Minerals, 2005.

O outro tipo de britador tem dois eixos e duas placas de articulação. O primeiro é um eixo pivotado onde o queixo se apóia, enquanto que o outro excêntrico aciona as duas placas.

A mandíbula móvel faz um movimento puro de vai-e-vem em direção à mandíbula fixa.

Os britadores de dois eixos são recomendados para materiais de dureza mais elevada, minimizando o desgaste das mandíbulas.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

Graças ao movimento de “mastigação”, o britador de um eixo tem maior capacidade de entrada na alimentação de material que o britador de dois eixos de tamanho correspondente.

O britador de mandíbulas é uma máquina confiável e robusta, sendo, portanto bastante popular nas instalações para produzir brita graúda.

2.1.2. BRITADORES CÔNICOS E GIRATÓRIOS.

Tanto os britadores cônicos como os giratórios são máquinas com eixo oscilante. A britagem ocorre entre um elemento fixo (revestimento da carcaça ou bojo) e um elemento móvel interno (manto), montado sobre o conjunto do eixo oscilante.

O movimento oscilante do eixo principal é gerado por um excêntrico rotacionado por coroa e pinhão. A excentricidade do elemento interno de britagem (a camisa do cone) é a diferença entre a maior abertura de saída (APA= Abertura Posição Aberta) e a menor abertura de saída (APF= Abertura Posição Fechada). A excentricidade é um dos fatores que determina a capacidade dos britadores giratórios e cônicos.

A fragmentação do material por compressão entre revestimentos ocorre de maneira contínua ao redor da câmara. Em adição, ocorre também um esmagamento entre as próprias partículas pressionadas, resultando em menor desgaste metálico dos revestimentos.

Os britadores giratórios são dotados de uma regulagem da abertura de saída, visto que ela influencia diretamente a granulometria do produto. Os britadores giratórios primários utilizam um único pistão hidráulico para erguer e abaixar o conjunto do eixo e assim mudar a abertura.

Os britadores giratórios secundários chamados popularmente de cones usam na maioria dos casos um sistema de ajuste de abertura por deslocamento vertical dos conjuntos de revestimentos.

Nesse tipo de construção, a carcaça interna, munida de seus revestimentos, gira dentro da rosca reguladora da carcaça superior externa, subindo ou descendo, para ajustar a abertura conforme a necessidade.

Tal sistema permite manter um desgaste uniforme dos revestimentos visto que, através do giro, os mesmos mudam de posição em relação ao ponto de entrada da alimentação, o que já não ocorre com alguns britadores cônicos secundários em que a regulagem é realizada pelo movimento vertical do eixo principal, permanecendo a carcaça superior e os revestimentos em posição inalterada.

Para otimizar os custos operacionais e melhorar o formato do produto, recomenda-se, como regra básica de operação, a alimentação abundante, mantendo a boca de entrada do britador sempre cheia de material.

Isto se consegue facilmente com o uso de uma pilha pulmão abastecedora, ou um silo, para regularizar as inevitáveis flutuações no fluxo de material de alimentação.

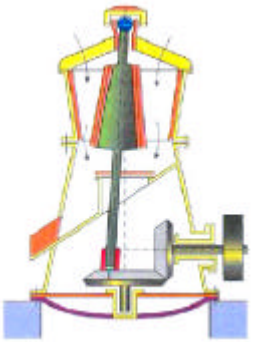
Monitores de nível, que detectam os níveis máximos e mínimos de material, controlam a partida e parada da alimentação dirigida ao britador.

2.1.2.1. Britadores Giratórios.

Conforme o nome sugere, o britador giratório primário se destina ao primeiro estágio de britagem.

O rebritador giratório secundário é normalmente usado no segundo estágio de britagem, mas em alguns casos, pode ser usado para britagem primária, se o material for de tamanho tal que entre na abertura de alimentação.

Em comparação com um rebritador cônico, o britador giratório tem uma câmara de britagem projetada para aceitar material de alimentação relativamente grande em relação ao diâmetro do manto. O ângulo do cone, portanto, é menor que o de um rebritador cônico.



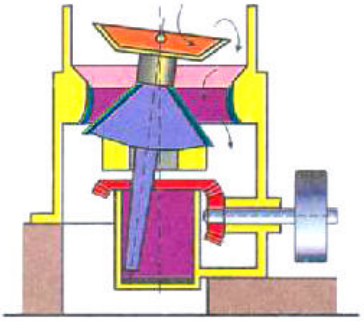
Fonte: Metso Minerals, 2005.

2.1.2.2. Rebritadores Cônicos.

Empregam-se os rebritadores cônicos para a britagem intermediaria, ou fina, ou para dar formato cúbico ao material, previamente britado em estágios anteriores.

No caso do cascalho, a “britagem primária” já foi cuidada pela “Mãe Natureza”, de modo que um rebritador cônico pode às vezes executar todo o trabalho de rebritagem.

O fator chave do desempenho de um rebritador cônico tem a ver com o perfil da câmara de britagem. Por esta razão, há geralmente uma faixa de câmaras padrão para cada rebritador de modo que se possa encontrar uma câmara adequada que se adapte a um determinado material de alimentação.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

2.1.3. BRITADORES DE IMPACTO.

Os dois tipos principais (com eixo horizontal e com eixo vertical) se caracterizam pela alta taxa de redução e pela propriedade de dar forma cúbica ao produto.

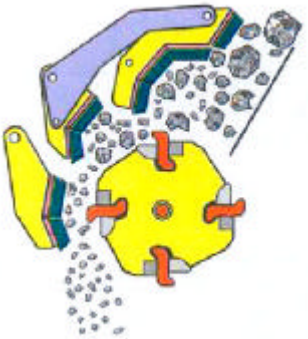
Os impactores também podem ser empregados para britagem seletiva, um método que libera os minerais duros do material estéril.

Um impactor é constituído de uma carcaça de chapas de aço que contém um conjunto de eixo e rotor. A quantidade de peças móveis é bem pequena.

2.1.3.1. Impactores com Eixo Horizontal (HSI).

O material alimentado na máquina é submetido a altíssimos impactos causados por martelos ou barras, em rápido movimento, montados no rotor.

As partículas resultantes são então adicionalmente impactadas no interior da máquina. Elas colidem com peças do britador e umas com as outras, resultando em mais redução e em melhor formato de produto.

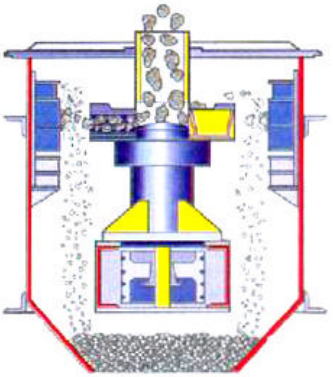


Fonte: Metso Minerals, 2005.

2.1.3.2. Impactores com Eixo Vertical (VSI).

Pode-se considerar o britador VSI como sendo uma espécie de “bomba centrífuga de pedras”, que opera de maneira similar à uma bomba centrífuga de água. O material é alimentado pelo centro do rotor, sendo acelerado a altas velocidades e saindo por aberturas periféricas.

A britagem ocorre quando o material em alta velocidade bate contra o revestimento da carcaça estacionária externa e também quando as partículas colidem entre si.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

As maioria das máquinas VSI comercializadas são do tipo autógeno, impactando o material saído do rotor contra a parede revestida do próprio mineral, minimizando assim os custos relacionados com o desgaste.

Há também britadores VSI com revestimentos metálicos ao redor do interior da carcaça, para aplicações em moagem de materiais de baixa abrasividade, que proporcionam maiores taxas de redução e menor consumo energético quando comparados com os britadores autógenos.

O campo principal de aplicação dos VSI's é a produção de materiais finos, inclusive areia, com formatos bastante cúbicos a um custo atraente por tonelada produzida.

2.1.3.3. Moinho de Martelos.

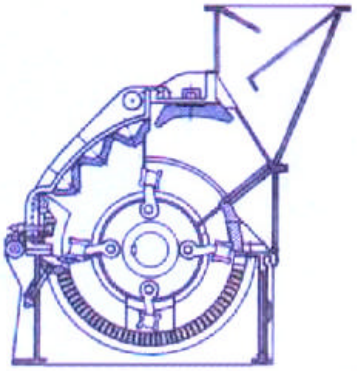
O moinho de martelos é bastante similar a um impactor com eixo horizontal.

A diferença é que o rotor de um moinho de martelos prende em seu redor muitos martelos pivotados e, as aberturas de saída da máquina consistem numa grelha por onde o material cominuido tem de passar.

Tal configuração permite, numa única máquina, a operação em circuito fechado, contribuindo assim para o processo de redução.

Empregam-se moinhos de martelos para triturar ou pulverizar materiais não muito duros ou abrasivos.

Pode-se otimizar a velocidade do rotor e as aberturas da grelha para diferentes aplicações.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

2.2. SELEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE BRITAGEM.

Alguns que estão familiarizados com a técnica de seleção dos equipamentos de britagem entendem ser possível fazer uma seleção teórica de máquinas só à base de cálculos. No entanto, as conclusões teóricas devem sempre ser contrabalançadas pela experiência prática com diferentes materiais e com os aspectos operacionais, de manutenção e, não menos importante, econômicos das diversas soluções.

2.2.1. BRITAGEM PRIMÁRIA.

A função do britador primário é, em primeiro lugar, possibilitar o transporte do material numa correia transportadora.

Na maioria das instalações de britagem que produzem agregados, a britagem primária é executada por um britador de mandíbulas, embora instalações para capacidades muito elevadas geralmente utilizem um britador giratório primário.

Se o material for facilmente britável e não excessivamente abrasivo, um britador de impacto pode ser a melhor escolha como primário.

As características mais importantes de um britador primário são a sua capacidade de produção e ser capaz de aceitar material de alimentação com dimensões elevadas, sem ocorrer engaiolamentos.

Um britador primário grande é naturalmente mais caro que uma máquina menor. Por essa razão, os cálculos de custos de investimento para os britadores primários são confrontados com os custos do desmonte da frente de rocha, fogachos e rompimentos com perfuratrizes.

Em muitos casos, a rocha é transportada por caminhões basculantes até um primário fixo. Essa pode ser uma solução dispendiosa. Os custos de amortização, combustível, pneus e manutenção devem ser incluídos quando os veículos são muito solicitados.

Nas instalações modernas, vem sendo, na maioria dos casos, economicamente vantajoso utilizar britadores primários móveis que possam acompanhar as bancadas de rocha de onde se extrai o material.

Um britador primário dotado de esteiras pode constituir uma solução economicamente interessante nos casos em que o usuário precisa reposicionar a máquina com freqüência na pedreira.

O âmbito mais comum de utilização de britadores primários móveis é em instalações destinadas a cumprir contratos de curto prazo.

2.2.1.1. Britadores de mandíbulas.

Em termos de tamanho de boca de alimentação, os britadores de mandíbulas permitem a adoção, no desmonte, de malhas de fogo mais alongadas, visto que esses equipamentos admitem blocos de maiores dimensões.

A desvantagem desse tipo de máquina é a largura relativamente pequena se comparada com o círculo de saída de uma máquina giratória, limitando assim a sua capacidade.

Utilizam-se britadores de mandíbulas, na maioria dos casos, em instalações com produções máximas em torno de 700 a 800 t/h.

Fonte: Furlan, 2007.

2.2.1.2. Britadores giratórios primários.

Os britadores giratórios primários possuem elevada capacidade de produção, sendo imbatíveis em grandes instalações com capacidades de 700 até 7.600 t/h.

Tal fato se deve à sua abertura de saída em forma circular, generosamente dimensionada (o que proporciona uma área muito maior do que a do britador de mandíbulas) e o princípio de operação contínua (ao passo que a movimentação de vai-e-vem do britador de mandíbulas oferece uma ação intermitente de britagem).

No entanto, para que a abertura de alimentação corresponda à de um britador de mandíbulas, o britador giratório primário terá de ser bem mais alto e bem mais pesado.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.2.1.3. Impactores.

O britador de impacto primário tem alta capacidade de produção e é projetado para aceitar grandes tamanhos de pedra na alimentação.

Os impactores primários se destinam a processar de 200 até 1.800 t/h e tamanhos de alimentação de até 1.830 mm (71 polegadas) no modelo maior.

São geralmente utilizados em aplicações não abrasivas e onde a produção de finos não representa nenhum problema.

Dentre todos os tipos de britadores primários, o impactor é o que gera o produto mais cúbico.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

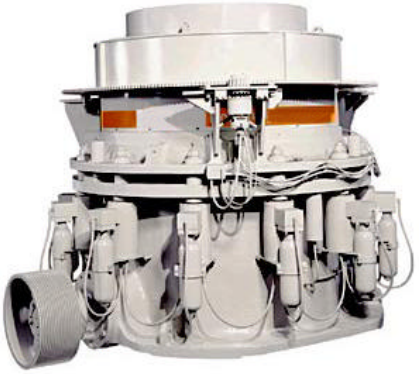
2.2.2. BRITAGEM INTERMEDIÁRIA.

O objetivo da britagem intermediária é produzir várias granulometrias grossas (agregado para base, por exemplo) ou preparar o material para a rebritagem final.

Se a britagem intermediária for usada para produzir lastro ferroviário, a qualidade do produto é importante. Em outros casos, normalmente, não há maiores exigências embora, naturalmente, o produto tem de ser adequado para a rebritagem fina.

Na maioria dos casos, o objetivo é obter a maior redução possível com o mais baixo custo.

Graças à sua alta capacidade de produção e baixos custos operacionais, utilizam-se com freqüência rebritadores cônicos para a britagem intermediária.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.2.3. BRITAGEM FINA E CUBICIZAÇÃO.

As especificações de qualidade são rigorosas para os produtos finais, especialmente no âmbito da indústria de agregados. As exigências comuns da parte dos clientes, tanto da produção de agregados quanto das minerações, são capacidade e qualidade (granulometria).

A indústria de agregados tem exigências adicionais de qualidade tais como o formato cúbico das partículas.

Na maioria dos casos, as funções de britagem fina e cubicização se combinam num único estágio de britagem. A seleção de um britador para tal serviço requer experiência prática e conhecimentos teóricos.

O usuário terá de optar entre os dois tipos principais de máquinas para britagem final e cubicização, ou seja, rebritadores cônicos e impactores. Os fatores decisivos na escolha do tipo mais apropriado de máquina são as características de abrasividade e britabilidade do material e a curva de distribuição granulométrica desejada.

2.2.3.1. Rebritadores cônicos.

Em virtude de seu projeto, os rebritadores cônicos têm geralmente custos de investimento maiores que os impactores. Todavia, graças ao baixo desgaste numa máquina aplicada corretamente, o rebritador cônico é operacionalmente menos dispendioso que um impactor convencional.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Portanto, usuários que britam materiais duros ou abrasivos são aconselhados a instalar rebritadores cônicos no estágio de britagem final e cubicização.

Os rebritadores cônicos podem dar formato cúbico a granulometrias finas, algo impossível para os impactores convencionais.

Também podem ser adaptados para diferentes aplicações, fator importante quando as especificações dos clientes mudam com freqüência durante a vida útil da máquina.

2.2.3.2. Impactores.

A família dos britadores de impacto abrange dois tipos principais de máquinas.

O tipo convencional tem rotor com eixo horizontal.

O outro tipo trata-se de um britador centrífugo com eixo vertical e é usualmente chamado de VSI (impactor de eixo vertical).

Os impactores funcionam pelo princípio de transmitir rapidamente energia ao material alimentado e costumam gerar produtos cúbicos.

Podem oferecer altas taxas de redução contanto que o material alimentado não seja fino demais. Isto significa que, em certos casos, um único impactor pode fazer o mesmo serviço que vários estágios de britagem com britadores de compressão (britadores de mandíbulas, giratórios ou cônicos).

Os impactores se prestam melhor para materiais considerados não-abrasivos.

Os dois tipos principais de impactores podem ser subdivididos em vários grupos.

As máquinas convencionais de eixo horizontal se apresentam em muitos formatos e tamanhos, desde britadores primários de alta capacidade destinados a grandes pedreiras de calcário até máquinas especiais projetadas para britar materiais como escória.

Fonte: Furlan, 2007.

Os britadores VSI se subdividem em duas categorias principais: máquinas dotadas de placas de impacto ao redor da carcaça e máquinas que em vez disso utilizam uma camada de acúmulo de material.

O primeiro tipo é em muitos aspectos similar ao impactor convencional com eixo e rotor horizontais.

O segundo tipo tornou-se extremamente popular na última década e é identificado como autógeno, impactando o material saído do rotor contra a parede revestida do próprio mineral.

A diferença entre um impactor convencional e um autógeno é que este último tem menores custos operacionais.

Num VSI autógeno, o material é submetido a alto grau de britagem inter-particulas, isto é, pedra contra pedra.

Nos outros impactores, quase toda a cominuição é realizada pelo impacto de pedra contra metal e os custos com desgaste são elevados.

Usuários que operam instalações antigas, reformadas ou ampliadas, muitas vezes têm dificuldades com o formato do produto. Para tais clientes, a inclusão de um VSI no estágio final de britagem oferece uma solução para o problema de formato deficiente.

O mesmo se aplica a muitos conjuntos móveis de britagem.

Considerando que, em geral, há um número limitado de estágios em tais conjuntos, torna-se quase impossível obter um bom formato de produto (a menos que a rocha favorece naturalmente a geração de produtos cúbicos). Um britador VSI no estágio final resolve o problema.

Fonte: Furlan, 2007.

3. MOAGEM.

O termo moagem se aplica quando a redução de tamanho envolvida visa a obtenção de produtos com granulometria inferior a 10 milímetros.

A moagem também se desenvolve em estágios subseqüentes, considerando-se as relações de redução pertinentes.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente impacto, compressão e cisalhamento.

Os equipamentos mais usados são os moinhos tubulares rotativos (bolas e barras), vibratórios, de rolos e de impacto.

3.1. CONCEITOS GERAIS.

Pode-se definir “moagem” com um processo de cominuição, no qual o material é fragmentado, ou reduzido de tamanho, entre duas superfícies móveis que não possuem entre si qualquer sujeição mecânica.

Grande parte da moagem industrial é realizada pelos chamados “moinhos rotativos” que são basicamente cilindros rotativos revestidos internamente com placas de desgaste, dentro dos quais os “corpos moedores” (bolas, barras, “pebbles” ou “cylpebs”) se movem livremente ao realizar seu trabalho de cominuição sobre o material a moer. Estes corpos moedores são elevados pela rotação do moinho até uma determinada altura, caindo então sobre as placas de revestimento.

A ação que motiva a quebra do material é o resultado da combinação da queda dos corpos moedores sobre o revestimento do moinho, do escorregamento dos mesmos corpos moedores sobre esse revestimento e, finalmente, o impacto ou escorregamento dos corpos moedores entre si.

A ação de queda chamada “cascata” ou “catarata”, conforme a rotação do moinho seja mais lenta ou mais rápida provoca a quebra do material por impacto, enquanto a ação de escorregamento origina a moagem por atrito.

Encontrar o devido equilíbrio entre essas duas ações de cominuição é a questão fundamental da moagem em moinhos rotativos.

3.2. TIPOS DE MOAGEM.

Os processos de moagem são usualmente classificados em dois grupos:

- Moagem via úmida.
- Moagem via seca.

3.2.1. VIA ÚMIDA.

É o processo no qual o material é misturado à entrada do moinho com uma quantidade suficiente de água, de modo a formar uma “pasta” ou “polpa”.

As pastas ou polpas são referidas em termos de porcentagem de sólidos na polpa ou de porcentagem de água, sempre expressas em peso.

A moagem por via úmida requer apenas 77% da potência para o mesmo material e granulometria (de alimentação e do produto) que seria necessária por via seca, o que é fácil de se entender pela ação lubrificante e transportadora da água.

Todavia o consumo de corpos moedores e revestimentos é de 5 a 7 vezes o obtido por via seca. Esse considerável desgaste é devido à corrosão, oxidação e falta de recobrimento dos corpos moedores e das placas que estão continuamente expondo novas superfícies metálicas ao desgaste.

Apesar de todos estes inconvenientes, a moagem por via úmida apresenta dois fatores altamente positivos:

- Facilidade de controle, uma vez que a operação de moagem pode ser controlada pela densidade da polpa e pelo nível da descarga do moinho.
- A moagem por via úmida não necessita de coletores do pó, podendo-se manter os níveis de poluição da instalação nos melhores padrões sem recorrer a equipamentos sofisticados e de manutenção dispendiosa.

3.2.2. VIA SECA.

É aplicada quando:

- Os processos subseqüentes são a seco, e o produto final deve ser fornecido seco.
- Se torna difícil ou oneroso remover o líquido usado para realizar a moagem.
- O material reage com a água, formando produtos indesejáveis.

3.3. CIRCUITOS DE MOAGEM.

Basicamente, existem dois tipos de circuitos de moagem:

- Circuito aberto.
- Circuito fechado.

3.3.1. CIRCUITO ABERTO.

A moagem em circuito aberto é feita em moinho que recebe pelo lado da alimentação o material a moer e fornece pelo lado da descarga o produto, em uma só passagem pelo moinho.

Trabalham em circuito aberto, usualmente, os seguintes moinhos:

- Praticamente todos os moinhos de barras.
- Muitos moinhos de matéria-prima da indústria do cimento, pelo processo via úmida (chamados corretamente de moinhos de pasta).
- Moinhos usados em processos em que a remoção da água do produto classificado seja ineficiente ou anti-econômica.
- Moinhos que não dispõem de sistema de classificação ou em que o custo do mesmo torne o processo inviável economicamente.
- Moinhos nos quais a produção de materiais extremamente finos não seja prejudicial e também seja permitido algum resíduo acima do tamanho especificado ("Tramp oversize").

3.3.2. CIRCUITO FECHADO.

A moagem em circuito fechado é aquela em que a descarga é conduzida a um dispositivo de classificação e o "oversize" retornado ao moinho.

Neste tipo de circuito, portanto, uma determinada partícula do material pode realizar várias passagens através do moinho, até alcançar o tamanho desejado do produto final.

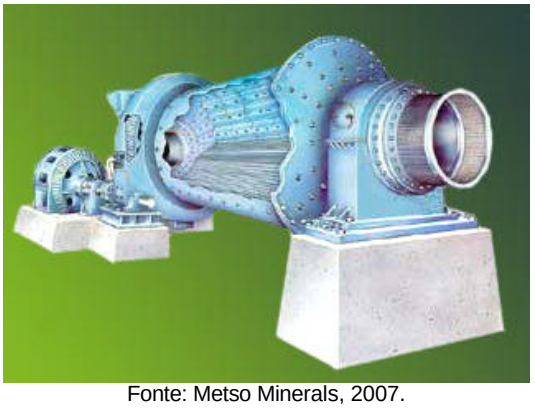
O "oversize" retornando ao moinho é chamado carga circulante, que é usualmente referida em porcentagem sobre a alimentação nova do moinho.

3.4. MOINHOS ROTATIVOS.

Costumam ser classificados a partir da natureza dos seus corpos moedores. São os seguintes os tipos principais:

3.4.1. MOINHOS DE BARRAS.

São moinhos aplicados para moagem grosseira, fornecendo produtos desde 100% passante em 4,76 mm (4 mesh) até 100% passante em 0,60 mm (28 mesh) e podem ser usados tanto em via úmida como em via seca.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

Basicamente é uma máquina para circuito aberto. A taxa de redução é limitada, sendo entre 4:1 e 8:1 para descarga periférica central, podendo atingir valores entre 15:1 e 20:1 para descarga por "overflow", ou periférica de topo.

Em determinadas aplicações, pode-se conseguir taxas de redução maiores, mas, nesses casos, o moinho irá operar com baixa eficiência.

A alimentação recomendada é 80% passante em 19 mm (¾") ou mais fina, podendo chegar até 80% passante em 9,6 mm (3/8").

As barras devem ter sempre comprimento 150 mm (6") menor que o comprimento interno efetivo do moinho.

Em moinhos de barras usam-se três tipos principais de descarga:

- Periférica central – para moagem grosseira, usada em via seca ou úmida.
- Periférica de topo – usada quase sempre em via seca.
- "Overflow" (transbordamento através do furo do munhão da tampa da descarga), usada apenas para via úmida. O nível da descarga da polpa situa-se normalmente 50 a 100 mm (2" a 4") abaixo do nível da abertura da alimentação, o que permite um leve gradiente no escoamento da polpa.

3.4.2. MOINHOS DE BOLAS.

Esta é a designação genérica dos moinhos rotativos que usam esferas de aço fundido ou forjado ou ainda ferro fundido como corpos moedores, embora também caibam nesta designação os que empregam pequenos cilindros ("cylpebs"), ou outros corpos de forma especial.

São chamados "moinhos de bolas", mais especialmente, aqueles que possuem uma só câmara de moagem e em que o comprimento útil dessa câmara é menor que o dobro do seu diâmetro. Podem ser usados para via úmida ou via seca.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Na maioria das suas aplicações envolve o uso de circuito fechado de moagem, uma vez que, sendo o seu comprimento curto, não há controle do tamanho máximo do produto através da operação dentro do moinho propriamente dito.

Os tamanhos das bolas são selecionados a partir do tamanho da alimentação e do "grau de resistência" ou fator de trabalho ("work index") do material. Como regra grosseira pode-se adotar a seguinte: o maior tamanho de bola deve ser 4 a 5 vezes o tamanho da alimentação.

O moinho de bolas deve iniciar a sua operação como uma carga de bolas escalonada, isto é, com vários tamanhos de bolas abaixo do tamanho máximo de bola obtido pelo cálculo.

Dependendo dos desgastes e características de moagem, a reposição das bolas deverá ser feita apenas com o maior tamanho de bola usado para a carga inicial, ou no máximo incluir um ou dois tamanhos abaixo deste.

A experiência demonstra que a redução de diâmetro de qualquer bola é a mesma, independente do valor do seu diâmetro inicial, isto é, se um moinho contém bolas de 3”, 2” e 1”, elas perderão com o uso 1/8” no diâmetro de qualquer delas, num mesmo intervalo de tempo.

Os moinhos de bolas são essencialmente unidades de moagem fina, capazes de fornecer produtos desde 80% passante em 0,42 mm (35 mesh) até extremamente finos, passantes em malhas de poucos mícrons.

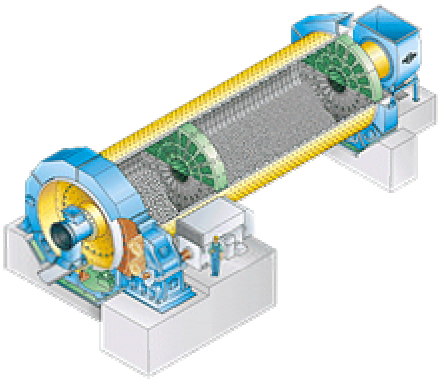
A sua alimentação varia consideravelmente, podendo chegar a tão grosso como 80% passante em 19 mm (¾”). Normalmente, é recomendável que a alimentação não exceda 80% passante entre 9,6 e 12,7 mm (3/8” e ½”).

Para produto mais fino, é recomendável abaixar esses valores. A alimentação ideal para um moinho de bolas é a de 80% passante entre 0,8 e 1,2 mm (14 e 20 mesh).

Geralmente a preparação da alimentação de um moinho de bolas é feita por moinho de barras ou britadores (terciários ou quaternários).

3.4.3. MOINHOS “COMPEB”.

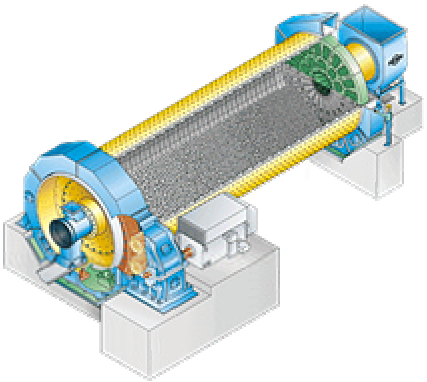
São moinhos de várias câmaras, com grelhas entre elas e empregando sempre diafragmas de descarga.



Fonte :Polysius, 2007.

3.4.4. MOINHOS “BALLPEB”.

Também conhecidos por “tube mills”, são moinhos de bolas longos com L/D = 2 ou mais, recebendo alimentação já fina (80% passante entre 0,8 e 1,2 mm) e fornecendo produtos muito finos (80% passante em 0,075 mm ou mais fino).



Fonte: Polysius, 2007.

Usam bolas pequenas, e podem ter 1 ou 2 compartimentos, no último caso quando L/D = 2,5 ou 3.

3.4.5. “PEBBLE MILLS”.

Tratam-se de moinhos revestido com placas de sílex ou de cerâmica, usando seixos, esferas de sílex ou de cerâmica como corpos moedores (“pebbles”).

Giram usualmente a 75% da velocidade critica ou mais, e são carregados a 35 – 40% do volume.

São empregados quando não pode haver contaminação metálica no produto.

3.4.7. MOINHOS AUTÓGENOS E SEMI-AUTÓGENOS.

Baseia-se num princípio muito antigo, agora atualizado, ou seja, o de moer empregando o próprio material como corpo moedor, usando para isso alguns blocos de grandes dimensões e eliminando, tanto quanto possível, a maior parte dos corpos moedores de aço ou ferro fundido.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Os materiais mais granulares são os mais aptos para a moagem autógena, reduzindo também a produção de material extremamente fino.

A falta de blocos grandes conjugada, por vezes, com a presença de tamanhos intermediários duros, pode conduzir a uma situação crítica que se poderá descrever como “material muito fino para ele próprio moer e muito grosso para ser moído”.

Em determinadas circunstâncias, torna-se necessário adicionar algumas bolas de 5” e 6” a um moinho autógeno primário (variando a adição entre 5% e 20% do volume do moinho) para suplantar a falta da quantidade suficiente de blocos maiores. Nesse caso, o moinho é chamado de semi-autógeno.

Modernamente, usa-se também uma britagem (intercalada no circuito do moinho) para quebra de corpos críticos, denominados “pebbles”.

3.5. MOINHOS VIBRATÓRIOS.

Apresentam as seguintes características principais:

- Alta eficiência devido ao movimento circular em alta rotação junto com a vibração, conferindo 30 a 40% a mais de energia à moagem.
- Alto enchimento de bolas (80%) com intenso impacto/atrito/cisalhamento.
- Baixo tempo de retenção (30-40 segundos) minimizando o “overgrinding”.

- Aplicações em metais (ligas), abrasivos (sílica), agregados (areias), pigmentos de tinta e outros.
- Baixo custo operacional e de instalação.
- Ocupa pouco espaço.

3.6. MOINHOS VERTICAIS.

Somente nos EUA, calcula-se que os equipamentos de cominuição consumam 32 bilhões de kWh.

Grande porcentagem dessa energia vai para aplicações de moagem fina. Quando esta ocorre em moinhos cilíndricos horizontais, a geração de ruído e calor indesejáveis desperdiçam energia valiosa.

Os moinhos verticais, operando com um princípio de funcionamento totalmente diferente dos moinhos horizontais, tornam-se uma alternativa eficiente em economia de energia para aplicações de moagem fina por via úmida.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Os corpos moedores (bolas de aço, seixos cerâmicos ou naturais) são agitados por uma espiral de rosca dupla suspensa (agitador de carga). O material de alimentação e água são introduzidos por uma abertura na parte superior do equipamento. Uma bomba centrífuga externa de reciclagem cria uma aceleração ascendente, pré-determinada, que provoca a classificação de partículas na parte superior do corpo do moinho. A pré-classificação e remoção de granulometria de produção na alimentação reduzem a remoagem desnecessária e aumentam a eficiência. As partículas minúsculas sobem, ao passo que as maiores são arrastadas para os corpos moedores, sendo moídas.

A moagem ocorre por atrito/abrasão. A pressão relativamente alta entre os corpos moedores e as partículas a serem moídas contribui para melhorar a eficiência de moagem. Por haver maior pressão entre os corpos moedores e menor geração de calor e ruído, consome menos energia do que o moinho horizontal para realizar o mesmo trabalho.

Os corpos moedores preenchem a parte inferior do corpo do moinho, exceto no pequeno espaço logo abaixo das roscas. Quando se utilizam bolas de aço, a altura típica da camada de moagem é de 1.800 a 2.400 mm (6 a 8 pés). O material é levado para cima pelas roscas e se precipita no espaço existentes entre as extremidades das roscas e do diâmetro interior do corpo do moinho.

A polpa transborda para fora do corpo do moinho e se deposita num tanque separador, equipado com válvula tipo dardo e dispositivo de controle que dividem a polpa em fluxo de processo e fluxo de reciclagem.

O fluxo de reciclagem é controlado para criar uma aceleração ideal ascendente no corpo do moinho, destinada a uma aplicação especifica de moagem. O fluxo de processo se torna produto acabado ou alimenta um sistema externo de classificação.

Quando comparado com um moinho horizontal, o vertical apresenta as seguintes vantagens:

- Maior aproveitamento da energia
- Menos geração de finos
- Menos ruídos – geralmente abaixo de 85 dB
- Menores custos operacionais
- Menos peças móveis
- Menos tempo de parada para manutenção
- Menores custos de instalação
- Exige menos espaço de piso
- Fundação simples
- Maior segurança durante funcionamento

Originalmente, os moinhos verticiais foram projetados para aplicações de moagem fina. Testes posteriores e instalações bem sucedidas demonstraram sua versatilidade, constituindo ótima opção para:

- Moagem fina e ultra-fina
- Moagem primária
- Moagem secundária
- Concentrados de re-moagem

3.7. MOINHOS “SRR”.

Os moinhos SRR (Solid Rubber Roller) empregam componentes padrão e utilizam barras ou bolas como copos moedores.

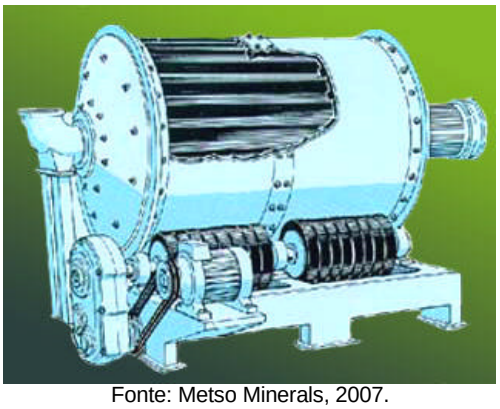
Roletes de borracha apóiam o moinho e servem também para transmitir potência ao mesmo.

Por apresentarem variações do projeto padrão de moinhos, os modelos SRR constituem uma alternativa econômica para ampla gama de aplicações de moagem.

Operam por via úmida ou via seca, com descarga por “overflow” ou grelha.

Montados sobre uma sólida estrutura de aço, são de fácil movimentação.

Sua limitação se restringe ao diâmetro máximo de 2,4 metros.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

3.8. MOINHOS BI-CÔNICOS.

Os moinhos bi-cônicos apresentam maior eficiência quando o tamanho máximo de alimentação é inferior a 1" e a contaminação por ferro não representa fator preponderante.

Operam tanto por via úmida quanto por via seca, com descarga por "overflow" ou grelha parcial.

Disponível em tamanhos pequenos e médios, tais moinhos variam de 2 a 450 HP para moagem via úmida e de 2 a 500 HP para moagem via seca.

Apresentam corpo cônico para carga "graduada" de bolas e taxa de redução otimizada, resultando numa moagem eficiente com "alta taxa de redução".

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Quando partículas de diferentes tamanhos e densidades se resolvem num cone, elas se auto-classificam e as maiores se alojam no ponto de maior diâmetro. O formato do moinho bi-cônico exerce uma ação classificadora em seu interior, resultando em maior eficiência e menor consumo de energia.

4. PENEIRAMENTO.

O peneiramento é um processo mecânico de separação de partículas que se utiliza de uma superfície perfurada para tal.

As partículas com dimensões superiores à da abertura considerada tendem a ficar retidas na superfície, e as com dimensões inferiores tendem a atravessar a mesma.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente estratificação e segregação.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são as peneiras vibratórias, rotativas e estáticas.

4.1. CONCEITOS GERAIS.

Os princípios de peneiramento em peneiras vibratórias são basicamente os mesmos em qualquer aplicação.

O material a ser peneirado, ao ser lançado sobre a caixa de alimentação ou diretamente sobre a superfície de peneiramento, perde seu componente vertical de velocidade, sofrendo alteração na direção de deslocamento. Por vibração, a camada de material tende a desenvolver um estado fluido.

Uma vez o material esteja sobre a superfície de peneiramento, ocorrem dois processos que possibilitam a classificação: estratificação e separação.

4.1.1. ESTRATIFICAÇÃO.

É o processo que ocorre na camada de material, por efeito do movimento vibratório, ao deslocar-se sobre a superfície de peneiramento, pelo qual as partículas menores, escoando através dos vãos criados pelas partículas maiores, encaminham-se para a parte inferior da camada, indo de encontro com a superfície de peneiramento, enquanto as partículas maiores tendem a se deslocar na parte superior da camada.

Os fatores inter-relacionados que afetam a estratificação são:

- Forma de percurso do material: função da estratificação do material, espessura da camada, características de funcionamento e da inclinação da peneira.
- Características de funcionamento: amplitude, direção, rotação, tipo de movimento e freqüência.
- Umidade superficial das partículas: alto teor de umidade dificulta a estratificação.

4.1.2. PROBABILIDADE DE SEPARAÇÃO.

É o processo em que as partículas entram em contato com a tela e são rejeitadas se maiores que as aberturas da mesma ou passam através delas, se menores.

A probabilidade de separação de uma dada partícula é função da relação entre o seu tamanho e a abertura da tela. Quanto maior for a diferença entre ambos, mais facilmente passam ou são rejeitadas pela tela e vice-versa.

As partículas de tamanho $d>1,5a$ (a = abertura da malha) têm reduzida importância para o resultado do peneiramento. A quantidade relativa destas influi principalmente no desgaste e na energia consumida.

As partículas $d<0,5$ a são também de menor influência, uma vez que atravessam facilmente as malhas.

As partículas $0,5a<d<1,5a$, chamadas “classe crítica”, determinam tanto a eficiência como a capacidade, pois:

- As partículas $0,5a<d<a$, muitas vezes, necessitam de várias tentativas para conseguir passar pela abertura da tela.
- As partículas $a<d<1,5a$ entopem grande número de malhas antes de saírem da tela como material retido.

4.1.3. MECANISMO DE CLASSIFICAÇÃO.

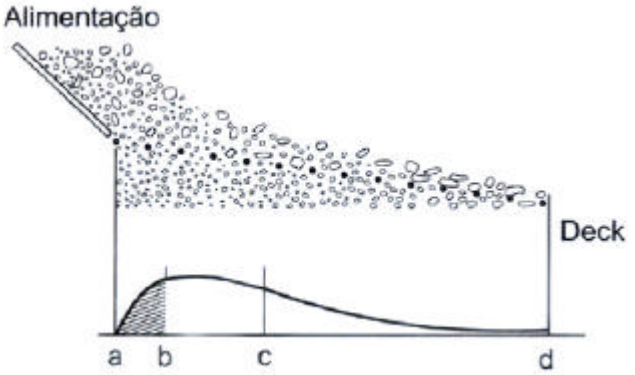
A taxa de material que flui através das aberturas variará dependendo do grau de estratificação e probabilidade.

Quando o material é introduzido na extremidade de alimentação da peneira, a vibração provoca a estratificação (vide figura abaixo). Esse trecho está compreendido entre os pontos “a” e “b”, com estratificação máxima em “b”.

A máxima remoção das partículas ocorre de “b” até “c” (trecho de peneiramento saturado), que é o ponto de mais alto grau de probabilidade, porque apresenta alta porcentagem de partículas finas.

O trecho subseqüente é de baixo grau de probabilidade, que vai do ponto “c” ao “d”. Nesse trecho, a probabilidade de a partícula passar através da abertura é menor porque haverá maior porcentagem de partículas pertencentes à “classe crítica”.

Em uma peneira típica de separação simples, como mostrada na referida figura, uma separação perfeita (100% de eficiência) não é comercialmente praticável, porque do ponto “d” em diante a probabilidade de as partículas passarem através da abertura se torna extremamente baixa.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

Teoricamente, para uma separação perfeita, a peneira deveria ser infinitamente longa, pelo fato de que a curva da figura torna-se assintótica no eixo do comprimento da peneira.

Um peneiramento “comercialmente perfeito” é normalmente considerado aquele na ordem de 90 a 95% de eficiência.

Uma “separação perfeita” é definida pela análise em um ensaio de laboratório com tempo de peneiramento variando de 1 a 3 minutos. Comercialmente, isto é equivalente ao deslocamento das partículas de 30 a 60 m ao longo da peneira, ao passo que, o comprimento da maior peneira simples em fabricação é de 8 m.

4.1.4. MOVIMENTO VIBRATÓRIO.

A vibração é produzida geralmente por mecanismos vibratórios, baseados em massas excêntricas com amplitude de 1,5 a 6 mm, operando numa faixa de 700 a 1000 rpm.

Para boa qualidade de separação é necessário ter-se uma relação certa entre amplitude e a freqüência.

Sendo desejável que a partícula, ao deslocar-se sobre a superfície de peneiramento, não caia na mesma abertura, mas não salte também, ultrapassando várias aberturas, deve-se observar o seguinte:

- Malha maior: amplitude maior – rotação menor.
- Malha menor: amplitude menor – rotação maior.

Nas peneiras inclinadas, o movimento vibratório é circular num plano vertical. A vibração levanta o material, produzindo a estratificação e as partículas deslocam-se sobre a superfície de peneiramento, devido ao impulso do movimento vibratório e pela própria inclinação.

Nas peneiras horizontais, o movimento deve ser capaz de transportar o material sem a ajuda da força da gravidade.

Um movimento linear com um ângulo de aproximadamente 45º com a horizontal produz um componente de levantamento para a estratificação e um componente para o transporte.

4.1.5. EFICIÊNCIA DO PENEIRAMENTO.

Uma das grandes preocupações na classificação é a eficiência de peneiramento. Basicamente, a eficiência é a qualidade de separação que a peneira nos fornece.

Uma peneira trabalhando com eficiência inadequada poderá causar sérios problemas, entre os quais:

- Sobrecarga do circuito fechado de britagem: uma peneira trabalhando com baixa eficiência origina maior carga circulante, pois a parte do material que deveria passar pela peneira retorna ao circuito, diminuindo a capacidade real dos britadores e sobrecarregando as correias transportadoras e outros equipamentos auxiliares.
- Produtos fora de especificação: Uma peneira classificadora final, trabalhando com baixa eficiência poderá originar produtos contaminados com partículas de dimensões fora de especificação, além dos limites de tolerância.

4.2. GRELHAS VIBRATÓRIAS.

Destinam-se às instalações onde o volume de finos do material proveniente da jazida (“run of mine”) seja tal que justifique a sua remoção antes do britador primário.

Outra aplicação comum é o escalpe do material antes do rebritador secundário.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

A adoção da grelha proporciona vários benefícios, entre os quais:

- Permite a utilização de britadores de tamanhos menores.
- Permite que o britador alcance sua plena capacidade de produção.
- Reduz o desgaste por abrasão dos revestimentos do britador.
- Os finos formam uma forração protetora para a correia transportadora.

Apresentam as seguintes características construtivas:

- Estrutura monobloco soldada e reforçada.
- Trilhos conjugados em aço com grande resistência à abrasão e impacto.
- Adequada amplitude e freqüência de vibração, proporcionam alta capacidade de produção e evitam o entupimento dos trilhos.
- Proteção das chapas laterais e da caixa de alimentação contra o desgaste.

4.3. PENEIRAS VIBRATÓRIAS INCLINADAS.

As peneiras vibratórias inclinadas foram especialmente desenvolvidas para suportar os diversos serviços de peneiramento em instalações de portes variados.

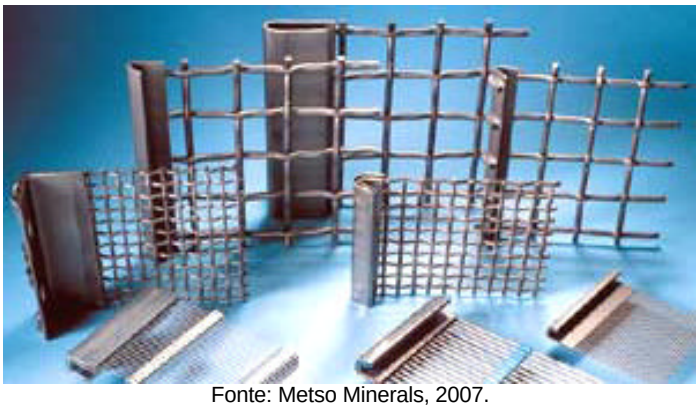
O seu uso alivia a carga dos rebritadores, eliminando os finos da alimentação, resultando em maior capacidade de produção das instalações.

Para suportar o peneiramento de pesados blocos, provenientes da britagem primária, modelos especiais são construídos com estrutura super-reforçada e com mecanismos que proporcionam elevada amplitude de vibração.

Modelos tradicionais, destinadas à classificação intermediária e final, são fabricadas em versões de dois, três ou quatro decks.

Fonte: Furlan, 2007.

Aceitam qualquer tipo de telas classificadoras, tais como arame, poliuretano e borracha.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

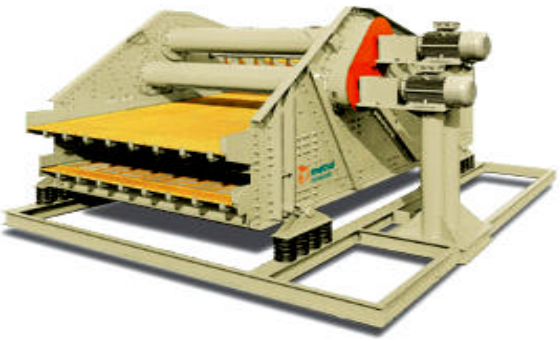
Apresentam as seguintes características construtivas:

- Corpo formado por laterais e quadros suporte das telas.
- Junções entre as partes feitas através de parafusos, ou parafuso-rebites, imunes à soltura por vibração.
- Vibradores dotados de contrapesos externos ajustáveis ao eixo excêntrico rígido, suportados por rolamentos auto-compensadores de rolos, lubrificados por banho de óleo.
- Acionamento através de eixo cardan e um jogo de polias estacionárias com correias em V (acionamento direto).

- A bandeja traseira distribui a alimentação aproveitando a largura total da peneira para a classificação.
- Freios de fricção suavizam a parada.
- Para máquinas de grandes dimensões, o movimento vibratório é gerado a partir de mecanismos especiais, sincronizados através de polias e correias.

4.4. PENEIRAS HORIZONTAIS.

As peneiras horizontais foram especialmente projetadas para a classificação final de produtos, podendo ser utilizadas em processos de lavagem e desaguamento dos mais variados materiais, em indústrias e minerações.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam como principais características construtivas a estrutura super-reforçada e o movimento vibratório linear que é gerado por um par de vibradores auto-sincronizados, permitindo o transporte horizontal do material, tornando o modelo especialmente atrativo em plantas com limitação de espaço para a instalação de peneiras inclinadas.

Modelos especiais de peneiras horizontais, operando em faixas de maior freqüência, foram especialmente projetadas para a classificação de materiais de granulometria fina (4 a 60 mesh), por via seca.

Fonte: Simplex, 2007.

Apresentam as seguintes características construtivas:

- Enclausuramento e acionamento da peneira são fornecidos num mesmo conjunto, permitindo a sua rápida instalação.

- O acesso à tela de peneiramento é feito através de painéis encaixados, leves e fáceis de remover.
- Bica da alimentação com chapas defletoras espalha o material em toda a largura da peneira, possibilitando o aproveitamento total da área de peneiramento.
- Acionamento por motores acoplados diretamente elimina os problemas de desgastes que ocorre nas polias e correias “V”.

4.5. PENEIRAS DESAGUADORAS.

As peneiras desaguadoras foram projetadas especialmente para a função de desaguamento de materiais de granulometria fina.

Sua aplicação característica é na saída de classificadores espirais e pós-estágios terciários e quaternário de peneiramento, onde houver adição de água.

A função básica é recuperar os finos de produtos presentes na polpa.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Estas peneiras apresentam movimento linear produzido por auto-sincronismo e são equipadas com dois pares de vibradores de eixo longo que giram em sentidos opostos, podendo ser acionados de forma direta por eixos cardans e motores.

A camada de material, para se obter elevada eficiência no processo de desaguamento, deve ser alta (geralmente superior a 100 mm, com a finalidade de promover a separação do fluido pela sua compactação).

Parte do liquido passará através das telas, e o restante aflorará acima da camada.

Telas verticais, localizadas na parte da traseira e nas laterais do equipamento, facilitam o escoamento da água que emerge devido á compactação do material.

Para se conseguir a máxima compactação (compressão) do material sólido, estas peneiras trabalham com alta aceleração e geralmente com inclinação ascendente (negativa) que poderá ser modificada para otimizar o processo de compactação do material.

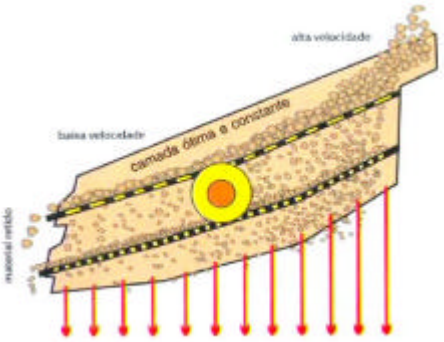
As telas normalmente utilizadas são de poliuretano, por motivos de durabilidade, com aberturas retangulares tipo fenda, com aberturas retangulares tipo fenda, em construção plana, auto-portante.

4.6. PENEIRAS TIPO BANANA.

As peneiras vibratórias de inclinações múltiplas, tipo “banana” foram projetadas e dimensionadas para atender às exigências individualizadas nas aplicações em mineração e agregados.

Disponíveis em configurações de um ou dois decks, as áreas de peneiramento apresentam diferentes inclinações em que o ângulo diminui progressivamente à medida que se aproxima do ponto de descarga.

São especialmente eficientes no processamento de grandes volumes de material com altos níveis de umidade.



Fonte: Metso Minerals, 2005.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Processam todos os tipos de minerais, minérios, carvão e brita.
- Combinam a alta capacidade com a alta eficiência de peneiramento.
- Projeto personalizável, oferecendo opções ao usuário final.
- Praticamente eliminam o problema de entupimento de tela e aglutinamento de material.
- A suavização do ângulo de inclinação a cada metro minimiza o desgaste e controla a taxa de fluxo do material para obter a máxima eficiência.
- Instalação econômica e de alta flexibilidade, exigindo mínimas mudanças estruturais no caso de substituir peneiras já existentes.
- Exigem menos espaço que as peneiras convencionais de capacidade comparável.

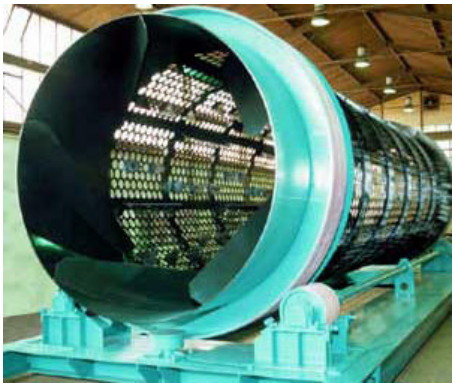
Apresentam as seguintes características construtivas:

- Construção resistente, com chapas laterais inteiriças fixadas por parafusos rebites e reforçadas em todo o perímetro.
- Chapas laterais, bandeja de alimentação e lábios de descargas dotados de revestimentos substituíveis resistentes à abrasão.
- Vigas caixão transversais com alívio de tensão e proteções de borracha.
- Trilhos fixados às vigas transversais por parafusos rebites.
- Robusto mecanismo vibratório.
- Contrapesos ajustáveis com insertos de aço ou chumbo.
- Eixos paralelos super-dimensionados.
- Rolamentos esféricos de alta durabilidade.

4.7. PENEIRAS ROTATIVAS.

Embora largamente utilizadas no passado e posteriormente substituídas pelas peneiras vibratórias, ainda encontram aplicações importantes em situações especiais.

São constituídas basicamente de setores cilíndricos de chapa perfurada, (justapostos ou co-axiais) dotadas de uma pequena inclinação em relação à horizontal e apoiadas sobre roletes ou pneus, às quais é imprimido um movimento rotacional de baixa intensidade.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

De construção robusta e simples operação, são utilizadas no peneiramento via úmida de cascalhos em plantas de pequeno porte, demandando baixo consumo energético.

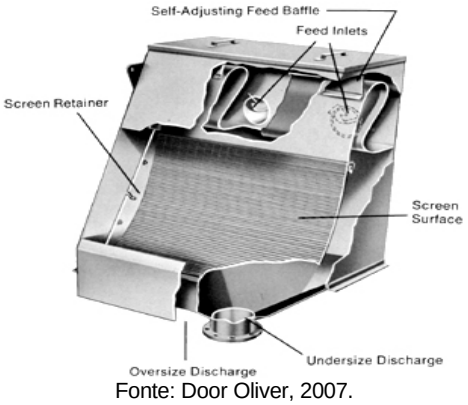
4.8. PENEIRAS ESTÁTICAS.

As peneiras estáticas são utilizadas em processos via úmida.

São estacionárias, tendo uma superfície parabólica ou cilíndrica constituída de barras dispostas horizontalmente, que formam a geratriz do cilindro.

O material a ser peneirado é alimentado tangencialmente à peneira e seu fluxo é perpendicular às barras.

O peneiramento ocorre por probabilidade de passagem, e a abertura da superfície da peneira é o dobro do diâmetro de corte.



Fonte: Door Oliver, 2007.

Fonte: Derrick, 2007.

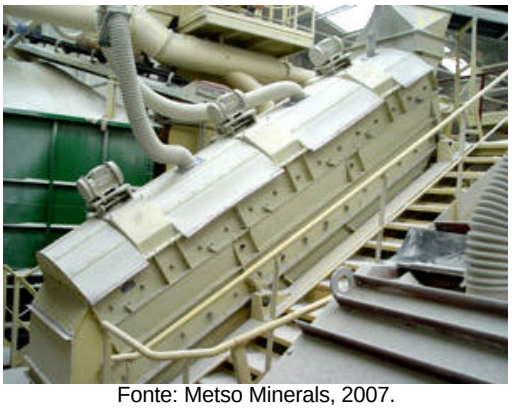
Apresentam elevada capacidade de produção, tendo sido empregadas em circuitos fechados de moagem com granulometria de produto grosseira.

4.9. ENCLAUSURAMENTO E CONTROLE DE PÓ.

A emissão de pó ao meio ambiente constitui um perigo reconhecido para a saúde.

Acelera também o desgaste das máquinas e equipamentos, além de dificultar e onerar os serviços de manutenção e reparos.

Diante do exposto, foram desenvolvidos sistemas padronizados para o controle de pó, principalmente em peneiras vibratórias.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes características construtivas:

- Sistema de vedação praticamente hermético.
- Componentes simples e padronizados.
- Proporcionam substancial redução de ruídos.

4.10. LAVAGEM NA PENEIRA.

A lavagem na peneira é aplicada com a finalidade de remover elementos indesejáveis, principalmente argila e partículas super-finas.

É aplicada também na classificação de materiais finos e/ou úmidos, cujo peneiramento é extremamente difícil sem o emprego da lavagem.

A lavagem é executada aplicando-se jatos de água provenientes de bicos espargidores, dirigidos em forma de cortina de água e sob pressão, sobre o material em classificação, com a finalidade de arrancar as partículas de impurezas aderidas á superfície do mesmo.

Os bicos são instalados em tubos metálicos posicionados transversalmente ao fluxo do material.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Para aproveitamento dos finos liberados (abaixo de 9,6 mm), pode-se utilizar peneiras desaguadoras, lavadores de rosca ou classificadores espirais, ciclones, filtros, decantadores, espessadores, etc.

5. CLASSIFICAÇÃO.

Classificação é o processo de separação que se baseia na velocidade de sedimentação das partículas imersas num meio fluido. Os fluidos mais utilizados são a água e o ar, resultando nos processos denominados hidroclassificação e aeroseparação.

Os mecanismos envolvidos compreendem basicamente fenômenos ligados à mecânica dos fluidos.

Na hidroclassificação, os equipamentos mais usados são os os hidrociclones, os classificadores espirais e outros hidroclassificadores.

Já na aeroseparação, são utilizados os ciclones e os aeroseparadores dinâmicos.

5.1. HIDROCLASSIFICADORES.

5.1.1. HIDROCICLONES.

Os hidrociclones são os equipamentos mais empregados nas operações de classificação, principalmente para fechamento dos circuitos de moagem.

Geometricamente são constituídos de uma parte cilíndrica (superior) acoplada a uma parte cônica (inferior) e dotados das respectivas aberturas de alimentação e descarga dos produtos.

Em termos operacionais, a polpa entra no hidrociclone, sob pressão, através do duto de entrada, no topo da câmara cilíndrica.

Esta entrada pode ser feita tangencialmente ou em voluta, resultando esta última em maior capacidade e melhor performance para o equipamento.

Entrando na câmara, a polpa adquire um movimento de rotação que, por meio da aceleração centrífuga, arremessa as partículas maiores em direção à parede.

As partículas finas são rejeitadas para o centro do hidrociclone, saindo pela abertura superior (“vortex”).

As partículas mais grossas adquirem um movimento descendente e vão descarregar na abertura existente na parte inferior (“apex”).

São normalmente fabricados em chapas de aço revestidas de borracha (grandes diâmetros), moldados em poliuretano (médios diâmetros) ou cerâmica (pequenos diâmetros).

Fonte: Krebs, 2005.

Fonte: Weir Minerals, 2007.

Fonte: Weir Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Elevada capacidade de produção em relação ao seu volume e à área ocupada.

- Controle operacional relativamente simples.
- Pequeno custo de investimento.
- Elevada disponibilidade.

No entanto, apresentam as seguintes desvantagens:

- Necessitam de instalações para o bombeamento de polpa.
- São extremamente susceptíveis às variações das características da alimentação.
- Demandam controles operacionais mais sofisticados.
- Custos operacionais mais elevados.

5.1.2. CLASSIFICADORES ESPIRAIS.

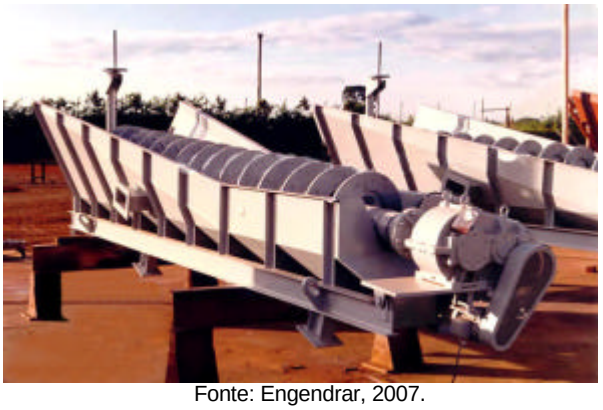
Os classificadores espirais eram os equipamentos mais utilizados na classificação em circuitos fechados de moagem.

Devido ao crescimento de tamanho dos moinhos e dada a maior capacidade de classificação dos hidrociclones, estes últimos acabaram deslocando totalmente a utilização dos classificadores espirais nas instalações de grande porte.

Em contrapartida, nas instalações de pequena capacidade ainda são os equipamentos mais adequados.

Seu campo de aplicação abrange a faixa de 0,8 a 0,074 mm.

Fonte: Metso Minerals, 2007.



Fonte: Engendrar, 2007.

A classificação é feita por sedimentação em regime de queda impedida, num meio constituído de uma suspensão de sólidos, com maior viscosidade e densidade em relação à água. Dentro da bacia do classificador agem forças que arrastam a partícula de forma diferenciada.

As partículas finas, com pequena velocidade de sedimentação, não tem tempo suficiente para decantar abaixo do nível de extravasamento, e são arrastadas para a descarga denominada “overflow”.

As partículas mais grossas tem tempo suficiente para sedimentar abaixo do nível de extravasamento, sendo colhidas pela espiral e descarregadas como “underflow”.

Os classificadores espirais são caracterizados principalmente pelo diâmetro da espiral, existindo no mercado de 6 a 120 polegadas.

Em comparação aos hidrociclones, apresentam as seguintes vantagens:

- São equipamentos robustos.
- Não necessitam de instalações para o bombeamento de polpa.

- O controle operacional é relativamente simples.
- Toleram certas variações das características da alimentação.
- Custos operacionais mais baixos.

No entanto, apresentam as seguintes desvantagens:

- Reduzida capacidade de produção em relação ao seu volume e à área ocupada.
- Elevado custo de investimento.
- Baixa disponibilidade.

5.1.3. OUTROS HIDROCLASSIFICADORES.

Operações específicas de hidroclassificação e deslamagem também são efetivadas utilizando-se outros tipos de equipamentos tais como cones estáticos, cones dinâmicos, separadores centrífugos, etc...

Fonte: Krebs, 2005.

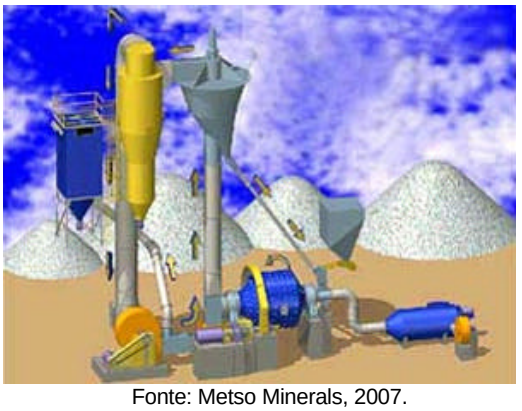
Fonte: AKW, 2007.

5.2. AEROSEPARADORES.

Os aeroseparadores ou classificadores pneumáticos são classicamente divididos em ciclones, classificadores estáticos e dinâmicos.

Operam integrados em circuitos de moagem à seco, constituindo um sistema específico.

Fonte: Furlan, 2007.


Fonte: Metso Minerals, 2007.

Utilizam também equipamentos auxiliares tais como sopradores, exaustores, filtros de manga, válvulas rotativas, etc...

Demandam usualmente significativo consumo energético.

BIBLIOGRAFIA

BERALDO, J.L. *Moagem de Minérios em Moinhos Tubulares.* Editora Edgard Blücher Ltda., 1987.

KELLY, E.G.; SPOTTISWOOD, D.J. *Introduction to Mineral Processing.* John Wiley & Sons, 1982.

METSO *Manual de Britagem.* Metso Minerals, 2005.

WEISS, N.L. *Mineral Processing Handbook.* Society of Mining Engineers, 1985.

SITES

AKW : www.akw.com

DERRICK : www.derrick.com

DOOR OLIVER : www.dooroliver.com

ENGENDRAR : www.engendrar.com.br

FURLAN : www.furlan.com.br

IMETEC : www.imetec.ind.br

KREBS : www.krebs.com

METSO MINERALS : www.metsominerals.com

POLYSIUS : www.polysius.com

SIMPLEX : www.simplex.com.br

WEIR MINERALS : www.weirminerals.com

FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 08 – MANUSEIO E ESTOCAGEM DE MATERIAIS

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.	3
2. MANUSEIO DE MATERIAIS.	3
3. ESTOCAGEM.	13
BIBLIOGRAFIA.	16

ANEXOS

I. PILHAS DE ESTOCAGEM.

1. INTRODUÇÃO.

O manuseio de materiais tem como especialidade os equipamentos de carregamento, descarregamento, transporte e armazenamento de produtos a granel, tais como: carvão, minério de ferro, calcário, grãos, fertilizantes e vários outros materiais afins.

2. MANUSEIO DE MATERIAIS.

O manuseio de materiais constitui uma das maiores operações em qualquer unidade de beneficiamento de minérios.

É requerido entre cada etapa do processo e freqüentemente como parte do mesmo. Abrange não só produtos sólidos e secos como também suspensões aquosas de partículas minerais.

2.1. SÓLIDOS SECOS.

As operações de beneficiamento requerem usualmente o manuseio de sólidos secos, tais como minérios brutos, produtos britados e concentrados secos.

Para materiais com granulometria inferior a 102 mm (4”) são utilizados alimentadores, elevadores de canecas, transportadores de correia, empilhadeiras e retomadoras. Para granulometrias superiores, adotam-se carregadeiras, caminhões e vagões.

2.1.1. ALIMENTADORES.

Os alimentadores são máquinas indicadas para atender às necessidades de alimentação, retomada e dosagem de materiais em pedreiras, minerações e indústrias de base.

Fabricados sob projetos avançados, são de construção robusta, permitindo suportar severas condições de trabalho durante longos períodos.

A grande variedade de modelos e tamanhos possibilita a escolha adequada de alimentadores para os mais diversos tipos de materiais e granulometrias em serviços como:

- Alimentação de britadores primários.
- Retomada de materiais sob silos, pilhas e britadores.
- Alimentação dosada de rebritadores, moinhos, secadores, etc...

São tradicionalmente classificados em alimentadores de sapatas, alimentadores vibratórios, calhas vibratórias, alimentadores de gaveta e alimentadores de correia.

2.1.1.1. Alimentadores de Sapatas.

Os alimentadores de sapatas são máquinas projetadas para atender a qualquer tipo de serviço, seja para materiais secos, úmidos ou pegajosos, ou para operar em ambientes poluídos ou corrosivos.

São máquinas compactas, com tremonha e acionamento integrados à própria base principal, utilizando redutores especiais.

Utilizam roletes e correntes de trator de marcas tradicionais, de fácil aquisição no mercado, que proporcionam um ótimo desempenho e longa vida útil, graças aos seus sistemas de vedação, simples e eficientes.

As sapatas utilizadas são disponíveis em diferentes larguras padronizadas, podendo ser fornecidas fundidas em aço manganês para aplicações pesadas que requeiram alta resistência ao impacto e desgaste ou em chapas de aço laminado para aplicações leves.

O projeto permite que as correntes onde se fixam as sapatas sejam posicionadas externa ou internamente à região da tremonha em função dos requisitos de maior facilidade de acesso para manutenção ou de reduzido gabarito lateral da máquina, onde o espaço físico para instalação seja limitado.

São fabricados em larguras desde 1000 mm a 3000 mm, sendo projetados especificamente para cada caso, podendo atingir as capacidades de alimentação de até 10.000 t/h.

Os comprimentos máximos podem atingir 20 m e potências instaladas de 800 hp. Os acionamentos simples ou duplos podem ser formados tanto por combinação de coroa/pinhão com redutor, redutor direto ou motores hidráulicos de alto torque acoplados diretamente ao eixo motriz.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Alta resistência ao impacto.
- Alta carga admissível por unidade de área.
- Descarga direta na esteira.
- Boa regulagem de fluxo.
- Capacidade para elevação do material.
- Comprimento compatível com a necessidade.
- Permite redução na altura da instalação.
- Manuseia bem materiais argilosos com alto teor de umidade.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- Elevado custo de investimento.
- Manutenção cara.
- Vedação limitada permitindo passagem de finos através da esteira.
- Não classifica nem escalpa finos.

2.1.1.2. Alimentadores Vibratórios.

São divididos em modelos apoiados e suspensos.

Os alimentadores vibratórios apoiados são as máquinas mais empregadas na alimentação de britadores primários, em virtude de sua versatilidade e desempenho.

Constituídos de uma mesa vibratória revestida com placas de desgaste em aço e, na parte final, grelhas de trilhos para separação prévia de fragmentos menores, integram numa só operação a alimentação e a pré-classificação.

A grelha, acima referida, pode ser substituída por uma placa com revestimento, quando o trabalho do alimentador consistir somente em transporte.

A mesa vibratória descreve um movimento linear (inclinado a 45°) e o controle da velocidade de avanço do material e da taxa de alimentação é feito por motores de dupla velocidade e inversores de freqüência.

Fonte: Furlan, 2007.

Os alimentadores vibratórios suspensos foram projetados especificamente para retomada de material graúdo debaixo de pilhas ou silos.

Sendo suspensos, eliminam a necessidade de bases de concreto, facilitando ao mesmo tempo a montagem e a manutenção, não só do alimentador como também do acionamento, bicas e correias transportadoras.

O equipamento é composto basicamente por uma mesa vibratória apoiadas em molas helicoidais sobre uma estrutura suporte suspensa, com bica e tremonha, formando um conjunto de fácil instalação, simples e robusto, permitindo manuseio de materiais graúdos e de alta densidade.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Os alimentadores vibratórios suspensos assemelham-se aos modelos apoiados, dispensando o uso de engrenagens devido ao fenômeno do auto-sincronismo de seus vibradores e possuem os mesmos recursos para controle da taxa da alimentação e as mesmas opções de acionamento.

Os alimentadores vibratórios atendem a uma faixa de capacidade de até 2.000 t/h. Apresentam as seguintes vantagens:

- Alta segurança de funcionamento.
- Separação prévia dos finos.
- Pouca e fácil manutenção.
- Bom controle de alimentação.
- Baixo custo de aquisição.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- Não pode ser usado para elevação de material.
- Comprimento limitado.
- Alta potência instalada.
- Queda da capacidade em função do aumento da quantidade de material argiloso e umidade, podendo até tornar-se inoperante.

2.1.1.3. Calhas Vibratórias.

As calhas vibratórias foram projetadas basicamente para serem instaladas sob pilhas ou silos, promovendo uma alimentação contínua e homogênea para os transportadores de correias ou outros equipamentos subseqüentes.

Atendem a uma faixa de capacidade de até 300 t/h.

A sua construção é simples e robusta. Uma mesa vibrante, revestida contra desgaste na face superior, é isolada da estrutura de apoio por 4 molas helicoidais de grande flexibilidade e resistência. A estrutura de apoio é normalmente fixada no teto de túneis ou no flange inferior de silos.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Baixo custo de aquisição.
- Pouca e fácil manutenção.
- Pequenas dimensões.
- Boa segurança de funcionamento.
- Bom controle de fluxo com inversor de freqüência.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- Tamanho máximo de material limitado a 305 mm (12 polegadas).
- Queda da capacidade em função do aumento da quantidade de material argiloso e umidade, podendo até tornar-se inoperante.

2.1.1.4. Alimentadores de Gaveta.

Os alimentadores de gaveta são destinados ao trabalho com materiais de granulometria variada, onde houver exigência de dosagem exata ou alimentação contínua.

Sua estrutura é rígida, sendo revestida internamente com chapas soldadas e placas laterais substituíveis, o que garante longa vida em trabalho constante.

O funcionamento é baseado num mecanismo impulsor excêntrico, o qual aciona, através de bielas, uma mesa (gaveta), que se desloca no sentido longitudinal, sobre rodas montadas em eixos com mancais de rolamento.

A regulagem do fluxo do material é feita através da variação do curso da gaveta. Esta variação é obtida pela fixação do suporte da biela em diversas posições do disco excêntrico. Pode-se, ainda, variar o fluxo pela mudança de rotação, obtida por meio de uma polia escalonada.

Atendem a uma faixa de capacidade de até 160 t/h.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes vantagens:

- Baixo custo de aquisição.
- Bom controle de alimentação.
- Pequena potência instalada.
- Menor sensibilidade à presença de material argiloso.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- Rápido desgaste do revestimento.
- Tamanho máximo de material limitado a 152 mm (6 polegadas).

2.1.1.5. Alimentadores de Correia.

Os alimentadores de correia são empregados principalmente em retomada de materiais finos e úmidos sob silos ou pilhas, onde o uso dos alimentadores vibratórios não é recomendado.

Podem ser equipados com variador contínuo de velocidade, que permite, com facilidade, dosagens contínuas, precisas e ampla variação da taxa de alimentação.

Sendo basicamente um transportador de correia, a sua concepção é extremamente simples, oferecendo o máximo de rendimento por mínimo custo de operação e manutenção.

Os tamanhos disponíveis são os mesmos das correias transportadoras, com as mesmas larguras padrões e comprimentos variáveis conforme projetos, possibilitando sempre a escolha certa para cada necessidade.

Atendem a uma faixa de capacidade de até 5.000 t/h.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Apresentam as seguintes vantagens:

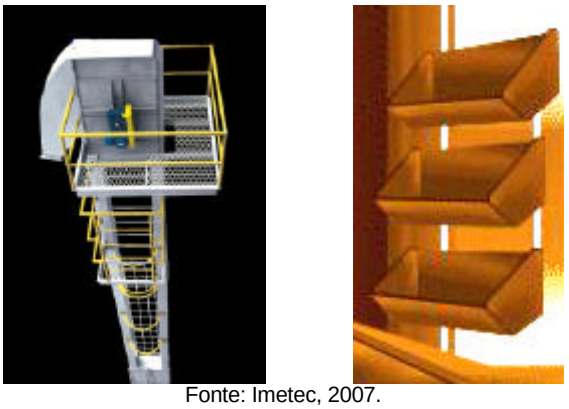
- Baixo custo de aquisição.
- Ótimo controle de fluxo.
- Manuseia bem materiais argilosos com alto teor de umidade.

Em contrapartida, apresenta as seguintes desvantagens:

- Tamanho máximo de material limitado a 152 mm (6 polegadas).
- Elevado desgaste das correias.

2.1.2. ELEVADORES DE CANECAS.

São equipamentos simples e robustos, destinados à elevação de materiais com granulometria mais fina, geralmente inferior a 5 milímetros.



Fonte: Imetec, 2007.

2.1.3. TRANSPORTADORES DE CORREIA.

São equipamentos largamente utilizados nas instalações de manuseio de materiais desagregados.

Consistem basicamente de uma estrutura metálica, do tipo treliça, onde são montados roletes diversos, rolos de acionamento e retorno, uma cinta de borracha reforçada com lonas, que é acionada por um conjunto motor/redutor.

Apresentam dimensões e configurações as mais diversas, efetuando o transporte de materiais de forma contínua e segura, com elevada produtividade e baixo custo operacional.

O transporte pode ser feito de forma horizontal, inclinada ou até vertical, dependendo da necessidade e do tipo de equipamento utilizado.

Pode abranger de pequenas (poucos metros) a grandes distâncias (vários quilômetros).

Fonte: Metso Minerals, 2007.

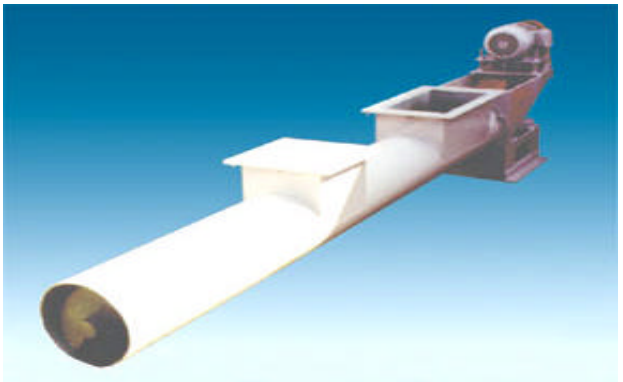
2.1.4. TRANSPORTADORES DE ROSCA.

São equipamentos largamente utilizados nas instalações de manuseio de materiais desagregados com granulometria fina (< 2 mm).

Consistem basicamente de uma estrutura metálica tubular, onde está montado um eixo dotado de uma rosca helicoidal, acionada por um conjunto motor/redutor.

Apresentam dimensões e configurações as mais diversas, efetuando o transporte de materiais de forma contínua e segura, com elevada produtividade e baixo custo operacional.

O transporte pode ser feito de forma horizontal, inclinada ou até vertical, dependendo da necessidade e do tipo de equipamento utilizado.



Fonte: Furlan, 2007.

2.1.5. EMPILHADEIRAS E RETOMADORAS.

A necessidade de homogeneização de grandes volumes de material visando a garantia de um fluxo regular (qualitativo e quantitativo) entre determinadas etapas do processo de beneficiamento, levou ao desenvolvimento e utilização de sistemas mecanizados de empilhamento e retomada.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.1.6. GUINDASTES, CARREGADORES E DESCARREGADORES.

São equipamentos de grande porte destinados ao manuseio de materiais junto às instalações portuárias, marítimas ou fluviais.

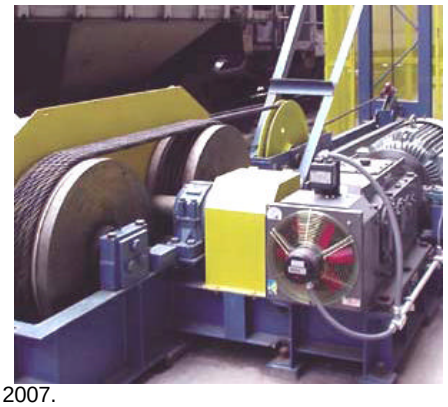
Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.1.7. VIRADORES E POSICIONADORES DE VAGÕES.

Os viradores e posicionadores de vagões são sistemas destinados à manobra e descarga de composições de trens, em qualquer comprimento ou estilo, e de tamanhos os mais variados.

Podem processar desde 1 a 10 vagões, até trens com 200 vagões.

Esses sistemas são monitorados por computador e atendem às necessidades exatas de operação que podem ir de 5 até mais de 90 vagões por hora.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

2.1.8. PÁS CARREGADEIRAS, ESCAVADEIRAS E CAMINHÕES.

A utilização de equipamentos tradicionais de escavação, carregamento e transporte, se aplica nos casos de manuseio de materiais com dimensões superiores àquelas recomendadas para o uso dos alimentadores e transportadores mecânicos acima descritos.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Fonte: Caterpillar, 2007.

2.2. POLPAS.

A maior parte das unidades de beneficiamento utiliza processos via úmida.

A água é o meio preferido nas operações de manuseio, moagem e classificação.

O transporte das partículas é feito na forma de uma suspensão aquosa denominada polpa.

Em muitos casos, concentrados são transportados por longas distâncias em minerodutos, freqüentemente cruzando regiões inóspitas onde outras formas de transporte seriam inviáveis.

Rejeitos de processos também são descartados para as barragens pertinentes na forma de suspensões aquosas.

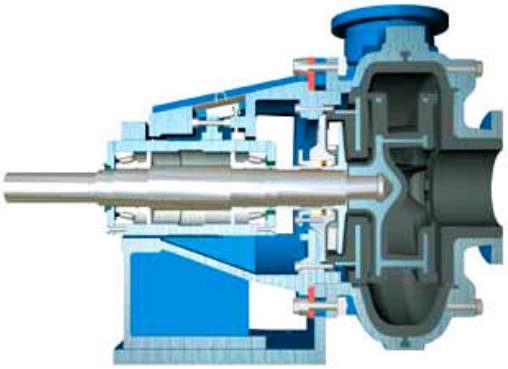
O manuseio de polpas inclui também operações de suspensão e agitação em tanques durante o processo.

Como já foi dito, a mecânica dos fluidos rege o mecanismo dessa classe de manuseio.

Os equipamentos mais usados são as bombas de polpa (centrífugas), bombas de deslocamento positivo e tanques com agitação.

3.1. BOMBAS DE POLPA.

O transporte da polpa é feito por meio de bombas centrífugas, especialmente desenvolvidas, denominadas bombas de polpa.



Fonte: Metso Minerals, 2007.

As partículas sólidas presentes, com características heterogêneas, são transportadas numa suspensão aquosa mantida pela turbulência do fluxo.

Assim sendo, para que seja mantida essa suspensão, é necessário que a polpa tenha velocidade maior que aquela na qual começaria a haver sedimentação das partículas mais grossas, denominada velocidade crítica.

O dimensionamento do sistema, pela sua complexidade, deve ser executado por técnicos especializados, considerando-se fatores inerentes à geometria da instalação, características da polpa e da tubulação, bem com os parâmetros operacionais pertinentes.

A seleção da bomba se faz através das curvas de performance (pressão x vazão) fornecidas pelos fabricantes.

São fornecidas com revestimentos destacáveis resistentes ao desgaste, fabricados tanto para materiais grosseiros ("Ni-Hard" e ferro-cromo) quanto para materiais mais finos (borracha natural ou sintética).

3.2. BOMBAS ESPECIAIS.

São utilizadas no bombeamento de polpas constituídas de partículas finas com elevadas concentrações de sólidos e viscosidade (rejeitos finos, argilosos, etc...).

Destacam-se as bombas de diafragma e as de deslocamento positivo.

Fonte: Weir Minerals, 2007.

3.3. TANQUES COM AGITAÇÃO.

O preparo e a estocagem temporária das polpas é feito em reservatórios especiais denominados tanques, construídos com materiais diversos (chapas metálicas, polímeros reforçados com fibra de vidro, madeira, etc...).

A agitação se faz necessária para impedir a sedimentação das partículas sólidas presentes.

Utiliza-se um conjunto motor / redutor instalado na parte superior do tanque que, através de uma haste metálica, movimenta uma hélice no fundo, promovendo a dinâmica necessária ao processo.

Fonte: Engendrar, 2007.

3. ESTOCAGEM.

Áreas de estocagem são necessárias antes, durante e depois do beneficiamento.

São utilizadas pilhas para grandes volumes de material grosseiro e silos para menores quantidades de material mais fino.

3.1. PILHAS DE ESTOCAGEM.

São utilizadas para o armazenamento de grandes quantidades de material grosseiro, assegurando também a manutenção de um fluxo regular entre as diversas etapas do processo.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Dotadas de geometria adequada, são capazes de armazenar grandes quantidades em espaços otimizados, facilitando a formação e a retomada mecanizada dos materiais.

As informações contidas no Anexo I, detalham suas principais características.

3.2. SILOS.

Utilizados para o armazenamento de materiais a granel com granulometria mais fina, preservando-os de contaminações externas e condições atmosféricas adversas.

Fonte: Furlan, 2007.

Fonte: Metso Minerals, 2007.

Podem ser executados em concreto armado, estruturas metálicas, polímeros reforçados com fibra de vidro ou madeira.

3.3. ENSACADEIRAS.

São utilizadas para embalagem de produtos acabados, resguardando-os de contaminações e facilitando sua estocagem, manuseio e expedição final.

Fonte: Imetec, 2007.

3.4. DEPOSIÇÃO DE REJEITOS.

A deposição dos rejeitos provenientes de uma unidade de beneficiamento constitui uma tarefa delicada, quer por questões econômicas, quer por questões ambientais.

Os problemas dependem do tipo de minério e do tipo de operação adotada.

Na maioria dos casos, a maior fração do minério lavrado se torna rejeito.

Por não possuir valor comercial, ele precisa ser descartado da forma mais econômica possível, minimizando porém os impactos ambientais resultantes.

No caso de rejeitos sólidos secos, a deposição em áreas pré determinadas tem equacionado o problema.

No caso de rejeitos na forma de polpas, a construção de barragens especiais, criteriosamente projetadas, com reaproveitamento da água recuperada, tem se mostrado a solução mais adequada.

Em alguns casos, os rejeitos são utilizados para preenchimento de cavas, na recuperação ambiental de áreas já lavradas.

Os equipamentos tradicionalmente utilizados são carregadeiras, caminhões, tratores, bombas centrífugas e eventualmente hidrociclones.

Fonte: Krebs, 2005.

BIBLIOGRAFIA

BERALDO, J.L. *Moagem de Minérios em Moinhos Tubulares.* Editora Edgard Blücher Ltda., 1987.

KELLY, E.G.; SPOTTISWOOD, D.J. *Introduction to Mineral Processing.* John Wiley & Sons, 1982.

METSO *Manual de Britagem.* Metso Minerals, 2005.

WEISS, N.L. *Mineral Processing Handbook.* Society of Mining Engineers, 1985.

SITES

CATERPILLAR : www.cat.com

FURLAN : www.furlan.com.br

IMETEC : www.imetec.ind.br

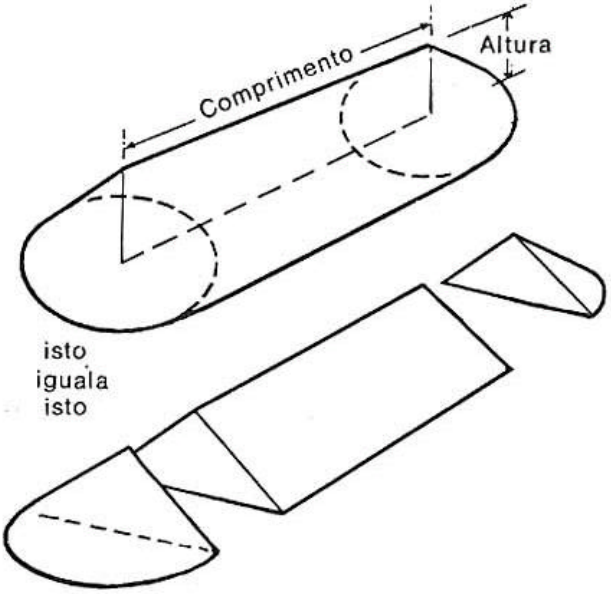
ENGENDRAR : www.engendrar.com.br

METSO MINERALS : www.metsominerals.com

WEIR MINERALS : www.weirminerals.com

ANEXO I

PILHAS DE ESTOCAGEM



VOLUME DE PILHAS ALONGADAS OU EM FORMA DE TENDA

Chega-se à fórmula para a determinação do volume de uma pilha alongada decompondo a pilha em suas duas formas básicas, uma pilha cônica e uma pilha em forma de prisma (veja a figura 2). Da tabela 1, ache o volume e as dimensões da pilha cônica equivalente às duas extremidades, adicionando o resultado ao volume da parte central em forma de prisma.

Exemplo:

Temos uma área de 35m de largura por 127m disponível para uma pilha alongada. Que volume pode ser estocado, sabendo-se que o material tem ângulo de repouso de 37°?

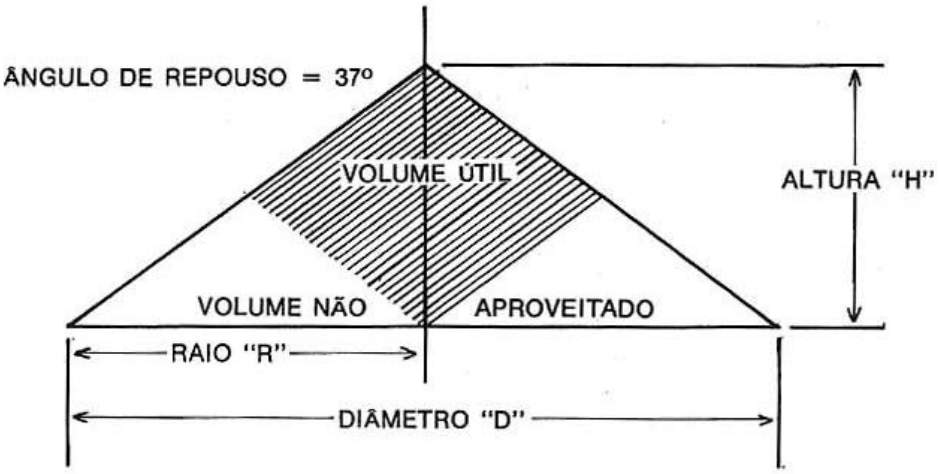
1. Da tabela 1, achamos que o volume da pilha cônica equivalente às extremidades da pilha alongada é aproximadamente 3.900m³.
2. Subtraindo a largura da pilha cônica do comprimento total disponível, determinamos o comprimento da parte prismática 127 – 35 = 92m de comprimento.
3. Achamos o volume do prisma pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{\text{comprimento x largura x altura}}{2} = \frac{92 \times 35 \times 12.3}{2} =$$

$$= 19.803 \text{ m}^3$$

4. Adicionando o volume das extremidades: 19.803 + 3.901 = 23.704 m³ (volume total)

VOLUME DE PILHAS CÔNICAS



VOLUME TOTAL TEÓRICO (m^3) = $0{,}260 \times h \times D^2 = 1.04 \times h \times R^2$

VOLUME ÚTIL = $0.260\ h \times R^2$

ALTURA (m)	RAIO (m)	PERÍMETRO (m)	VOL. TOTAL (m^3)	TON. TOTAL (T)	VOL. ÚTIL (m^3)	TON. ÚTIL (T)
3,0	4,0	25,6	49,9	83	12,5	21
4,5	6,1	38,4	174	279	43,5	70
6,0	8,0	51,2	399	663	100	167
7,5	10,0	63,1	780	1.297	195	324
9,0	12,0	75,9	1.348	2.240	337	561
10,5	14,0	88,7	2.140	3.558	535	891
12,0	16,0	101,5	3.195	5.311	799	1.329
13,5	18,0	114,3	4.549	7.562	1.137	1.894
15,0	20,0	127,1	6.240	10.373	1.560	2.597
16,5	22,0	139,9	8.305	13.807	2.076	3.457
18,0	24,0	152,7	10.783	17.924	2.696	4.487
19,5	26,0	165,5	13.709	22.789	3.427	5.706
21,0	28,0	178,3	17.123	28.463	4.280	7.126
22,5	30,0	190,2	21.060	35.008	5.265	8.765
24,0	32,0	203,0	25.560	42.487	6.390	10.638
25,5	34,0	215,8	30.657	50.963	7.664	12.759
27,0	36,0	228,6	36.392	59.595	9.098	15.146
28,5	38,0	241,4	42.800	71.149	10.700	17.814
30,0	40,0	254,2	49.920	82.985	12.480	20.777

Estas capacidades são aproximadas.

VOLUME DE PILHAS EM FORMA DE RIM
M³ E T POR GRAU DE ARCO (menos as extremidades)

Raio (m)	ALTURA DA PILHA (m) 3,0		4,5		6,0		7,5		9,0		10,5		12,0		13,5		15,0	
	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T	m³	T
7,5	1,63	2,60																
9,0	1,95	3,12																
10,5	2,28	3,65	5,13	8,21														
12,0	2,61	4,17	5,87	9,38	10,42	16,67												
13,5	2,93	4,69	6,59	10,55	11,73	18,76												
15,0	3,26	5,21	7,33	11,72	13,03	20,84	20,35	32,56										
16,5	3,59	5,78	8,06	12,90	14,33	22,92	22,37	35,32										
18,0	3,91	6,26	8,79	14,07	15,63	25,01	24,43	39,08	35,17	56,27								
19,5	4,23	6,78	9,53	15,24	16,93	27,09	26,46	42,33	38,10	60,96								
21,0	4,56	7,29	10,26	16,41	18,24	29,18	28,49	45,59	41,03	65,65								
22,5			10,99	17,59	19,54	31,26	30,53	48,84	43,96	70,34								
24,0			11,73	18,76	20,84	33,35	32,56	52,10	46,89	75,02								
25,5			12,46	19,93	22,14	35,42	34,60	55,36	49,82	79,71	67,31	108,50						
27,0			13,19	21,10	23,44	37,50	36,63	58,61	52,74	84,39	71,80	114,88	93,78	150,04				
28,5			13,92	22,27	24,74	39,59	38,67	61,87	55,68	89,08	75,79	121,26	98,99	158,38				
30,0			14,65	23,44	26,05	41,68	40,70	65,12	58,61	93,77	79,78	127,64	104,20	166,72				
31,5					27,35	43,76	42,73	68,37	61,54	98,47	83,77	134,03	109,41	175,06	138,47	221,55		
33,0					28,66	45,35	44,77	71,63	64,48	103,16	87,76	140,41	114,62	183,39	145,06	232,10		
34,5					29,96	47,93	46,84	74,95	67,41	107,85	91,74	146,79	119,83	191,73	151,66	242,66	187,25	299,57
36,0							48,84	78,15	70,34	112,54	95,73	153,17	125,04	200,06	158,26	253,21	189,75	303,60
37,5							50,88	81,41	73,27	117,23	99,72	159,55	130,25	208,40	164,84	263,75	203,51	325,62
39,0							52,91	84,66	76,19	121,91	103,71	165,93	135,46	216,74	171,44	274,30	211,66	338,65
40,5							54,95	87,95	79,13	126,60	107,70	172,32	140,67	225,07	178,04	284,86	219,80	351,68
42,0									82,06	131,29	111,69	178,70	145,88	233,41	184,63	295,41	227,94	364,70
43,5									84,99	135,98	115,68	185,09	151,09	241,74	191,23	305,96	236,08	377,73
45,0									87,92	140,67	119,67	191,47	156,29	250,07	197,81	316,50	244,21	390,74

Para determinar o volume total de uma pilha em forma de RIM, utiliza-se a seguinte fórmula:

$V = (V_1 \times D) + V_2$

V = Volume

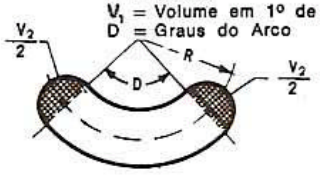
V_1 = Volume em 1º de Arco

D = Graus do Arco

V_2 = Volume das extremidades (veja a tabela de volume das pilhas cônicas)

Exemplo: Determinar o volume de uma pilha com 9 m de altura, 36 m de raio e arco 90º.

$V = (90 \times 70{,}34) + 1348 = 7.678{,}6$ m³. ou ainda $V = (90 \times 112{,}54) + 2240 = 12.368{,}6$ T



FORTALECIMENTO TECNOLÓGICO DO APL DE CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TÉCNICA
APL CAL E CALCÁRIO DO PARANÁ
(CONTRATO TECPAR-SENAI Nº 035/2006)

MÓDULO 09 – GESTÃO OPERACIONAL APLICADA

Convênio: 0 1 05 0989 00
Concedente: Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP
Conveniente/Executor: Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR
Interveniente/Co-financiador: Associação dos Produtores de Derivados do Calcário – APDC
Co-executor: Minerais do Paraná SA - MINEROPAR
Instituições colaboradoras: Sindicato de Extração Mineral e Calcário do Paraná – SINDEMCAP, Sindicato da Cal do Paraná – SINDICAL, Associação Paranaense de Produtores de Calcário – APROCAL

PONTA GROSSA – 2007

SUMÁRIO

ASSUNTO	PÁGINA
1. GESTÃO EMPRESARIAL.	3
2. GESTÃO DE QUALIDADE.	6
3. GESTÃO AMBIENTAL.	11
4. SAÚDE OCUPACIONAL.	14
5. RESPONSABILIDADE SOCIAL.	17
BIBLIOGRAFIA.	22

1. GESTÃO EMPRESARIAL.

O conceito de gestão empresarial está ligado ao de estratégias competitivas cuja finalidade é acrescentar valor ao negócio da empresa, de modo que ela se posicione com clareza no setor em que atua e se destaque da concorrência.

Os negócios são analisados sob enfoques estratégico, societário, tributário, econômico-financeiro, de recursos humanos e *marketing*, para estabelecer um novo modelo de gestão que privilegia o crescimento sustentado e a vantagem competitiva da empresa no seu mercado de atuação.

Fonte: Google Images, 2007.

1.1. SERVIÇOS EM GESTÃO EMPRESARIAL.

1.1.1. Modernização Empresarial.

Abordagem ampla da empresa focando desempenho econômico-financeiro, gestão de recursos humanos, estratégia, tecnologia da informação e gestões tributária e societária. Indicado para empresas em processo de reestruturação ou mudança de controle acionário.

Fonte: Google Images, 2007.

1.1.2. Planejamento Estratégico.

Definição e realinhamento estratégico de negócios com implantação de planejamento e posterior desdobramento das ações estratégicas em planos de negócios.

Fonte: Google Images, 2007.

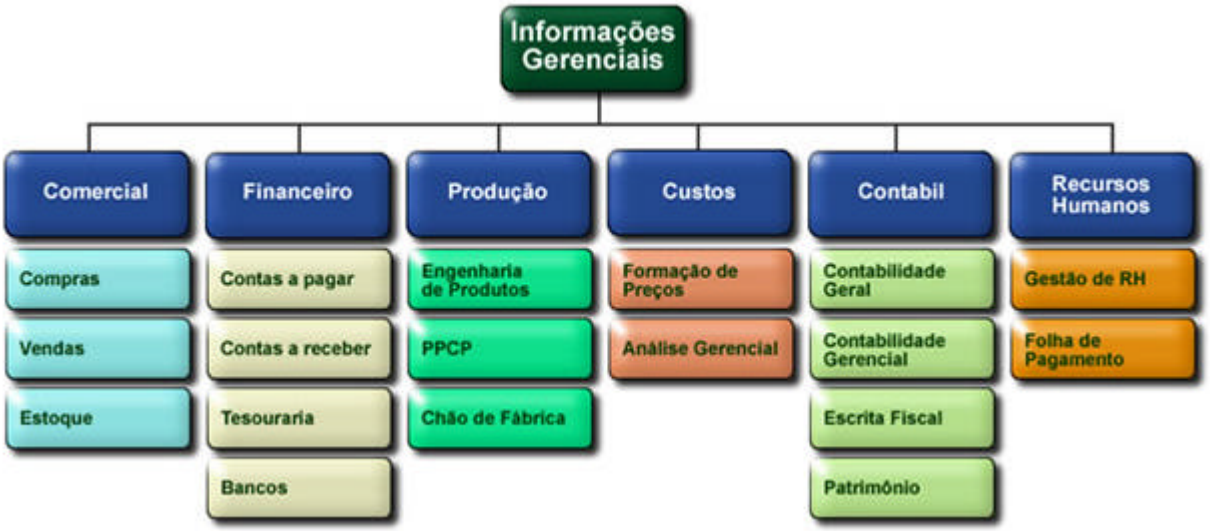
1.1.3. Reestruturação Organizacional.

Reorganização e ajuste dos sistemas organizacionais com estruturação de novos modelos de gestão e organograma.

Fonte: Google Images, 2007.

1.1.4. Realinhamento de Processos.

Realinhamento de processos para adequá-los à estratégia de negócios, promovendo aumento de produtividade e redução de custos.



Fonte: Google Images, 2007.

1.1.5. Diagnóstico Empresarial.

Diagnóstico do modelo de gestão da empresa, abrangendo sistemas, processos, estratégias, tecnologias e recursos humanos, visando fornecer subsídios para a tomada de decisão.

Fonte: Google Images, 2007.

1.2. PROBLEMAS MAIS FREQUENTES.

Muitos controles complexos e volumosos, em todos os setores, dificultando sua interpretação.

Os dirigentes e gerentes recebem uma quantidade enorme de papéis e não tem tempo de analisá-los devido ao seu volume ou falta de objetividade.

Em situação inversa, os dirigentes e gerentes não recebem quase nada de dados e informações para poder tomar decisões corretas e rápidas.

As informações fluem com muita dificuldade e são prestadas com muito atraso.

Os diretores e gerentes recebem informações, mas não são capazes de interpretá-las, não sendo tomadas quaisquer medidas em função disso.

Nos níveis inferiores, chefia e encarregados, os controles existentes são muito complexos e numerosos, feitos em caráter puramente rotineiro, não sendo canalizados aos níveis superiores e, portanto, não dando ensejo a medidas corretivas.

Fonte: Google Images, 2007.

1.3. PRINCIPAIS OBJETIVOS.

Avaliar os controles existentes em todas as áreas da empresa e as informações que são canalizadas à direção e à gerência.

Determinar os objetivos de negócios da empresa e estabelecer a política empresarial para atingir estes objetivos, incluindo-se até o planejamento estratégico.

Estabelecer as necessidades de informações para cada um dos níveis, transformando-os em controles mais práticos, objetivos e sintéticos.

Rever os controles e suporte documental de cada setor.

Montar os controles de gestão para os níveis de chefia.

Ensinar o cliente a interpretar os dados de gestão para melhor tomar suas decisões.

Dar condições para o empresário poder reorientar sua política empresarial, baseado nas ferramentas de gestão implantadas.

Permitir que o empresário cobre de cima para baixo, os objetivos de seu pessoal chave.

2. GESTÃO DE QUALIDADE.

A Gestão da Qualidade Total (TQM pela sigla em inglês) consiste numa estratégia de administração orientada a criar consciência de qualidade em todos os processos organizacionais.

O TQM (Total Quality Management) tem sido amplamente utilizado em indústria, educação, governo e serviços. Chama-se total porque o seu objetivo é a implicação não só da empresa inteira mas também a organização estendida: fornecedores, distribuidores e demais parceiros de negócios.

Fonte: Google Images, 2007.

É composta de estágios tais como: planejamento, organização, controle e liderança.

Tanto qualidade quanto manutenção são qualificadas de total porque cada empregado que participa é diretamente responsável pela realização dos objetivos da empresa.

A Toyota (Japão) foi primeira a empregar o TQM.

No “fordismo”, ao contrário do TQM, essa responsabilidade é limitada à gerência.

No TQM os funcionários possuem uma maior gama de qualificações, tornando a comunicação organizacional (em todos os níveis) uma peça chave da estrutura da empresa.

Atualmente a gestão da qualidade está sendo uma das maiores preocupações das empresas, sejam elas voltadas para a qualidade de produtos ou de serviços.

A conscienciatização para a qualidade e o reconhecimento de sua importância, tornou a certificação de sistemas de gestão da qualidade indispensável para as micro e pequenas empresas de todo o mundo.

Fonte: Google Images, 2007.

A certificação da qualidade além de aumentar a satisfação e a confiança dos clientes, reduzir custos internos, aumentar a produtividade, melhorar a imagem e os processos continuamente, possibilita ainda fácil acesso a novos mercados.

Esta certificação permite avaliar as conformidades determinadas pela organização através de processos internos, garantindo ao cliente um produto ou serviço concebido conforme padrões, procedimentos e normas.

Entre modelos existentes de sistema da qualidade, destacam-se as normas da série ISO 9000. Estas se aplicam a qualquer negócio, independentemente do seu tipo ou dimensão. As normas desta série possuem requisitos fundamentais para a obtenção da qualidade dos processos empresariais.

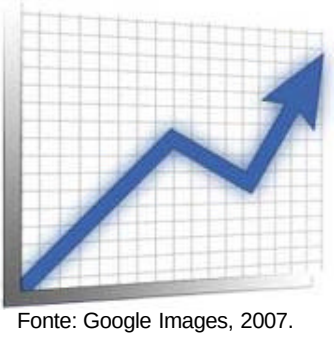
A verificação dos mesmos através de auditorias externas garante a continuidade e a melhoria do sistema de gestão da qualidade.

Fonte: Google Images, 2007.

Os requisitos exigidos pela norma ISO 9000 auxiliam numa maior capacitação dos colaboradores, melhoria dos processos internos, monitoramento do ambiente de trabalho, verificação da satisfação dos clientes, colaboradores e fornecedores, proporcionando maior organização e produtividade que podem ser identificados facilmente pelos clientes.

As pessoas e as empresas que buscam qualidade devem criar uma mentalidade positiva de mudança. Qualquer melhoria, pequena ou grande é bem-vinda. Toda inovação deve ser conhecida, testada e se possível aplicada.

Uma organização que se propõe a implementar uma política de gestão voltada para a qualidade tem consciência de que a sua trajetória deve ser reavaliada. As mesmas precisam pôr em prática atividades que visam estabelecer e manter um ambiente no qual as pessoas, trabalhando em equipe, consigam um desempenho eficaz na busca das metas e missões da organização.



Fonte: Google Images, 2007.

Os clientes estão ficando cada vez mais exigentes quanto à qualidade nas suas compras. Eles querem logo saber que a sua empresa vai satisfazer às suas necessidades. Um Sistema de Gestão da Qualidade certificado demonstra o seu compromisso com a qualidade e a satisfação do cliente.

Implementar um Sistema de Gestão da Qualidade vai ajudá-lo a aumentar a satisfação do cliente, atingir maior consistência e aprimorar seus processos internos. Irá minimizar os riscos de que as expectativas do cliente não sejam cumpridas.

Cada tipo de negócio tem determinados processos operacionais críticos para seus objetivos estratégicos. O aperfeiçoamento da empresa depende da sua capacidade de perceber as suas forças, fraquezas, e oportunidades de melhoria.

Fonte: Google Images, 2007.

O fenômeno da "Explosão da Qualidade", ocorrido a partir da década de 70 e início dos anos 80 em todo o mundo, gerou algumas disfunções, cujos efeitos começaram a ser percebidos na década de 90.

Naquele momento, a qualidade, da forma como era tratada pelos programas que a introduziram nas organizações, assumiu a condição de "categoria supra paradigmática", ou seja, sobrepondo-se a outros aspectos importantes que devem estar presentes na administração e gestão, tais como liderança, estratégia, tecnologia, política e desenvolvimento de recursos humanos.

A qualidade julgava-se capaz de, unicamente a partir de seus programas, apresentar soluções para os problemas organizacionais.

No auge de sua aplicação, os programas de qualidade possibilitaram às organizações:

- Destacar a importância de uma gestão com foco no cliente.
- Enfatizar processos de melhoria contínua.
- Buscar o comprometimento dos funcionários com os objetivos das organizações.
- Valorizar e comprometer as lideranças.
- Sinalizar as deficiências das empresas.

Mesmo esses aspectos positivos não foram suficientes para garantir a eficácia de tal abordagem. A predominância foi de programas de qualidade que ganharam vida própria, assumindo condição de absoluta independência em relação às demais ações de mudança, em fase de realização ou por realizar, nas empresas.

Suas ações se absolutizaram de tal forma que seus resultados, objetivos e metas foram assumidos como suficientes e imprescindíveis para determinar o nível de excelência empresarial.

Assim, a qualidade adquiriu dimensões de maior amplitude organizacional e se impôs no cenário empresarial como único elemento ativador e ação propulsora do desenvolvimento da empresa.

Dessa forma, na maioria das empresas, a qualidade surgiu como um suporte para as atividades do "hoje" e não como um processo voltado à construção dos negócios do "amanhã".

As disfunções da abordagem da qualidade como uma "aura da qualidade", sem o correspondente impacto no desempenho empresarial em termos de resultados, não tardaram a aparecer. As mais comuns foram:

- Realização de programas de qualidade totalmente desvinculados do processo de administração e planejamento estratégico da empresa.
- Excesso de ações pontuais de melhoria de processos em detrimento das ações de inovação de processos.
- Uso de ferramentas da qualidade como um fim em si mesmo, sem uma avaliação prévia do seu impacto e da relação custo-benefício.
- Treinamento em massa, gerando expectativas de mudanças imediatas.
- Disseminação dos princípios da qualidade sem uma abordagem planejada de mudança da cultura organizacional vigente.
- Importação de modelos sem a devida preocupação com as condições específicas de regiões e empresas.

A falta de um processo sistematizado de planejamento como suporte para o desenvolvimento de um modelo de administração estratégica, como também a não exigência de uma estrutura organizacional voltada para processos contribuiu para reduzir drasticamente o impacto das ações previstas nos programas implantados.

Ressalte-se, também, que a forma como as coisas são feitas numa organização é muito mais uma questão cultural do que técnica, uma vez que é a cultura que determina a própria aceitabilidade das decisões técnicas.

Portanto, sua utilização como um instrumento único de mudança é o fator gerador da sua própria carência de resultados efetivos para a empresa.

Se desvinculadas da estratégia da empresa, sem o suporte de um novo modelo de gestão e de estrutura centrada em processos e com pouca ou nenhuma relação de interdependência com a tecnologia e o desenvolvimento de pessoas, as ações de qualidade perdem eficácia e se resumem a ganhos pontuais em áreas restritas de melhoria.

Fonte: Google Images, 2007.

3. GESTÃO AMBIENTAL.

"O que acontecer com a terra acontecerá com os filhos da terra. O homem não teceu a teia da vida, ele é apenas um fio. O que ele fizer à teia estará fazendo a si mesmo".

Fonte: Google Images, 2007.

A Gestão Ambiental é a administração do exercício de atividades econômicas e sociais de forma a utilizar de maneira racional os recursos naturais, renováveis ou não.

Deve visar o uso de práticas que garantam a conservação e preservação da biodiversidade, a reciclagem das matérias-primas e a redução do impacto ambiental das atividades humanas sobre os recursos naturais.

Fazem parte também do arcabouço de conhecimentos associados à gestão ambiental técnicas para a recuperação de áreas degradadas, técnicas de reflorestamento, métodos para a exploração sustentável de recursos naturais, e o estudo de riscos e impactos ambientais para a avaliação de novos empreendimentos ou ampliação de atividades produtivas.

A prática da gestão ambiental introduz a variável ambiental no planejamento empresarial, e quando bem aplicada, permite a redução de custos diretos (pela diminuição do desperdício de matérias-primas e de recursos cada vez mais escassos e mais dispendiosos, como água e energia) e de custos indiretos (representados por sanções e indenizações relacionadas a danos ao meio ambiente ou à saúde de funcionários e da população de comunidades que tenham proximidade geográfica com as unidades de produção da empresa).

Fonte: Google Images, 2007.

Um exemplo prático de políticas para a inserção da gestão ambiental em empresas tem sido a criação de leis que obrigam a prática da responsabilidade pós-consumo.

À medida que a sociedade vai se conscientizando da necessidade de se preservar o meio ambiente, a opinião pública começa a pressionar o meio empresarial a buscar meios de desenvolver suas atividades econômicas de maneira mais racional.

O próprio mercado consumidor passa a selecionar os produtos que consome em função da responsabilidade ambiental das empresas que os produzem.

Desta forma, surgiram várias certificações, tais como as da família ISO14000, que atestam que uma determinada empresa executa suas atividades com base nos preceitos da gestão ambiental.

Em paralelo, o aumento da procura pelas empresas de profissionais especializados em técnicas de gestão ambiental motivou o surgimento de cursos superiores voltados para a formação desses profissionais, tais como os de Tecnólogo em Gestão Ambiental, de Engenharia Ambiental, Bacharelado em Gestão Ambiental e Tecnologia do Meio Ambiente.

Devido aos grandes problemas que envolvem o saneamento básico e os recursos hídricos, muitas disciplinas dos cursos de gestão ambiental são comuns aos Cursos de Engenharia Sanitária e de Engenharia Hidráulica.

A gestão ambiental é, antes de tudo, uma questão de sobrevivência, tanto da sustentabilidade do ser humano no planeta, quanto das pequenas empresas no mercado, tendo em vista que o meio ambiente é hoje parte do processo produtivo e não mais uma externalidade.

Isto faz com que a variável ambiental esteja presente no planejamento das empresas por envolver a oportunidade de redução de custos, já que uma empresa poluente é, antes de mais nada, uma entidade que desperdiça matéria-prima e insumos e gasta mais para produzir menos.

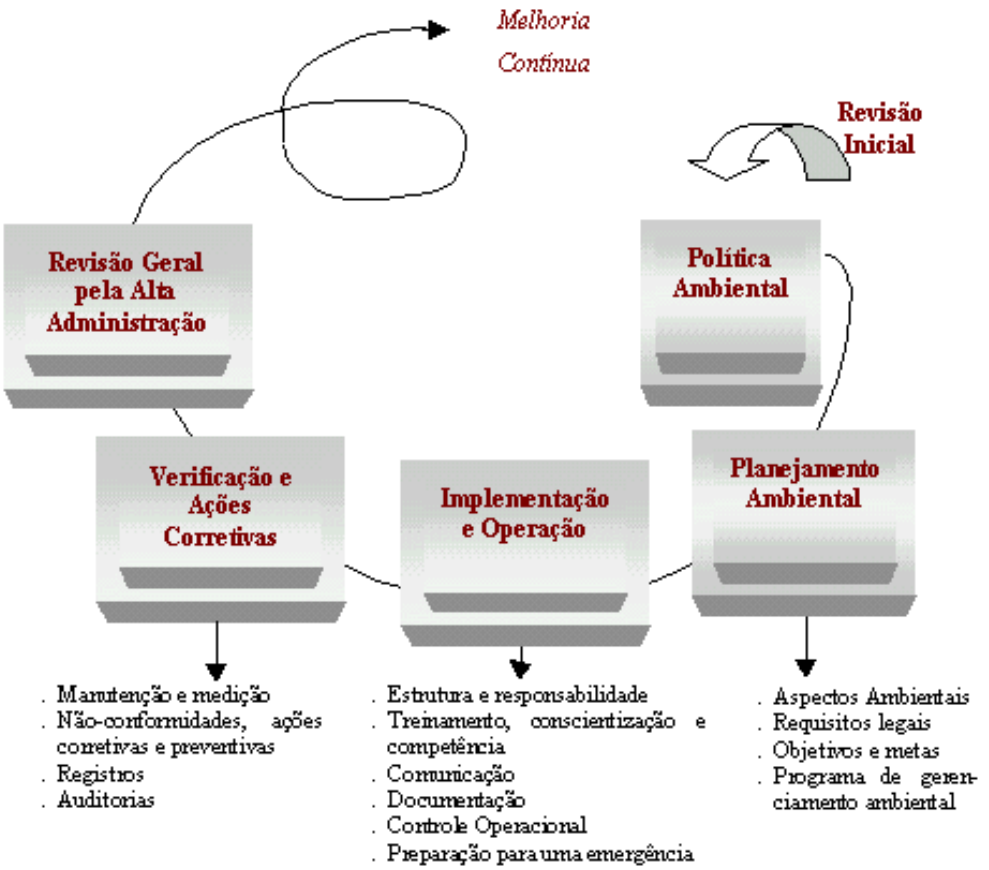
As normas de gestão ambiental, como a NBR ISO 14001, envolvem a implementação de ações e controles formalizados nas empresas, e isto dificulta sua adoção pelas pequenas companhias.

Neste sentido, instituições de âmbito nacional iniciaram, desde 1996, atividades voltadas para incentivar a gestão ambiental nas micro, pequenas e médias empresas.

Programas específicos abordam a dimensão ambiental da atuação da empresa a partir do prisma do aumento da rentabilidade/lucratividade que poderá ser obtido com a diminuição/eliminação dos eventuais desperdícios de insumos (materiais e trabalho), levando os micro e pequenos empresários a adotarem práticas ambientalmente mais adequadas e, ao mesmo tempo, possibilitando o reposicionamento dos seus negócios para um contexto de mercado mais moderno e competitivo.

Fonte: SEBRAE, 2007.

Como resultado, esperam tornar as micro e pequenas empresas mais competitivas, aumentar as possibilidades de ampliar a rentabilidade de seus negócios e contribuir para a redução dos eventuais impactos negativos que sobras e resíduos possam causar ao meio ambiente.



Fonte: Google Images, 2007.

As normas técnicas sobre gestão ambiental e as de certificação e acreditação têm potencial de se transformar em barreiras comerciais, tanto no mercado externo quanto no interno, causando impactos significativos nas cadeias produtivas.

Além disso, atualmente, há uma tendência nos fóruns legislativos estaduais e federais em tornar leis essas normas, que, na verdade, são de adoção voluntária.

No Brasil, o ABNT/CB-38 (Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental da Associação Brasileira de Normas Técnicas) produz e dissemina normas brasileiras relacionadas à gestão ambiental, considerando o contexto internacional e contribuindo para o desenvolvimento sustentável da sociedade brasileira.

O comitê acompanha e analisa os trabalhos desenvolvidos pela ISO/TC 207 (International Organization for Standardization/Technical Committee 207), bem como participa de sua elaboração no sentido de minimizar os impactos das normas nas organizações brasileiras, procurando levar em conta as especificidades da atividade produtiva do país.

As normas em elaboração ou em revisão demandam o contínuo acompanhamento e a participação brasileira, uma vez que os assuntos em discussão têm alto potencial de impacto nas atividades e na competitividade brasileira no mercado internacional.

4. SAÚDE OCUPACIONAL.

É a promoção e preservação da integridade física do trabalhador, através da detecção dos fatores que interfiram na sua saúde, tais como os riscos inerentes ao seu ambiente laboral.

Fonte: Google Images, 2007.

As doenças do trabalho, ou doenças ocupacionais / profissionais são aquelas decorrentes da exposição dos trabalhadores aos riscos ambientais, ergonômicos ou de acidentes. Elas se caracterizam quando se estabelece o nexo causal entre os danos observados na saúde do trabalhador e a exposição a determinados riscos ocupacionais.

Dessa forma, se o risco está presente, uma conseqüência é a atuação sobre o organismo humano que a ele está exposto, alterando sua qualidade de vida. Essa alteração pode ocorrer de diversas formas, dependendo dos agentes atuantes, do tempo de exposição, das condições inerentes a cada indivíduo e de fatores do meio em que se vive.

SESI
Saúde e Segurança
no Trabalho para a Indústria

Fonte: SESI, 2007.

As ações básicas de Saúde Ocupacional desenvolvidas pela FIEP, através do SESI, são as seguintes:

4.1. PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL.

O Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) é um documento elaborado por um médico com especialização em Medicina do Trabalho, abordando os riscos ambientais, programação de consultas e exames complementares, ações preventivas de saúde do trabalhador, relatórios anuais e avaliações epidemiológicas, para que sejam adotadas as medidas corretivas de acordo com o perfil encontrado.

Quando a empresa possuir em seu quadro funcional trabalhadores expostos a níveis elevados de pressão sonora, maior ou igual a 80 dB (nível de ação preconizado pela NR-9), deverá elaborar e implementar o Programa de Prevenção de Perdas Auditivas (PPPA) com o objetivo de monitorar e prevenir alterações auditivas ocupacionais.

Fonte: Google Images, 2007.

4.2. CONSULTAS OCUPACIONAIS .

Atividade desenvolvida por um médico clínico ou do trabalho, voltado à Saúde Ocupacional.

As consultas podem ser realizadas na própria empresa através de unidades móveis de saúde ocupacional, com número mínimo de 25 atendimentos.

A conclusão de cada consulta será registrada em um atestado de Saúde Ocupacional (ASO) emitido para cada trabalhador atendido.

Tipos de consultas: admissionais, periódicas, mudança de função, retorno ao trabalho e demissionais.

Fonte: SESI, 2007.

4.3. CONSULTAS ESPECIALIZADAS.

Consistem em avaliações especializadas, solicitadas pelo médico clínico examinador para subsidiar as consultas ocupacionais no diagnóstico de doenças ocupacionais.

4.4. AUXÍLIO DIAGNÓSTICO.

O SESI coloca a disposição das empresas, modernos Laboratórios de Análises Clínicas, para o Auxílio Diagnóstico, com equipamentos altamente especializados, nas cidades de Curitiba, Ponta Grossa, Maringá, Arapongas e Guarapuava.

Laboratórios terceirizados em Rio Negro, Toledoe Cascavel, bem como postos de coleta em São José dos Pinhais, Londrina, Cianorte e Irati.

Os Laboratórios do SESI em Arapongas, Maringá, Ponta Grossa e Curitiba, são certificados pela ISO 9002, através do BVQI, além de serem monitorados pela Sociedade Brasileira de Patologia Clínica, garantindo qualidade nos exames realizados.

Fonte: SESI, 2007.

Os exames laboratoriais fornecem subsídios aos exames clínicos nas áreas de bioquímica, urinálise, microbiologia e bacteriologia, hematologia, imunologia e toxicologia.

4.4.1. Audiometria.

O setor de Audiometria Ocupacional do SESI cumpre integralmente as exigências da legislação vigente (NR-7). Os exames são realizados por fonoaudiólogas, em cabines acústicas e com audiômetros calibrados periodicamente.

A audiometria tonal limiar é o procedimento mais utilizado para avaliar quantitativamente a audição. É um exame subjetivo pois depende das respostas do paciente.

Através de um acompanhamento periódico (admissional, anual, demissional ou conforme critério médico) é possível prevenir a instalação das perdas auditivas ou a evolução destas.

O SESI além do atendimento centralizado nos centros de atividades oferece também, o mesmo serviço dentro da empresa através das unidades móveis de saúde ocupacional.

4.4.2. Teste de Visão.

É um exame que consiste na medida da acuidade visual para longe e para perto, separadamente em cada olho com encaminhamento para o oftalmologista dos casos deficitários ou suspeitos.

É realizado por auxiliares técnicos próprios nas Unidades de Curitiba, São José, Rio Negro, Quatro Barras, Londrina, Arapongas, Guarapuava, Cascavel, Toledo, Maringá, Cianorte, Ponta Grossa e Irati.

4.4.3. Raios X.

O serviço de Radiologia está centralizado no Centro Integrado de Empresários e Trabalhadores do Estado do Paraná (CIETEP), atendendo Curitiba e Região Metropolitana com médico radiologista próprio e dois técnicos de radiologia.

As demais regiões atendidas pelos centros de atividades utilizam Clínicas de Radiologia credenciadas.

4.4.4. Eletroencefalograma.

Realizado através de credenciamentos nos centros de atividades, tendo serviço próprio apenas no CIETEP.

4.4.5. Eletrocardiograma.

Realizado em todas as regionais e nas unidades móveis de saúde ocupacional.

4.5. DADOS ALARMANTES.

De acordo com o Boletim Estatístico dos Acidentes de Trabalho, elaborado pelo Ministério da Previdência Social, 458.956 trabalhadores foram vítimas de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais em 2004.

Os dados impressionam, especialmente para as pequenas empresas, que tem dificuldades para implementar sozinhas ações de saúde e segurança no trabalho.

De acordo com o especialista em Saúde e Segurança do SESI, Vitor Gomes, o seguro de acidentes de trabalho da Previdência Social cobre apenas um décimo do que é gasto com os problemas decorrentes dos sinistros. “As empresas têm gastos com substituição das máquinas, treinamento de novos trabalhadores para substituir os acidentados e tempo com produção paralisada devido ao acidente. Tudo isso gera um prejuízo de cerca de R$ 50 bilhões por ano, o que representa quase 2,5% do PIB”, diz.

Os acidentes estão sendo vistos com crescente preocupação pelas empresas, porque são parte representativa do custo Brasil. “Eles fazem com que o país tenha menores condições de competitividade e dificuldades em exportar”, lembra Gomes. Segundo ele, o projeto mostra às empresas que o cuidado com saúde e segurança é, na verdade, um investimento e não um gasto a mais.

De acordo com o consultor do SESI, Rene Mendes, os dispositivos legais para a prevenção de acidentes são voltados na sua grande maioria para as médias e grandes empresas. Mas, para implementar o programa, o SESI adaptou seu modelo de serviços na área às necessidades especificas e limitações dos pequenos negócios.

5. RESPONSABILIDADE SOCIAL.

As transformações sócio-econômicas dos últimos 20 anos têm afetado profundamente o comportamento de empresas até então acostumadas à pura e exclusiva maximização do lucro.

Se por um lado o setor privado tem cada vez mais lugar de destaque na criação de riqueza; por outro lado, é bem sabido que com grande poder, vem grande responsabilidade.

Em função da capacidade criativa já existente, e dos recursos financeiros e humanos já disponíveis, empresas têm uma intrínseca responsabilidade social.

A idéia de responsabilidade social incorporada aos negócios é portanto, relativamente recente.

Com o surgimento de novas demandas e maior pressão por transparência nos negócios, empresas se vêem forçadas a adotar uma postura mais responsável em suas ações.

Fonte: Google Images, 2007.

Infelizmente, muitos ainda confundem o conceito com filantropia, mas as razões por trás desse paradigma não interessam somente ao bem estar social, mas também envolvem melhor performance nos negócios e, conseqüentemente, maior lucratividade.

5.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS.

A busca da responsabilidade social corporativa tem, grosso modo, as seguintes características:

5.1.1. Pluraridade.

Empresas não devem satisfações apenas aos seus acionistas. Muito pelo contrário.

O mercado deve agora prestar contas aos funcionários, à mídia, ao governo, ao setor não-governamental e ambiental e, por fim, às comunidades com que opera.

Empresas só têm a ganhar na inclusão de novos parceiros sociais em seus processos decisórios.

Um diálogo mais participativo não apenas representa uma mudança de comportamento da empresa, mas também significa maior legitimidade social.

5.1.2. Distributividade.

A responsabilidade social nos negócios é um conceito que se aplica a toda a cadeia produtiva.

Não somente o produto final deve ser avaliado por fatores ambientais ou sociais, mas o conceito é de interesse comum e, portanto, deve ser difundido ao longo de todo e qualquer processo produtivo.

Assim como consumidores, empresas também são responsáveis por seus fornecedores e devem fazer valer seus códigos de ética aos produtos e serviços usados ao longo de seus processos produtivos.

5.1.3. Sustentabilidade.

Responsabilidade social anda de mãos dadas com o conceito de desenvolvimento sustentável.

Uma atitude responsável em relação ao ambiente e à sociedade, não só garante a não escassez de recursos, mas também amplia o conceito a uma escala mais ampla.

O desenvolvimento sustentável não só se refere ao ambiente, mas por via do fortalecimento de parcerias duráveis, promove a imagem da empresa como um todo e por fim leva ao crescimento orientado.

Uma postura sustentável é por natureza preventiva e possibilita a prevenção de riscos futuros, como impactos ambientais ou processos judiciais.

5.1.4. Transparência.

A globalização traz consigo demandas por transparência. Não mais nos bastam os livros contábeis.

Empresas são gradualmente obrigadas a divulgar sua performance social e ambiental, os impactos de suas atividades e as medidas tomadas para prevenção ou compensação de acidentes.

Nesse sentido, empresas serão obrigadas a publicar relatórios anuais, onde sua performance é aferida nas mais diferentes modalidades possíveis.

Muitas empresas já o fazem em caráter voluntário, mas muitos prevêem que relatórios sócio-ambientais serão compulsórios num futuro próximo.

5.2. INVESTIMENTO SOCIAL PRIVADO.

Muito do debate sobre a responsabilidade social empresarial já foi desenvolvido mundo afora, mas o Brasil tem dado passos largos no sentido da profissionalização do setor e da busca por estratégias de inclusão social através do setor privado.

O investimento social privado é uma das várias facetas da responsabilidade social.

Empresas cada vez mais têm investido recursos em projetos sociais e há uma maior demanda por resultados concretos.

O investimento social privado é o uso voluntário e planejado de recursos privados em projetos de interesse público. Ao contrário do que muitos pensam, o investimento social privado não deve ser confundido com assistencialismo.

Como qualquer investimento, as pessoas físicas ou jurídicas que financiam projetos de cunho social têm o intuito de aferir os resultados alcançados.

Há, portanto, a preocupação em se gerar um retorno positivo à sociedade, de forma que o monitoramento das atividades desempenhadas seja constante e envolva uma equipe de profissionais, tais como assistentes sociais, pedagogos e educadores.

Isto leva ao crescimento e maior profissionalização do "terceiro setor" frente às dificuldades dos setores público e privado no combate às mazelas sociais do país.

Fonte: Google Images, 2007.

Em estudo realizado pelo Grupo de Institutos, Fundações e Empresas (GIFE) constatou-se que 79% dos associados ao GIFE realizam alguma forma de plano estratégico para nortear sua atuação social, sendo que 91,7% dos 48 associados pesquisados realizam regulares avaliações de resultados (Investimento Social Privado no Brasil, 2000).

A seguir, algumas referências interessantes:

5.2.1. Grupo de Instituições, Fundações e Empresas (GIFE).

O GIFE baseia sua atuação no fortalecimento do terceiro setor (especialmente das organizações sociais de origem empresarial) no desenvolvimento de políticas públicas e nas ações de seus associados, que vêm criando e aperfeiçoando suas práticas e tecnologia de investimento social privado.

5.2.2. Banco de Tecnologias Sociais.

Programa voltado para a disseminação de tecnologias de baixo custo e fácil aplicação para problemas sociais nas áreas de alimentação, demanda de água, renda, energia, saúde, educação e meio ambiente.

O Banco é uma base de dados contendo informações sobre tecnologias cadastradas através do Prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologia Social que, em sua primeira edição, certificou 128 "soluções sociais".

5.2.3. Council on Foundations.

O Council on Foundations (COF) é referência internacional no tocante aos requisitos mínimos para fundações. O site oferece respostas práticas para empresas interessadas em montar fundações filantrópicas, além de organizar eventos e seminários sobre o tema.

5.3. FIEP & RESPONSABILIDADE SOCIAL.

A FIEP disponibiliza às indústrias, através do SESI, serviços em Responsabilidade Social Empresarial, que são considerados Soluções Sociais porque atendem às necessidades da empresa para o desenvolvimento de programas ou projetos sociais, decorrentes da formulação de sua política de Responsabilidade Social.

O SESI também realiza programas voltados ao atendimento de comunidades ou grupos com carências sociais diversas, promovendo a formação de parcerias público-privada, tendo como escopo a formação de “Redes Sociais”.

Fonte: SESI, 2007.

Como exemplo, temos o “Programa Ação Global”, realizado em parceria com o setor privado e trabalho voluntário, ampliando a prestação de serviços sociais no país.

É por meio dessa iniciativa que se desencadeia uma grande mobilização nacional em prol de milhões de pessoas carentes, envolvendo instituições públicas, organizações não-governamentais e diversas outras empresas na prestação de serviços sociais de forma maciça em todo o País, em um único dia.

Fonte: SESI, 2007.

Para que as empresas possam desenvolver uma gestão socialmente responsável, o SESI oferece serviços de Assessoria Social às indústrias de duas formas:

5.3.1. Consultoria.

Para a aplicação de técnicas e ferramentas específicas à gestão em responsabilidade social empresarial (Balanço Social, Norma Brasileira de Responsabilidade Social, Indicadores Ethos, Voluntariado Empresarial, Inclusão de Portadores de Necessidades Especiais no Trabalho, Gestão em Responsabilidade Social Empresarial, Código de Ética, DST/AIDS, Investimento Social Privado, entre outros), voltadas a todas as partes interessadas da empresa.

5.3.2. Gestão e/ou Execução de Projetos Sociais Customizados.

Destinados às empresas que optam por contratar serviços sociais especializados relativos à sua política de responsabilidade social.

Fonte: Google Images, 2007.

BIBLIOGRAFIA

BARBIERI, J.C. *Gestão Ambiental Empresarial – Conceitos, Modelos e Instrumentos.* Editora Saraiva, 2006.

FERREIRA, A.A.; PEREIRA, M.I.; REIS, A.C.F. *Gestão Empresarial – De Taylor aos Nossos Dias.* Editora Thompson Pioneira, 2005.

KARKOTLI, G. *Responsabilidade Social Empresarial.* Editora Vozes, 2007.

MARSHALL JUNIOR, I. *Gestão da Qualidade.* Editora FGV, 2004.

SILVA, M.G.C. *Saúde Ocupacional – Auto Avaliação e Revisão.* Editora Ateneu, 2005.

SITES

GOOGLE : www.google.com.br

SEBRAE : www.sebrae.com.br

SESI : www.sesi.org.br