



# COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

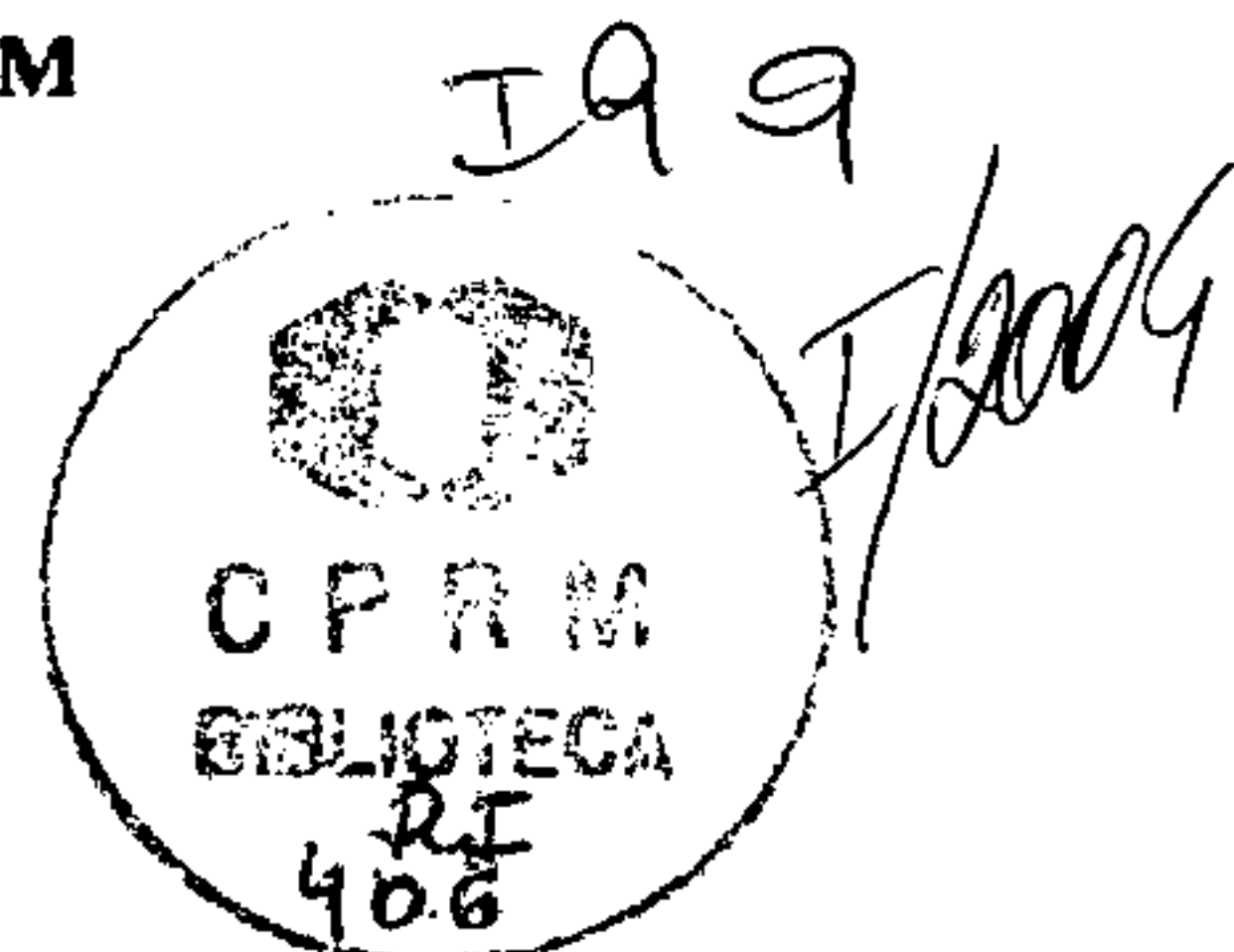
- CPRM -

## SINOPSE DA GITOLOGIA QUANTITATIVA DO MOLIBDÊNIO

Autor:  
Geol. PAULO ARMANDO DE MOURA  
DISTEC/DEPEM

DIRETORIA DE RECURSOS MINERAIS - DRM  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA E ECONOMIA MINERAL - DEPEM

1992



# SUMÁRIO

## 1 - GENERALIDADES

### *1.1 - Histórico*

### *1.2 - Caracterização*

## 2 - USOS

## 3 - AMBIÊNCIA GEOLÓGICA E TIPOS DE DEPÓSITOS

### *3.1 - Considerações geológicas gerais*

### *3.2 - Metalogenia do molibdênio endógeno*

### *3.3 - Tipos de depósitos*

#### *3.3.1 - Depósitos hidrotermais*

#### *3.3.2 - Depósitos de skarn*

#### *3.3.3 - Depósitos de graisen*

#### *3.3.4 - Depósitos de pegmatitos e aplitos*

#### *3.3.5 - Depósitos sedimentogênicos*

### *3.4 - Geologia de Alguns Depósitos*

#### *3.4.1 - Depósito de Compaccha*

#### *3.4.2 - Depósito de Boss Mountain*

#### *3.4.3 - Depósito de Urad e Henderson*

#### *3.4.4 - Depósito de Climax*

#### *3.4.5 - Depósito de Endako*

## 4 - RESERVAS E PRODUÇÃO

### *a) Teores*

### *b) Preços*

### *c) Consumo*

### *d) Consumo Aparente*

## 5 - SITUAÇÃO NACIONAL

### *a) Jazida de Salobo 3A*

### *b) Jazida de Poços de Caldas*

### *c) Distrito Scheelitífero Borborema*

## 6 - BIBLIOGRAFIA

## 1 - GENERALIDADES

### 1.1 - Histórico

Molibdênio origina-se do grego "massa de chumbo", pois se confundia com o chumbo. Os gregos deram o nome de "molibdos", a todas as substâncias semelhantes ao chumbo, inclusive a grafita.

A grafita e os sulfetos de molibdênio se identificavam devido a similaridades físicas. Em 1778 o químico sueco Kariwscheele demonstrou suas diferenças químicas, mostrando que o mineral mais tarde chamado de molibdenita, apresentava uma peculiar terra branca com propriedade ácida quando tratada com ácido nítrico e queimado no ar apresentava dióxido sulfúrico. Estas reações identificaram o mineral como sulfeto de um novo elemento chamado de molibdênio.

Em 1878, os químicos alemães Stemberg e Douch produziram um metal impuro de molibdênio pela redução do monóxido de cálcio com carbono e separando o óxido de cálcio com ácido sulfúrico. Este metal impuro foi experimentalmente usado em ferramentas de ferro em substituição ao tungstênio.

### 1.2 - Caracterização

O molibdênio não ocorre sozinho na crosta terrestre e sua abundância é estimada em 1g/t, aproximadamente a mesma do

chumbo. Trata-se de um elemento misto, tanto siderófilo como calcófilo.

O metal molibdênio pertence ao grupo do cromo e possui ponto de fusão por volta de 2620° C, comparável somente ao carbono, rênio, ósmio, tântalo e tungstênio. O molibdênio caracteriza-se pela sua capacidade para as funções tanto de metal como não metal.

O principal minério de molibdênio é a molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ), cuja densidade varia de 4,6 a 4,8 e o teor de molibdênio varia em sua composição de 57% a 60%, apresenta uma coloração cinza chumbo e uma dureza baixa (1 a 1,5). A molibdenita contém até 42% de enxofre, devido a sua afinidade entre o molibdênio e o enxofre, e se constitui no único mineral de importância.

A powellitita é um molibdato de cálcio, formado através da alteração da molibdenita, possuindo uma densidade próxima de 4,3 e uma dureza mais elevada (2,5 a 3).

A wulfenita é um molibdato de chumbo, constituindo-se num mineral secundário, produto da oxidação do asoclado de chumbo com o sulfeto de molibdênio. Possui uma densidade superior ao da molibdenita (6,5) e chega conter 39% de molibdênio em sua estrutura.

A molibdita ( $\text{MoO}_3$ ) é um mineral secundário que ocorre como um pó terroso,

resultante da alteração supergênica da molibdenita, contendo até 66% de Mo.

Como dito anteriormente, o molibdênio não ocorre in natura como metal nativo e o número de espécies minerais contendo o elemento é limitado. A maior quantidade de molibdênio conhecida no mundo está na forma de molibdenita. De todas as espécies, vinte e quatro foram descritas como contendo o elemento e quatro outras sugeridas, porém rejeitadas pelo I.M.A. como variações de outras espécies ou misturas. Dois outros minerais, provisoriamente relatados, mas de status mineral não confirmado, estão incluídos para completar a lista. O elemento forma sulfetos, óxidos, molibdatos básicos e molibdato-arseniato misturado. Os molibdatos normalmente mostram uma solução sólida parcial entre o tungstato (pela troca de Mo com W) até vanadatos (Mo com V).

São descritos como minerais contendo molibdênio: molibdenita, jordisita, hemusita, molibdita, ilsemanita, powellita, serygita (molibdoscheelita), wulfenita, eosita, chilagita, sedovita, koechlinita, ferrimolibdita, moluranita, umohita, lindgranita, iriginita, calcurnolita, mourita, cousinita, melkovita, betapakdalita, betapakdalita sódica, moesenaita, femolita, castaingita, achrematita, belonesita, pateraita e molibsodalita (sodalita contendo CaO, MoO<sub>3</sub> com até 3% de Mo).

Destes minerais, somente quatro são

passíveis de interesse econômico presente ou futuro: molibdenita, wulfenita, powellita e ferrimolibdita. Os outros são raros a muito raros, ou de distribuição geográfica externamente limitada. No momento a molibdenita é o minério mais recuperado comercialmente como fonte do metal.

## 2 - USOS

O molibdênio é usado na produção de aços especiais, visto que melhora sensivelmente a resistência à corrosão nos aços inoxidáveis e nas ligas.

Concentrado de molibdênio é o termo aplicado ao produto obtido do beneficiamento do minério bruto contendo molibdênio.

O óxido molibdico (MoO<sub>3</sub>) é o material básico no processamento do molibdênio concentrado. O óxido molibdico purificado, com alto teor de pureza, tem óxido molibdico contido que geralmente excede em 99,5%. Trata-se da forma mais frequente em que a indústria usa o molibdênio, principalmente na produção de ferromolibdênio.

O ferromolibdênio é uma liga de ferro e molibdênio, cujo Mo contido varia até 60% em peso. É uma modalidade utilizada na siderurgia para introduzir molibdênio no ferro ou aço.

molibdênio tem sido empregado como liga na fabricação de trens de força, engrenagens de transmissão e de eixo traseiro pelo mercado de ligas de aço.

O molibdênio pode ser usado no desenvolvimento de aços forjados de microligas. Estes aços são projetados para uso direto sem necessidade de tratamento térmico.

Na indústria de processos químicos, o aço inoxidável com teores de 3,5 a 5% de molibdênio, é usado para acondicionamento de tubos de condensadores. Este tipo de aço com elevado teor de molibdênio está sendo usado cada vez mais em permutadores de calor nas refinarias de petróleo e em tubulações de plataformas off-shore.

O simples adição de 0,5% de Mo ao aço, faz com que em temperaturas de 500°C, sua resistência aumente cerca de 300 a 400%.

Na fabricação de ligas especiais, dentre outras a de cromo-molibdênio tem grande emprego na soldagem de estruturas, com grande aplicação na indústria aeronáutica, principalmente nas fuselagens de aviões.

O molibdênio também é usado na fabricação de aços rápidos para ferramentas de alta velocidade, tendo substituído o tungstênio.

Na indústria de fertilizantes é utilizado na forma de sais e na indústria de lubrificantes na forma de sulfetos, na indústria de cerâmica na forma de molibdato é usado como catalizador e na indústria de vidro para fabricação de esmaltes.

O molibdênio faz parte de um grupo de metais especiais que estão sendo usados de modo crescente em grande quantidade na área nuclear e em materiais aeroespaciais.

É imprescindível enfatizar que o molibdênio é empregado como principal elemento na produção de ligas e aços inoxidáveis, bem como o aumento de seu uso na produção de componentes elétricos e eletrônicos.

Não há essencialmente, um substituto competitivo com o molibdênio em algumas aplicações. O tungstênio é um material mais dispendioso e, usualmente, deve ser empregado em grande quantidade para dar efeito similar nas ligas.

### 3 - AMBIÊNCIA GEOLÓGICA E TIPOS DE DEPÓSITOS

#### 3.1 - Considerações geológicas gerais

As mineralizações de molibdênio estão agrupadas em três grandes sistemas tectono-orogênicos: a) cinturão circumpacífico cenozóico, b) cinturão alpino-caucasiano cenozóico e c) cinturão paleozóico que circunda o Escudo Siberiano.

O cinturão orogênico circumpacífico termina ao norte (no Alaska) e ao sul (Patagônia-Cordilheira Magellan) com um baixo índice de ocorrências, chegando a praticamente "zero" no setor oeste circumpacífico. Há dois picos dignos de nota: o primeiro na parte do cinturão na América do Norte, geralmente circundando o Platô Colorado (Colorado, Oregon, Idaho, Montana e Novo México) e o segundo na América do Sul, no setor que compreende a parte oeste do Platô Altiplano e o Maciço Serras Pampeanas (centro norte do Chile).

O cinturão Alpino-Caucasiano tem um alto índice de ocorrências somente no setor Yugoslávia-Irá e exibe baixos valores até a outra extremidade (Espanha-Norte da África no oeste e Paquistão da Indochina a leste).

O cinturão paleozóico perisiberiano tem valores altos somente no Kazakistão Central - Sistema Tienchan - Setor dobrado de Zaysan.

Em todos os cinturões, os depósitos estão localizados de acordo com certos parâmetros geológicos.

A grande maioria dos depósitos de molibdênio são de idade Cenozóica, apesar de que depósitos também ocorreram em terrenos Paleozóicos (ex. dobrada da Rússia). Eles são notadamente raros com idades mais antigas, devido à erosão e a fatores geológicos.

Os depósitos pórfiros são as fontes primárias de cobre e molibdênio. A relação Cu/Mo mostra uma grande faixa de variação. Em casos extremos, existem depósitos puramente de molibdênio e outros que são puramente de cobre. Como será visto subseqüentemente através da síntese geológica dos depósitos, esta variação vai até o extremo pobre em molibdênio, que é característica de importantes províncias metalogenéticas de arco de ilha vulcânica. Estas províncias exibem um magmatismo básico diorítico a quartzodiorítico em que os pórfiros disseminados são mineralizações em ouro e cobre com molibdênio que variam de muito subordinado a não existente em quantidade comercial.

Por outro lado, depósitos tendo o molibdênio como seu mais importante metal, ocorrem em zonas crustais espessas associadas a um magmatismo ácido, que representa na verdade, a evolução final de um cinturão orogênico.

### 3.2 - Metalogênese do molibdênio endógeno

A origem das mineralizações de molibdênio associada com granitos intrusivos alcalinos e calco-alcalinos tem várias hipóteses defendidas por vários autores. Dentre elas destacam-se:

- A hipótese (camada fonte ou camada xisto) de Knight (1957), Petraschek (1969) etc... que são compatíveis também com Krauskopf (1967).

De acordo com estes autores, os granitóides que são portadores de mineralizações de Cu-Mo ou de Mo, teriam obtido uma parte de seu conteúdo metálico nas formações sedimentares enriquecidas nestes elementos. A passagem dos metais para o magma intrusivo se processaria pela contaminação durante a ascensão já próximo ao nível crustal superior, onde eles ficariam instalados.

Uma variação desta hipótese consiste em assumir que o enriquecimento foi produzido durante o estágio pós-magmático, através de soluções quentes hidrotermais de um sistema geotermal convectivo (isto é, gerado pela intrusão durante o processo de resfriamento).

- A hipótese "palingenética juvenil" foi proposta por Uzkut (1974). Ele admite que o molibdênio teria sido incorporado ao magma ácido de origem palingenética, através da contribuição metálica proveniente de uma desgazificação de um estrato profundo, situado a 100-200 km de profundidade.

O molibdênio entre outros metais pesados e os álcalis foram incorporados na forma de compostos voláteis junto com halogênios e outros anions e que preencheram as fraturas tectônicas distensivas profundas. Esta contribuição enriqueceu o magma palingenético (isto é, formado pela fusão de rochas metamórficas) gerado em zonas profundas do geossinclinal. De acordo com Uzkut, estes magmas seriam responsáveis pelas principais mineralizações

de molibdênio no mundo.

- A hipótese "heterometalífera" considera que existam na terra zonas primitivamente enriquecidas em certos elementos.

Conseqüentemente, os magmas que estão cortando-as, constituem espécies de "fomentadores" deste potencial metalífero. Esta hipótese que foi defendida por Noble (1970) e Routhier (1977) entre outros, é essencialmente "cométrica" e não investigam a origem de tal heterogeneidade.

- A hipótese "subduccionista", atribui o conteúdo metalífero endógeno ao nível do manto superior, onde os magmas alcalinos e calco-alcalinos foram gerados. Esta hipótese foi calcada na estrutura dos modelos de tectônica de placas e está em concordância com os dados isotópicos (Jensen, 1971) que indicam a profundidade original para S, Sr, provavelmente para Pb e que excluem alguma contaminação significativa dos magmas nos níveis superior da crosta.

De acordo com esta hipótese, o molibdênio viria enriquecido dos magmas gerados em profundidade pelo processo tipo "reação com encaixante" (Green e Ringwood, 1967). Este enriquecimento seria proporcional ao aumento do conteúdo potássico (Dickinson, 1968) que é dependente da profundidade de geração do magma.

Uma vez que o plano de subducção da

TABELA I

TIPO	Mo/Cu	MINERALIZAÇÃO	POSICIONAMENTO
LITOLÓGICO	em ppm	ASSOCIADA	TECTÔNICO
QTZ-DIORITO	$\frac{1.2}{0,0027} = 445$	Cu(Au)	Arco de ilha (ex.: Bougainville)
GRANODIORITO	$\frac{1.7}{0,0012} = 1420$	Cu(Mo)	Margem continental (ex. El Teniente)
GRANITO	$\frac{2.4}{0,0008} = 3000$	Mo	Continental (ex Climax)

placa litosférica é inclinado próximo ao continente, os magmas gerados são proporcionalmente ricos em K (e provavelmente em Mo) e mais adiante eles são encontrados nas fossas oceânicas. Isto explica a tendência dos depósitos de molibidênio estarem situados mais na posição continental do que aqueles de cobre ou de cobre-molibidênio.

É possível que outros elementos de alta valência, também associados aos granitóides ácidos ricos em álcalis, tal como W, U e Sn, possam ter um mecanismo de

enriquecimento similar. Entretanto, o molibidênio difere deles em sua característica extremamente sulfófila (e não oxílica). Estas levam-no a assumir uma posição intermediária entre Cu (que é também sulfófilo, mas que está principalmente associado com faixas magmáticas calco-alcálicas da margem continental) e os elementos oxílicos, isto é W, U e Sn.

Com relação a estes elementos, o molibidênio é diferente em sua afinidade química com o precipitado (enxofre no lugar



de oxigênio) mas, provavelmente, tem em comum o mesmo mecanismo de transporte da zona profunda de geração magmática (voláteis?) e por esta razão, sua tendência é de estar próximo aos magmas ricos em álcalis de posicionamento continental. É provável que este esquema (desenvolvido por Oyarzun e Frutos, 1974 para a relação Cu-Sn) explique em parte o fato da presença de Mo em porphyry copper, assim como em depósitos tipo moly porphyry, tendo uma posição mais continental.

Finalmente, é interessante considerar como litologicamente o comportamento do Mo e Au refletem na afinidade de ambos com os porphyry copper. É conhecido de fato de que estes depósitos tendem ser ricos em ouro, quando seu posicionamento tectônico é o do tipo oceânico (arco de ilha) e do mesmo modo em molibdênio quando sua posição é propriamente marginal continental (Kessler, 1973).

Esta polaridade é paralela à evolução magmática de tipos intermediários: quartzo-diorito (Cu-Au) até tipos ácidos: granodiorito (Cu-Mo) e tipos ácidos ricos em álcalis: granito (Mo), tal como o aumento da relação Mo/Au nos respectivos tipos magmáticos. (vide tabela I).

### 3.3 - Tipos de depósitos

O conteúdo de molibdênio na crosta terrestre é de aproximadamente 1 ppm, porém ocorrências de molibdênio estão distribuídas nos seguintes tipos de depósitos

que estão listadas na ordem aproximada de importância como fonte de molibdênio:

- 1-depósitos de moly porphyry, contendo vênulas e grãos de molibdenita disseminadas. Estes são os mais importantes economicamente.
- 2-depósitos de porphyry copper que contém microvênulas ou grãos de molibdenita disseminada.
- 3-depósitos de metamorfismo de contato (W-Mo) contendo molibdenita, powellita ou molibdoscheellita. São conhecidos como tipo Skarn e ocorrem em rochas carbonáticas adjacentes ao pluton intrusivo. São conhecidos importantes depósitos deste tipo tais como: Pine Creek (Califórnia), Tyrnyauz (URSS) e Arsquat (Argélia).
- 4-depósitos de graisen com estanho ou veios de estanho-tungstênio contendo molibdenita. Muitas ocorrências deste tipo estão na Ásia (China, Coreia, Japão, etc...).
- 5-depósitos de veios de quartzo contendo molibdenita e por outras vezes outros minerais incluindo pirita, fluorita, galena e esfalerita.
- 6-depósitos de wulfenita em área de chumbo oxidado. O maior depósito deste tipo foi a mina Tiger em Mammoth, no Arizona.
- 7-depósitos acamadados de urânio contendo jordisita. Muitos depósitos deste tipo são conhecidos no Distrito de Grants, no México

e em geral na área do Platô Colorado.

3-linhitos uraníferos da Dakota do Norte e do Sul e no Novo México, calcários vanadíferos em Montana, Idaho e Wyoming que contém significantes quantidades de molibdênio. Estes depósitos não tem interesse como fonte comercial de molibdênio.

4-veios pegmatíticos ou diques contendo molibdenita. Estes são considerados como pequenas fontes de molibdênio, porém sem expressão comercial.

Com excessão dos tipos 6, 7 e 8, as ocorrências de molibdênio, estão geralmente associadas com rochas graníticas no sentido amplo.

De acordo com Smirnov (1977) as manifestações endogênicas de molibdênio foram achadas em diversos tipos genéticos. Entretanto nos pegmatitos, albititos e depósitos piríticos, não formam concentrações econômicas porém, podem às vezes ser recuperados como subprodutos. (Anexo I).

As concentrações comerciais de molibdênio estão acumuladas em zonas de veios de quartzo, stockworks, brechas de chaminés, graisens e segregações skarníticas. Estes são minérios de veios, segregação filoneana e tipo brecha. Além dos minérios de molibdênio mono-metálico há uma distribuição difusa de minérios complexos em que o molibdênio está associado com o cobre,

tungstênio, bismuto, berílio e também urânio.

As rochas envolvendo a mineralização de molibdênio estão retrabalhadas em graus variáveis, por processos de K-feldspatização e em alguns lugares elas estão praticamente inalteradas.

Grandes concentrações exogênicas de molibdênio são conhecidas em carvões, argilas carbonosas e calcários sílico-carbonosos e também em betume sólido. Aqui o molibdênio está claramente associado com matéria orgânica e está normalmente associado com vanádio, urânio e germânio.

A quantidade de molibdênio em tais depósitos não são grandes, porém como o resultado da tecnologia de extração de componentes valiosos é de relativa complexidade, estes depósitos estão longe de serem envolvidos na exploração, representando assim uma reserva para o futuro.

Os depósitos endogênicos de molibdênio estão espacialmente associados com diques discordantes de grandes plutons granitóides de pequenos granitos pórfiros, granodiorito pórfiro, diorito pórfiro e rochas lamprófiras. Uma relação definida foi observada entre a composição dos minérios e as rochas que formam os plutons, em que os processos de assimilação e hibridismo são diferentemente manifestados durante sua formação (Pokalov, 1972).

O papel destes processos foram extremamente significantes para plutons de composição variada, constituídos de monzonito, diorito, granodiorito, granito e granosienito (depósitos de minério de cobre-molibdênio), restringido por plutons compostos de biotita-hornblenda-granito e granodioritos (depósitos de minérios de molibdênio), estando pouco manifestado em plutons de granitos potássicos leucocráticos (depósitos de minério de tungstênio-molibdênio).

Os processos pós-magmáticos, que formaram os depósitos de molibdênio, procederam-se em fases e começaram com a K-feldspatização, substituindo a albitização no granitóide metalífero ou com a skarnitização das rochas durante o desenvolvimento destes processos nos carbonatos. Nos depósitos de tungstênio-molibdênio, a K-feldspatização é insignificante e em contrapartida o processo de albitização é intensamente desenvolvido e incluem-se aqui as porções apicais dos plutons dos granitos leucocráticos.

Nos depósitos de molibdênio e de cobre-molibdênio uma relação inversa aparece nestes processos, ou seja, a K-feldspatização é intensamente desenvolvida e as rochas albitizadas estão acompanhadas de outros minerais minérios e de acordo com os dados termométricos nas inclusões gás-líquido, eles realizam-se com temperaturas ao redor de 450-730°C. Os depósitos de skarn, graisen e hidrometal são os mais específicos para molibdênio.

### 3.3.1 - Depósitos hidrotermais

Os depósitos hidrotermais de molibdênio, de acordo com a composição do minério, a natureza do magmatismo com o qual estão associados e suas posições tectônicas, foram subdivididos em dois grupos: molibdênio e cobre-molibdênio.

#### a) depósitos de molibdênio

Os depósitos de molibdênio mono-metálico estão associados com os processos de ativação tectono-magmático nas plataformas e em regiões de orogenia final (tardiorogênicas).

Inicialmente, extensas elevações foram formadas e bacias superimpostas foram preenchidas com molassa marinha e continental com até 6000-7000m de espessura. Em seguida, as elevações foram falhadas em blocos que sofreram movimentos diferenciais, pequenas bacias próximas aos falhamentos foram preenchidas com material vulcanogênico; granitos contendo molibdênio foram injetados e rochas da associação traquiandesítica foram acumuladas. Na fase final, houve o preenchimento das bacias intermontanas com sedimentos dos lagos e um magmatismo basáltico manifestou-se.

Os processos acima mencionados ocorreram durante a Era Mesozóica, na faixa Mongólia-Okhotsh que eram regiões dobradas do Paleozóico e na faixa Yanshan

da Plataforma chinesa e durante a Era Cenozóica, na Plataforma Norte Americana, na margem oeste do Platô Colorado.

A presença em zonas de endocontato dos plutons de rochas com basicidade e alcalinidade crescente, quando comparados com granitos de compõem as porções centrais das intrusivas é explicada por processos de assimilação das rochas encaixantes. Esses processos, apesar de limitados em seu desenvolvimento, manifestam-se constantemente.

As mineralizações de molibdênio ocorrem no exo e endocontato dos plutons mencionados e estão claramente associadas no tempo e espaço com os diques discordantes dos granitos pórfiros, granodioritos pórfiros, dioritos pórfiros e lamprófiros, que foram injetados para dentro das zonas de crescimento das juntas, formando extensas faixas de diques. Os depósitos de minério mais espessos estão nas zonas de exo e endocontato com até 600 metros de espessura, associados com a parte apical dos plutons.

A mineralização e as rochas magmáticas são controladas por fraturas, diferindo em orientação espacial, tempo de desenvolvimento e origem que, evidentemente, indicam a formação das intrusivas e da mineralização num ambiente caracterizado pela predominância de forças de stress tangencial na crosta.

Os depósitos tipo moly porphyry ocorrem muito comumente em áreas onde a crosta siálica foi penetrada por um pluton associado com fases ácidas e intermediária. As maiores tonelagens de molibdênio estão restritas à áreas onde este tipo de depósito desenvolveu-se dentro de espessa crosta siálica. Poucos depósitos porphyry foram encontrados em terrenos ofiolíticos ou vulcânicos marinhos, embora pequenos pórfiros de baixo teor possam ser encontrados nestas áreas como apêndices de grandes stocks diferenciados

Os depósitos de molibdênio e cobre pórfiro possuem pequenas similaridades. Cada um relaciona-se geneticamente a uma grande fonte térmica, comumente um pluton e cada um tem um halo de pirita envolvendo a zona de metalização. Ambos tem zonas similares de metassomatismo silicático relacionadas à mineralização.

Minerais associados à fluorita caracterizam depósitos de molibdenita, exceto para turmalina, sericita e biotita comuns aos dois tipos de sistemas pórfiros. Elementos litófilos como W e Sn são geralmente detectados em depósitos de molibdênio pórfiro porém, alguns elementos são raros na média dos cobre-pórfiros. A composição dos elementos traço em cada um é bem distinta.

Os depósitos de molibdênio pórfiro podem ocorrer como stockwork ou como tipo brecha estrutural e eles podem ser classificados como batolíticos ou tipo stock,

dependendo do pluton associado. Para fins de avaliação econômica, entretanto, eles comumente são divididos em modelo zonado "zoned" e não zonado "hood". (Anexo II.)

O modelo "hood" é definido como uma concentração de molibdenita na forma de um guarda-chuva, que ocorre disseminada acima e dentro do complexo intrusivo, com a maior parte do molibdênio preenchendo fraturas e com efeitos de alteração metassomática decrescente zonados verticalmente acima do minério.

O modelo zonado "zoned" é definido como sendo uma concentração de molibdenita na forma de um cilindro vertical que se encontra disseminada dentro e ao redor do centro intrusivo, com ocorrência mais acentuada de molibdenita em fraturas com efeitos de alteração metassomática decrescente e com metais base zonados horizontalmente fora da zona de molibdênio em cilindros verticais sempre mais largos.

As rochas intrusivas geneticamente relacionadas aos depósitos tipo molibdênio pórfiro são granitos pórfiros leucocráticos ou microgranitos. As intrusões são mais silicosas do que aquelas relacionadas ao molibdênio contido nos corpos tipo porphyry copper. As zonas mineralizadas são controladas por fraturas geneticamente relacionadas às rochas intrusivas. Muitas são como zonas de stockwork, elípticas ou anelares em planta e cilíndricas e irregulares na dimensão vertical.

## b) Depósitos de cobre-molibdênio

Os depósitos de cobre-molibdênio estão associados com a fase pós-orogênica de formação de um geossinclinal. Mineralizações do Cenozóico estão distribuídas nas regiões antigas dobradas que se formaram em lugares de geossinclinais Mesozóicas-Cenozóicas, como nos Andes (Chuquicamata), na Cordilheira Americana (Bringham), nos Cárpatos (Kadzharan), Bulgária, Filipinas, Japão e Malásia. Depósitos do Paleozóico Superior estão representados por East Kounrad (URSS) e no sistema dobrado Hercíniano da Ásia Central. As mineralizações do Paleozóico Inferior foram desenvolvidas em Sorsk (URSS).

Uma grande parte dos depósitos de cobre-molibdênio situa-se nas zonas de desenvolvimento do eugeossinclinal, principalmente nas estruturas anticlinais e seus arredores e as vezes eles estão confinados às zonas de junção dos sistemas de dobras de diferentes idades.

Cerca de 70% de todos os depósitos de cobre-molibdênio ocorrem na zona de endocontato do pluton, 20% em seu exocontato e 10% distantes do exocontato. Neste último caso, os corpos de minério, muitas vezes ocorrem em rochas vulcanogênicas e são, de vez em quando, controlados por chaminés vulcânicas. Como regra, a mineralização está associada com diques e pequenos stocks de granito pórfiro, granodiorito pórfiro, sienito pórfiro,

monzonito pórfiro, diorito pórfiro e lamprófilos. Estas rochas cortam extensos plutons de composição variada e também as rochas ao redor deles e são controladas por falhas, ambas concordantes com a direção preferencial das estruturas dobradas.

A maioria dos depósitos tipo porphyry copper foi gerada nos últimos 75 milhões de anos. Muito poucas ocorrências deste tipo foram identificadas com mais de 450 milhões de anos. Provavelmente o depósito tipo cobre-molibdênio porphyry de Haib, na Namíbia, seja o melhor exemplo Proterozóico conhecido.

Não são conhecidos depósitos minerais mais velhos que o Devoniano, embora alguns depósitos chineses possam ser do Proterozóico. Em Queensland, Austrália, mais de 40 porphyry copper prospectados, estavam associados com intrusivas do Paleozóico e Mesozóico porém, nenhum deles apresentou tonelagem e teores comerciáveis (Horton, 1978). Também na Austrália, há notas sobre um porphyry copper prospectado em New South Wales, de idade Siluriana.

Os depósitos pórfiros são regularmente numerosos nas faixas montanhosas Neo-Paleozóicas, assim como no nordeste Apalachiano, desde Maine até Quebec. Volumosos depósitos de idade Paleozóica são conhecidos na URSS, nas regiões de Kazakhstan e Uzbek.

O cinturão circumpacífico é o sítio predominante dos depósitos tipo porphyry

copper. Uma pequena parte destes depósitos são Triássicos, Yerington no oeste de Nevada é de idade Jurássica. Existem outros pórfiros do Jurássico e Cretácio no Canadá e outros, poucos, nos Estados Unidos e nordeste da Argentina. (Anexo III).

A vasta maioria dos depósitos na borda da bacia do Pacífico são de idade Terciária. Alguns dos depósitos do sudoeste dos Estados Unidos são principalmente Paleocenos com alguns do Eo-Eoceno.

Alguns dos depósitos na América do Sul, principalmente do Chile, Equador e Peru são também Paleocenos porém, muitos são mais tardios sendo que grande número está relacionado ao Mioceno e Plioceno.

Os depósitos de Cascades, oeste do Canadá e Alaska, alcançam um período de tempo similar aos da América do Sul. As Filipinas e as ilhas do sudoeste do Pacífico tem depósitos que são geralmente do Mioceno e Plioceno.

Entre os mais novos depósitos tipo porphyry copper, estão aqueles da Papua Nova Guiné (PNG) onde, por exemplo, o depósito de Ok Tedi, tem cerca de 1,2 milhões de anos. É possível que depósitos tipo porphyry copper estejam se formando hoje por baixo das áreas vulcânicas ativas.

Os subprodutos mais comuns deste tipo de depósitos são molibdênio, ouro e prata. Não obstante, rênio, estanho e

tungstênio podem estar presentes em quantidades exploráveis. Estes subprodutos são muito importantes para a exploração comercial dos depósitos tipo porphyry copper, já que os mesmos possuem baixo teor em cobre, apesar dos grandes volumes.

### 3.3.2 - Depósitos de skarn

Pequenas quantidades de molibdenita estão vastamente distribuídas em depósitos ao longo dos contatos entre rochas intrusivas graníticas e rochas sedimentares ricas em cálcio. A molibdenita está comumente associada com scheelita, bismutinita ou sulfeto de cobre em zonas de calcários silicatados próximas às rochas graníticas intrusivas.

As intrusões associadas com os skarns contendo molibdênio estão geralmente mais relacionadas do que aquelas associadas com ferro, cobre e muitos skarns de tungstênio. Há uma grande similaridade na composição das rochas ígneas associadas com os moly porphyry e os depósitos skarníticos de molibdênio. Os granitos estão comumente associados com este tipo de skarn.

Pórfiro	Depósito Mo-phorphyry	Depósito de skarn
SiO <sub>2</sub>	75,20 %	74,80 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,30 %	14,30 %
CaO	0,80 %	1,20 %
Na <sub>2</sub> O	3,31 %	3,10 %
K <sub>2</sub> O	5,21 %	5,00 %
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1,61 %	1,61 %

Juntamente com o molibdênio, estes skarns podem ser minerados para vários minerais incluindo cobre, tungstênio e bismuto. Alguns skarns de molibdênio podem ter quantidades importantes de chumbo, zinco, estanho e eventualmente urânio. Um exemplo de skarn à molibdênio-cobre que contém pitchblenda é Azegour no Marrocos (Ridge, 1976). Os minerais-minério deste skarn são molibdenita, scheelita, calcopirita e bismutinita.

A presença de rochas dolomíticas ou sílticas é importante na formação de skarns com molibdênio, podendo formar grandes depósitos como o de Little Boulder Creek.

A única produção doméstica deste tipo de mineralização tem sido como subproduto do depósito de tungstênio de Pine Creek na Califórnia. A formação mineral é metassomática, visto que originou-se pela substituição da rocha por material adicional transportado pelo magma invasor.

### 3.3.3 - Depósitos de graisen

Depósitos de tungstênio-molibdênio, alocados na classe de graisen, ocorrem em diversas estruturas tectônicas, onde, como regra, estão associados com granitos leucocráticos uniformes, os quais foram formados sob condições de ativação de processos tectono-magmáticos nas plataformas e em regiões de orogenia completa.

Os distúrbios tectônicos, os granitos de controle e a mineralização, são diferentes em orientação, tempo de nucleação e origem. São zonas de maiores falhamentos, suturas tectônicas, contatos de rochas de origem e idades diferentes, falhas recorrentes e aumento de fraturas nas porções axiais das estruturas dobradas. Os granitos e as mineralizações formaram-se sob condições de marcantes stress tangencial na crosta.

Os plutons graníticos, associados com a mineralização tungstênio-molibdênio são caracterizados em planta por formas circulares, ovais, alongadas ou complicadas. As dimensões dos afloramentos variam de frações de  $\text{km}^2$  a centenas de  $\text{km}^2$ , que é o resultado da profundidade do perfil de erosão nas intrusões e das dimensões do corpo.

Na parte apical dos plutons nas zonas de endocontato, onde ocorre o contato com as encaixantes, a quantidade de feldspato potássico, perfitas e biotita na composição mineral decresce, enquanto há um aumento na quantidade de plagioclásio ácido, da quantidade de sódio e rubídio e a de potássio cai.

Os depósitos de tungstênio-molibdênio formando graissens, estão claramente associados com as porções apicais dos plutons intrusivos e são localizados em suas zonas de exo e endocontato. A espessura máxima da zona de endocontato produtivo normalmente não excede os 200-300m. No endocontato, a

mineralização fica distribuída entre 1200 a 1500m dos granitos. As dimensões verticais da mineralização giram em torno dos 1500m. Os maiores depósitos estão localizados, como regra, acima das porções apicais dos plutons graníticos que não foram expostos pela erosão. Quanto maior o perfil de erosão do pluton mineralizante, menores serão as dimensões dos depósitos e ocorrências, localizadas em suas zonas próximas ao contato.

### 3.3.4- Depósitos de pegmatitos e aplito

Nos depósitos tipo pegmatito e tipo aplito o principal processo geológico é a intrusão ígnea com a subsequente solidificação do magma e cristalização dos seus componentes minerais.

Os pegmatitos são grosseiramente cristalinos e consistem quase exclusivamente de quartzo e feldspato. A molibdenita ocorre como um mineral acessório e os cristais são geralmente grandes e frequentemente euhedrais. Muitos contêm magnetita, ilmenita, cassiterita, wolframita, columbita, zirconita, apatita, rutilo e berílio. O teor médio deste tipo de depósito é baixo e, por esta razão, eles não são importantes produtores potenciais de molibdênio.

Um depósito tipo pegmatito que contém molibdênio associado com bismuto está sendo minerado recentemente em Val D'Or e Preissac em Quebec, Canadá.



### 3.3.5 - Depósitos sedimentogênicos.

O molibdênio ocorre em alguns depósitos acamados em rochas sedimentares, concentrados em carvões, folhelho e fosforitos em quantidades sub-econômicas. Somente em certas camadas de arenito linhitífero do sudoeste de Dakota do Norte, noroeste da Dakota do Sul e leste de Montana e também em alguns arenitos arcoseanos do sudoeste de Dakota do Norte e adjacências ao noroeste de Utah tem molibdênio contendo aproximadamente teores de 0,1 a 0,2% Mo em depósitos com espessuras suficientes para serem minerados (King et al, 1973). A idade destes estratos são do Cretácio Superior ao Terciário Inferior.

O molibdênio de vez em quando ocorre com o urânio em rochas sedimentares de idade Jurássico Inferior ao Terceário Médio no Novo México, Colorado, Wyoming, Dakota do Norte, Dakota do Sul e no Texas. A fase contendo molibdênio inclui jordisita (forma amorfa da molibdenita), ilsemanita, e minerais de urânio-molibdenita tal como umohoita e eriginita e alguns óxidos de ferro contendo molibdênio, apesar de não ter sido reconhecida a ferromolibdita.

O conteúdo varia de poucas partes por milhão até mais de 0,5%. No Novo México a Kerr McGee Inc. produziu uma tonelagem significativa de molibdênio em Ambrosina Lake, durante o ciclo de concentração de urânio em 1974 (Craig, 1974).

O molibdênio também ocorre com vanádio e selênio nos folhelhos negros associados com fosforitos em Wyoming e áreas adjacentes, em carvões na parte central dos Estados Unidos e em depósitos de folhelhos na parte sudoeste do país.

Uma pequena quantidade de molibdênio foi recuperada de linhitos uraníferos da Dakota do Sul, mas a produção desta fonte cessou em 1968.

### 3.4 - Geologia de alguns depósitos

#### 3.4.1 - Depósito de Compaccha - Peru

Trata-se de um distrito zonado de molibdênio, cobre, zinco, chumbo, antimônio e arsênio que tem importância histórica devido à produção de tungstênio derivado de todas estas zonas. A wolframita, o principal minério de tungstênio, está compativelmente zonada com os sulfetos. O tungstato de manganês ocorre na zona de molibdênio.

A faixa de alteração ao longo da zona de molibdênio é típica daqueles depósitos tipo porphyry copper, no qual a fluorita, topázio ou outro fluoreto rico em silicato não são comuns. A zona de molibdênio contém um depósito de moly porphyry. Contudo, este é caracterizado pela intensa silicificação e venulação de quartzo (stockwork).

A molibdenita ocorre como veios preenchendo fraturas e a densidade destas

fraturas é adequada para enquadrá-la no termo stockwork. A zona de molibdênio é caracterizada por um stockwork de veios de quartzo-sulfeto. A rocha encaixante consiste somente de um monzonito pórfiro intrudido no calcário Chicama.

O stockwork ocupa a intercessão das duas maiores falhas e é o coração da atividade ígnea, mineralização e alteração. O stockwork é um produto da mineralização durante movimentos simultâneos e repetidos sobre as duas falhas (N45E e N50W), por um período de tempo prolongado. Este depósito tipo moly porphyry tem idade em torno de 9,3 milhões de anos e tem uma reserva de 100 milhões de toneladas de minério, com um teor de 0,16%.

#### 3.4.2 - Depósito de Boss Mountain - British Columbia

O depósito está numa fase de composição granodiorítica do Triássico Superior, próximo a um quartzo-monzonito de idade Cretácica: o stock Boss Mountain. O molibdênio ocorre em concentrações econômicas nas brechas de colapso em sistemas de velos simples e múltiplos.

São reconhecidas oito idades de fraturas, muitas das quais preenchidas por velos de quartzo-sulfetos. A alteração da rocha produziu seis assembléias minerais distintas incluindo: 1) granada-hornblenda, 2) biotita, 3) quartzo-sericita-pirita-K-feldspato-clorita, 4) clorita-talco, 5)

epidoto-clorita, 6) zeólita-calcita-argila. Pelo menos três pulsações e introdução de molibdênio foram contemporâneas com a biotita, k-feldspato e/ou alteração sericítica.

A sequência de eventos geneticamente relacionados à formação do minério, inclui a intrusão de diques riolíticos, formação de brechas, alteração e mineralização. Estes eventos estão diretamente relacionados às atividades magmáticas oscilatórias dentro do stock Boss Mountain que, como tal foi a fonte do minério.

A massa de minério de molibdênio no depósito de Boss Mountain está contida dentro dos corpos brechóides ou nos sistemas de velos.

Repetitivas fases intrusivas, que acompanham as mineralizações, são reconhecidas em alguns depósitos de molibdênio, dos quais os mais notáveis são os de Climax e os depósitos de Urad e Henderson no Colorado. (Anexo IV).

#### 3.4.3 - Depósito de Urad e Henderson - Colorado

O corpo minério de Urad e Henderson no Colorado está relacionado a um centro subvulcânico riolítico de idade Oligoceno, denominado Red Mountain Complex. Os dois corpos (jazidas) estão bem separados no espaço e estão especificamente

relacionados a diferentes rochas intrusivas do complexo.

O corpo de minério de Urad foi formado primeiro e à baixa profundidade. O de Henderson formado à maior profundidade dentro do complexo é o mais volumoso dos dois. As rochas do Oligoceno intrudem um batólito do Granito Silver Plume do Pré-cambriano, próximo à porção oeste da faixa mineral Colorado e estão dentro do trend NNE da falha Berthoud Pass. Esta falha é o maior elemento estrutural da área, tida como pré-cambriana e reativada no Terciário.

A rocha ígnea mais recente conhecida na área é o quartzo-pórfito e tem sido considerada como a fonte intrusiva da zona mineralizada de Urad. A mina hoje está exaurida, tendo produzido cerca de  $13 \times 10^6$  toneladas de minério, com um teor médio de 0,348% MoS<sub>2</sub>.

A zona mineralizada de Urad é vista como um corpo cilíndrico de rocha mineralizada. O corpo de minério foi localizado como parte desta zona, por uma série de fraturas moderadamente mergulhantes, referidas como o sistema "fissura principal". As fissuras são interpretadas como fraturas causadas pela intrusão de quartzo pórfito. Metade do corpo de minério está contido em rochas do Complexo Red Mountain e o restante está no Granito Silver Plume.

O corpo de minério de Henderson é

muito mais volumoso e é um sistema de stockwork na forma de chapéu invertido inteiramente dentro do complexo Red Mountain. Ele contém mais de 300 milhões de toneladas de minério, com um teor de 0,3% Mo.

A alteração-mineralização hidrotermal consiste das seguintes zonas: zona enriquecida em feldspato alcalino, zona silicificada, zona de sericita-quartzo-pirita e zona argílica.

Os depósitos de Urad-Henderson são notavelmente similares àqueles de Climax, exceto pela ausência do tungstênio e do estanho. Wallace et alii (1978) sugerem que estes elementos originados no depósito de Climax se deram por causa da abundância de rochas do embasamento metamórfico Pré-Cambriano, através dos quais os pórfiros foram intrudidos. Algumas rochas são correlacionadas a Urad-Henderson.

#### 3.4.4 - Depósito de Climax - Colorado.

Esta mina é a única cuja produção consiste de molibdenita concentrada e oxidada a MoO<sub>3</sub>, wolfrâmio do concentrado de huebnerita, estanho do concentrado de cassiterita, pirita e monazita.

O stock Climax de riolito pórfito de idade Oligoceno está intrudido nos xistos e gnaisses Pré-Cambrianos da Formação Idaho

Springs em quatro fases separadas, cada intrusão formando níveis e cada nível acompanhado por uma alteração-mineralização. A quarta e última fase indica quase nenhuma mineralização comercialmente explorável.

A falha importante de Mosquito, de 2.400 m de extensão, separa as rochas sedimentares paleozóicas das rochas do embasamento Pré-Cambriano da mina de Climax. As zonas de alteração estão espacialmente relacionadas a cada corpo de minério de molibdenita. Ela contém uma zona de sílica inferior, uma zona de silicato potássico que aproximadamente coincide com o minério e, recobrimo, quartzo-sericita-pirita-topázio e zonas argílica e propílica.

O estudo isotópico e de inclusões fluidas sugerem um modelo em que o corpo de minério foi formado pela mistura da água magmática com água meteórica tardia, tal qual nos depósitos porphyry copper.

A mineralização é de molibdenita com granulação muito fina que ocorre com o quartzo ao longo das fraturas no porphyry Climax e rochas encaixantes. A mineralização de pirita forma uma extensa zona, predominantemente acima e na periferia do minério de molibdenita, assim como veios de quartzo-pirita-sericita que contém fluorita e topázio finamente disseminados.

A mineralização de tungstênio na

forma de huebnerita, coincide com a zona da pirita. Entretanto, a mineralização de tungstênio pode em alguns locais sobrepor-se à zona de minério de molibdenita. Pequenos cristais de cassiterita estão fixados em vugs ou estão incrustados em pacotes de sericita nos velos de quartzo-sericita-pirita. A disseminação do estanho parece estar confinada à zona do tungstênio.

### 3.4.5 - Depósito de Endako - British Columbia

A idade dos depósitos da Cordilheira Canadense fica na faixa de 20 a 141 milhões de anos. O depósito mais possante é o de Endako. A produção é da ordem de 24000t/dia contendo 0,15% de MoS<sub>2</sub>.

O corpo de minério ocorre no Jurássico Superior, compreendendo intrusões de alaskito, granito e quartzo-monzonito do Eo-Mesozóico e Neo-Paleozóico.

A alteração-mineralização hidrotermal contém feldspato alcalino desenvolvido em veios e fraturas, quartzo-sericita-pirita desenvolvidos em velos e fraturas, além de caulnização no quartzo-monzonito Endako.

#### 4 - RESERVAS E PRODUÇÃO

A maior parte dos recursos mundiais de molibdênio encontra-se no hemisfério ocidental. Isso porque 75% dos moly porphyry e 82% dos porphyry copper estão nas Americas, principalmente nos Estados Unidos, Canada, Chile e Peru. Neste caso, o hemisfério ocidental é responsável por cerca de 82% dos recursos recuperáveis de molibdênio no mundo.

O principal detentor destes recursos são os Estados Unidos, cujas reservas de molibdênio representam 45% do total

mundial e 55% do hemisfério ocidental. De fato, os Estados Unidos são o maior detentor de reservas de molibdênio primário e de minas como Climax, Henderson, Mte. Emmons e Cuesta. Seus depósitos primários de molibdênio respondem por 60% do total mundial. É seguido pelo Canada que detém somente 20% dos mesmos. Neste caso, o hemisfério ocidental detém mais de 83% do molibdênio primário do mundo.

A seguir são listados alguns depósitos primários de molibdênio, todos relacionados ao tipo moly porphyry. (Tabela II).

TABELA II

DEPÓSITO	PAÍS	RESERVA	TEOR	IDADE	ENCAIXANTE
CLIMAX	USA	683 x 10 <sup>6</sup> t	0,4 %Mo	30	Emb.Pré-Cambr.
HENDERSON	USA	300 x 10 <sup>6</sup> t	0,3 %Mo	27,8	Emb.Pré-Cambr.
ENDAKO	CANADA	197 x 10 <sup>6</sup> t	0,15 %Mo	138	Pluton Mesoz.
CUESTA	USA	184 x 10 <sup>6</sup> t	0,2 %Mo	21	Emb.Pré-Cambr.
EAST KOUNRAD	URSS	30 x 10 <sup>6</sup> t	0,15 %Mo	?	Pluton Paleoz.
BOSS MOUNTAIN	CANADA	16 x 10 <sup>6</sup> t	0,38 %Mo	102	Pluton Mesoz.

O molibdênio ocorre como principal sulfeto metálico nos depósitos tipo moly porphyry de alto teor e secundariamente também na forma de sulfeto metálico nos depósitos tipo porphyry copper de baixo teor.

As reservas mundiais de molibdênio estão assim distribuídas segundo o Mineral Commodity Summaries 1990 e Mineral and Facts 1985: (Anexo V e tabela III).

### TABELA III

#### RESERVAS E PRODUÇÃO DE MOLIBDÊNIO - 1989

PAÍS	PRODUÇÃO (x 10 <sup>6</sup> lb)	RESERVA (x 10 <sup>6</sup> lb)	RESERVA BÁSICA (x 10 <sup>6</sup> lb)
USA	140	6.000	11.800
CHILE	47	2.500	5.400
CANADA	31	1.000	2.000
PERU	7	300	500
MEXICO	6	200	500
ECON.PLANIF.	34	2.200	5.200
OUTROS	1	-0-	600
TOTAL			
MUNDIAL	266	12.200	26.000

\* Fonte: Mineral Commodity Summaries 1990

O total mundial de molibdênio segundo estas fontes é de  $25.950 \times 10^6$  libras-peso de molibdênio, o que corresponde a 12.975.000 toneladas.

A cotação atual do molibdênio é de US\$ 2,38 por libra de molibdênio contido no óxido molíbdico de teor técnico ( $\text{MoO}_3$ ), aproximadamente US\$ 5.260/t (mai/92).

### c) CONSUMO

#### a) TEORES

Os teores de molibdênio em depósitos primários (moly porhyry, skarnitos, pegmatitos e veios) variam de 0,2% a 0,8%  $\text{MoS}_2$ , enquanto que os obtidos como subprodutos nos depósitos porphyry copper variam desde 0,005% a 0,08%  $\text{MoS}_2$ . Cerca de 65% da produção de molibdênio no mundo provém dos depósitos primários.

O Brasil depende de fornecedores externos para satisfazer o seu consumo de molibdênio, quer na forma de componentes químicos, quer na forma de metais e manufaturados.

A dependência interna brasileira de molibdênio, sob a forma de concentrado, é a mais acentuada, não havendo perspectivas a médio ou a longo prazo de libertação dos fornecedores externos.

Embora dependendo da matéria prima importada, a produção de ferro-molibdênio no período de 1978 a 1987 supriu satisfatoriamente as necessidades do mercado interno.

O molibdênio encontra-se inserido nos minerais carentes para o país, já que suas reservas conhecidas são insuficientes para atender o consumo interno criando, assim, a necessidade de importação ou dependência externa. Numa tentativa de visualização de nossa vulnerabilidade, o molibdênio apresenta um coeficiente de dependência externa acima de 75% juntamente com o cobalto, platina, vanádio, cromo, lítio (concentrado de rutilo), potássio, enxofre e

#### b) PREÇOS

Internacionalmente, os preços do molibdênio são cotados em dólares por libra-peso de molibdênio contido. Geralmente, o preço depende da pureza do produto e da forma como ele é vendido. Nos países de livre economia, os preços são cotados pela Climax Molybdenum Company, que é a mais importante produtora dos Estados Unidos.

### COTAÇÃO DO MOLIBDÊNIO NO MERCADO AMERICANO

	1985	1986	1987	1988	1989	1990
US\$/lb	3,33	2,92	3,30	3,30	3,65	3,35

carvão metalúrgico.

Até 1976, os Estados Unidos despontava como o principal fornecedor de concentrado de molibdênio para o mercado brasileiro. A partir desta data, o Chile surgiu como o mais importante supridor do mercado interno brasileiro através da CODELCO.

A CODELCO (Corporación Nacional del Cobre de Chile), através da suas quatro principais minas (Chuquicamata, El Teniente, Andina e El Salvador) e dentro do processo de produção de cobre, obtém o minério de molibdênio através da separação do concentrado de cobre que, depois de passar pelo processo de ustulação, se obtém o dióxido de molibdênio. A produção anual é de aproximadamente 18.000 toneladas de molibdênio contido.

Na América Latina, o Brasil é o principal consumidor da CODELCO, cujo consumo atual gira em torno de 1,8 mil toneladas de molibdênio, das quais cerca de 97% são fornecidos pela CODELCO. O principal segmento brasileiro consumidor está na área de siderurgia, acompanhado do setor de ferroligas e do setor químico.

Os produtos mais representativos nas importações são fios e filamentos e em seguida ligas em bruto, barras, fitas, folhas e sucatas.

#### d) CONSUMO APARENTE

Permanece praticamente inalterado o consumo relativo setorial do molibdênio no país. Vale salientar que o mesmo apresenta comportamento idêntico ao consumo mundial. No setor industrial, produtos de ferro e aço absorvem cerca de 60% do molibdênio consumido, sendo que máquinas absorvem 30%, indústria de óleo e gás 15%, indústria química 15%, indústria elétrica 15% e outras 10%.

#### 5 - SITUAÇÃO NACIONAL

No Brasil não há jazida de molibdênio com reservas calculadas, exceto em Poços de Caldas. No entanto, presentemente são conhecidas algumas ocorrências de molibdênio, as quais, em seu maior potencial, só apresentam valor mineralógico.

São conhecidas ocorrências na Bahia (Fazenda Francônia, próximo aos limites dos municípios de Canavieiras e Una), no Ceará (Fazenda Araras, município de Soure, na serra de Ibiapaba e na Cachoeira de Uruburetama), no Espírito Santo (no município de Cachoeiro de Itapemirim, junto com quartzo), em Minas Gerais (localidade de Inhauma, município de Sete Lagoa, na forma de wulfenita ocorrendo como mineral secundário de veios plumbíferos que cortam o calcário Bambuí), no Paraná (no município de Colombo, em pequenos núcleos num veio de quartzo), em Pernambuco (entre Pedra Verde e Arcoverde, próxima 1 Km da cidade de Pedra), no Rio de Janeiro (município de



Maricá e Petrópolis, ocorrendo em pegmatitos). no Rio Grande do Sul ( no município de Lavras, onde xistos e calcários são cortados por inúmeros veios de quartzo mineralizados com molibdenita) e em Roraima ( na Serra do Banco, Serra do Mel e Fazenda Moreninha).

Destas pequenas ocorrências, vale ressaltar que o molibdênio ocorre nos municípios de Pindobaçu e Campo Formoso, no Estado da Bahia, responsável pela pequena produção de concentrados de molibdênio no Brasil, detectado nos garimpos de esmeralda. Nessa região, o molibdênio aparece irregularmente sobre a encaixante da esmeralda, em camadas com teor e espessura variável, que as vezes atingem mais de 1 metro de possança. Quanto ao potencial deste bem mineral, ainda não foi realizado qualquer trabalho de avaliação econômica.

As áreas que possuem algum potencial conhecido de molibdênio no Brasil podem estar relacionadas à jazida de cobre de Salobo (Pará), na região do Distrito Scheelitífero da Borborema ( Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba) e no complexo alcalino de Poços de Caldas, não descartando-se, evidentemente, a possibilidade de áreas prospectáveis em regiões Pré-Cambrianas.

Por analogia, observa-se que a possibilidade de tais ocorrências é muito semelhante ao caso do estanho quanto à sua distribuição mundial. No entanto, os terrenos proterozóicos da Amazônia e Centro-Oeste do

Brasil, por exemplo, vem apresentando expressões significativas como fontes de estanho. Os esforços exploratórios nestes terrenos devem incorporar maior nível de risco em seus planejamento.

#### a) Jazida de Salobo - Pará

A sequência Salobo-Pojuca é constituída por um pacote vulcanosedimentar, do Pré-cambriano Inferior, metamorfozizado à fácies anfíbolito, encaixado em rochas do Complexo Xingu. A faixa da sequência que bordeja o flanco norte do sinclínório de Carajás, em uma extensão de mais de 100 km, é caracterizada por apresentar diversos depósitos e ocorrências minerais de cobre com outros metais associados como ouro, zinco, prata e molibdênio, sendo a mais importante a jazida de Salobo-3A.

Na área da jazida, a sequência é cortada por granitos com idades de 1.800 +/- 100 MA (Granito Velho Guilherme e Serra dos Carajás) e rochas intrusivas datadas em 561 +/- 16 MA.

A mineralização de cobre ocorre como minério sulfetado e minério alterado (oxidado). A molibdenita ocorre subordinadamente com o ouro e a prata nos minérios sulfetados constituído pela associação bornita-calcocita-calcopirita ocorrendo na forma disseminada preenchendo fraturas, principalmente em

xistos à biotita.

Com uma reserva de 1 bilhão de toneladas de cobre, a mina Salobo, da Cia. Vale do Rio Doce, em Carajás, prevê a lavra e concentração do minério sulfetado a céu aberto. O plano de lavra prevê a operação, num período mínimo de 24 anos, a movimentação diária de 152 mil toneladas de rocha, gerando 30% do minério (45 mil toneladas de material bruto) e mais 70% de rejeito acrescido de minério marginal (107 mil toneladas).

A planta de concentração prevê uma produção anual de 300 mil toneladas de concentrado de cobre com 4%, ouro com 15 g/t e molibdênio com 0,205%. Dentre os subprodutos, prevê-se uma produção de 3 mil toneladas de concentrado de molibdênio com 55% MoO<sub>3</sub>, além de 4,5t de ouro e 10,5t de prata.

Um banco de dados de geologia de Salobo foi implantado em um programa de computador da Control Data, desenvolvido especialmente para projetos de mineração. A única mina que utiliza este programa na América Latina é a de Chuquicamata, no Chile.

#### b) Jazida de Poços de Caldas - Minas Gerais

O distrito uranífero de Poços de Caldas possui a primeira e presentemente a

única mina de urânio operando no Brasil. Ela é também a única no mundo onde o urânio é minerado em depósitos relacionados à rochas alcalinas. Nos depósitos de Cercado e Agostinho, o urânio está associado com o molibdênio e zircônio. As rochas hospedeiras principais da mineralização são tinguaitos, fonolitos e rochas piroclásticas.

A encaixante da mineralização molibdo-uranífera de Agostinho em superfície é uma rocha potássica, resultante da alteração, por processos hidrotermais, de tinguaitos. No depósito de Poços de Caldas, há uma mineralização uranífera em rochas alcalinas com altos teores de titânio, com minerais de molibdênio com zirconita, pirita e fluorita.

A jazida de Cercado cobre uma área aproximadamente de 2,5 km<sup>2</sup> e foi dividida em três unidades mineralizadas com corpos de minério designados por A, B e E, sendo que somente no corpo B, localizado na parte externa do cone secundário, a mineralização é conhecida até uma profundidade de 370 metros. Este corpo apresenta seu eixo maior com direção N40E e extensão de 1400 metros e seu eixo menor com direção N48W e extensão de 440 metros.

O corpo B corresponde a um depósito de piroclásticas limitado em sua parte inferior por uma intrusão foiaítica. A mineralização é composta de óxidos negros de urânio associados a fluorita, pirita e minerais de molibdênio. Em sua parte superior, a exemplo do corpo E, a

mineralização é de caráter epigenético, estando subhorizontalizada.

Na parte inferior, a mineralização é primária, oriunda de soluções hidrotermais que migraram a partir da intrusão foiaítica. A alta porosidade das piroclásticas, associada a traps estruturais, permitiu a formação de amas ou bolsões mineralizados.

Completando o quadro de mineralizações do corpo, aparecem pipes de brechas mineralizados, cortando não só as piroclásticas como também a intrusão foiaítica da base. Essas brechas, muito ricas em fluorita, seriam as últimas pulsações dos eventos tectônicos.

Três sistemas tectônicos atuam na área. O primeiro com direção NE/SW, serve como conduto para as mineralizações profundas. O segundo, NW/SE, está ligado ao enriquecimento das zonas intermediárias. Por fim, o sistema N/S, é responsável pela formação de inúmeros corpos de brecha tectônica, que por vezes apresentam-se mineralizadas.

A mineralogia do molibdênio é formada principalmente pelos minerais secundários jordisita e ilsemanita. Foi cubada uma reserva de 25.000 toneladas de molibdênio nesta jazida.

A jazida de Agostinho situa-se na parte externa ao cone vulcânico secundário da jazida de Cercado. No que concerne à

litologia, nota-se a ausência das efusivas típicas (fonolitos), estando representado o clã litológico por tinguaitos e foiaitos.

Nesta jazida, a mineralização encontra-se restrita a corpos de brecha com atitude subvertical e com orientação N70W e N10W, à semelhança do corpo A da jazida de Cercado. Essas ocorrências acompanham os contatos do corpo foiaítico. A mineralização de molibdênio ocorre com mais frequência do que no Cercado, sendo sua mineralogia composta por molibdenita, jordisita e ilsemanita.

O molibdênio produzido no município de Poços de Caldas é ofertado ao mercado sob a forma de molibdato de cálcio, considerado como subproduto do beneficiamento do urânio. Em 1987 foram produzidas 231 toneladas de  $\text{MoO}_3$  contidos em molibdato de cálcio. Cumpre ressaltar que o teor de  $\text{MoO}_3$  contido no molibdato de cálcio é da ordem de 35%. Em 1988, a Nuclebrás produziu 20 toneladas de molibdato de cálcio contendo  $\text{MoO}_3$ , com teor idêntico ao produzido no ano anterior.

#### c) Distrito Scheelitífero da Borborema

O distrito que abrange os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba é um dos promissores recursos potenciais de molibdênio, que ocorre associado ao tungstênio. Estes recursos ocorrem em grande extensão, apresentando concentrações irregulares, às vezes com teor mais elevado

do que alguns jazimentos consagrados internacionalmente como bons produtores. Resta porém dimensionar estes recursos visando seu aproveitamento dentro de parâmetros econômicos competitivos com o mercado externo.

O teor de molibdenita nos jazimentos scheelitíferos do Nordeste é superior àqueles de jazimentos do mesmo tipo genético (Tyrnyauz-URSS) e outros de natureza diferente, onde o molibdênio é extraído como subproduto, principalmente dos jazimentos de cobre nos cinturões orogênicos circumpacíficos mais recentes (Chuquicamata-Chile, Bingham, Bagdad-Usa e Lornex-Canada), e dos jazimentos primários tipo moly porphyry (Climax, Endako, Henderson,...).

O teor de molibdênio existente no minério de scheelita ou o que jaz, em concentrações maiores ou menores, separadas deste mineral, é superior a todos estes casos apontados, em que o elemento vem sendo minerado economicamente. O teor médio a partir do minério scheelitífero da mina Brejuí é de 1%Mo. Segundo Suszczynski (1975), este local não é ainda onde se situam as falxas mais ricas em molibdenita, as quais se enriquecem daí para o sul, até os locais de Santa Luzia, São Mamede, Parelhas, etc...

Ainda seguindo o raciocínio de Suszczynski, há três modos de ocorrência do molibdênio neste tipo de jazimento: no primeiro caso, o elemento aparece disseminado dentro da scheelita; no segundo

caso, baseando-se nos estudos de GONI, J.C e PICOT, P.(1965), ocorreria a chamada scheelita-molibdica crescida e orientada nas clivagens da scheelita na forma de lamínulas de molibdenita; e terceiro caso seria aquele em que a molibdenita ocorre disseminada na rocha ou junto com o minério scheelitífero e não dentro da scheelita. Neste último caso, ela estaria intercrescida, ou fazendo parte da paragênese mineral.

Neste último aspecto ela poderia aparecer bem separada do minério scheelitífero, ocorrendo concentrada em níveis individualizados abaixo da zona scheelitífera rica e, como tal, poderia ser minerada separadamente.

A zona do molibdênio dentro da área do Seridó aumenta em teor de Norte para Sul, situando-se entre a zona do cobre abaixo e a zona do wolfrâmio acima. Isto significaria ótimas falxas para se prospectar o elemento.

Na região de Currais Novos, o minério de molibdênio é obtido como subproduto da mineração de scheelita sob a forma de concentrado. Sua oferta ao mercado consumidor é descontínua, pois há anos a sua produção é nula. Por outro lado, quando computadas, nunca foram além de dez toneladas por ano.

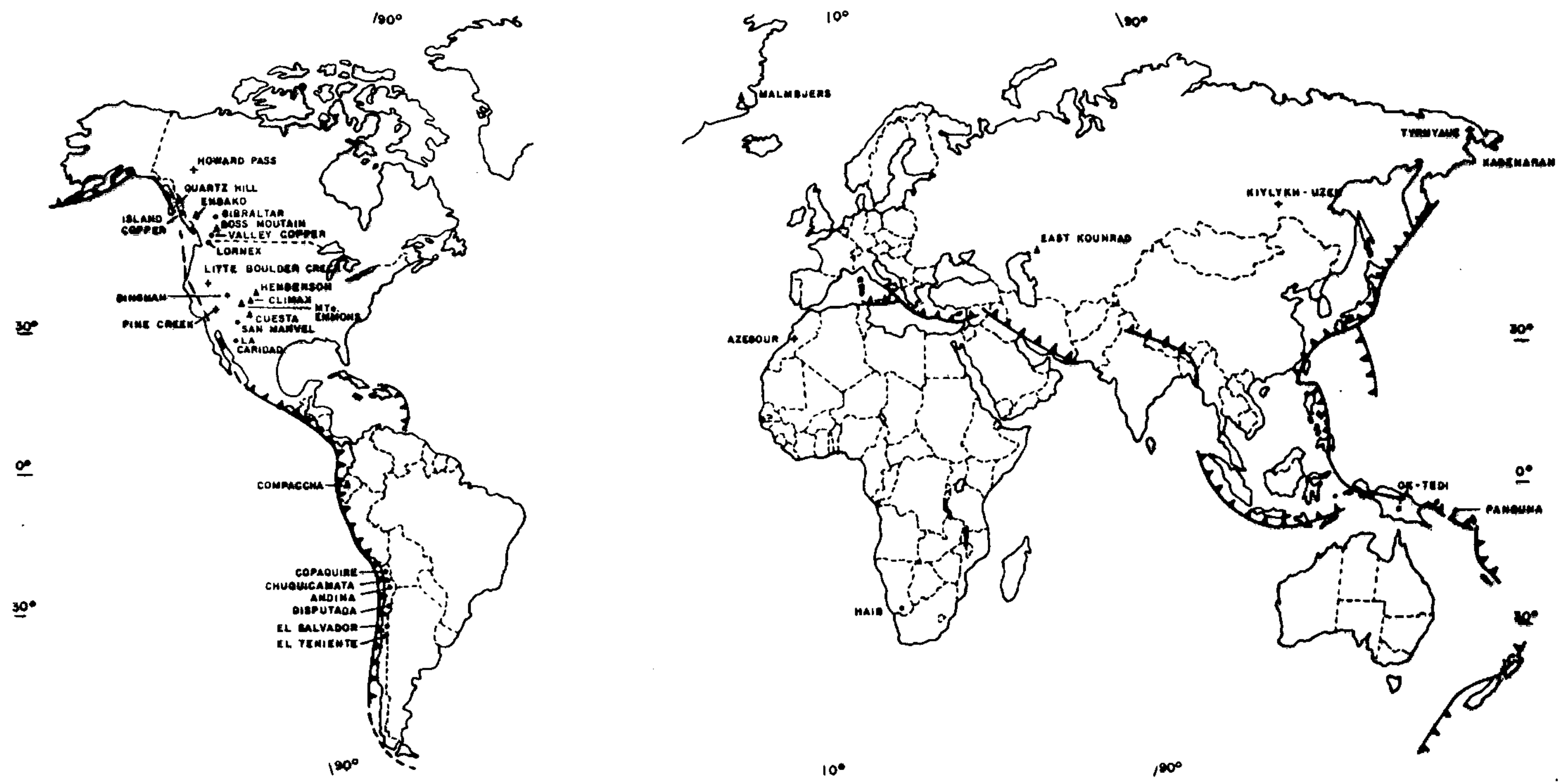
## 6 - BIBLIOGRAFIA

- KURDYUKOV, A.A. - Litologic control on mineralization in the Tyrnyauz deposit - International Geology Review - vol.22 n.1-1;1980
- KHOMICHEV, V.L. - Forms of association between copper-molibdenum mineralization and magmatism - International Geology Review - vol.22 n.1-1; 1980
- KOMICHEV, V.L. & SHABALINA, E.S. - The zonality of the quartz-molibdenum stockwork ore mineralization on the Eastern of the Kuznetski Alatau Range - Soviet Geology and Geophysics - vol.15, pp.10-12 - 1974
- SMIRNOV, V.I. - Ore deposits of the URSS - vol.III, pp.125-179 - 1977
- EDWARDS, R. & ATKINSON, K. - Ore deposit geology - pp.69-106 - 1986
- HUTCHINSON, C.S. - Economic deposits and their tectonic setting - pp.168-195 - 1983 - John Willey & Sons - New York.
- YAKOVLEV, F., GRIGORIEV, V.M., GINZBURG, A.I., SMIRNOV, V.I. - Studies of minerals deposits - pp.148-158 - 1983
- FRAENKEL, M.O., SANTOS, R.C., LOUREIRO, F.E.V., MUNIZ, W.S. - Jazida de urânio no Planalto de Poços de Caldas - Minas Gerais in Principais Depósitos Minerais do Brasil - vol.I - Departamento Nacional da Produção Mineral, pp.89-103 - 1985
- SILLITOE, R.H. - Types of porphyry molibdenum deposits - Mining Magazine - v.142 (P:622.05) M6651 - 1980
- BARBOSA, R.L.M. e GUSMÃO A.M. - Perfil Analítico do Molibdênio - Boletim n.52 - Departamento Nacional da Produção Mineral - 1980
- SUTULOV, A. - International Molibdenum Encyclopaedia - vol.I - 1978 - Edit. Alexander Sutolev
- AMARAL, E.V., FARIAS, N.F., SAUERESSIG, R., JUNIOR, A.V., ANDRADE, V.L.M. - Jazida de Cobre Salobo 3A e 4A, Serra dos Carajás - PA in Principais Depósitos Minerais do Brasil - vol.III - Departamento Nacional da Produção Mineral, pp.43-53 - 1988
- GUSMÃO, A.M. - Molibidênio, in Balanço Mineral Brasileiro - Departamento Nacional da Produção Mineral, pp.1986-192 - 1988
- HOLLISTER, V.F. - Porphyry molibdenum deposit of Compaccha, Peru - Mineralium Deposita, v. 10 - 1975 - pp.141-151
- KNIGHT, C.L. - Ore genesis source bed concept - Econ. Geology no. 62, 1957, pp. 808-817


- PETRASCHEK, W.E. - Ore metals from the crust or mantle - *Econ. Geology* no. 64, 1969, pp.576-577
- KRAUSKOPF, K.B. - Source rocks for metal-bearing fluids - *Geochemistry of the Hydrothermal Ore Deposits* - Ed.H.L. Bornes, pp.1-33, 1967.
- NOBLE, J.A. - Metal provinces of the Western United States. *Geologic Soc. Amer. Bulletin*, no. 81, pp.1607-1624, 1970
- ROUTHEIR, P. - Vers un Schéma unitaire de la metallogenie regionale; Sa partie theorique et pratique; Propos en forme de manifeste. *Chrom. Rech. Min.* no. 436, pp. 11-11, 1977
- JENSEN, M.L. - Proverance of cordelleram intrusives and associated metals. *Econ. Geology* no. 66, pp.34-32, 1971
- GREE, D.H. & RINGWOOD, A.E. - The genesis of basaltic magma - *Contr. Mineral and Petrol.* no. 15, pp. 103-190, 1977
- KESSLER, S.E. - Copper, molibdenum and gold abundance in porphyry copper deposits. (SciComm.) *Econ. Geol.* no. 68, pp.106-111, 1973
- POKALOV. V.T. - Genetic types research criteria for endogenic deposits of molibdenum. Nedra Press, Moscou, 1972
- KING, R.U., SHAW, D.R. & MacKEVETT, E.M., Jr. - Molibdenum - U.S.Geological Survey. Prof. Paper 820, pp.425-535- 1973
- CRAIG, J.I. - The mineral industry of New Mexico. U.S. Bureau of Mines, *Mineral Yearbook*, v.2, pp.469-491- 1974
- GONI, J.C. E PICOT, D. - Certaines particularités minéralogiques des tactites a scheelite du Nort-Est du Brésil - *Bull. Soc. Geol. de France*, v.LXXXVIII, tomo II, pp.6-1965
- SUSZCZYNSKI, E.F. - Os recursos Minerais e Potenciais do Brasil e sua Metalogenia - Livravia Interciência Ltda.- 1975

**A N E X O S**

# LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS



- depósitos tipo porphyry copper
- ▲ depósitos tipo moly porphyry
- ✦ depósitos tipo skarn


 delimitação da placa convergente  
 (dentes mostram a submersão para  
 baixo da zona de subducção.



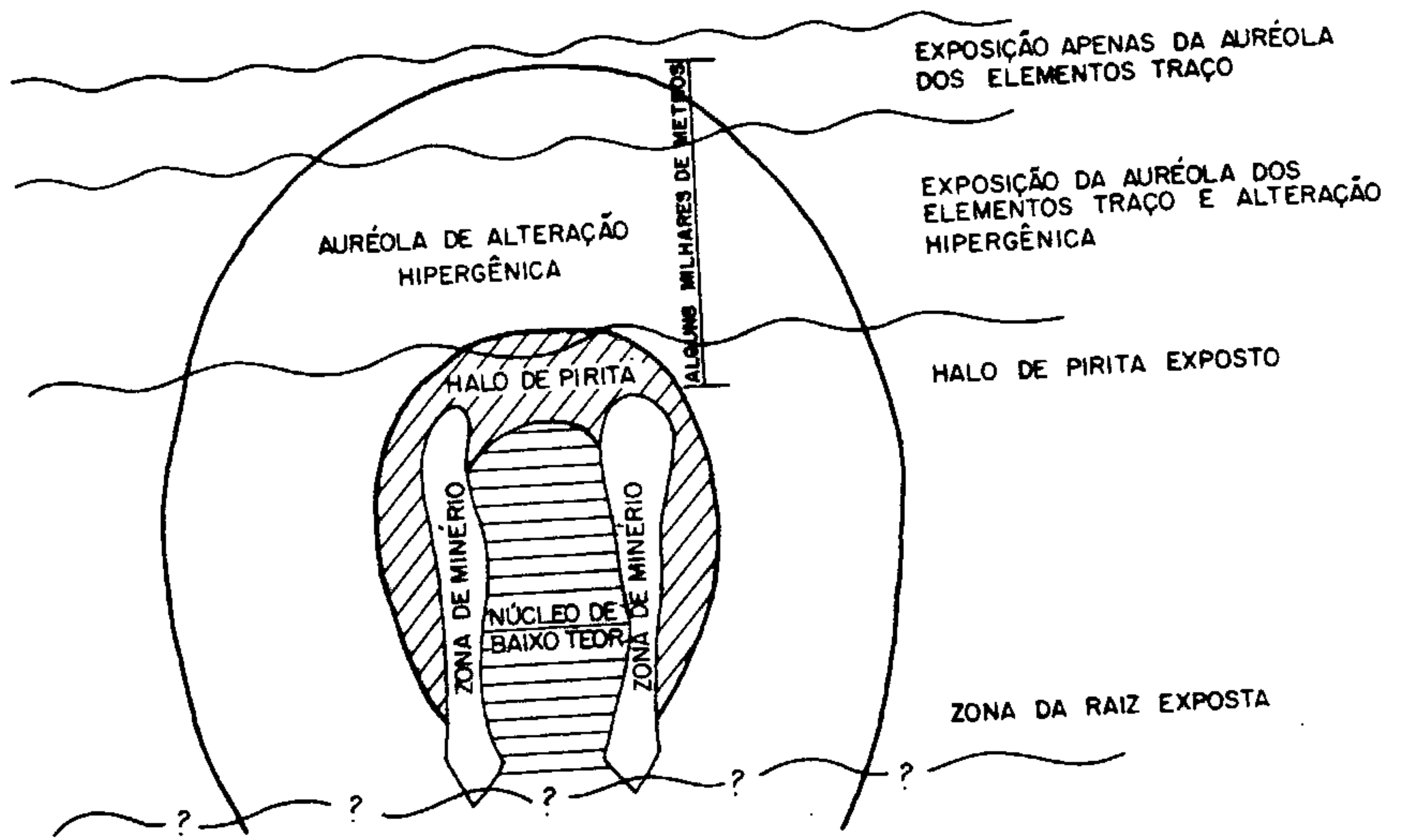


Diagrama esquemático de um sistema porphyry copper, mostrando os níveis de erosão hipotéticos ( após Lowell e Guilbert 1970 e Chaffee 1982 ).

CLASSIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES ENDOGÊNICAS DO MOLIBDÊNIO

TIPO DE MINERALIZAÇÃO				
CLASSE GENÉTICA	COMPONENTES DE MINÉRIO	MORFOLOGIA DA MANIFESTAÇÃO	EXEMPLO DE DEPÓSITOS	PAÍS
PEGMATITO	variado c/Mo superimposto		Preissac	CANADÁ
CARBONATITO	terras raras c/Mo e outros (cu, Pb, Zn)	zonas e setores de min. filoneana		
SKARNITO	tungstênio/molibdênio.	camadas concord, lentes conc. e segregações + complexas	Fine Creek Tyrnyauz Borborema	USA URSS BRASIL
	molibdênio	camadas concord, lentes concord. segregações + complexas	Yang-Chang	CHINA
	cobre-molibdênio	camadas concord, lentes concord. segregações + complexas	Karatas Kyalydh-Uzem Azegour	URSS URSS MARROCOS
ALBITTO	metais raros c/ mineralização Mo superimposta	zonas e setores de forma irregular da mineralização filoneana e segregação.		
GRAISEN	tungstênio-estanho com Mo, Bi e metais raros	veios e stockworks		
	tungstênio/molibdênio	stockworks	Koktenkol	URSS
		veios	East Akchatam	Kounrad URSS URSS
		pipes e zona de min. de brecha lentes concord, colunar e outra forma segregação	Bulktai Yugodzyr	URSS MONGOLIA
HIDROTHERMAL	molibdênio	stockworks	Henderson Bndgaya Zhirkem Climax Cuesta	USA URSS URSS USA USA
		veios	Davenda Umalta Shakhtama	URSS URSS URSS
	cobre-molibdênio	stockworks	Compaccha Kachharan Sora Chnquicamata	PERU URSS URSS CHILE
		veios	El teniente Aigedzor Salobo(?)	CHILE URSS BRASIL
		pipes e zonas de minério de brecha	Karatas IV	URSS
	urânio-molibdênio	zonas stockwork e veios	Maryvale Billingden shale Poços de Caldas	USA SUECIA BRASIL
	PIRÍTICA	cobre com molibdênio	camadas concord, lentes concord., e outras formas complexas de segregação	Urup e um nº de depósitos do mdeste dos Urais

Fonte: Smirnov (1977) - Ore Deposits of USSR . vol.III (adaptação)

ANEXO I

## MODELOS DE DEPÓSITOS DE MOLIBDÊNIO PORFÍRO

INTRUSÃO	MODELO ZONADO	MODELO NÃO ZONADO
<b>FASES</b>	Três ou menos	Três ou mais
Fase final c/minério	Quartzo-monzonito pórfiro	Quartzo-monzonito pórfiro
Forma da intrusão	alongada irregularmente	circular irregularmente
<b>ESTRUTURA</b>		
Radial	rara	comum
Tangencial	rara	comum
Intercessão stockwork	comum	comum
Evidência de domo	incomum	comum
<b>ZONAS DE ALTERAÇÃO</b>		
Zona potássica	núcleo comum	comum no núcleo
Zona filica	lateralmente ao redor do núcleo	por cima do núcleo
Zona argílica	pode circundar lateralmente Zona filica	acima da zona filica
Zona propilítica	sempre é a zona externa	sempre acima das outras zonas
<b>FEIÇÕES</b>		
Halo de pirita	presente	presente
Zona de alta pirita	lateralmente fora do minério	verticalmente acima do minério
<b>ZONEAMENTO MINERAL</b>		
Zona do molibdênio	com potássica	com potássica
Zona do cobre	potássica ao redor, com filica	potássica acima com filica
Zona do Zinco	filica ao redor com cobre	acima do cobre
Zona do chumbo-prata	ao redor do zinco	acima do zinco
Zona do tungstênio	em alguma zona	acima do molibdênio
Ouro	rara	rara

## ANEXO II

Depósito	País	Tipo	Encaixante	Vulcânica que contém mineralização	Idade da mineralização	Reserva (x 10 <sup>6</sup> t)	Teor (% Mo)
Endako	CANADÁ	Moly Porphyry	Pluton Mesozóico	QTZ-Monz-Pórfiro	Jurássico	197,8	0,15
Boss Moutain	CANADÁ	Moly Porphyry	Pluton Mesozóico	QTZ-Monz-Pórfiro	Cretácio	16	0,3
Climax	USA	Moly Porphyry	Emb. Pré-Cambriano	Riolito Pórfiro	Oligoceno	683	0,4
Henderson	USA	Moly Porphyry	Emb. Pré-Cambriano	QTZ-Monz-Pórfiro	Oligoceno	300	0,3
Cuesta	USA	Moly Porphyry	Emb. Pré-Cambriano	QTZ-Monz-Pórfiro	Mioceno	184	0,2
Compaccha	PERU	Moly Porphyry	Sedimento Mesozóico	Monzonito Pórfiro	Plioceno	100	0,16
Copaquire	CHILE	Moly Porphyry	Sedimento Jurássico	QTZ-Monz-Pórfiro	Oligo/Mioceno	50	0,01
East kounrad	URSS	Moly Porphyry	Pluton Devoniano	QTZ-Diorito	Carbonifero	30	0,15
Tyrnyauz	URSS	Skarnito	Mármore Paleozóico	Alaskito	Juro-cretacio	50	0,25
Gibraltar	CANADÁ	Copper Porphyry	Vulcânica Permeano	Granodiorito	Triássico	280	0,01
Brenda	CANADÁ	Copper Porphyry	Vulcânica Triássico	QTZ-Diorito	Jurássico	105	0,04
Island copper	CANADÁ	Copper Porphyry	Vulcânica Jurássico	QTZ-Monzonito	Jurássico	210	0,01
Copper Moutain	CANADÁ	Copper Porphyry	Vulcânica Triássico	Monzonito	Triássico	200	0,01
Binghan	USA	Copper Porphyry			Oligoceno	1.427	0,02
Chuquicamata	CHILE	Copper Porphyry	Met. Paleozóico.	Granodiorito	Oligoceno	8.000	0,03
El Salvador	CHILE	Copper Porphyry	Vulcânica Cretácio	QTZ-Porfiro	Eoceno	275	0,02
Andina	CHILE	Copper Porphyry	Vulcânica Paleozóico	Dacito pórfiro	Eoceno	420	0,01
Disputada	CHILE	Copper Prophyry	Vulcânica Paleoceno	Granodiorito	Plioceno	800	0,008
El Teniente	CHILE	Copper Prophyry	Andesito Cretácio	Granodiorito	Terciário Inf.	4.000	0,03
Kadzharan	URSS	Copper Prophyry	Vulcânica Eoceno	Granodiorito Pórfiro	Oligoceno	100	0,05
Kiyalykh-uzen	URSS	Skarnito	Mármore Paleozóico	Quartzo Diorito	Cambriano Inf	30	0,05
Pine Creek	USA	Skarnito	Mármore Paleozóico	Quartzo Diorito	?	60	0,1
Panguna	PAPUA N. G.	Copper Prophyry	Vulcânica Mioceno	Quartzo Diorito	Plioceno	167	0,08

### ANEXO III

COMPARAÇÃO DOS TIPOS DE DEPÓSITOS DE MOLIBDÊNIO PÓRFIRO (WHITE, 1981)

CARACTERÍSTICAS:	TIPO CLIMAX	TIPO QTZ-MON
1-tipo de rocha cogenética	granito pórfiro	qtz-monzonito pórfiro
2-fases intrusivas	múltiplas intrusões graníticas	intrusões de diorito à qtz-monzonito.
3-tipo intrusivo	stock	stock ou batólito
4-tipo corpo minério	stockwork	stockwork
5-forma corpo minério	cúpula invertida	cúpula invertida, tabular
6-teor % MoS <sub>2</sub>	0,30 a 0,45%	0,10 a 0,20%
7-tonelagem	50 a 100x10 <sup>3</sup> t	50 a 1000x10 <sup>3</sup> t
8-molibdenita disseminada	rara	rara
9-idade	Terciário Med. ao Sup.	Mesozóico e Terciário
10-minerais fluorados	fluorita, topázio	fluorita
11-minerais c/bismuto	sulfossais	sulfossais
12-minerais c/tungstênio	wolframita (huebnerita)	scheelita
13-minerais c/estanho	cassiterita, estanita	raro
14-minerais c/cobre	rara calcopirita	pouca calcopirita
15-silicificação	muita sílica	sem muita sílica
16-greisenização	graisen comum	não há graisen
17-relação Cu/Mo no minério	1:100 a 1:50	1:30 a 1:1

ANEXO IV

## RESERVAS MUNDIAIS DE MOLIBDÊNIO

AMÉRICA DO NORTE:	USA	11.800 X 10 <sup>6</sup> lb.
	CANADA	2.000
	MEXICO	500
	(* ) OUTROS	200.....14.500

(\* ) Estão incluídas as reservas da Groelândia, Porto Rico e América Central.

AMÉRICA DO SUL:	CHILE	5.400 X 10 <sup>6</sup> lb.
	PERU	500
	OUTROS	200..... 6.100

EUROPA:	URSS	1.500 X 10 <sup>6</sup> lb
	BULGÁRIA	20
	OUTROS	600..... 2.120

ÁFRICA:	.....	20.....20
---------	-------	-----------

ÁSIA:	CHINA	2.500 X 10 <sup>6</sup> lb.
	IRÃ	300
	OUTROS	200.....3.000

OCEANIA:	AUSTRÁLIA	30 X 10 <sup>6</sup> lb
	(* ) OUTROS	150..... 180

(\* ) Estão incluídas as reservas da Antártida.

Fonte: Mineral Commodity Summaries 1990 e Mineral and Facts 1985.

## CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE MOLIBDÊNIO

- 1 - Depósitos pequenos: 50.000 t Mo - estes incluem muitos prospectos que tem pequena reserva e baixo teor e alguns que estão sob investigação
- 2 - Depósitos moderados: de 50.000 a 100.000 t Mo com teores > 0,07% Mo - estes incluem os depósitos volumosos de baixo teor ou depósitos pequenos de alto teor.
- 3 - Depósitos grandes: de 100.000 a 250.000 t Mo com teores > 0,1% Mo
- 4 - Megadepósitos : acima de 250.000 t Mo - estes incluem os mais volumosos depósitos do sudoeste dos EUA (Climax, Henderson, Cuesta) que tem mais de 250 milhões de toneladas de minério, incluindo grandes tonelagens com teores > 0,2% Mo

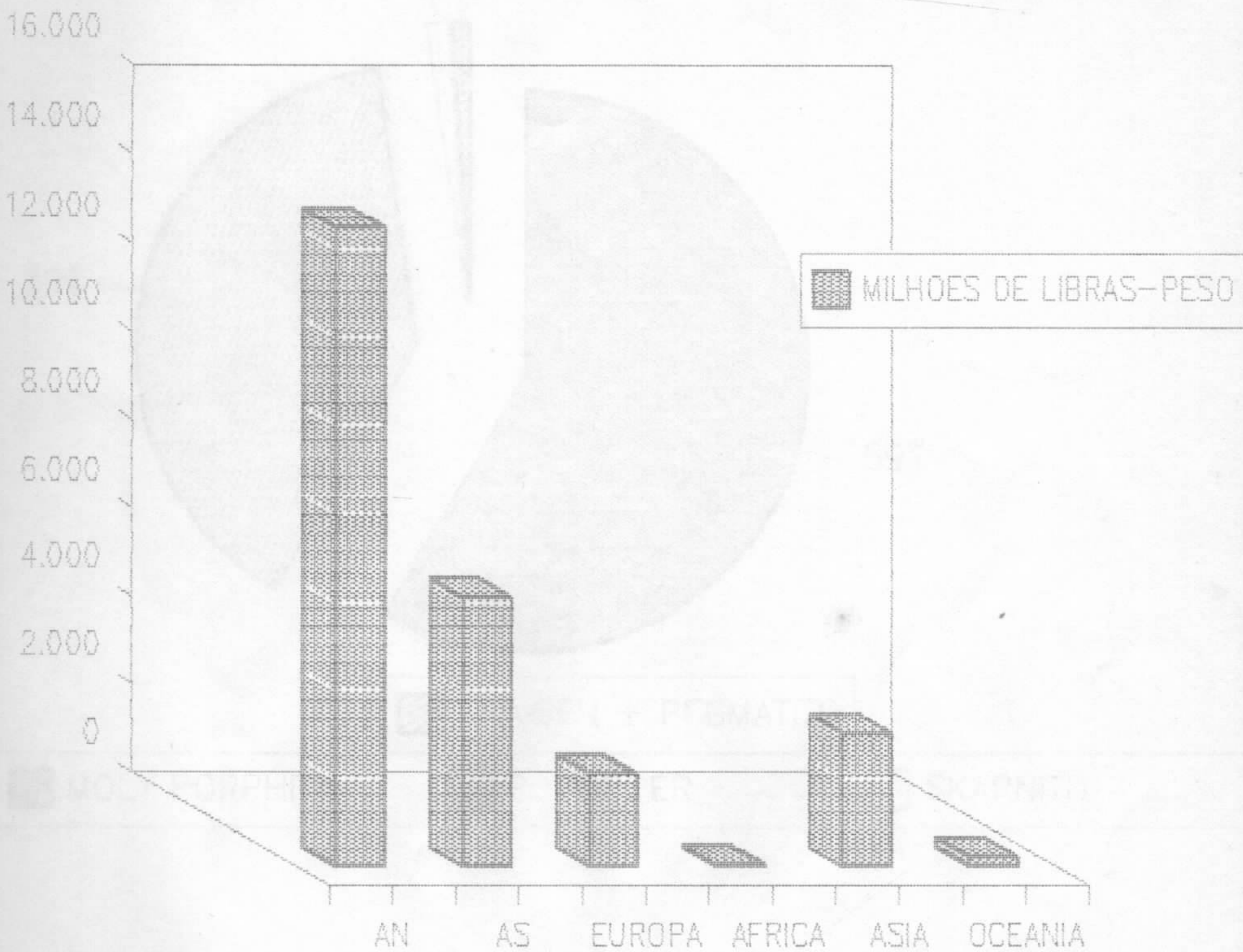
### GITOLOGIA DO MOLIBDÊNIO

TIPO	PRODUÇÃO (% mundial)	RESERVA (% mundial)	TEOR (% Mo)	POSICIONAMENTO TECTÔNICO
MOLY PORPHYRY	60	58,5	0,2-0,8	cinturão orogênico Paleozóico
PORPHYRY COPPER	35	39,2	0,005-0,08	faixa orogênica Mesozóica-Terciária
SKARNITO	3	1,3	0,1-1,0	terrenos dobrados Pré-Cambriano
GRAISEN + PEGMATITO	2	1,0	0,5-3,0	zonas cratônicas anorogênicas

ANEXO VI

# RESERVA MUNDIAL DE MOLIBDENIO

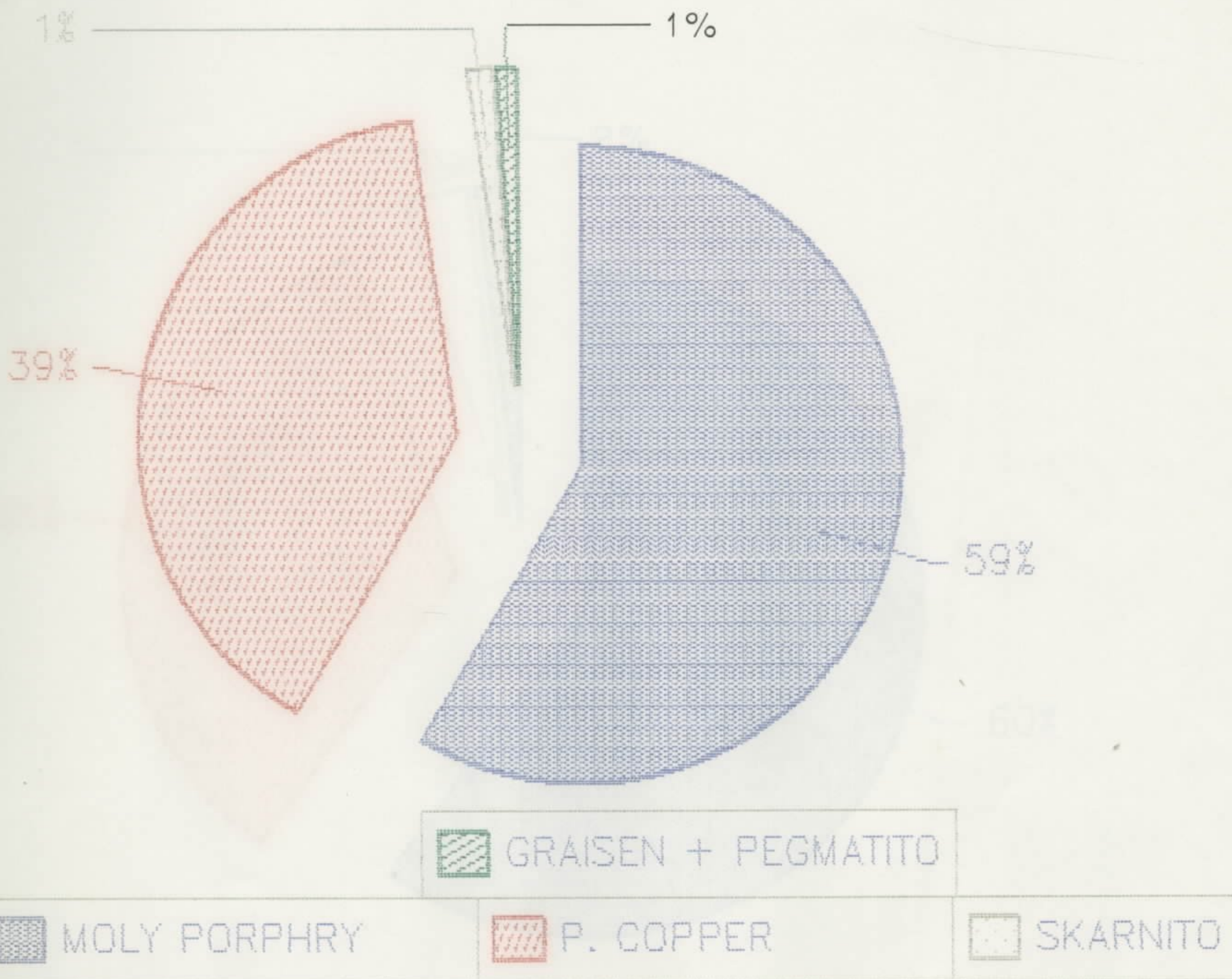
## DISTRIBUICAO DAS RESERVAS DE MOLIBDENIO





# RESERVA MUNDIAL DE MOLIBDENIO

## PRODUCAO MUNDIAL DE MOLIBDENIO



# PRODUCAO MUNDIAL DE MOLIBDENIO

