

**TECNOLOGIA
MINERAL**

ASPECTOS DIVERSOS DA GARIMPAGEM DE OURO

54

FERNANDO FREITAS LINS

STM54

CE
EX. 1



CETEM

PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Fernando Collor de Melo

SECRETÁRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Hélio Jaguaribe de Mattos

PRESIDENTE DO CNPq
Marcos Luiz dos Mares Guia

DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA
Lindolpho de Carvalho Dias

DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO
Jorge Almeida Guimarães

DIRETOR DE PROGRAMAS
Ivan Moura Campos

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

DIRETOR
Roberto C. Villas Bôas

VICE-DIRETOR
Peter Rudolf Seidl

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS - DTM
Adão Benvindo da Luz

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRATIVA - DME
Juliano Peres Barbosa

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE QUÍMICA INSTRUMENTAL - DQI
Roberto Rodrigues Coelho

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO - DES
Ana Maria B. M. da Cunha

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO - DAD
Clarice Dora Gandelman

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
CETEM / CNPq
BIBLIOTECA

ASPECTOS DIVERSOS DA GARIMPAGEM DE OURO

Fernando Freitas Lins
Coordenador

Tombo 00 6462

CT-00005468-7



*STM
54
DE
12.1*

ASPECTOS DIVERSOS DA
GARIMPAGEM DE OURO
SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

FICHA TÉCNICA

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Francisco R. C. Fernandes

REVISÃO

Milton Torres B. e Silva

EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA

Maria de Fátima Mello

Márcio Luís D. Lima

Alessandra S. Wisnerowicz

ILUSTRAÇÃO

Jacinto Frangella

Pedidos ao:

CETEM/CNPq - Centro de Tecnologia Mineral

Departamento de Estudos e Desenvolvimento - DES

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do Fundão

21949 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Fone: (021) 260-7222 - Ramal: 218 (BIBLIOTECA)

Solicita-se permuta.

We ask for change.

Aspectos diversos da garimpagem de ouro / Coord.
Fernando Freitas Lins. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1992.

97p. - (Série Tecnologia Mineral; 54)

1. Ouro - Aspecto ambiental. 2. Garimpagem.
3. Impacto ambiental. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Série.
III. Lins, Fernando Freitas, coord.

ISSN 0103-7382

CDD 622.342

ISBN 85-7227-019-1

**TECNOLOGIA
MINERAL**

ASPECTOS DIVERSOS DA GARIMPAGEM DE OURO

54

FERNANDO FREITAS LINS



CETEM
BIBLIOTECA

Reg. N.º 956 Data 24/09/92



CETEM

PATRIMÔNIO

17-B - 4096

COL. DE VOL | VOL N.º

DATA 28/04/93

REG. N.º

BMB

APRESENTAÇÃO

Esta monografia reúne as experiências de onze profissionais, distribuídas ao longo dos seus domínios de interesse e ação, nos quais buscam orientar e direcionar aqueles que manifestam desejos de se aprofundarem nas várias questões ligadas ao garimpo de ouro.

Acredita o CETEM que, com esta publicação, os interessados na garimpagem de ouro poderão encontrar farto material que lhes possibilite maximizar a extração do bem mineral, dentro dos preceitos da melhor técnica e seguindo a legislação pertinente, minimizando o impacto da atividade junto ao meio ambiente.

Rio de Janeiro, 20 de março de 1992

ROBERTO C. VILLAS BÔAS

PREFÁCIO

A garimpagem de ouro deve ser incentivada ou inibida?

A resposta a esta questão é objeto de grande polêmica. De um lado há aqueles que a defendem argumentando que um contingente de cerca de meio milhão de pessoas envolvidas diretamente nesta atividade vive ou sobrevive da mesma. De outro lado, os contrários à garimpagem geralmente raciocinam com a ineficiência das operações técnicas no garimpo, e a conseqüente perda significativa de ouro, e com a contaminação do meio ambiente pelo mercúrio, e outras razões.

A opinião da coordenação deste trabalho é que a garimpagem de ouro no Brasil é uma realidade, com os seus prós e contras; portanto não cabe ignorá-la. Medidas governamentais que estimulem ou desestimulem o garimpo, direta ou indiretamente, tendem a ser conseqüências de negociações políticas entre os grupos interessados e seus representantes no sistema democrático vigente. De qualquer maneira, haverá ainda por muito tempo atividade de garimpo no País, mesmo residual.

Neste contexto, a publicação deste trabalho pretende contribuir para que a atividade garimpeira seja realizada mais eficientemente e cause menos danos ambientais. Procura informar sobre as características do trabalho no garimpo, assim como sua situação face à legislação mineral, até meados de 1991. Não é uma obra completa nem pela abrangência, nem pela profundidade. Por outro lado, sua utilidade pode ser estendida a todos aqueles interessados no aproveitamento de ouro. Dentro do possível, foi tentada uma linguagem simples, didática.

A coordenação manifesta seus agradecimentos aos autores que com seu conhecimento, experiência e espírito de cooperação contribuíram, nas suas respectivas especialidades, para a consecução deste trabalho. Registramos o zelo e paciência da secretária Maria de Fatima B. de Mello que se incumbiu da composição do texto e de suas inúmeras correções; também inestimável para a qualidade e homogeneidade desta publicação foi o trabalho dos revisores Dayse L. M. Lima e Milton T. B. e Silva.

Coordenador

Fernando Freitas Lins

SUMÁRIO

CAP.1 - NOÇÕES DE GEOLOGIA E LAVRA	1
<i>José Cunha Cotta</i> <i>Adão Benvindo da Luz</i>	
CAP.2 - ASPECTOS MINERALÓGICOS	15
<i>Marcelo Mariz da Veiga</i>	
CAP.3 - CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA	31
<i>Fernando Freitas Lins</i> <i>Luiz Henrique Farid</i>	
CAP.4 - AMALGAMAÇÃO	53
<i>Luiz Henrique Farid</i> <i>Fernando Freitas Lins</i> <i>Márcia Machado Gonçalves</i>	
CAP.5 - RETORTAGEM, FUSÃO E REFINO	67
<i>Ronaldo Luiz C. dos Santos</i>	
CAP.6 - ASPECTOS LEGAIS DO GARIMPO	77
<i>Maria Laura Barreto</i>	
CAP.7 - INVESTIMENTOS E TRABALHO NO GARIMPO	89
<i>Irene C. M. H. Medeiros Portela</i>	

CAP. 1 - NOÇÕES DE GEOLOGIA E LAVRA

José Cunha Cotta, *Eng^o de Minas, CETEM*

Adão Benvindo da Luz, *Eng^o de Minas, CETEM*

1.1. - Garimpo no Brasil-Histórico

Segundo a História, o Brasil foi descoberto no ano de 1500 D.C.. Colonizá-lo era, para os portugueses, a única maneira de se precaverem contra a invasão de outros povos, sobretudo europeus. Mas como fazê-lo a curto prazo, com a economia portuguesa em franco declínio? E o português, apesar de muito dado às atividades mercantis, muito pouco às produtivas...

Depois do fracasso da agricultura, principalmente da cana de açúcar, o ouro seria, para a Metrópole, o caminho mais ambicioso, senão necessário, para sua própria sobrevivência, e também o mais adequado a uma colonização nos moldes do capitalismo comercial, próprio daquela época, em que a fonte de lucros era a circulação de mercadorias e não a sua produção. Corroborando esse argumento, era convicção dos lusitanos a riqueza da colônia em recursos naturais, mormente em metais preciosos, fortalecida ainda mais com as lendas indígenas, nas quais o próprio D. João III punha fé.

No ano de 1609, D. Francisco de Souza fôra nomeado superintendente das minas. Mas foi somente em 1693 que a Coroa Portuguesa passou a estimular a pesquisa de ouro, oferecendo, a quem o descobrisse, a comenda de "gentis homens da Casa Real e de cavaleiros

das ordens militares de AVIZ, de Cristo e de Santiago”.

Não é possível determinar com exatidão a data, o local e, mesmo, os responsáveis pelas primeiras descobertas de vulto do ouro brasileiro, devido à escassez de documentação sobre a matéria.

Com certeza sabe-se apenas que isso ocorreu na segunda metade do século XVII, simultaneamente em várias localidades no atual Estado de Minas Gerais.

Foram os paulistas, os primeiros descobridores do ouro nessa terra de Santa Cruz, graças a sua tradição bandeirística e a seus conhecimentos de faiscação (técnica de recuperação de faíscas de ouro a partir do cascalho dos leitos dos rios).

Todavia, a atividade garimpeira naqueles sertões das Gerais foi dificultada: primeiro, pela necessidade de produzir alimentos em terras áridas e sem número suficiente de escravos para os serviços agrícolas; em segundo lugar, pelas incursões, cada vez mais freqüentes, de forasteiros àquelas áreas de garimpo.

Em decorrência desse último fato, aqueles que haviam descoberto áreas garimpáveis recorreram à Corte, no ano de 1700, solicitando o alvará de posse de suas áreas. Mas, sem muita demora, foi-se tornando impossível deter a corrida do ouro e impedir a aproximação de forasteiros fascinados pela miragem do enriquecimento rápido.

Tão depressa quanto não se esperava, surgiu a animosidade dos descobridores contra os intrusos; uma situação que se foi tornando cada vez mais crítica, com as trocas de insultos e zombarias facilmente se transformando em conflitos. Ao se aproximar o ano de 1709 inicia-se o primeiro período de sérios conflitos originados dentro do próprio garimpo. O segundo foi provocado pelo rigor da administração colonial ávida de grandes proveitos sobre os

trabalhos garimpeiros, como, também, pela incoerência que caracterizou os processos de cobrança dos impostos auríferos.

Contra a produção do ouro incidiam as mais rigorosas taxas governamentais, dos mais diversos tipos, para as mais variadas ocasiões. É importante ressaltar que, ao governo, pagava-se até para atravessar os rios de um lado para outro, e, para entrar e sair das cidades.

Dentre todas as imposições, a mais temida e odiada pela população da zona mineradora foi aquela que obrigava os garimpeiros, ou mineradores, ao pagamento da quinta parte de todo o ouro extraído. Por sua forma de cobrança, esse imposto tornou-se vulgarmente conhecido como o “pagamento do Quinto”.

Com o objetivo de fiscalizar ou controlar toda essa arrecadação, no ano de 1720 o governo português estabeleceu nas Gerais as casas de fundição: todo o ouro em circulação no Brasil teria de ser fundido em barras cunhadas com o escudo da Casa Real Portuguesa. Somente o ouro fundido passou a ter valor, pois o ouro em pó era proibido por lei e, além disso, o garimpeiro tinha que pagar a fundição; como se não bastasse, passaram a ter de pagar mais o imposto de purificação do ouro.

A lei estabelecendo as casas de fundição entrou em vigor no dia 20 de junho de 1720, tendo desencadeado imediatamente uma forte onda de protestos – uma grande rebelião inicia o segundo período de confrontos, agora contra o governo lusitano, na noite de 28 de junho do mesmo ano.

A violenta repressão à rebelião de Vila Rica, (hoje Ouro Preto - MG), último movimento de características nativistas, comprova as insurreições. E a morte de Felipe dos Santos marca o início de uma fase de sangrentas repressões políticas no Brasil Colonial, tendo o

seu ápice na morte de Tiradentes (Joaquim José da Silva Xavier, 12.11.1746 - 21.04.1792 - natural de Minas Gerais).

1.2. - Noções de Geologia Histórica

Esse item vem a propósito de facilitar a compreensão de conceitos a ele relacionados no curso deste capítulo, que trata, embora muito sucintamente, da formação dos depósitos minerais, de um lado; e, de outro, esclarece ao garimpeiro algumas curiosidades sobre feições mineralógicas que ressaltam do seu próprio canteiro de trabalho.

A formação dos depósitos minerais está intimamente relacionada às hipóteses de origem e das transformações da Terra ao longo de sua história.

De uma maneira geral, a história da Terra pode ser contada em dois capítulos: o primeiro está reservado às ciências cosmogônicas, não se comportando, por sua complexidade, num texto que pretende primar pela simplicidade.

Não obstante fundamentar-se o seu estudo em hipóteses formuladas à luz de fatos de que se utilizam os sábios para o rastreamento do surgimento desse planeta, há entre os cientistas o consenso de que os corpos celestes tenham se formado da mesma matéria.

Aplicados à pré-história da Terra, tais estudos atribuem-lhe uma duração de 1,5 a 2,0 bilhões de anos, compreendidos entre o momento em que a Terra se individualizou no universo como um corpo celeste, até atingir, ao se refriar, o seu estado de equilíbrio, revestindo-se de espessa camada petrificada. A partir de então, essa superfície passa a ser aquecida pela radiação solar, envolvida pela atmosfera e, conseqüentemente, submetida à erosão.

Aqui se inicia, portanto, o tempo geológico e, por antagonismo, poder-se-ia dizer que o período anterior de formação da Terra tenha sido o pré-geológico.

A superfície da litosfera, também conhecida por crosta terrestre, e da hidrosfera são a fronteira inferior da atmosfera. Mas, em termos práticos, a atmosfera se estende a considerável distância dentro da crosta terrestre, preenchendo seus vazios e integrando-se ao complexo ambiente de transformação das rochas de superfície, na qual intervêm processos físicos, químicos ou físico-químicos, mecânicos e biológicos, por onde começa a mutação das rochas mais antigas em outras mais recentes, incluindo-se nesse processo a formação dos depósitos minerais de grande interesse para a evolução tecnológica e industrial dos povos.

Essa transformação de rochas em outras é um fenômeno cíclico que perdura desde o início do tempo geológico, e que, segundo a geocronologia desse substrato ou crosta terrestre, deve ter começado há cerca de 3 bilhões de anos.

1.3. - Os Processos Geológicos

A Terra está sempre em atividade, podendo ser comparada a um imenso laboratório dotado de elevado nível energético, onde continuamente ocorrem transformações físicas, químicas e morfológicas.

As forças que promovem tais fenômenos estão grupadas em dois conjuntos: um deles se compõe daquelas forças que se desenvolvem no interior da Terra e sem grandes influências dos agentes externos. Daí se dizer que as transformações que resultam são devidas a processos endógenos, ou seja, que se operam no interior da Terra. A esses processos estão associados a emergência e evolução dos con-

tinentes, o surgimento das calhas oceânicas, o vulcanismo e outras manifestações das atividades magmáticas.

O segundo grupo agrega as forças devidas a causas externas, particularmente aquelas influenciáveis pela energia solar que, incidindo sobre as massas hídrica e atmosférica, as mobiliza, provendo condições para as mudanças químicas e físicas que ocorrem na crosta terrestre sob a denominação de intemperismo. Por sua natureza, os processos decorrentes dessas forças recebem o nome de exógenos, por ocorrerem na superfície da Terra.

Tais processos comumente se completam numa mesma transformação, sobretudo na formação dos depósitos minerais, uma vez que as concentrações secundárias ou supergênicas decorrentes dos processos exógenos requerem a prévia existência das concentrações primárias, conseqüentes dos processos endógenos.

1.4. - Os Recursos Minerais

Ao contrário do que vulgarmente se supõe, os minerais úteis estão escassamente distribuídos na crosta terrestre. Suas concentrações seletivas naturais, além de raras, nem sempre são exploráveis: primeiro, porque sua concentração deve se constituir num minério – esta é uma condição tecnológica; segundo, porque é necessário que haja volume suficiente de minério para que a ocorrência se constitua numa jazida – condição econômica. Portanto, ao se fazer a apreciação de uma técnica mineira, e a garimpagem é uma delas, deve-se ter em mente que o aproveitamento de um depósito mineral depende: 1) dos níveis atuais da economia, ou seja, do desenvolvimento econômico-industrial da região ou do país, de acordo com o tamanho do empreendimento e com a técnica ao alcance; 2) das condições geográficas da ocorrência e 3) das peculiaridades do jazimento e da qualidade do minério.

Além de escassos, os depósitos minerais vêm se tornando cada dia mais efêmeros devido ao contínuo crescimento de sua comercialização, por um consumo sempre ascendente; em contraposição, a probabilidade de se descobrir novas jazidas continua em franco declínio em todo o mundo.

Mesmo os maiores depósitos, quando em lavra, não têm vida muito além da humana. Ao passo que o período de sua formação é medido, para alguns, em milhares e, para a maioria deles, em milhões de anos, segundo a dinâmica dos processos naturais de sua geração, quando medidos na escala geológica.

Comparando os dois períodos, o da exaustão de uma mina e o da geração da jazida, encontrar-se-á a razão de se considerar as jazidas minerais como recursos não-renováveis.

1.5. - Fundamentos de Jazidas Minerais

Mesmo não sendo um geólogo, o garimpeiro poderá, quando em contato com o campo a que está habituado, identificar os tipos de rochas e os minerais que as constituem, ou liberados no solo, ou formando depósitos.

A rocha, no sentido amplo, é qualquer agregado, ou massa de substância mineral, naturalmente formado, compacto ou não, e que constitua uma parte essencial da crosta terrestre. As rochas são constituídas de minerais.

Minerais são substâncias inorgânicas de ocorrência natural, com composição química definida e propriedades físicas distintas, como o são o diamante, o quartzo, a cassiterita, o rutilo, o berilo, a água marinha, para citar alguns dos mais populares.

Minério é qualquer mineral, ou agregado de minerais e ganga do qual se possa extrair economicamente, no estado atual da técnica e mercado, um ou mais de seus constituintes úteis.

Conforme se infere do item 1.2., originalmente toda a crosta terrestre era composta de rochas magmáticas. Mas, por causa do intemperismo, iniciou-se a alteração físico-química daquelas rochas, sua erosão e o carreamento da fração liberada. O transporte desses detritos é efetuado por agentes naturais (correntes d'água, geleiras, ventos, correntes marinhas etc.) para determinados lugares onde, depositados durante milhares de anos, dão origem às rochas sedimentares. Tanto as rochas sedimentares quanto as magmáticas, vão mudando suas características físicas e mineralógicas e transformando-se noutros tipos de rocha. Isso ocorre devido a processos geológicos motivados por agentes da natureza, bem como variações de temperatura e pressão, umidade e energia solar, principalmente, que condicionam o processo físico-químico regional e da rocha em particular.

Referindo-se aos processos geológicos (item 1.3), foram evidenciados aqueles agentes que, entre outros efeitos, causam perturbações às rochas da crosta terrestre, dentre eles o vulcanismo e outras atividades magmáticas.

Esses fenômenos são de fundamental importância: primeiro, por conduzirem à superfície, ou à maior proximidade dela, os fluidos mineralizantes, sejam eles o próprio magma, as soluções hidrotermais ou os gases a altas temperaturas, os quais, em contato com as paredes das rochas vizinhas formam zonas diferenciadas em espécies minerais distintas, mediante processos endógenos denominados hidrotermais ou metassomáticos. Podendo configurar, entre estas, zonas com minerais valiosos disseminados ou, mesmo, formando concentrações localizadas de interesse industrial.

1.6. - Pesquisa Mineral

A teoria da pesquisa dos depósitos minerais é uma ciência geológica multidisciplinar, aplicada ao descobrimento e estudo das concentrações naturais dos minerais, muitas vezes na forma de uma mistura grosseira de minerais e ganga que, dependendo de suas características, poderá se qualificar de minério. Exemplificando, a mineralização de scheelita num escarnito, muitas vezes associada a granada, é comum ocorrer na forma de rosário, ou seja, filões sistematicamente descontínuos. Neste caso, aquele leito, ou melhor, aquela zona no interior da rocha enriquecida em scheelita é o minério desse mineral que, por sua vez, é o mineral-minério do tungstênio.

A pesquisa de um determinado mineral (ou minério) será viável se existe mercado para o produto que se pretende obter, ou demanda previsível a um prazo relativamente curto - é a viabilidade econômica da pesquisa.

Uma área será viável à pesquisa mineral quando a região em que se insere apresentar os indicadores de mineralizações de minerais valiosos - é a viabilidade geológica da pesquisa nessa área. O conhecimento desses indicadores evita, dessa maneira, desperdícios com pesquisa sobre formações de escassa probabilidade econômica.

Em termos operacionais a pesquisa mineral está estruturada em duas atividades fundamentais: a prospecção e a exploração, envolvendo várias atividades técnicas, constituindo-se, cada qual, numa disciplina à parte. A prospecção inicia-se pelo mapeamento geológico da área em estudo e conclui-se com o relatório de prospecção. Neste são narrados a sistemática adotada, os métodos percorridos e os processos utilizados para a descoberta dos corpos de minério.

Aqueles corpos, porventura delineados ainda nessa fase de prospecção, terão de ser adequadamente amostrados para a pesquisa de laboratório. Nesses estudos incluem-se análises mineralógicas, petrográficas, químicas e testes preliminares de beneficiamento a nível de bancada, com vistas a caracterizar tais corpos como sendo de minério. Aqui encerra a prospecção e, de acordo com seus resultados, passa-se à exploração.

Dos processos utilizáveis à exploração, nem todos são acessíveis ao garimpeiro isoladamente, devido à sua complexidade e a seu alto custo operacional. Mas, para a pesquisa dos depósitos garimpáveis, há aqueles que poderão ser levados a bons resultados mesmo em estado de garimpo. Por sua experiência, o garimpeiro poderá reconhecer-los no campo por seus afloramentos e avaliar a conveniência de trabalhá-los, ou não.

Sabe-se que a pesquisa mineral é realizada por etapas, progressivamente mais detalhadas, até a definição da quantidade de minério. Técnicas mais elaboradas são utilizadas neste processo (teórico de avaliação de depósitos, planejamento de lavra, análise econômica etc.). No entanto, embora o garimpeiro não tenha normalmente acesso a esses procedimentos, não há impedimento para que os garimpeiros, com seu conhecimento prático, descubram e avaliem seus depósitos.

1.7. - Lavra dos Depósitos Minerais

Conceitos Gerais

O aproveitamento de um corpo mineral, exceto em circunstâncias especiais, está condicionado a sua lavrabilidade econômica. Esta, por sua vez, sofre influências de vários fatores, tais como perdas na extração, limitações técnicas, políticas e ecológicas, entre outras,

que precisam ser consideradas em conjunto ao se elaborar o projeto da mineração. Necessitam, tais fatores, ser compatibilizados para um único objetivo, que é o da mobilização racional do recurso mineral descoberto mediante a integração de técnicas que, além dos benefícios empresariais e sociais, preserve ou reabilite a estrutura de superfície, abrangendo a econômica (refere-se aos proprietários da terra), a ecológica e a paisagística.

O projeto da mineração, que é elaborado nessa fase exploratória, engloba vários projetos menores - da lavra, da usina de beneficiamento, de obras civis e comunitárias, entre outros. O projeto é um elemento indispensável para se chegar ao valor da jazida, consoante a definição do método de lavra e conseqüente análise de custos e benefícios. Finda-se com a análise econômico-financeira do empreendimento, que dirá o valor líquido do depósito pesquisado e a conveniência, ou não, de explorá-lo. Desse raciocínio não se exclui o empreendimento garimpeiro, que também é empreendimento mineiro e precisa ser melhor racionalizado e tratado com técnica adequada à maximização dos lucros, mas que impeça, a um só tempo, a depredação da jazida e a condenação da natureza.

Essa abordagem sobre a lavra-de-mina está por demais sucinta, posto que, tanto a maneira de trabalhar uma jazida, quanto o planejamento de cada uma dessas atividades requerem minucioso conhecimento do corpo de minério. Sobretudo de suas características físicas, mineralógicas e morfológicas, de que depende o equacionamento técnico de seu aproveitamento. Assim como a localização geográfica, a disponibilidade regional dos insumos indispensáveis (energia elétrica, água, pessoal, transporte etc.) exerce grande influência na economicidade do empreendimento.

As considerações feitas acima podem parecer, à primeira vista difíceis de ser seguidas pelos garimpeiros. Entretanto, numa compreensão mais moderna, é forçoso admitir a evolução também da

cultura garimpeira, pelos compromissos que o garimpeiro deve assumir perante a comunidade, obrigando-se a higiene e segurança de seu trabalho como forma de corroborar o bem-estar social.

A diferença entre a lavra garimpeira e a lavra mecanizada é uma questão apenas de escala. A operação de desmonte do minério, por exemplo, está determinada, em ambos os casos, ao mesmo efeito, e tanto é técnico saber manusear, com segurança e eficiência, a marreta quanto o é manobrar uma perfuratriz – dependendo apenas de tamanho do empreendimento. Por essa razão, ao garimpeiro é atribuída, de preferência, a lavra na forma de garimpagem, faiscação ou cata - sem qualquer conotação discriminatória ou justificativa para a não-observância dos preceitos profissionais, éticos, morais e legais.

Atividades Básicas

Entende-se por mineração a céu aberto aquela cuja lavra se faz exclusivamente ao ar livre. Antagonicamente, lavra subterrânea será a que se opera no interior da crosta terrestre, não se excluindo a possibilidade, ou conveniência, dos dois sistemas serem aplicados simultaneamente ou inicialmente a céu aberto, seguindo-se a lavra subterrânea.

Qualquer que seja o sistema, o método de lavra envolve várias atividades fundamentais, cujas formas de realização irão depender da morfologia da jazida, do tamanho do projeto e, obviamente, da natureza e estruturação das rochas.

(1) **Desmonte do Minério** - O desmonte ou arranque é a atividade que consiste em desalojar, metodicamente, pequenas frações (de algumas dezenas a centenas de metros cúbicos) da jazida em lavra (o que se diz "mina"). O minério desmontado é, a seguir,

removido e transportado para as instalações de beneficiamento ou para o pátio de minério.

O método a ser indicado para o desmonte irá depender, dentre outros fatores, das propriedades físicas do minério. Se friável, como são os aluviões, as operações de desmonte e remoção se fazem a um só tempo. Noutros casos, de rochas compactas, são requeridos explosivos e o desmonte se fará em três etapas: perfuração, carregamento dos furos com explosivo, e detonação – em seguida virá a remoção do minério.

(2) **Remoção do minério** - Esta operação poderá, também, ser realizada por métodos elementares, tais como hidráulicos ou manuais. Consiste na operação de retirar, da frente de lavra, o minério desmontado para as calhas ou silos de alimentação das caçambas, que o transportarão diretamente para o pátio de estoque; o estéril para a área de bota-fora, e o material fracamente mineralizado para a área de rejeito.

(3) **Beneficiamento do minério** - Em pequenas lavras o beneficiamento poderá também ser feito por métodos elementares, como ocorre com a garimpagem dos metais ou minerais aluvionares. A exemplo do ouro, utilizando-se dos *sluices* (bicas rifladas) para a obtenção de um pré-concentrado, seguindo-se a limpeza deste na bateia e, por último, esse concentrado final é submetido a amalgamação e retortagem, recuperando-se o ouro e reciclando o mercúrio; ou outros processos também físicos, ou químicos – salvaguardados os preceitos eco-ambientais.

CAP. 2 - ASPECTOS MINERALÓGICOS

Marcello Mariz da Veiga, *Eng^o Metalúrgico, M.Sc.*

2.1. - Formas de Ocorrência do Ouro

O ouro pode ocorrer em cada minério de forma bastante variada, tanto pelo seu aspecto, quanto pela sua composição química.

É comum falar que o ouro ocorre puro na natureza. Contudo, ele normalmente apresenta outros metais ligados, como cobre, prata, paládio e, mais raramente, platina, ródio, ósmio e irídio.

O metal mais comum ligado ao ouro é a prata, podendo chegar a teores de até 50%. Teores de prata inferiores a 8% conferem um brilho característico ao ouro e a cor amarela mais escura.

A forma de ocorrência do ouro depende das condições geológicas de jazimento. Cerca de 25% da produção mundial de ouro são provenientes de jazidas de veios de quartzo auríferos; são os conhecidos "filões".

O ouro se associa a uma série de minerais, e, para recuperá-lo, isto é, extraí-lo, é preciso que ele se apresente **liberado** ou **parcialmente liberado** desses minerais, para que qualquer processo físico ou químico de extração seja eficiente.

O conceito de liberação está associado ao processo de cominuição, isto é, britagem e moagem. Dependendo do tamanho

das partículas de ouro, é necessário moer o minério até atingir a liberação do ouro. Os procedimentos de investigação dessa liberação não são muito simples, mas vamos tentar apresentar algumas metodologias no decorrer deste texto, que poderão ajudar a saber como o ouro ocorre no minério.

Para efeito de simplificação, podemos considerar que o modo de ocorrência do ouro em minérios divide-se em três formas:

- (i) ouro associado a minerais oxidados;
- (ii) ouro associado a minerais sulfetados; e
- (iii) ouro liberado.

No primeiro caso, o ouro está fisicamente associado a minerais como o quartzo (SiO_2), hematita (FeO_3), carbonatos (CaCO_3 ou $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$), e alguns silicatos. São minerais bem mais leves do que o ouro, cuja densidade varia de 16 a 19, sendo que qualquer pequena partícula de ouro que se associa a esses minerais já lhes confere peso suficiente para ser captado em uma separação gravítica (ex.: calhas, bicas, centrífugas, jigues etc).

No segundo caso, o ouro se associa a minerais sulfetados como, por exemplo, pirita (FeS_2), pirrotita (FeS), calcopirita (CuFeS_2), arsenopirita (FeAsS), entre outros. Normalmente o ouro ocorre em cristais muito pequenos disseminados no interior desses sulfetos que têm cor e brilho metálicos. Como os sulfetos apresentam densidade elevada (de 5 a 7) é comum recuperá-los em um processo de concentração gravítica; contudo, é difícil retirar o ouro contido nesses sulfetos (por exemplo com mercúrio), pois ele não apresenta liberação suficiente para promoção do contato mercúrio-ouro. Os processos de extração química do ouro (cianetação) são preferíveis nestes casos. Mesmo assim, o ouro tem que estar acessível ao reagente químico.

O terceiro caso é o do ouro aluvionar. O processo de arraste e desgaste do minério de ouro por rios e encostas propicia, em muitos casos, que o ouro se libere dos minerais. É o caso que comumente se observa na atividade garimpeira. Cabe ressaltar que, mesmo com a predominância de ouro livre, pode existir ainda uma parcela de ouro associado a outros minerais, que necessite de moagem para ser recuperada.

O reconhecimento de uma dessas três formas de ocorrência do ouro em um minério é o primeiro passo para se conhecer qual é o melhor processo de extração do metal valioso.

2.2. - Distribuição Granulométrica

O próximo passo para se conhecer o minério é saber a distribuição granulométrica do ouro. Em outras palavras, saber se o ouro é fino ou grosseiro.

O melhor processo de reconhecimento da existência de ouro grosseiro é o bateamento. Se o minério apresenta ouro associado, ou seja, não liberado, é necessário, primeiro, uma pequena moagem (num pilão ou moinho de martelos) para ser testado depois numa bateia. O ouro médio e grosseiro, isto é, com granulometria superior a 100 malhas (0,147mm) pode ser facilmente reconhecido a olho nu.

O ouro fino pode ser determinado a partir de um teste chamado análise granulométrica. Após uma pequena britagem ou moagem (Figura 2.1), caso o minério apresente ouro associado, faz-se a análise granulométrica utilizando-se peneiras com aberturas conhecidas (malhas), de preferência a úmido (com água). O material retido em cada peneira, deve ser seco e pesado. É aconselhável fazer-se esse teste com quantidades de amostras por volta de 5kg,

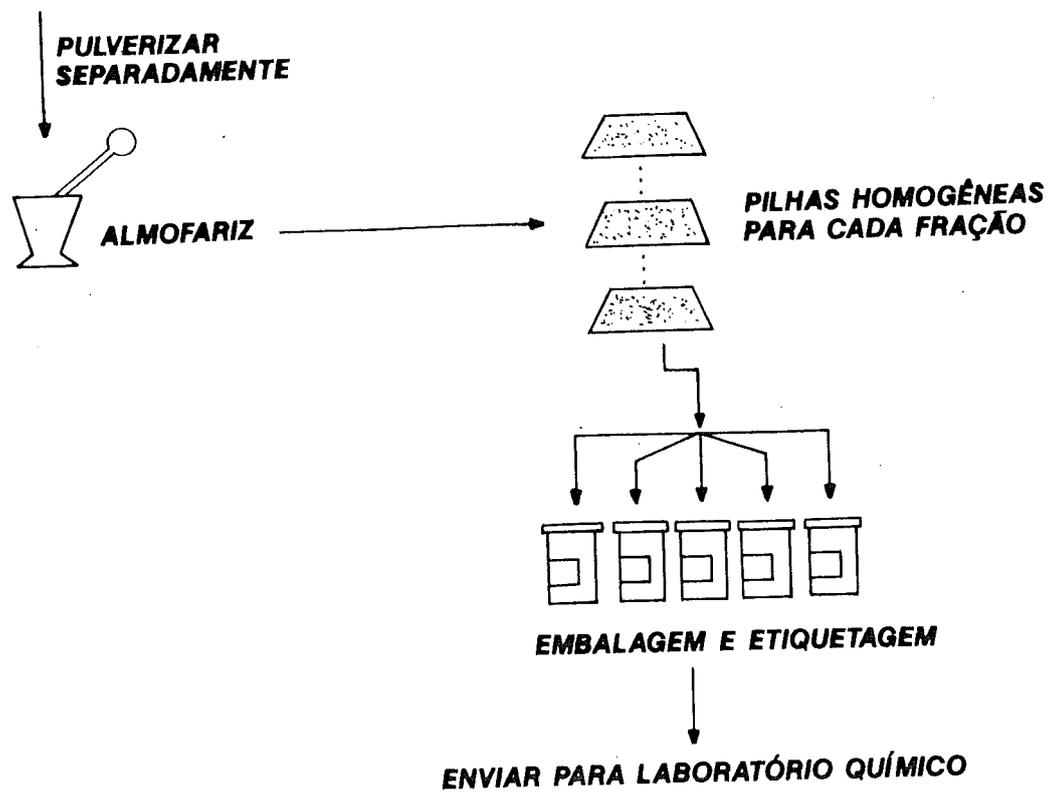
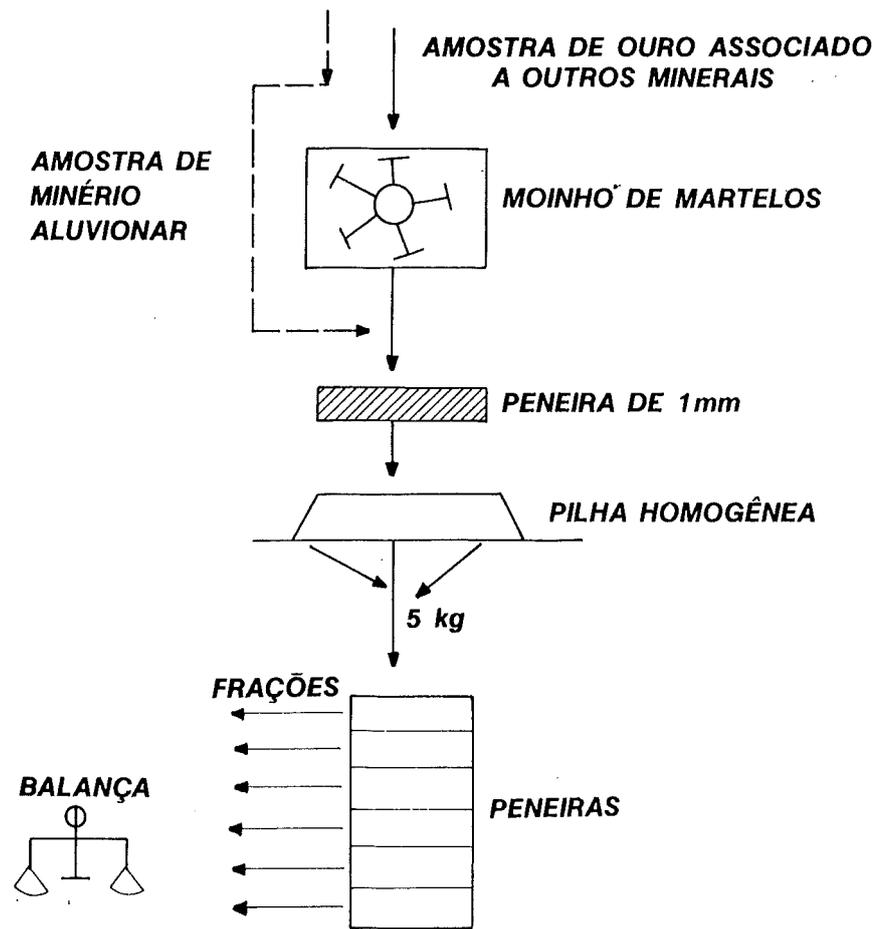


FIG.2-1: ESQUEMA DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

previamente britadas abaixo de 1mm (ex.: moinho de martelos). Se o minério é aluvionar, basta o peneiramento. Os materiais retidos em cada peneira e pesados numa balança comum, com uma casa decimal, devem ser então pulverizados com auxílio de um almofariz e homogeneizados em uma pilha. Parte dessas frações, agora pulverizadas, deve ser enviada para um laboratório químico para análise de ouro. O preço desta análise é baixo, custando por volta de 1g de ouro por amostra.

No caso exemplificado na Tabela 1.1., o custo de análise química foi de 11g de ouro, pois existem 11 frações granulométricas que foram analisadas. Os resultados do laboratório estão apresentados na quarta coluna (teor de ouro) da tabela.

Tabela 1.1 - Distribuição granulométrica de uma amostra de minério de ouro, associado a veio de quartzo, britada abaixo de 20 malhas.

Frações (malhas)	Abertura das Peneiras (mm)	% Peso Retido em Cada Peneira	Teor de Ouro (g/t)	Distribuição do Ouro (%)
+ 20	0,833	0,5	1,34	0,6
- 20 + 28	0,833 - 0,589	2,5	1,34	3,0
- 28 + 35	0,589 - 0,417	5,0	1,64	7,3
- 35 + 48	0,417 - 0,295	6,5	1,38	8,0
- 48 + 65	0,295 - 0,208	7,0	1,36	8,5
- 65 + 100	0,208 - 0,147	6,5	2,31	13,4
- 100 + 150	0,147 - 0,104	15,7	1,06	14,8
- 150 + 200	0,104 - 0,074	11,9	0,96	10,2
- 200 + 325	0,074 - 0,044	11,9	0,75	8,0
- 325 + 400	0,044 - 0,037	11,0	1,03	10,1
- 400	0,037	21,5	0,84	16,1
Alim. calc.		100	1,12	100
Alim. anal.		100	1,15	100

Nota: Não é necessário utilizar o mesmo número de peneiras, pode-se reduzir para 4 peneiras, por exemplo: 28, 65, 150 e 400 malhas

Obtidos os teores de ouro, a partir dos resultados analíticos

fornecidos pelo laboratório em g/t (gramas de ouro por tonelada de material), que é o mesmo que ppm (parte por milhão), pode-se calcular a distribuição granulométrica do ouro da amostra.

As frações granulométricas são expressas com o sinal negativo para indicar que o material passou por aquela peneira, e com o sinal positivo mostrando que ficou retido na outra peneira. Assim, a fração - 100 + 150 malhas significa que o material passou pela peneira de 100 malhas com abertura de 0,147mm e ficou retido na peneira de 150 malhas com abertura 0,104mm. A coluna Porcentagem de peso retido em cada peneira mostra o resultado da divisão do peso de cada fração pelo peso total da amostra ensaiada, multiplicada por 100.

A amostra global ensaiada pode ter uma alíquota analisada quimicamente. Para isto é preciso que após a britagem da amostra (em pilão, moinho de martelos, britador de mandíbulas ou de rolos, etc.) uma parte seja quarteada, pulverizada e enviada também para análise de ouro no laboratório químico. De outra maneira pode-se ter o teor de ouro da amostra global (alimentação calculada pelo teor de ouro das frações granulométricas). O cálculo é simples. O teor de ouro da alimentação vai ser igual a:

$$\frac{\sum \text{teor de ouro fração} \times \% \text{ peso retido em cada peneira}}{100}$$

Multiplica-se o teor de ouro de cada fração granulométrica pela porcentagem de peso retido em cada peneira e soma-se todos os produtos dessa multiplicação. Ao final divide-se por 100 e encontra-se o teor de ouro calculado da alimentação. No exemplo da Tabela 1.1 observa-se que o teor calculado (1,12g Au/t) ficou bem próximo do teor analisado (1,15 Au/t), mostrando que o quarteamento e homogeneização da amostra após a britagem foi bem feito.

A última coluna, **Distribuição do ouro (%)**, mostra qual a porcentagem do ouro da amostra (considerando alimentação igual a 100%) que ficou retido em cada peneira. Obtém-se estes valores a partir do cálculo:

$$\frac{\text{peso retido em cada peneira} \times \text{teor de cada fração}}{\text{teor de ouro (calc.) da alimentação}}$$

Observando a Tabela 1.1, verifica-se que 55,6% do ouro contido na amostra, ou seja, $0,556 \times 1,12 = 0,62\text{g Au/t}$, encontra-se nas frações acima de 150 malhas. Isto não significa que o ouro é grosseiro. Pode ser que sim, mas pode ser também que existam partículas de ouro pequenas, associadas a outros minerais grosseiros, que não foram liberadas durante a britagem. Se esse minério fosse aluvionar ou coluvionar, onde grande parte do ouro já teria sido liberada naturalmente, a interpretação da tabela seria mais segura. Concluiríamos, nesse caso, que o ouro é, na maioria, de médio a grosseiro (acima de 150 malhas).

Qualquer que seja esse tipo de minério exemplificado na Tabela 1.1, pode-se notar que o ouro não se enriquece (em teor) nas frações finas, inferiores a 150 malhas. Esta faixa (< de 150 malhas) contém 44,4% do ouro da amostra e 56,3% da massa da amostra.

Um dos princípios básicos do beneficiamento de minérios é o descarte de massa, pois só assim se enriquece o teor de um metal de interesse. Então, se a amostra do exemplo apresenta 55,6% do ouro e 43,7% da massa nas frações superiores a 150 malhas, o teor resultante dessa faixa será:

$$T > 150\# = \frac{\text{Distrib. ouro frações} > 150 \text{ malhas} \#}{\% \text{ peso retido das frações} > 150 \#}$$

No caso do nosso exemplo, temos:

$$T > 150\# = \frac{55,6 \times 1,12}{43,7} = 1,42\text{g/t}$$

Aplicando o mesmo raciocínio para as frações inferiores a 150 malhas, tem-se o teor de ouro das frações:

$$T < 150 \# = \frac{44,4 \times 1,12}{56,3} = 0,88\text{g/t}$$

A eficiência para se extrair ouro de qualquer minério por processos gravíticos (calhas, espirais, centrífugas, bateia etc.) é maior quando se trabalha com faixas granulométricas mais estreitas, isto é, evitando processar material arenoso com argiloso. Se prosseguirmos neste exemplo, caso seja descartada a fração < 150 malhas por peneiramento ou outro processo de classificação (ex.: hidrociclone), verifica-se que se perde 44,4% do ouro, com teor de 0,88g/t, mas se elimina 56,3% de massa. O teor de alimentação de qualquer equipamento passa agora a ser mais alto (1,42g/t) e a massa a ser trabalhada é reduzida.

Todos estes conceitos são úteis para o entendimento do que acontece na prática; contudo, o seu conhecimento não exclui a necessidade de testes com vários equipamentos, para conhecer o comportamento do ouro no processamento.

2.3. - Aspecto do Ouro

O ouro pode ocorrer em aspectos variados, desde dendrítico (árvore) até o bem cristalizado (bipiramidal). É importante reconhecer o tipo de ouro presente em cada minério. Por exemplo, o ouro laminar – isto é, em plaquetas – tem a capacidade de “flutuar” na água que corre numa calha; já na centrífuga, ele pode ser capturado, pois o movimento do fluxo d’água é diferente daquele da calha.

O ouro quando ocorre em sulfetos apresenta-se normalmente fino, em cristais de até 0,002mm. A liberação por moagem torna-se quase impraticável, pelo consumo de energia e de corpo moedor para se chegar a granulometrias tão reduzidas .

Existem vários modos de se observar o aspecto do ouro. Em todos eles a concentração prévia é recomendada. Para se concentrar o ouro de modo a observá-lo, a bateia é bastante útil, apesar de se perder muito do ouro fino durante a sua operação.

Um processo bastante simples e eficiente é a utilização de um líquido denso, como, por exemplo, o bromofórmio, de densidade igual a 2,89 (Figura 2.2.). Utilizando alguns gramas (300g por exemplo) pesados em balança, das frações obtidas na análise granulométrica, pode-se ensaiá-las no líquido denso sem moagem das frações. Em um funil de separação de capacidade de 1 litro (tem formato de uma pera com torneira na parte inferior), coloca-se cerca de 500ml de bromofórmio e o material (fração granulométrica). Agita-se e após 5 minutos já se observa um produto afundado e outro flutuado. Espera-se que mais de 90% do ouro afunde, mesmo não estando liberado. O produto afundado é retirado pela torneira e filtrado em papel de filtro (desses usados para fazer café). O bromofórmio recuperado é engarrafado para ser usado novamente. Estas operações devem ser realizadas em exaustão (de preferência em uma capela), pois o bromofórmio é tóxico.

O papel de filtro com o material afundado é colocado sobre outro copo e lavado com álcool (este álcool limpará todo o bromofórmio). Transfira esta mistura (álcool + bromofórmio) para outro funil de separação, adicione um pouco de água filtrada e agite com um bastão. Após 15 minutos pode-se observar no fundo do funil que o bromofórmio (amarelo) se depositou. Abra a torneirinha e mais um pouco do bromofórmio pode ser engarrafado.

A fração da amostra afundada é pesada e pode-se observar o ouro sob uma lupa. Se houver interesse de saber a quantidade de ouro, pode-se enviar os produtos afundados e flutuados para análise em um laboratório químico.

O processo de concentração do ouro das frações granulométricas pode também ser feito por bateamento, ao invés do uso do bromofórmio. Este último método, no entanto, apresenta resultados melhores.

Um artifício também interessante é usar os produtos afundados e fazer amalgamação, processo que será abordado aqui como um recurso para a caracterização do minério. No capítulo 4 o processo de amalgamação será abordado mais detalhadamente.

Utilize um frasco de vidro ou plástico com boa vedação. Coloque nele o produto afundado ou o concentrado de bateia, adicionando o mesmo peso em água e 5% do seu peso em mercúrio metálico. Coloque uma pequena pitada (ponta de uma faca) de soda cáustica ou detergente, para desengordurar (de óleos) a superfície do ouro. Adicione 6 bolinhas de gude. Consiga um modo de deixar este frasco sob chacoalhamento por 2 horas; senão, agite o frasco de vez em quando num período de 24 horas.

Descarregue o frasco numa pequena bateia ou prato e separe o mercúrio do resto do material, agora chamado de rejeito de amal-

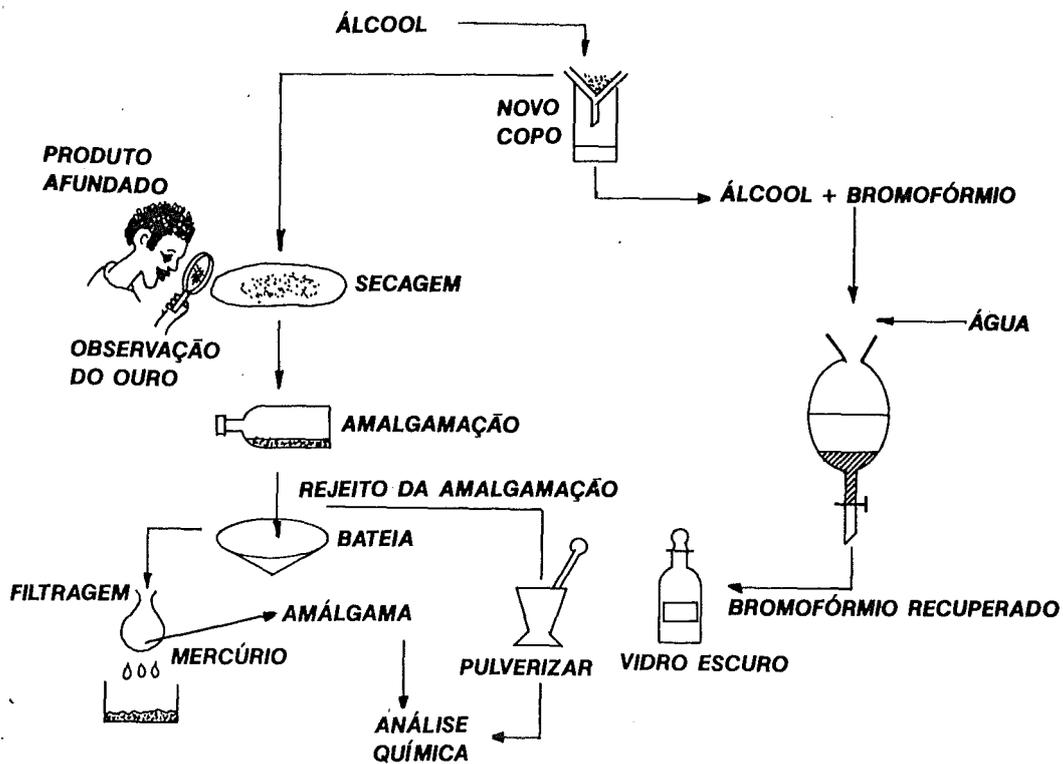
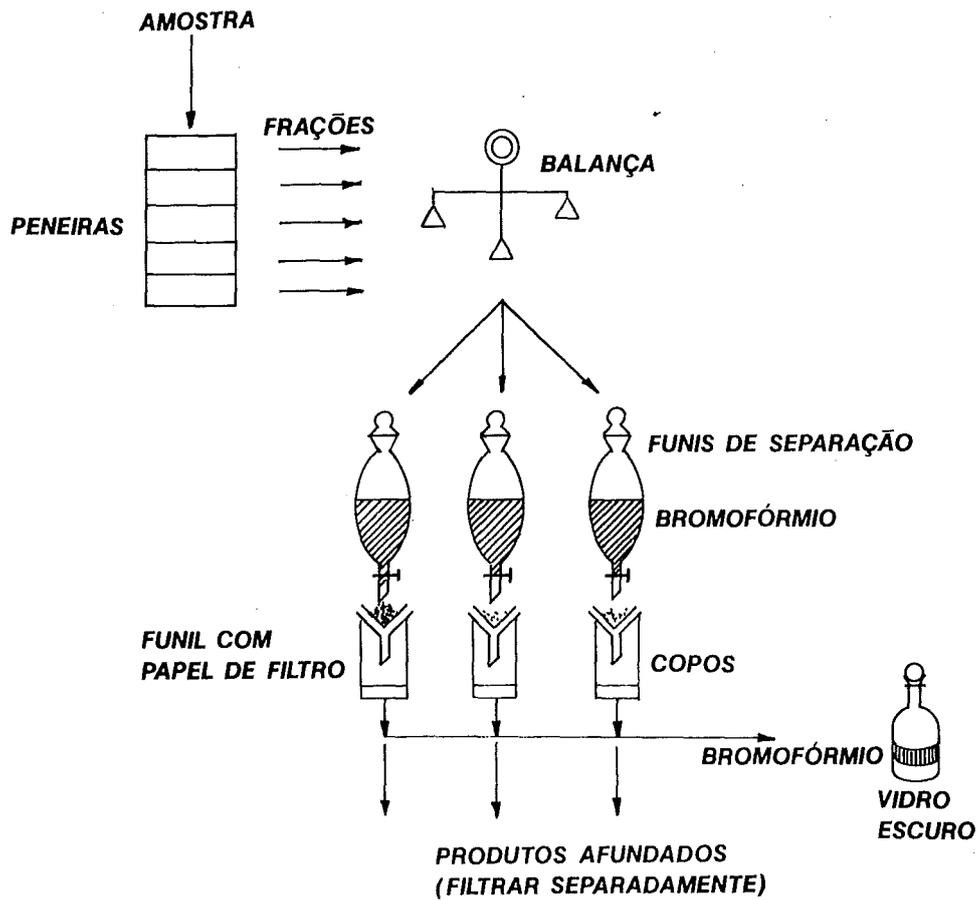


FIG.2.2- ESQUEMA DE CONCENTRAÇÃO DE OURO POR BROMOFÓRMIO E DETERMINAÇÃO DO OURO AMALGAMÁVEL

gamação. Envie este mercúrio para um laboratório químico e peça análise de ouro. O laboratório fornecerá quantos mg (miligramas) de ouro se recuperou. Conhecendo-se o peso da parte da amostra que afundou no bromofórmio e o peso da amostra total (isto é, o peso da fração granulométrica ensaiada), em torno de 300g, pode-se ter uma estimativa do ouro que é possível recuperar por um processo que envolva concentração gravítica e amalgamação do concentrado obtido. O procedimento deve ser repetido para outras frações granulométricas.

O fato de se usar frações granulométricas, ao invés da amostra total britada ou deslamada, é devido à separação no bromofórmio, que é mais efetiva para faixas granulométricas estreitas e pior para as frações finas (< 200 malhas). Além disso, pode-se observar que a recuperação do ouro será melhor para as frações em que o ouro estiver liberado ou parcialmente liberado. Na Tabela 2.2 pode-se verificar este fato.

Tabela 2.2. - Amalgamação do ouro de produtos afundados em bromofórmio.

Frações (malhas)	Peso do Afundado (g)	Peso de Ouro Amalgamado (mg)	Teor de Ouro Amalgamado (g/t)	Teor de Ouro do Rejeito da Amalgamação	% Au Amalgamado
+ 28	50,0	0,11	2,2	8,8	20
- 28 + 65	52,1	1,11	21,3	19,7	52
- 65 + 200	49,9	1,83	36,7	19,8	65

O teor de ouro amalgamado (em g/t) é obtido para cada fração granulométrica, dividindo-se o peso de ouro amalgamado (mg) pelo peso do produto afundado (g), e multiplicando-se o valor obtido por 1000. Para a fração > 28 malhas temos: $(0,11 \div 50,0) \times 1000 = 2,2\text{g/t}$.

Se os rejeitos de amalgamação forem enviados para um laboratório químico, e analisados os teores de ouro, obtém-se a porcentagem de ouro amalgamado (Tabela 2.2.). Pode-se assim, ter idéia de qual parcela de ouro é possível de ser recuperada pela amalgamação em determinada fração granulométrica. A porcentagem de Au amalgamado é igual a:

$$\frac{\text{teor Au amalgamado}}{\text{teor Au amalgamado} + \text{teor Au rejeito amalgam.}} \times 100$$

Para a fração > 28 malhas temos:

$$\% \text{ Au amalgamado} = \frac{2,2}{2,2+8,8} \times 100 = 20\%$$

Pode-se observar na Tabela 2.2 que as frações granulométricas mais finas apresentam as maiores extrações de ouro via amalgamação. Confirma-se mais uma vez que o ouro está se liberando dos minerais associados e ficando mais exposto ao mercúrio. O teste de amalgamação com frações finas, inferiores a 200 malhas, não surte o efeito desejado, mas pode ser executado. É reconhecido que a amalgamação de ouro muito fino é bastante difícil. Este ensaio simples já orienta o operador que, no caso exemplificado, necessita moer as frações > 28 malhas de modo a liberar o ouro, evitando moer demasiado, pois a formação de finos não traz benefícios.

Todos os testes e fundamentos aqui apresentados permitirão que se conheça melhor o comportamento do ouro na concentração e amalgamação em equipamentos maiores; contudo, ensaios em maior escala (equipamentos) devem sempre ser realizados para melhor comprovação dos estudos de caracterização.

CAP. 3 - CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA

Fernando Freitas Lins, *Eng^o Metalúrgico, M.Sc., CETEM*

Luiz Henrique Farid, *Engo de Minas, CETEM*

A concentração é uma das etapas do beneficiamento de minérios, que pode ser entendido como a aplicação de certas operações aos bens minerais visando modificar a composição química ou granulométrica de um minério, sem contudo alterar a identidade química ou física dos minerais que o compõem. Entre essas operações estão a britagem e a moagem, usadas para reduzir a granulometria (tamanho) do minério visando a liberação dos minerais ou partículas valiosas daqueles minerais sem valor, que normalmente são rejeitados. O peneiramento é outra operação, usada comumente com o objetivo de separar os minerais por tamanho. As operações de concentração são aplicadas ao minério previamente preparado, ou seja, com os minerais ou metais de interesse liberados, visando separá-los do material não valioso, também chamado de ganga.

O tipo de concentração que se utiliza dependerá da propriedade do mineral que se quer explorar para alcançar a separação desejada. No nosso caso, onde queremos separar o ouro de outros minerais, a propriedade a ser explorada é a densidade. A densidade do ouro varia de 16 a 19, muito maior que a dos demais minerais presentes no minério, que varia de 2,7 a 5,0. Para explorar a diferença de densidade como meio de separação, fazemos uso da concentração gravítica, quer dizer, um método de separação que depende da densidade dos minerais e da força de gravidade.

A concentração gravítica pode ser definida como um processo

no qual partículas de diferentes densidades, tamanhos e formas são separadas, uma das outras, por ação da força de gravidade ou por forças centrífugas. Vale lembrar que sob a ação da força de gravidade um mineral grosseiro de baixa densidade (ex.: quartzo) pode ter o mesmo comportamento de uma partícula fina de ouro, por apresentarem o mesmo peso.

Neste capítulo faz-se inicialmente uma abordagem das características específicas da concentração gravítica de ouro (item 3.1). Posteriormente (item 3.2) serão apresentados alguns dos equipamentos mais utilizados na recuperação de ouro, especialmente nos garimpos.

3.1. - Particularidades da Concentração Gravítica de Ouro

A concentração gravítica é aplicada geralmente tanto aos minérios de ouro que precisam de moagem, quanto aos minérios de aluviões. Os aluviões são os que mais contribuem atualmente para a produção aurífera no Brasil. Suas características, diferenciando-se dos outros tipos de minérios de aluviões (ex.: cassiterita), são bastante específicas, quais sejam:

- alto grau de liberação mineral e largas faixas de distribuição granulométrica;
- teores extremamente baixos, algumas vezes inferiores a $0,2\text{g/m}^3$ ($0,1\text{g/t}$), requerendo grandes razões de concentração¹; e
- grande diferença de densidade entre o ouro nativo (15 a 19) e os minerais de ganga (2,6 a 5,0).

¹Razão de concentração = peso da alimentação/ peso do concentrado

Essas características têm feito com que os métodos gravíticos de concentração sejam amplamente utilizados, principalmente devido aos custos relativamente baixos. No entanto, esses métodos apresentam certas limitações para a recuperação de ouro nas faixas granulométricas mais finas, devido a certas propriedades das partículas, como forma, porosidade e a aversão à água.

As partículas de ouro apresentam forma, freqüentemente, afastada da esférica; quanto maior este afastamento, ou seja, quanto mais achatada, mais lentamente a partícula sedimentará (afundará) na água. Isto significa que é mais difícil recuperar partículas finas de ouro que apresentam forma achatada ou lamelar. Portanto, pode ser valiosa a informação sobre a forma das partículas de ouro de um depósito, permitindo anteciper as dificuldades na concentração gravítica.

Com relação à porosidade, enquanto muitos minerais são compactos (ex.: cassiterita e hematita), as partículas de ouro, principalmente originárias de aluviões, apresentam normalmente cavidades e poros que podem estar preenchidos por materiais de baixa densidade. Pode-se esperar que quanto mais baixa for a densidade efetiva do ouro, menores serão as recuperações alcançadas por métodos gravíticos.

A propriedade de aversão à água da superfície do ouro causa a flutuação da partícula, o que vem a ser o contrário do desejado na concentração gravítica. É razoável supor que, quanto menor e lamelar a partícula de ouro, mais prejudicial poderá ser a aversão à água, acarretando, em última instância, a flutuação e perda do ouro na superfície dos fluxos de água.

A influência desses três fatores pode ser exemplificada através da comparação da concentração gravítica da cassiterita (densidade = 7,0) e do ouro (densidade = 19), de uma ganga quartzosa (densi-

dade = 2,7). Tal comparação nos levaria a concluir que a concentração gravítica do ouro é mais fácil que a da cassiterita. Na faixa de tamanhos mais fina, porém, isto não é confirmado na prática. Com efeito, o menor tamanho da cassiterita recuperável eficientemente por métodos gravíticos é da ordem de 0,020mm, enquanto para o ouro este tamanho limite é certamente superior a 0,074mm.

A distribuição granulométrica do ouro é bastante ampla, variando de pepitas a tamanhos coloidais. Uma definição diz que pepita é um grão de ouro nativo com peso acima de 50mg e/ou dimensões superiores a 2,0mm. Há terminologias diversas para a classificação granulométrica do ouro. Sugere-se a terminologia da Tabela 3.1., que incorpora algumas considerações de classificação de partículas minerais por tamanho, particularmente voltadas à concentração gravítica, e levando em conta as recuperações de ouro normalmente obtidas em equipamentos gravíticos tradicionais segundo mostra a Figura 3.1.

Tabela 3.1. - Classificação de ouro por tamanho

Denominação	Tamanho		Recuperação Média em Equipamentos Gravíticos
	Malhas	mm	
Grossoiro	+ 35	+ 0,417	80% em calhas rifladas (bicas)
Médio	35/100	0,417/0,147	80% em jigues
Fino	100/270	0,147/0,053	≈ 80% em mesas vibratórias
Superfino	- 270	- 0,053	< 50% em mesas vibratórias

Um aspecto que merece atenção, e ao qual normalmente não é dado o devido valor, é a relação entre a distribuição granulométrica do minério aluvionar e a distribuição granulométrica do ouro contido.

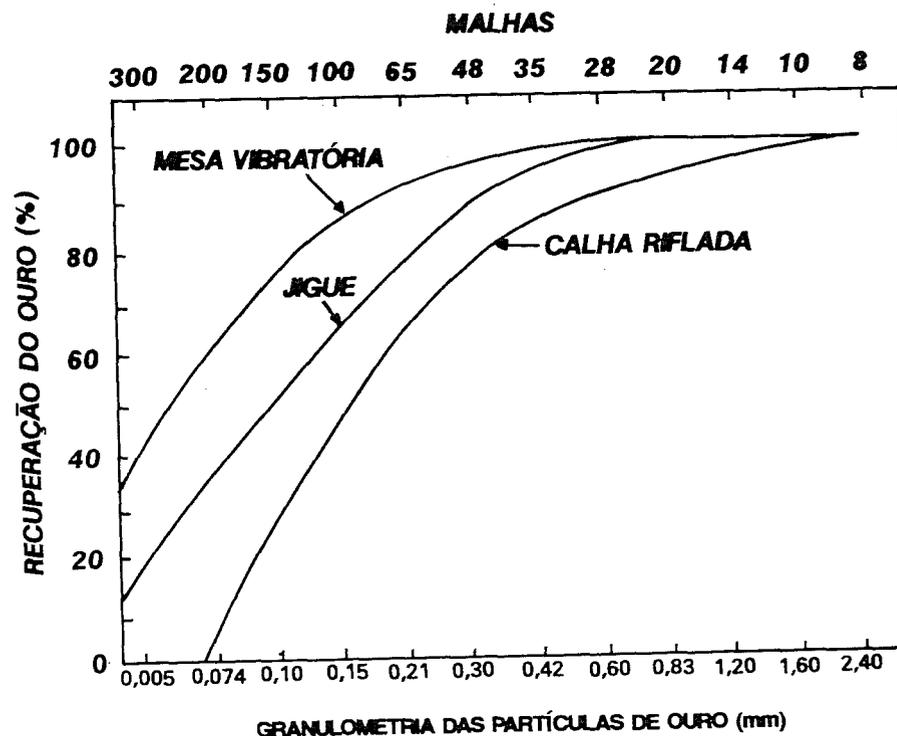


FIG.3.1 - RECUPERAÇÃO DOS DIFERENTES TANHOS DE PARTÍCULAS DE OURO POR EQUIPAMENTOS DE CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA

A Figura 3.2, ilustra o caso real de um aluvião. Se o minério fosse peneirado em 1mm, 65% da massa poderiam ser imediatamente descartados; todo o ouro seria concentrado em apenas 35% da massa original. Este menor volume, bem como uma distribuição granulométrica mais estreita, permitiria uma recuperação mais eficiente do ouro; em locais de suprimento de água restrito, traria um benefício adicional.

3.2. - Equipamentos de Concentração Gravítica

(a) Calha

O uso de calhas (bicas) para o tratamento de cascalhos auríferos já era disseminado desde o século XVI. As calhas são vistas até hoje em várias partes do mundo, para a concentração de aluviões auríferos. No Sudeste Asiático e no Brasil as calhas presentes nas instalações de concentração de cassiterita aluvionar são referidas como *palongs*, diferenciando-se das calhas comuns, à primeira vista, pelo longo comprimento, que varia de 50 a 300m.

Uma calha (Figura 3.3) consiste essencialmente de uma canaleta inclinada, feita normalmente de madeira e de seção transversal retangular. O minério alimentado é lavado por uma grande quantidade de água. No fundo da calha são colocados vários *riffles* (obstáculos), arranjados de modo a prover alguma turbulência entre cada um deles, permitindo a deposição das partículas pesadas, enquanto as leves e grosseiras passam para o rejeito. O pré-concentrado é removido da calha manualmente após interrupção ou desvio da alimentação, requerendo um tratamento adicional de limpeza em outro equipamento de menor capacidade. A principal aplicação da calha é na pré-concentração de ouro de aluviões, embora também seja usada por garimpeiros no tratamento de minérios de ouro livre, após a britagem e/ou moagem.

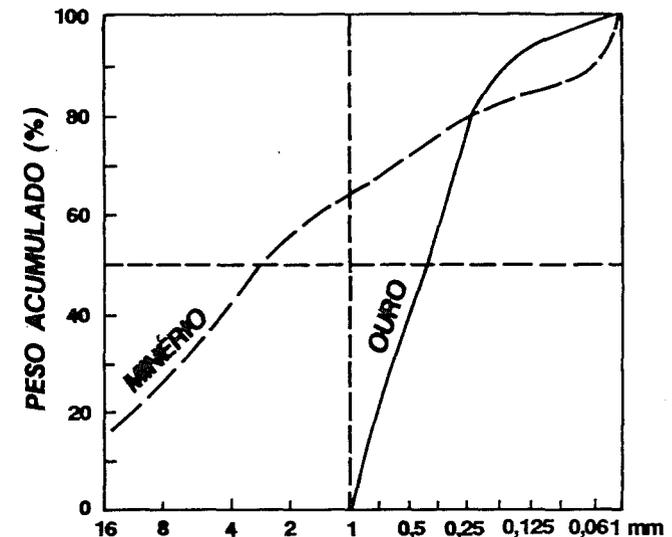


FIG.3.2 - CURVAS DE PESO RETIDO ACUMULADO PARA UM MINÉRIO ALUVIONAR

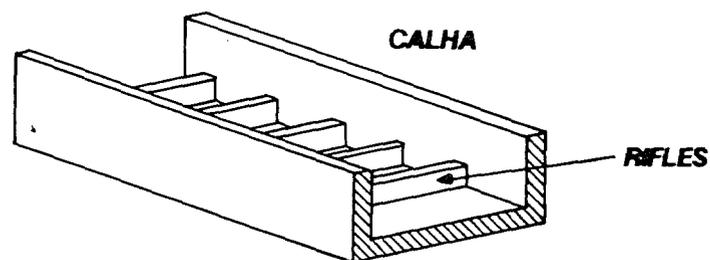


FIG.3.3 - SEÇÃO TRANSVERSAL DE UMA CALHA SIMPLES

O que ocorre acima dos *riffles* é essencialmente uma classificação por tamanho, embora possa ser também encarada como uma concentração, na medida em que as partículas valiosas são geralmente mais finas. As partículas pesadas sedimentam através do leito até o fundo da calha, enquanto os minerais leves são pouco a pouco expulsos em direção ao fluxo da polpa. O requerimento principal para a recuperação de ouro mais fino é a manutenção de um leito de areia frouxo, não compactado, entre os *riffles*.

Os *riffles* são de grande importância no processo, e devem atender a três objetivos: (i) retardar o ouro que sedimenta na parte inferior do fluxo; (ii) formar uma cavidade para reter o ouro sedimentado, e (iii) proporcionar certo turbilhonamento da água que separa este ouro da areia que sedimenta junto com ele.

Algumas variáveis devem ser levadas em conta na escolha da calha. Vamos a elas.

Largura: É uma das variáveis mais importantes, e duas condições devem ser balanceadas na escolha da largura e da profundidade transversal. Para o transporte das pedras grandes a altura da água tem que ser suficiente para cobri-las, indicando-se então as calhas estreitas com altura do leito maior. Por outro lado, a recuperação de ouro fino ou lamelar requer um escoamento em lâminas de água mais fina, com água suficiente para impedir a compactação das areias entre os *riffles*. Exceto em casos (raros) em que ouro grosseiro ocorre em aluviões com areias finas, é recomendável utilizar-se calhas apropriadas para cada fração do minério, ou usar uma calha composta. A relação entre a profundidade (altura) da calha e sua largura apresenta valor típico de 0,3; quer dizer, se a largura for 1,2m, a altura da calha deve ser 0,36m (1,2m x 0,3).

Inclinação: É comum o valor de 4 a 5%, (ou seja, 0,4 a 0,5m de declive para cada 10m de extensão horizontal), embora inclinações maiores sejam empregadas com minérios contendo cascalhos muito grosseiros e/ou onde o suprimento de água é limitado.

Comprimento: É menos influente que a largura e a inclinação. Geralmente está entre 15 e 20m. Quando usadas em dragas, as calhas são menores, 6 a 8m, mas o rejeito deveria ser tratado por outro equipamento, para recuperar o ouro mais fino. O comprimento ótimo dependerá do tamanho do ouro; será maior quanto mais fino ou lamelar forem as partículas. A maioria do ouro grosseiro é recuperada nos primeiros metros da calha, segundo é ilustrado na Figura 3.4, que também mostra a melhor recuperação alcançada com as partículas finas de ouro quando o minério é classificado em faixas granulométricas mais estreitas.

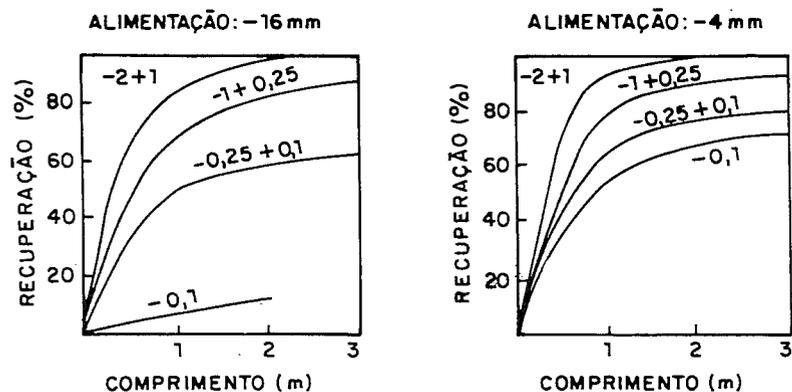


FIG.3.4 - RECUPERAÇÃO DO OURO EM FUNÇÃO DO TAMANHO DA PARTÍCULA (mm), DO COMPRIMENTO DA CALHA (m) E DA ALIMENTAÇÃO

Água: Para aluviões típicos, 30 a 70m³/min por metro de largura, usando-se as calhas simples. A capacidade de uma calha pode ser expressa como o volume de minério que pode ser tratado em 24 horas por um determinado fluxo de água. Pode variar de 8m³/dia/m³/min para aluviões grosseiros até um valor de 50 para os finos. Isto equivale a 30 - 180m³ de água por m³ de minério, ou densidade de polpa inferior a 5% sólidos.

A eficiência das calhas na recuperação de ouro foi apresentada anteriormente (Figura 3.1), não sendo demais lembrar que o ouro menor que 0,2mm já não é recuperado satisfatoriamente.

No Brasil, as calhas não são muito utilizadas nas instalações de empresas de mineração, embora algumas façam uso da calha no tratamento dos rejeitos gravíticos, possibilitando alguma recuperação adicional de ouro. Nos empreendimentos de garimpeiros, no entanto, sua aplicação (em diversas versões) é mais difundida. Nas balsas e dragas que operam na Amazônia é comum a utilização de um tipo de calha denominada "cobra fumando". Como seu comprimento é pequeno (< 3m), é previsível que seja eficiente apenas na recuperação de ouro grosseiro.

Em que pese a calha ser um equipamento antigo, ainda tem o seu lugar nas operações de garimpo e em pequenas instalações industriais.

(b) Jigue

Nesse equipamento, a separação dos minerais de diferentes densidades é realizada em um leito dilatado por uma corrente pulsante de água, produzindo a estratificação (separação) dos minerais (Figura 3.5).

Na União Soviética a participação dos aluviões na produção de ouro é muito significativa. Lá, os jigues são bastante utilizados nas dragas, comumente tratando o rejeito das calhas.

A abertura da tela do jigue deve ser duas vezes o tamanho máximo das partículas do minério. Quanto ao tamanho das partículas da camada de fundo, natural ou artificial, deve-se tomar aquele igual ao dobro da abertura da tela, e com variações nessas dimensões, não sendo recomendável uma camada de fundo de um só tamanho. As condições do ciclo de jigagem devem ser ajustadas para cada caso, citando-se apenas como diretriz que ciclos curtos e rápidos são apropriados a materiais finos; o contrário para os grossieiros.

Uma variável importante é a água de processo, que é introduzida na câmara do jigue, sob a tela. Não deve haver alteração no fluxo dessa água, pois perturba as condições de concentração do jigue. É recomendável que as tubulações de água de processo para cada jigue, ou mesmo para cada célula, sejam alimentadas separadamente a partir de um reservatório de água, por gravidade. É comum, no entanto, que as instalações gravíticas de aluviões auríferos no Brasil não prestem a devida atenção a esse aspecto.

A eficiência dos jigues na recuperação de partículas de ouro, de acordo com tamanho, foi apresentada anteriormente na Figura 3.1, ressaltando-se mais uma vez que sua boa eficiência ($\sim 80\%$) cessa para partículas menores que 100 malhas.

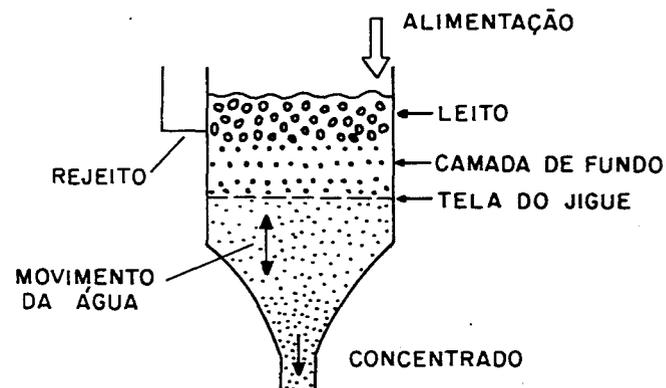


FIG.3.5 - ESQUEMA DE UM JIGUE

(c) Mesa Oscilatória

A mesa oscilatória típica consiste basicamente de uma superfície de madeira revestida de borracha ou plástico, parcialmente coberta com *riffles*, ligeiramente inclinada e sujeita a um movimento assimétrico na direção dos *riffles*, por meio de um mecanismo que provoca um aumento da velocidade no sentido da descarga do concentrado e uma reversão súbita no sentido contrário, diminuindo suavemente a velocidade no final do curso.

Os princípios de separação atuantes na mesa oscilatória podem ser melhor compreendidos se considerarmos separadamente a região da mesa com *riffles* e a região lisa. Na primeira, as partículas minerais, alimentadas transversalmente aos *riffles*, sofrem o efeito do movimento assimétrico da mesa, resultando em um deslocamento das partículas para a frente; as pequenas e pesadas deslocando-se mais que as grossas e leves. Nos espaços entre os *riffles*, as partículas estratificam-se, pela turbulência da polpa através deles e devido à dilatação causada pelo movimento assimétrico da mesa; comportando-se este leito entre os *riffles* como se fôra um jigge em miniatura, fazendo com que os minerais pesados e pequenos fiquem mais próximos à superfície que os grandes e leves (Figuras 3.6.a e 3.6.b).

As camadas superiores são levadas através dos *riffles* pela nova alimentação e pelo fluxo de água de lavagem transversais. Os *riffles*, ao longo do comprimento, diminuem de altura de modo que, progressivamente, as partículas finas e pesadas são postas em contato com o filme de água da lavagem que passa sobre eles. A concentração final tem lugar na região lisa da mesa, onde a camada de material apresenta-se mais fina (algumas partículas de espessura). O resultado é o espalhamento dos minerais segundo o esquema mostrado na Figura 3.6.c.

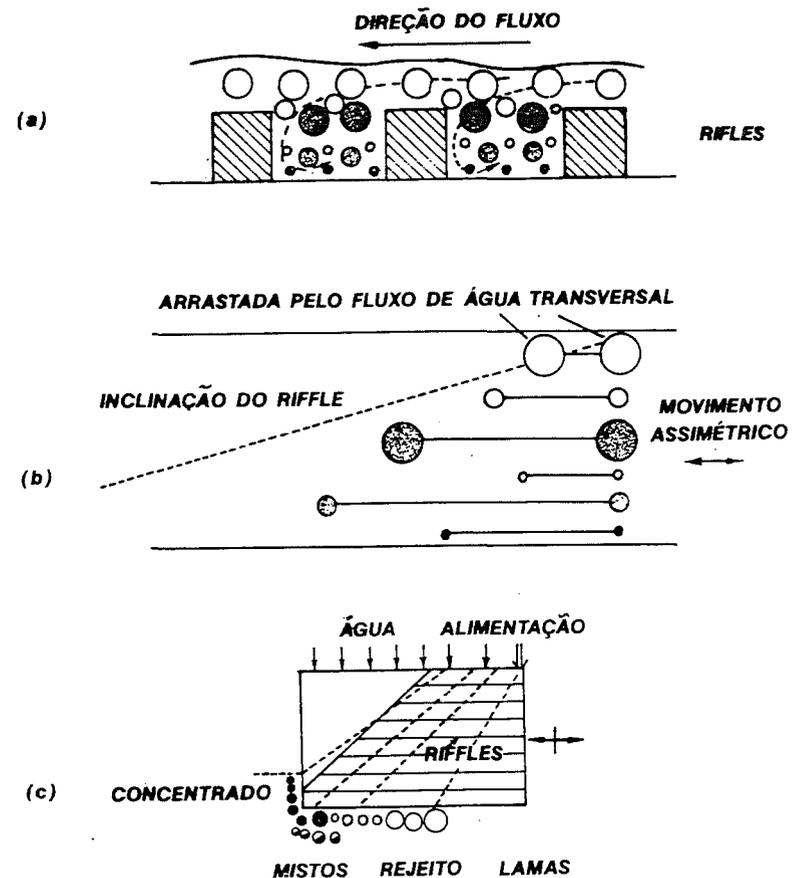


FIG.3.6 - (a) ESTRATIFICAÇÃO VERTICAL ENTRE OS RIFFLES
(b) ARRANJO DAS PARTÍCULAS AO LONGO DOS RIFFLES
(c) DISTRIBUIÇÃO DAS PARTÍCULAS NA MESA VIBRATÓRIA

A mesa oscilatória é empregada há várias décadas, sendo um equipamento disseminado por todo o mundo para a concentração gravítica de minérios e carvão. É considerada, de modo geral, um dos mais eficientes equipamentos para o tratamento de materiais com granulometria fina. Sua limitação é a baixa capacidade ($< 2t/h$, a mesa de maior tamanho que é comercializada) fazendo com que seu uso – particularmente com minérios de aluviões – se restrinja às etapas de limpeza (tratamento de pré-concentrado). Sua eficiência na recuperação de partículas de ouro é satisfatória até a faixa de ouro fino e inferior a 50% na recuperação de ouro superfino (ver Figura 3.1 e Tabela 3.1). Mesas bem operadas podem recuperar até 90% do ouro maior que 0,04mm; uma recuperação típica da fração - 0,04 + 0,025mm seria apenas 20%. A mesa oscilatória é um equipamento muito usado por empresas na limpeza de concentrado de minérios de ouro livre e minérios de aluviões. Nos garimpos, no entanto, não é muito empregada.

(d) Espiral

O concentrador espiral é construído na forma de um canal helicoidal curvo de seção transversal aproximadamente semicircular modificada (Figura 3.7). Muito embora sejam comercializadas espirais com características diferentes, conforme o fabricante e o fim a que se destinam, os mecanismos de separação atuantes são similares.

Quando a espiral é alimentada, a trajetória helicoidal causa uma variação de velocidade no plano horizontal, que tem um efeito menor na trajetória dos minerais pesados e substancial na dos minerais leves. Estes últimos, devido à força centrífuga, tendem a uma trajetória mais externa e podem então ser separados dos minerais pesados.

O resultado final é a possibilidade de se remover os minerais pesados por meio de algumas aberturas reguláveis existentes na parte interna do canal – como é o caso da maioria das espirais, inclusive a tradicional espiral de Humphreys – ou através de cortadores no final do canal – caso da espiral Mark-7. Tal como é a tendência atual, a Mark-7 é construída de fibra de vidro e plástico, com revestimento de borracha, e comercializada também com duas ou três espirais superpostas na mesma coluna.

O emprego da Mark-7 na concentração de minérios de ouro livre e aluviões mostrou bom desempenho, com recuperação variando de 75 a 90% e razão de concentração de 10 a 80, com recuperação significativa de ouro superfino.

No Brasil, algumas experiências bem sucedidas foram realizadas por empresas que concentram aluviões, reconcentrando em espiral o rejeito do jig, após descarte por peneiramento da fração maior que 20 malhas. Em alguns garimpos têm sido feitas experiências com este equipamento. Uma espiral simples é comercializada em um único tamanho e sua capacidade é baixa, de 2t/h.

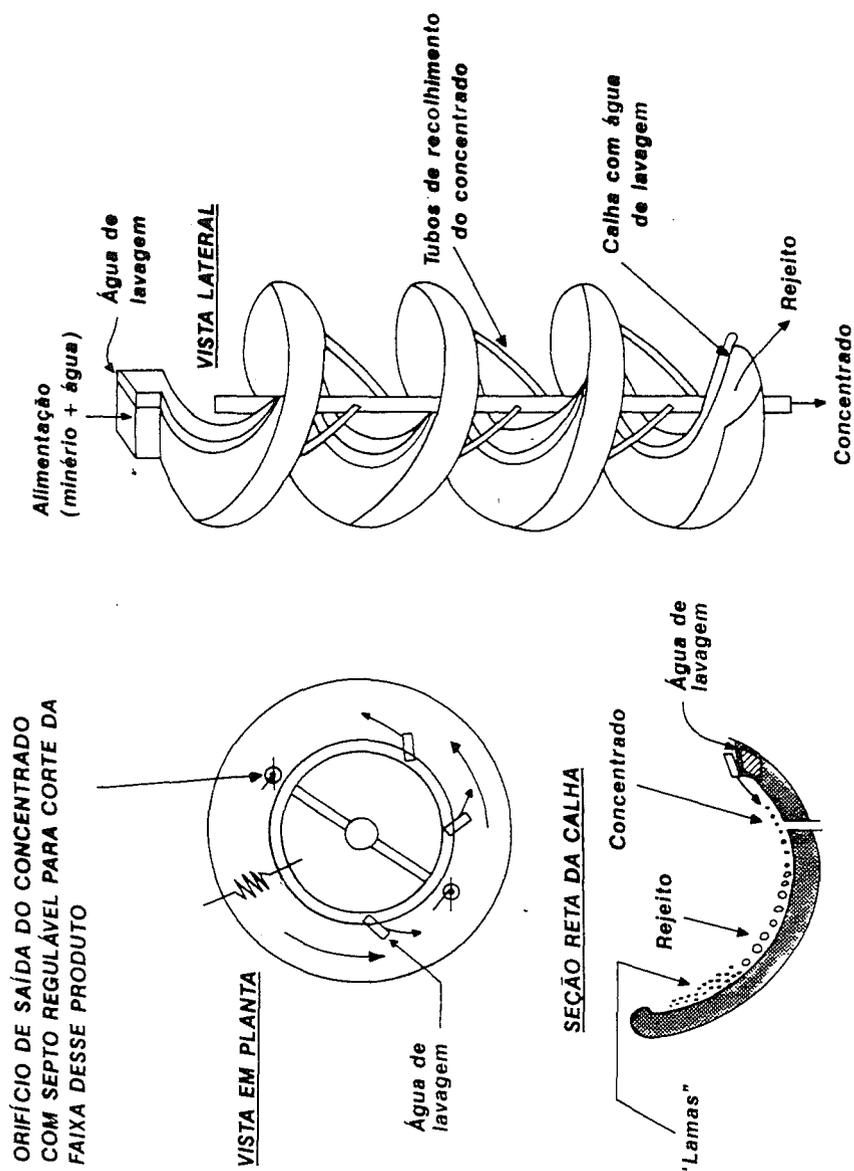


FIG.3.7 - ESPIRAL DE HUMPHREY

(e) Concentrador Centrífugo

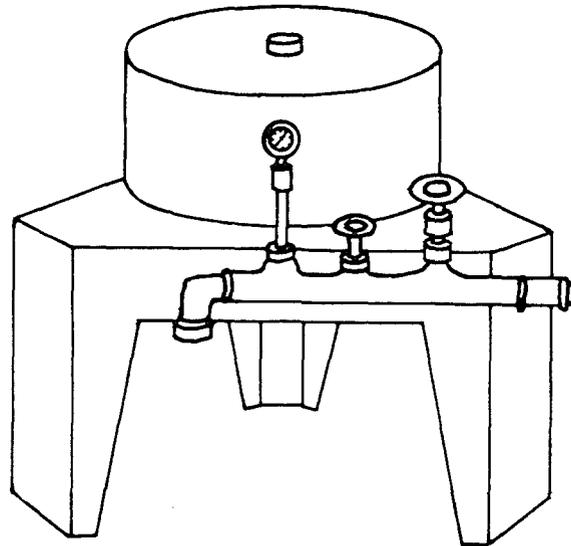
Esses equipamentos de concentração apresentam a vantagem de contarem com a ação de uma força centrífuga muito grande. Um equipamento recente que tem se tornado popular para o tratamento de metais preciosos é o concentrador Knelson.

No concentrador centrífugo, a aceleração é da ordem de 50g (ou seja, cinquenta vezes maior que a aceleração da gravidade normal, g), ampliando a diferença entre a densidade das partículas de ouro e os minerais de ganga. Essa acentuada força centrífuga retém as partículas de ouro em uma série de anéis localizados dentro do cone concentrador em rotação, enquanto o material leve é gradualmente deslocado ou expulso para fora dos anéis, saindo no rejeito. A inclusão do cone numa camisa d'água e a injeção de água sob pressão dentro do cone, através de perfurações graduadas nos anéis, evitam que o material se compacte em seu interior, permitindo a entrada de novas partículas de ouro nos anéis e a saída dos minerais leves (Figura 3.8).

A operação do concentrador centrífugo é contínua por um período de 8 a 10 horas, até que os anéis estejam ocupados predominantemente por minerais pesados, além das partículas de ouro. Evidentemente, quanto maior a proporção de minerais pesados na alimentação, menor será o período de operação contínua do concentrador. Após a paralisação do equipamento, faz-se a drenagem do material retido em seu interior, operação esta realizada em cerca de 10 minutos.

Do ponto de vista de eficiência de recuperação, a variável mais importante é a água de contrapressão. Se a pressão da água for muito alta, poderá ocorrer que as partículas de ouro finas ou superfinais saiam no rejeito. Ao contrário, no caso de pressão muito baixa, haverá dificuldade para a penetração das partículas de ouro nos espaços intersticiais do leito semicompatto dos anéis, implicando perdas. A regulagem de pressão da água é feita com frequência

(a)



(b)

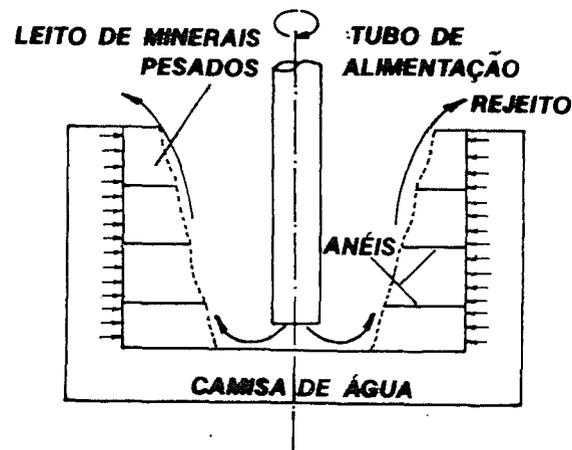


FIG 3.8 - (a) ESQUEMA DE UM CONCENTRADOR CENTRÍFUGO
(b) SEÇÃO TRANSVERSAL

pelo tratamento do rejeito do equipamento com bateia; varia-se a pressão até não se detectar partículas de ouro no concentrado da bateia. Percebe-se que esse método de controle fica limitado à eficiência da recuperação do ouro pela bateia, a qual se sabe não ser satisfatória para as partículas superfínas.

A prática de concentração de minérios aluvionares tem indicado que pressões entre 5 e 16psi são suficientes para fluidificar o leito e permitir boa recuperação: 5psi para material fino, 10psi para areia e 16psi para material grosseiro. Contudo, a pressão adequada (assim como o período de operação) é dependente das características de cada minério.

O concentrador centrífugo foi idealizado para a concentração de minérios de aluviões. Pode ser usado com minérios de ouro livre, após a moagem, e no tratamento de rejeitos de instalações gravíticas que usam outros equipamentos. Segundo o fabricante, numa única passagem (ou seja, um período de operação), o concentrador alcança uma razão de concentração de 1000 vezes ou mais. Ou seja, para um período de 8 horas de operação, um concentrador centrífugo com capacidade de 30t/h, produz um concentrado pesando de 20 a 60kg.

Algumas centenas desses equipamentos foram comercializadas na América do Norte e na Austrália. No Brasil também há muitos em uso, com alguma freqüência empregados na concentração de amostras no campo, em pesquisas geológicas de aluviões. Em garimpos do Mato Grosso seu uso já está bastante disseminado. Em empresas que recuperam ouro, seu uso já é freqüente.

Os concentradores centrífugos são fabricados por várias empresas, mesmo no Brasil. As capacidades dos equipamentos existentes no mercado são normalmente de 1, 10, 20 e 30t/h.

CAP. 4 - AMALGAMAÇÃO

Luiz Henrique Farid, *Eng^o de Minas, CETEM*

Fernando Freitas Lins, *Eng^o Metalúrgico, M.Sc., CETEM*

Márcia Machado Gonçalves, *Eng^a Química, M.Sc., CETEM*

4.1. - Definição e Aplicação

A amalgamação é um processo de concentração do ouro que se baseia na ligação preferencial do ouro ao mercúrio, quando na presença de água, ar e outros minerais, com a formação de uma liga.

A amalgamação é geralmente aplicada a concentrados gravíticos provenientes de aluviões ou de minérios primários onde o ouro encontra-se livre.

4.2. - Fatores Interferentes

O processo de amalgamação depende das condições da superfície tanto do mercúrio quanto das partículas de ouro. Na presença de algumas substâncias, a tendência do ouro a ser "molhado" pelo mercúrio é prejudicada e, portanto, o processo perde sua eficiência. A seguir, são apresentadas algumas dessas substâncias e fatores prejudiciais ao processo de amalgamação, bem como medidas para diminuir seus efeitos.

- Substâncias insolúveis, como alguns sulfetos minerais, óleos e outros contaminantes orgânicos, que podem recobrir as partículas de ouro e as gotas de mercúrio, provocam a pulverização do mercúrio em minúsculas gotas, prejudicando a amalgamação. O uso de soda cáustica ou detergentes tem-se mostrado útil para evitar esses problemas.
- A falta de liberação da partícula de ouro dificulta a amalgamação. Isso se deve à moagem insuficiente do minério de ouro, que resulta em partículas de ouro inclusas em outros minerais ou parcialmente liberadas (Figura 4.1.). Isto pode ser evitado melhorando-se a eficiência da moagem.
- A presença de argilas, talco ou grafite, que aderem à superfície das gotas de mercúrio, promove também a pulverização do mercúrio. A maneira para se evitar esse problema é promover a lavagem do concentrado antes da adição do mercúrio metálico.

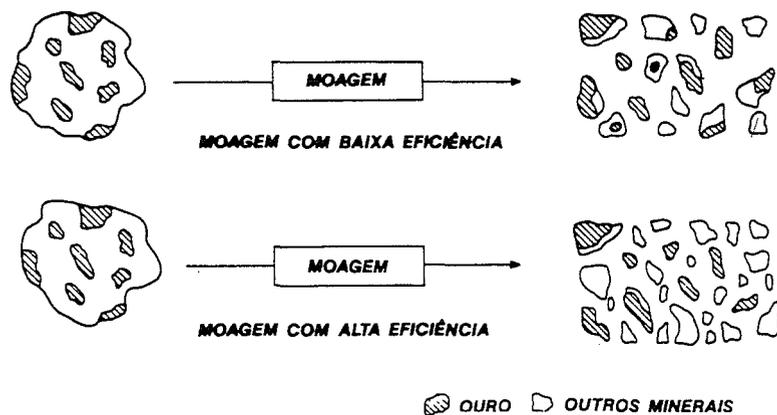


FIG.4.1 - LIBERAÇÃO DE PARTICULAS DE OURO PARA MOAGEM

4.3. - Equipamentos Usuais de Amalgamação

O processo de amalgamação pode ser feito por vários equipamentos, sendo que o recomendável é o tambor amalgamador. A seguir, apresenta-se a descrição dos quatro equipamentos/métodos de amalgamação mais conhecidos.

Placa amalgamadora

Consiste em uma placa de cobre coberta com mercúrio metálico formando uma fina camada aderida à placa. O processo de recuperação do ouro livre consiste em passar pela placa uma camada de polpa (concentrado e água) onde o ouro ficaria retido na placa. Os inconvenientes são o pequeno tempo de contato da partícula de ouro com o mercúrio da placa, implicando em baixas recuperações do ouro, e perdas de mercúrio no rejeito por arraste das partículas sólidas.

Pote (jack-pot)

É um pote cilíndrico de aproximadamente 15 litros, no qual é colocado cerca de 1 a 1,5 litro de mercúrio metálico. O material empalpado é conduzido ao pote, através de bombeamento ou por gravidade, esperando-se que o ouro liberado contido na polpa fique retido no mercúrio do pote (Figura 4.2.). Esse método, como o anterior, é ineficaz para recuperação de partículas finas de ouro, e também altamente contaminador dos rejeitos, pois o mercúrio sempre será arrastado pelos sólidos da polpa.

Bateia

É o método mais usual de amalgamação. Sua ineficiência está na forma manual de operação, e portanto sem controle. As quantidades

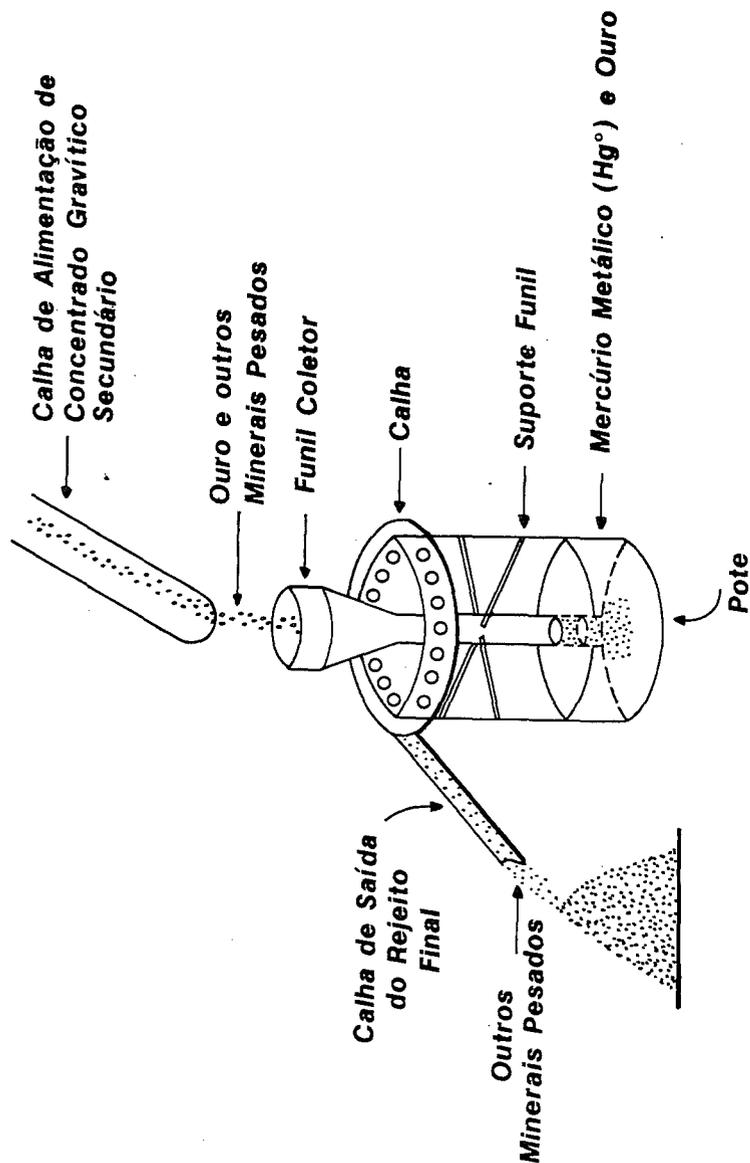


FIG. 4.2 - ESQUEMA OPERACIONAL DO JACK-POT

de mercúrio adicionadas durante a execução do bateamento não são controladas, podendo ocorrer grandes perdas de mercúrio. Não existe, nesse caso, um tempo determinado de contato entre ouro e mercúrio, dependendo então de cada operador.

Tambor ou barril

É o método mais indicado quando se deseja o controle do tempo de amalgamação e das quantidades de mercúrio e outros reagentes. Consiste basicamente de um cilindro, onde o concentrado é adicionado sob a forma de polpa, um motor para acionamento do sistema de rotação e uma base para sustentação do conjunto. Esse equipamento deve ser seguido de uma calha vibratória e bateamento (Figura 4.3.).

Algumas recomendações devem ser seguidas na operação do tambor de amalgamação:

- 60% e 40% de sólido em peso para formação da polpa;
- enchimento do tambor com a polpa de concentrado: 50 a 60% do volume do tambor;
- velocidade de rotação: usa-se normalmente de 20 a 30 rotações por minuto;
- carga de bolas (ou barras): é comum usar-se 6 bolas com 10 a 12cm de diâmetro, ou 1 a 2 barras com o diâmetro igual ao das bolas e compatível com o tamanho do tambor;
- adição de mercúrio no tambor: deverá seguir a proporção em peso de 25/1 a 50/1, entre peso de concentrado e peso de mercúrio, usando-se mais mercúrio quanto mais ouro livre houver no concentrado;

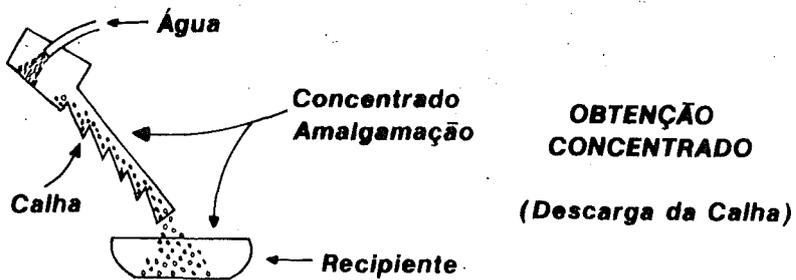
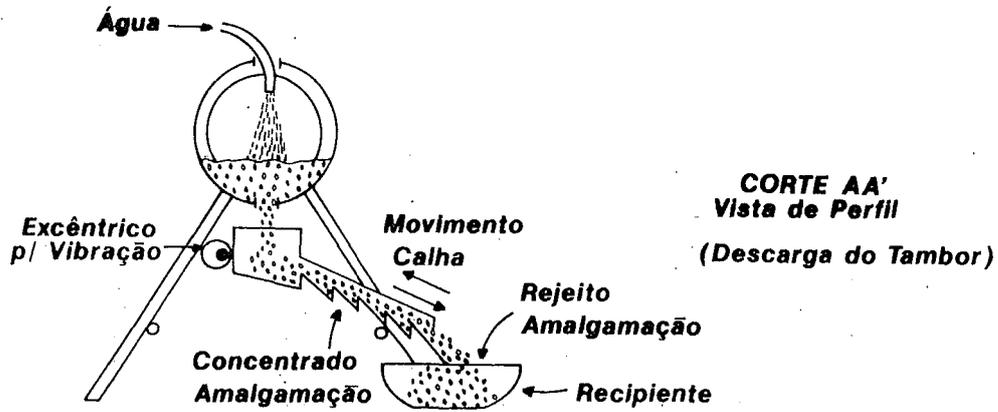
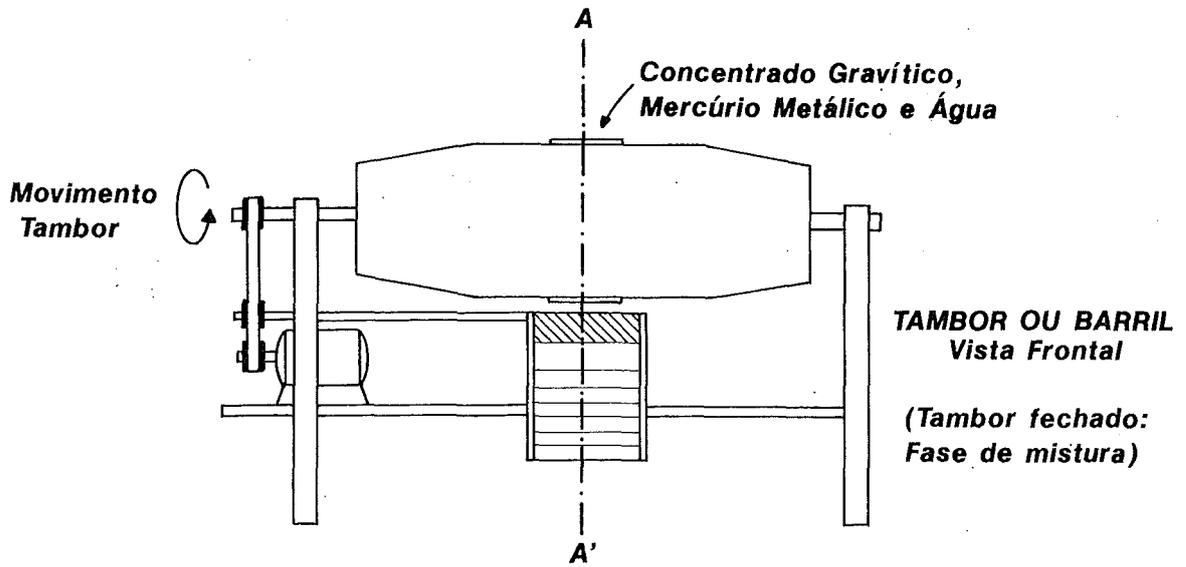


FIG.4.3 - ESQUEMA OPERACIONAL DA AMALGAMAÇÃO EM BARRIL

- na presença de contaminantes orgânicos (como graxas e óleos lubrificantes), recomenda-se a adição de soda cáustica ou detergente na proporção de 5 gramas para cada quilo de concentrado e
- tempo de mistura: de 1 a 2 horas.

4.4. - Eficiência da Amalgamação

A amalgamação de concentrados que contêm partículas de ouro liberadas, com superfícies limpas e em tamanho grosseiro ou médio, resulta na recuperação quase total do ouro pelo mercúrio, principalmente quando é usado o método de amalgamação em tambor. O limite para recuperação eficiente do ouro livre pela amalgamação ocorre para partículas de tamanho até 0,074mm (200 malhas); quanto mais fino o grão de ouro, menor deverá ser a sua recuperação.

4.5. - Recuperação do Ouro e do Mercúrio

Após o processo de amalgamação, verificam-se as seguintes etapas (Figura 4.4.):

- a separação do amálgama e do excesso de mercúrio das demais partículas minerais presentes na polpa;
- filtragem do mercúrio que se encontra em excesso no amálgama;
- retortagem do amálgama com a recuperação do mercúrio e obtenção do ouro esponja.

Nos garimpos, a separação do amálgama e do excesso de

mercúrio presentes na polpa é feita, normalmente, em bateia, o que promove a contaminação do rejeito da amalgamação com mercúrio. Recomenda-se o confinamento desse material contaminado em reservatórios (bacias de contenção) revestidos internamente com lona plástica ou argilas que impermeabilizem as superfícies internas do reservatório, evitando a contaminação do solo, rios e lagos da região.

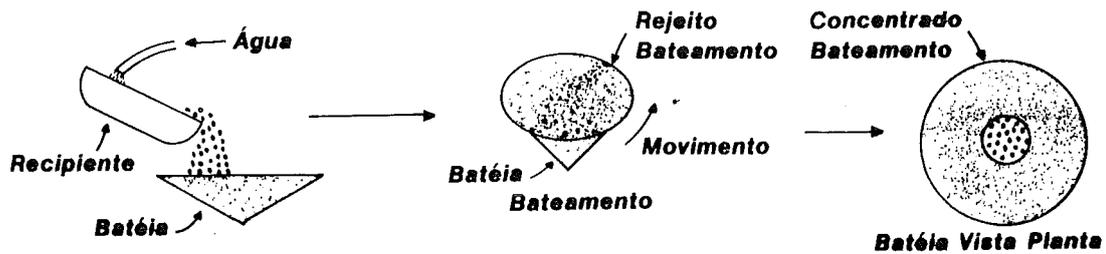
A filtragem é feita geralmente em panos de algodão, conforme apresentado na Figura 4.4. A torção do pano promove a filtragem do mercúrio excedente e retenção do amálgama (sólido). Nesta etapa geralmente obtém-se um mercúrio metálico que já pode ser utilizado para a próxima amalgamação. Após várias operações, o mercúrio filtrado apresenta oxidação na superfície, sendo necessário que o mesmo sofra um tratamento para recuperar sua eficiência. Esse tratamento consiste geralmente em lavar o mercúrio gasto com uma solução ácida a 10% de HCl (ácido clorídrico). A destilação desse mercúrio em retortas também é outra maneira de devolver boa reatividade ao mercúrio.

A queima do amálgama (Au-Hg) que ficou retido no filtro deve ser feita em retortas, para que o mercúrio contido (entre 30 a 50% em peso) seja recuperado. O mercúrio assim obtido, pode ser reutilizado evitando a contaminação ambiental e do operador. Mais detalhes sobre a retortagem são apresentados no Capítulo 5.

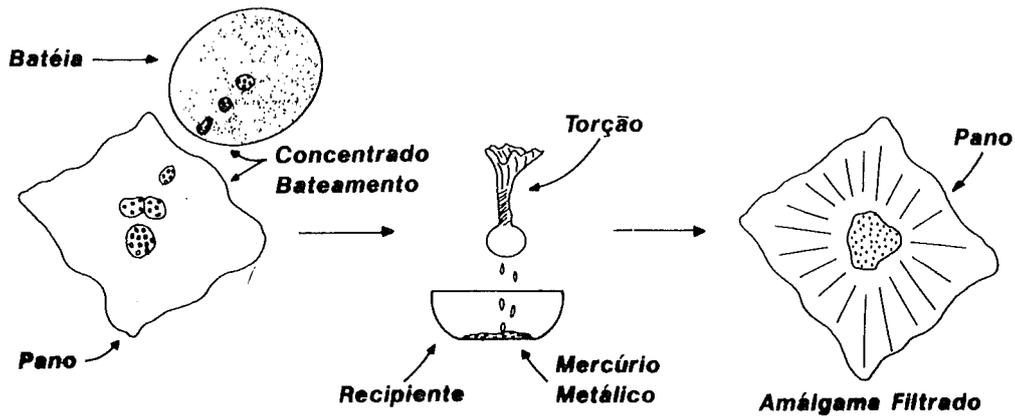
Uma pequena, porém significativa, quantidade de mercúrio (1 a 7%) ainda acompanha a esponja de ouro (obtida após a queima do amálgama) para as casas compradoras.

4.6. O Uso do Mercúrio: Problemas e Cuidados

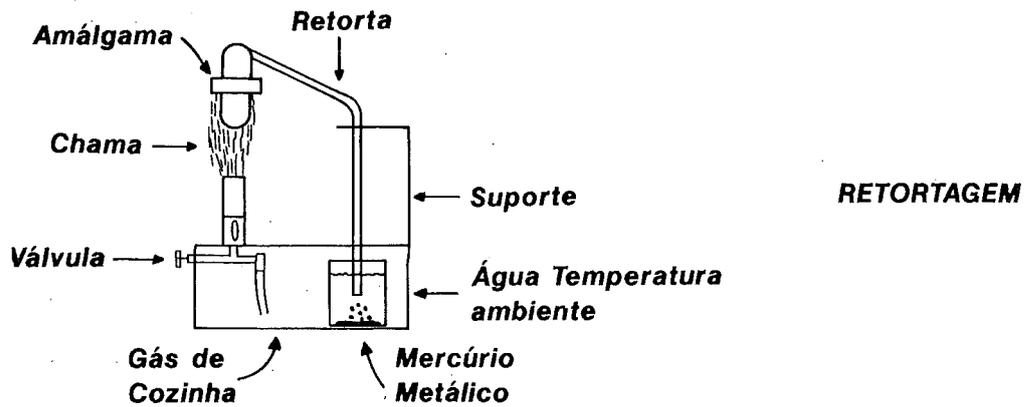
É muito importante evitar a contaminação do ambiente pelo



SEPARAÇÃO DO AMÁLGAMA



FILTRAGEM



RETORTAGEM

FIG.4.4 - ETAPAS SEGUINTE A AMALGAMAÇÃO: SEPARAÇÃO DO AMÁLGAMA, FILTRAGEM E RETORTAGEM.

mercúrio e seus vapores, considerados venenos mortais para os homens, animais e plantas.

A intoxicação do homem pelo mercúrio pode ocorrer através de um contato direto do mercúrio com a pele, através da aspiração de vapores de mercúrio e também pela ingestão de alimentos contaminados.

A liberação do mercúrio para o ambiente ocorre, principalmente, durante a queima do amálgama. Os vapores de mercúrio gerados na queima, além de intoxicar diretamente o operador, contaminam todo o ambiente, visto que o mercúrio liberado para a atmosfera acaba sendo carregado pelas águas das chuvas para o solo, rios e lagoas (Figura 4.5.). A contaminação das águas pelo mercúrio é extremamente perigosa, pois os peixes e moluscos podem acumular mercúrio sob a sua forma mais tóxica – o mercúrio orgânico. A ingestão de alimentos contaminados com mercúrio orgânico acaba intoxicando o homem e pode até causar a morte.

A intoxicação do homem pelo mercúrio pode ocorrer através da respiração, absorção pela pele e ingestão de alimentos contaminados. No caso do garimpeiro, a principal via de contaminação é pela respiração dos vapores de mercúrio, sendo que o organismo retém cerca de 80% do vapor de mercúrio inalado.

As exposições crônicas, ou seja, o contato constante com os vapores de mercúrio, são muito comuns nos garimpos. Neste caso, a intoxicação começa a manifestar-se por um aumento na timidez, insônia, depressão e irritação. Com o contato prolongado começam a aparecer os tremores, inicialmente nas mãos e mais tarde em todo o corpo. Na boca podem ocorrer excessiva salivação e separação dos dentes das gengivas. Outros problemas comuns são perda de peso, anemia e fraqueza muscular.

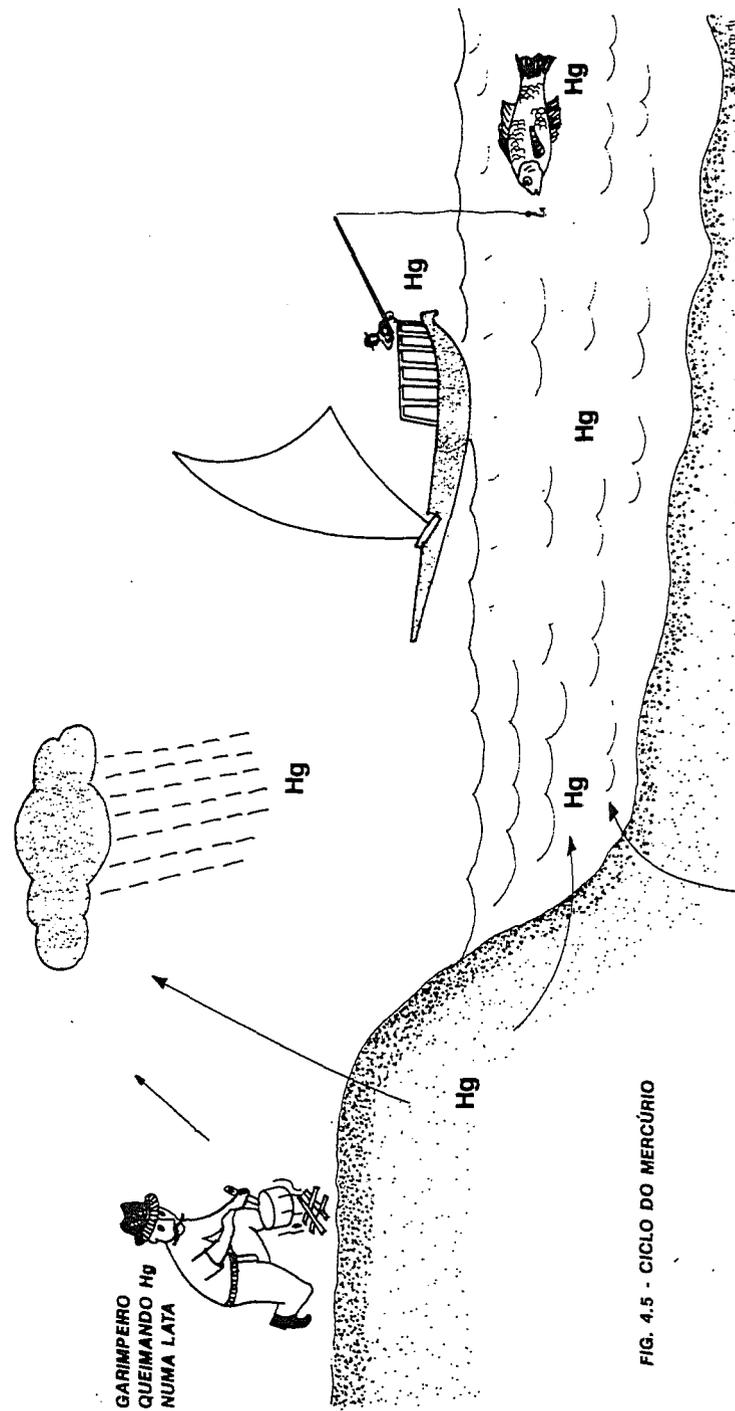


FIG. 4.5 - CICLO DO MERCÚRIO

Os cuidados ambientais e ocupacionais devem se voltar sobretudo para as seguintes etapas: (i) descarte dos rejeitos contaminados; (ii) queima do amálgama; (iii) queima da esponja de ouro nas casas compradoras e (iv) manuseio de mercúrio. As seguintes regras devem ser seguidas:

- (i) descarte dos rejeitos das operações de amalgamação: polpa mineral rejeitada no processo, contaminada com mercúrio, deve ser confinada em locais adequados – reservatórios impermeabilizados – afastados de cursos d'água.
- (ii) queima do amálgama (retortagem): usar sempre uma retorta para recuperar o mercúrio vaporizado no processo.
- (iii) queima da esponja de ouro: essa operação é realizada nas casas compradoras de ouro, onde devem ser empregadas capelas, para que não ocorra a emissão de vapor de mercúrio para a atmosfera.
- (iv) quanto aos cuidados especiais com o manuseio de mercúrio, recomendamos:
 - uso de luvas ao manusear o mercúrio;
 - guardar o mercúrio em recipientes bem fechados com água;
 - não fumar e não se alimentar nos locais onde se trabalhe com mercúrio e
 - periodicamente submeter-se a exames médicos.

CAP. 5 - RETORTAGEM, FUSÃO E REFINO

Ronaldo Luiz C. dos Santos, *Eng^o Químico, M.Sc., CETEM*

5.1. - Retortagem

O amálgama é uma liga sólida de ouro e mercúrio, cujo teor de ouro é normalmente de 30 a 50%. A retortagem do amálgama significa, de maneira objetiva, a ação comumente empregada para separar ouro do mercúrio, executada com o emprego de uma retorta.

Essa operação muito simples exige, porém, uma execução adequada, para que se obtenham os melhores resultados.

O primeiro passo a ser executado refere-se à limpeza da retorta. Para isso, será necessário molhar o seu interior com um pouco de água; em seguida, com um pouco de areia fina, e através de movimentos circulares, esfregar a área interna inferior da retorta, que deverá, logo após, ser lavada em água corrente e posta para secar completamente.

A seguir, o ideal é preparar a área interna da retorta para receber o amálgama. Essa preparação, que tem como objetivo principal evitar que o ouro, após a queima do amálgama, fique "agarrado" na retorta, consiste em untar com uma fina camada de óleo mineral (ou óleo de cozinha), ou "queimar" previamente com "fuligem" (chama redutora), a área interna inferior da retorta. Outra técnica consiste em untar o interior do cadinho com uma polpa diluída de argila fina (água suja) que após secagem formará uma camada de barro nas paredes.

Após esses cuidados, a retorta estará pronta para ser alimentada com o amálgama, que deverá, então, ser colocado na sua metade inferior. As partes da retorta, inferior e superior, deverão ser apertadas de tal modo que não ocorram vazamentos de vapores. É muito importante que não ocorram vazamentos.

Após a alimentação da retorta, o aquecimento do conjunto deverá ser iniciado por meio de maçarico com uma chama azulada de intensidade moderada, devendo-se ter cuidado de distribuir o calor da chama por todo o redor e topo da retorta, evitando assim a concentração de calor na sua parte inferior (Figura 5.1).

Observar que, decorrido um tempo de aquecimento que varia de acordo com a intensidade do calor fornecido à retorta (de 5 a 15min), o vapor de mercúrio inicia um fluxo que começa no corpo da retorta, passa pelo tubo lateral aquecido, e termina no recipiente, que foi preenchido parcialmente com água fria, e colocado em sua extremidade lateral. Após a condensação inicial do vapor de mercúrio, a intensidade da chama do maçarico deverá ser aumentada, e continuada a distribuição de calor ao redor e no topo da retorta. Toda a atenção deve estar voltada para assegurar que a saída do tubo lateral da retorta esteja coberta pela água do recipiente, de maneira que todo o vapor de mercúrio gerado durante a queima do amálgama seja condensado no seu interior, e possa ser reaproveitado para uso futuro.

A diminuição da condensação de vapor na extremidade do tubo lateral da retorta indica que a quase totalidade de mercúrio foi liberada do amálgama. Nesse estágio é necessário, então, aumentar a intensidade da chama para que o mercúrio residual seja completamente arrastado, e condensado no recipiente coletor.

No final da etapa de queima do amálgama não mais será observada a liberação de vapor de mercúrio, embora, nesse momento

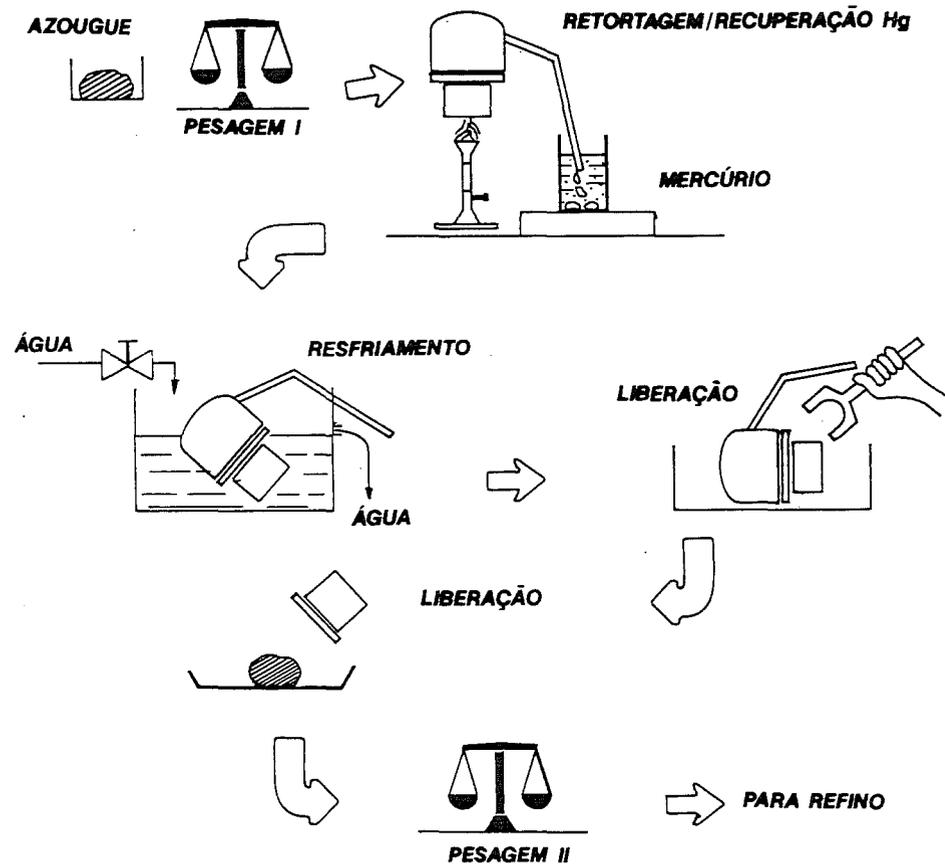


FIG. 5.1 - SEQUÊNCIA DAS OPERAÇÕES TÍPICAS DE UMA QUEIMA DE AZOUGUE EM RETORTAS

a chama do maçarico seja a de mais forte intensidade.

A retorta deverá ser resfriada e, após o resfriamento, aberta, quando, então, se obtém o ouro sob a forma de esponja, que deverá ser pesada para a etapa de fusão.

O resfriamento da retorta poderá ser efetuado de maneira natural ou forçada, dependendo das necessidades do operador e das características locais e dos materiais de fabricação da retorta.

No caso do resfriamento forçado, deve-se imergir a retorta em um recipiente contendo água fria ou em um ponto de passagem de água corrente, ou, então, através de ventilação forçada. Quando a opção for pelo resfriamento natural, aconselha-se manter a retorta apoiada numa bancada e exposta à ventilação do ambiente.

5.2. - Fusão do Metal

A fusão do metal é uma operação simples, que necessita, porém, de cuidados para que não ocorram perdas de ouro durante a sua execução. Uma fusão bem feita deverá reunir, obrigatoriamente, os materiais e os métodos mais adequados à realidade do local onde se realiza essa operação.

Dentre os materiais mais comumente utilizados para uma fusão de ouro, pode-se destacar o cadinho de joalheiro. Esse material de baixo custo, de dimensões pequenas e variadas, e de resistência mecânica elevada, é de fácil manuseio e transporte, além de ser de fácil reposição.

Para se iniciar a fusão é necessário ter à mão, além do maçarico, um cadinho e uma pequena quantidade de bórax em pó. Após a escolha do cadinho (sem rachaduras), deverá ser feito um canal de

escoamento em sua borda.

Uma operação inicial de fusão com um cadinho novo exige um tratamento de impermeabilização. Esse tratamento consiste em pré-aquecer o cadinho, e adicionar uma pequena quantidade de bórax (uma colher de sobremesa), capaz de impermeabilizar toda a sua superfície interna e o canal, conferindo-lhe uma aparência vitrificada. Após esse tratamento inicial, o cadinho estará pronto para receber o material a ser fundido.

Inicialmente, colocam-se no fundo do cadinho algumas pitadas de bórax, sobre ele, o material a ser fundido (a esponja de ouro), e por cima espalha-se mais uma pequena quantidade de bórax. Em seguida, adicionam-se, em camadas alternadas, a esponja de ouro e o bórax até uma altura não muito próxima da boca do cadinho. Assegure-se de que a camada superior seja sempre de bórax, para que a escória fique fluida, evitando, assim, uma perda eventual devido a expulsão do ouro para fora do cadinho.

Uma vez cheio o cadinho, inicia-se o aquecimento por meio de maçarico, em fogo brando, de cima para baixo, e dirigido para a carga. À medida que a temperatura da carga aumenta, o bórax começa a estalar e, após algum tempo, funde totalmente. Quando o bórax está totalmente fundido a chama do maçarico deve ser regulada para uma intensidade mais forte e mantida constante até a fusão do ouro. Nesse estágio, quando toda a carga está fundida (forma líquida) é que se deve iniciar o aquecimento do molde para onde será vazado o ouro fundido. O molde de ferro deve ser aquecido, inicialmente, com uma chama de intensidade forte, e momentos antes do vazamento deve ter o seu interior untado com óleo de cozinha, ou "queimado" com uma chama de fuligem do maçarico (amarelada) que cubra toda a sua área interna.

Quando todo o ouro está fundido, e o molde aquecido, com a sua

superfície interna coberta de fuligem ou untada com óleo de cozinha, é que deve ser feito o vazamento do ouro. Deve-se assegurar que o metal esteja bem fluido e "caldeado", quer dizer, bem misturado e aquecido homogeneamente.

Durante o vazamento, o cadinho deverá ser inclinado progressivamente até que todo o ouro escorra para o molde. A chama do maçarico deve ser constante e dirigida para o metal de forma a mantê-lo escoando continuamente.

Após o vazamento e a solidificação, o ouro deve ser retirado do molde por meio da sua inversão sobre uma mesa ou bancada, quando se obtém a barra de ouro bruto. É importante lembrar que tanto o cadinho quanto o molde deverão ter garras ou tenazes, confeccionadas de modo que permitam um manuseio seguro.

Atenção maior deve ser dada no sentido de que a estocagem dos cadinhos deve sempre ser feita em local seco e preferencialmente aquecido. É absolutamente indispensável que antes de qualquer fusão o cadinho esteja totalmente seco, pré-aquecido e impermeabilizado.

5.3. - Refino Químico de Ouro de Garimpo

O refino de ouro recuperado em garimpos baseia-se numa série de operações e tratamentos, que visam separar e refinar os metais preciosos que compõem a liga.

O primeiro tratamento consiste, portanto, na operação de refundição da barra bruta (obtida após a queima do azougue e a fundição da esponja de ouro).

Assim, o ponto de partida da série de operações que constitui

o refino é a barra bruta contendo os metais de interesse, em geral ouro e prata, e isenta de mercúrio (Figura 5.2.).

A primeira operação, aqui chamada de granalhamento, consiste em fundir a barra numa temperatura acima daquela de fusão do metal, capaz de manter toda a carga suficientemente líquida, para que se possa fazer um vazamento do metal, lento e contínuo, sob a forma de um filete, tão fino quanto possível, para o interior de um recipiente de alumínio ou aço inox contendo água fria ou gelada. É aconselhável que haja uma agitação vigorosa durante todo o vazamento; ou que se utilize um anteparo imerso, onde deverá ocorrer o vazamento do metal, mediante a movimentação constante do cadinho; ou, ainda, que a altura de vazamento seja a maior possível. O objetivo dessa operação é obter partículas de liga tão pequenas e delgadas quanto possível, para que o ataque químico seja rápido e completo.

A seguir efetua-se o ataque químico da liga, utilizando-se para tal a chamada água-régia, preparada quando se misturam os ácidos clorídrico e nítrico, em proporções correspondentes a 4 volumes e 1 volume, respectivamente.

Isoladamente, os ácidos clorídrico e nítrico são incolores, porém, após a mistura, tendem a modificar a sua coloração para amarelo. A proporção inicial mais usada corresponde a 4 litros de água-régia para cada quilo de material.

Ao longo do processo de dissolução das granalhas, que pode durar de 1 hora até 1h30min, sob aquecimento, deverá ser adicionado, periodicamente, ácido clorídrico, até que este atinja um volume correspondente ao dobro de seu volume inicial. O fim da etapa de dissolução é representado pela eliminação completa das granalhas e pelo fim de desprendimento de fumaças castanhas, e conseqüente evolução de fumaças brancas.

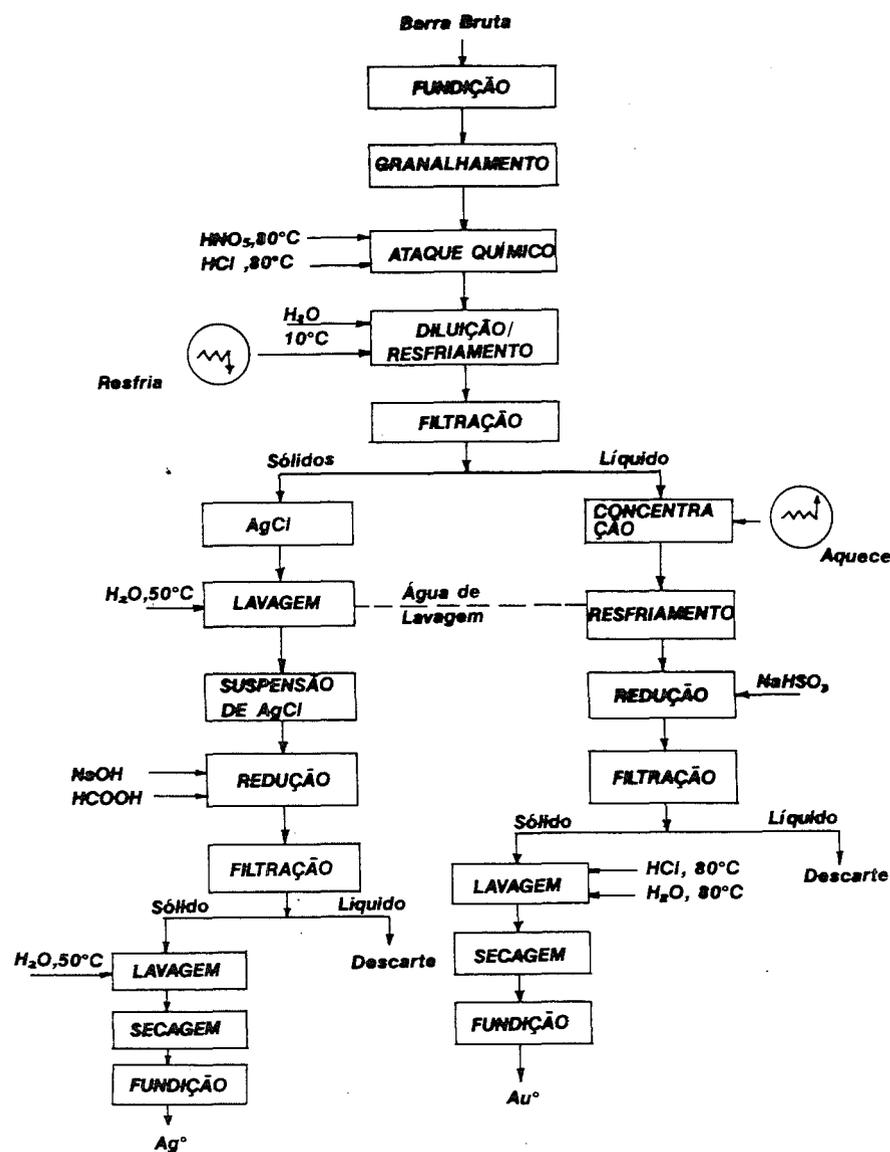


FIG. 5.2 - FLUXOGRAMA DAS OPERAÇÕES DE REFINO QUÍMICO DE BARRAS DE OURO RECUPERADO EM GARIMPO

A seguir, a solução resultante, de coloração variável, desde castanho-avermelhada até castanho-esverdeada, deverá ser diluída, com água fria, e resfriada se possível até 10°C; a diluição deve ser numa proporção de 4 volumes de água para 1 volume da solução colorida.

Em seguida, a solução deverá ser decantada e filtrada. O resíduo sólido se constitui de cloreto de prata, e o filtrado é a solução rica que contém ouro.

A recuperação do ouro da solução deve ser feita após a lavagem do precipitado de cloreto de prata com água quente. As águas de lavagem do cloreto de prata deverão ser misturadas à solução filtrada (colorida), que contém ouro, e essa mistura deve ser aquecida para diminuir assim o seu volume, em pelo menos 50% do volume inicial (solução concentrada de ouro).

A precipitação do ouro da solução ocorre numa faixa de temperatura entre 40 - 45°C, sob agitação e adição de bissulfito de sódio (NaHSO₃), numa proporção variável correspondente a 1,5 - 2,0kg do reagente para cada quilo de metal em solução, ou ainda numa proporção de 400g de NaHSO₃ por litro de solução.

Deve ser observado que durante a fase de precipitação a solução mudará de cor, assumindo uma coloração castanho-esverdeada, com o surgimento de um precipitado de cor variável, desde marrom (cor de café) até negra.

Após a sedimentação, a solução de coloração clara (verde ou mesmo incolor) deverá ser filtrada e todo o líquido descartado, enquanto que o precipitado deverá ser lavado a quente, sucessivamente, com ácido clorídrico concentrado e água.

A seguir, o papel de filtro que retém o ouro deverá ser transferido

CAP. 6 - ASPECTOS LEGAIS DO GARIMPO

ao cadinho, limpo e seco, onde se efetuará a fusão do metal e o seu posterior vazamento em forma de barra, grânulos ou lingotes.

A recuperação da prata, separada sob a forma de cloreto de prata, poderá ser feita de uma maneira simples e barata, mediante a ressuspensão desse precipitado com água, seguida da adição de ácido clorídrico concentrado numa proporção aproximada de 1 volume de água para 0,5 volume de ácido, e da adição de zinco ou ferro em pó, mantidos em contato íntimo com a solução através de agitação.

Observar que nessa reação ocorre a liberação de gás (H_2), e que se torna proibitivo, nesse caso, a ocorrência de chama, fagulha e centelhamento, sob o risco de ocorrer uma explosão.

Uma outra opção para a recuperação de prata é a reação do cloreto de prata, em uma suspensão de água, com uma solução alcalina de soda cáustica (10g/litro de solução) e de formol (300g/litro de solução), até que ocorra a formação de um precipitado negro, após a liberação gasosa e a formação de uma espuma de cor branca-acinzentada.

O precipitado assim obtido deverá ser filtrado, lavado com água quente, seco e fundido em cadinho limpo e seco para a fundição de barras, grânulos e lingotes.

Maria Laura Barreto, *Bacharel em Direito, M.Sc., CETEM*

6.1. - Introdução

Neste capítulo iremos explicitar as normas atualmente em vigor para o processo de legalização do garimpo, ou seja, as exigências e procedimentos considerados obrigatórios pelo governo e sociedade para o exercício da garimpagem.

Recentemente, a atividade garimpeira foi alvo de interesse particular no sentido da definição dos direitos e deveres do garimpeiro.

Assim, todos aqueles que executam essa atividade devem conhecer as normas, bem como ficar atentos a possíveis mudanças e aperfeiçoamentos.

Este capítulo apresenta de uma forma bastante simplificada a regulamentação do garimpo, da qual se aconselha, no entanto, uma leitura atenta e cuidadosa.

Entre os diversos diplomas legais, interessam em particular ao garimpeiro a Lei nº 7805/89, de 18 de julho de 1989, que estabelece o regime de lavra garimpeira, o Decreto 98.812 de 04 de janeiro de 1990 e a Portaria nº 26, de 31 de janeiro de 1990. A Lei nº 5.764, de 16 de dezembro de 1971, é igualmente importante, uma vez que define a Política Nacional de Cooperativismo, institui o regime jurídico das sociedades cooperativas e dá outras providências.

6.2. - Alguns Conceitos

Garimpagem

Atividade de aproveitamento imediato de substâncias minerais garimpáveis, executadas em áreas estabelecidas para esse fim, sob o regime de permissão de lavra garimpeira. Nesta definição interessa ressaltar, em primeiro lugar, que para a prática desta atividade não se necessita de fazer ou mandar fazer trabalhos de pesquisa mineral antes de começar a extração, exceto em casos especiais, em que o DNPM (Departamento Nacional da Produção Mineral) poderá exigí-lo. Em segundo lugar, nem todas as ocorrências minerais o garimpeiro pode minerar, existem algumas restrições; pode-se extrair o ouro nas formas aluvionar, eluvionar e coluvial. Em terceiro lugar, a garimpagem será realizada em áreas previamente definidas, existindo limites que devem ser respeitados.

Garimpo

Local onde ocorre a extração de minerais garimpáveis.

Regime de Permissão de Lavra Garimpeira

É o conjunto de procedimentos técnico-administrativos e burocráticos que balizam a atividade garimpeira. A seguir, trataremos com detalhe tais procedimentos que, se observados, levarão ao exercício e prática da garimpagem nos termos e de acordo com o pretendido pela legislação do garimpo.

6.3. - Permissão de Lavra Garimpeira

A quem é concedida?

A brasileiros e a cooperativa de garimpeiros. A cooperativa terá mais facilidades para obter a autorização, uma vez que tem preferência legal sobre a forma de organização individual da atividade.

A quem deverá ser formulado o pedido?

Deverá ser dirigido ao Diretor do DNPM, e entregue no protocolo do Distrito em cuja jurisdição situar-se a área pretendida.

Como deverá ser instruído o pedido?

As informações e provas necessárias a uma boa instrução do requerimento são diferentes ao se tratar de garimpeiro individual (firma individual) ou cooperativa.

a) *Garimpeiro Individual* - Nome, estado civil, domicílio, prova de nacionalidade brasileira, número de inscrição no Cadastro Geral de Contribuintes do Ministério da Fazenda (CGC) e no Cadastro de Contribuintes do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

b) *Cooperativa de Garimpeiros* - Nome ou razão social, endereço, número de inscrição no Cadastro Geral de Contribuintes do Ministério da Fazenda e no Cadastro de Contribuintes do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), número de Alvará de funcionamento como empresa de mineração e prova de inscrição no órgão de registro do comércio da sua sede.

c) *Informações comuns ao Garimpeiro Individual e à Cooperativa* - No pedido de Permissão de Lavra Garimpeira deverá constar a substância mineral que se pretende extrair e indicação em hectares da extensão superficial da área, bem como a sua localização. E ainda:

- memorial descritivo da área, em formulário próprio estabelecido pelo DNPM;
- planta de detalhe da área requerida;
- planta de situação da área requerida, com base em cópia fiel de cartas adotadas pelo DNPM.

Estes três últimos documentos deverão ser elaborados por profissionais legalmente habilitados e acompanhados do comprovante do requerimento da respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica-ART, junto ao Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura-CREA.

Atenção! O garimpeiro individual só poderá solicitar uma área com até 50 hectares. A cooperativa, ao contrário, poderá requerer área superior, devendo, para isso, justificar e fundamentar cuidadosamente as razões da extensão da mesma.

Quem constitui as áreas garimpeiras?

O DNPM estabelecerá, mediante portaria, as áreas de garimpagem. A área de garimpagem poderá ser desconstituída pelo Diretor do DNPM, quando:

- comprometer a segurança ou a saúde dos garimpeiros ou terceiros;
- comprometer a ordem pública;

A área de garimpagem poderá ser reduzida sempre que o número de garimpeiros não justificar o bloqueio da área originalmente reservada para essa atividade.

Atenção! A permissão de lavra garimpeira não se aplica a

terras indígenas

Como proceder para renovar e transmitir a Permissão?

A Permissão de Lavra Garimpeira poderá ser renovada a cada 5 anos pelo DNPM, a pedido do permissionário.

A permissão é transferível, com autorização do DNPM, a quem satisfizer os requisitos legais. Em caso de cooperativa, a autorização dependerá também de aprovação na Assembléia Geral da Cooperativa.

É necessário fazer pesquisa mineral?

Afirmou-se anteriormente que, como regra, não se exigem trabalhos de pesquisa; porém, se o DNPM julgar necessário, poderá intimar o garimpeiro ou a cooperativa a apresentar projeto de pesquisa, no prazo de noventa dias, contados da publicação do extrato do ofício de notificação no Diário Oficial da União.

Em que situações o pedido de Permissão de Lavra poderá ser indeferido?

O Diretor do DNPM poderá indeferir o requerimento quando:

- não for instruído de acordo com as normas previstas nos diplomas legais;
- tenha por objeto minerais não garimpáveis;
- a área solicitada por pessoa física exceder o limite máximo de 50 hectares;
- quando a área objetivada situar-se em terras indígenas;
- quando houver conflito com áreas sujeitas a prioridade.

6.4. - Licenciamento Ambiental

O requerente da Lavra Garimpeira deverá solicitar licenciamento ambiental antes de requerer a permissão. Para obter esta autorização, o garimpeiro ou a cooperativa deverão dirigir-se ao órgão estadual de meio ambiente, ou, se a sua atividade causar impacto ambiental de âmbito nacional, ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA.

Exemplos ilustrativos da atividade garimpeira causadora de impacto ambiental de âmbito nacional são a lavra na Floresta Amazônica, na Mata Atlântica e no Pantanal Mato-grossense. Pode-se considerar, também, lavra que cause impacto ambiental de âmbito nacional a utilização de técnicas de extração que possam ocasionar previsíveis impactos poluidores em regiões sem proteção ambiental especial.

Em qualquer das duas situações se aconselha contatos estreitos com técnicos e funcionários do órgão ambiental estadual, que poderão orientar o garimpeiro ou a cooperativa sobre a melhor forma de instrução do pedido de licenciamento, entre outras informações e esclarecimentos.

6.5. - Outras Autorizações Necessárias

Perímetro Urbano

Quando a área pretendida estiver situada em perímetro urbano, deverá ser solicitado assentimento da autoridade administrativa no local do jazimento mineral.

Terreno de Marinha

Em caso de área em terreno sob jurisdição da Marinha, o garimpeiro deverá requerer assentimento ao respectivo órgão. Em geral, são terrenos da marinha os situados nas margens e leitos dos rios e lagos navegáveis, bem como costeiros.

Áreas de Conservação

Os trabalhos de lavra garimpeira em áreas de conservação dependerão de prévia autorização do órgão ambiental que as administre.

Beneficiamento de Ouro

O garimpeiro ou cooperativa que pretenda desenvolver atividade de beneficiamento de minério de ouro em lagos, rios ou correntes de água, deverá apresentar a solução técnica que será avaliada e aprovada pelo DNPM e pelo órgão ambiental competente.

O assentimento da autoridade administrativa local, do Ministério da Marinha e a licença específica do órgão ambiental, deverão, sempre que necessário, ser anexados ao requerimento da Permissão de Lavra Garimpeira.

6.6. - Constituição da Cooperativa

Antes de solicitar a Permissão de Lavra, a cooperativa deverá constituir-se como tal, e posteriormente requerer o Alvará de funcionamento como empresa de mineração.

Assim, é interessante explicitar: o que se entende por cooperativa?

Cooperativa é uma sociedade de pessoas, com forma e natureza jurídica próprias, que se juntam para a realização de determinados

objetivos. Estes seriam alcançados deficientemente, ou mesmo não se concretizariam, sem a cooperativa.

Em geral os objetivos são de natureza econômica e social, tendo como base o exercício de uma atividade econômica de proveito comum. Os associados, devem contribuir com bens ou serviços para a concretização dos mesmos objetivos.

A cooperativa não visa o lucro, porém poderá viabilizar e tornar o lucro uma realidade para os seus membros.

Exemplifiquemos:

Um grupo de pessoas resolve constituir uma cooperativa de garimpeiros com o objetivo de, conjuntamente, extrair e beneficiar ouro. Para a realização destes objetivos a cooperativa decide comprar equipamentos para apoiar e rentabilizar o trabalho: retroescavadeira, moinho, centrífuga, bomba de água e retortas. Este equipamento, pelo alto custo, é de difícil aquisição por parte do garimpeiro individual, porém, para a cooperativa se torna acessível e mesmo viável a sua compra.

Para formar uma cooperativa o número *mínimo* de associados é de *vinte*, sem limite máximo. A adesão é voluntária.

As decisões internas são tomadas na base de cada associado (garimpeiro) um voto, não podendo nenhum membro ser excluído ou discriminado.

As ações que não digam respeito à administração cotidiana da cooperativa deverão ser apreciadas e aprovadas pela assembleia geral dos membros que constituem a cooperativa. O *quorum* para o funcionamento e deliberação da assembleia é baseado no número de associados, e não na participação do capital social.

O capital social é composto por cotas-partes, podendo o associado obter um número determinado, que deverá ter definidos os seus limites pela assembleia geral. Achando-se conveniente, é possível a fixação de critérios de proporcionalidade para a determinação das partes correspondentes a cada membro.

No final do ano deverão ser distribuídos os excedentes, segundo critérios de proporcionalidade nas operações efetuadas pelos associados. A assembleia geral poderá deliberar de forma diversa, dando outro destino às sobras do exercício.

6.7. - Equiparação da Cooperativa de Garimpeiros à Empresa de Mineração

Para obter a equiparação, a cooperativa deverá solicitar o Alvará de funcionamento como empresa de mineração. O requerimento será dirigido ao Diretor do DNPM e entregue no protocolo do Distrito da área de funcionamento da cooperativa. Ao requerimento deverá ser anexado:

- cópia autenticada da ata da assembleia geral de constituição da cooperativa de garimpeiros, arquivada na junta comercial, acompanhada de cópia do estatuto onde conste como objeto a atividade de mineração exercida sob o regime de Permissão de Lavra Garimpeira, bem como a restrição de atuação ao objeto da outorga;
- comprovante de capital social de no mínimo 1000 vezes o maior valor de referência (MVR);
- alvará de localização da sede da cooperativa expedido pelo órgão municipal competente;
- registro no CREA da cooperativa e dos profissionais de seu quadro técnico.

6.8. - Deveres do Garimpeiro e da Cooperativa

Deveres comuns à Cooperativa e ao Garimpeiro Individual

- a) extrair somente as substâncias minerais autorizadas;
- b) comunicar imediatamente ao Distrito do DNPM a ocorrência de qualquer outra substância que for encontrada. Em caso de um depósito garimpável, de acordo com os critérios anteriormente explicitados, o garimpeiro poderá solicitar a sua exploração;
- c) não suspender os trabalhos de extração por prazo superior a cento e vinte dias, sem motivo justificado. Em caso de paralisação por tempo superior, deverá haver comunicação imediata ao Distrito do DNPM, com exposição dos motivos de tal atitude;
- d) conciliar os processos de lavra e beneficiamento com o meio ambiente. Para realização desse objetivo recomenda-se (não é uma obrigação em lei) que a cooperativa ou o garimpeiro individual elabore um projeto simplificado de lavra, prevendo ações preventivas de proteção ao meio ambiente e estimativas de custos que as viabilizem;
- e) apresentar até o dia 15 de março de cada ano, no Distrito do DNPM, as informações de quanto se produziu e o que se comercializou referente ao ano anterior;
- f) dar ao proprietário do solo participação nos resultados da lavra, na forma da lei;
- g) respeitar as normas no que se refere às águas usadas no processo de mineração e beneficiamento, evitando o extravio das águas utilizadas, e drenar e tratar as que possam ocasionar danos a terceiros.

Convém salientar, complementando os aspectos acima descritos,

que toda a ação que prejudique terceiros, mesmo involuntariamente, resultante direta ou indiretamente dos trabalhos de lavra e beneficiamento, colocará os garimpeiros na situação de ter de reparar o mal.

Deveres da Cooperativa:

- a) elaborar estatuto fazendo constar explicitamente entre seus objetivos a atividade garimpeira;
- b) estabelecer no estatuto que a atuação da cooperativa se restringirá ao objeto da permissão.
- c) não admitir em seu quadro social pessoas associadas a outra cooperativa com o mesmo objetivo;
- d) fornecer a seus associados certificados relativos a suas atividades na área da permissão;
- e) promover a organização das atividades de extração e o cumprimento das normas referentes à segurança do trabalho e à proteção do meio ambiente;
- f) não permitir que pessoas estranhas ao quadro social exerçam a atividade de garimpagem, na área titulada;
- g) apresentar anualmente ao DNPM lista nominal dos associados com as alterações ocorridas no período.

6.9. - Em que termos é permitida a convivência entre Garimpo e Mineração?

O garimpeiro individual ou cooperativa poderá solicitar a permissão de lavra em área de manifesto de mina ou concessão de lavra.

O pedido é dirigido ao DNPM que decidirá depois de autorizado pelo titular. A recusa do titular somente se poderá basear no

mesmo interesse em extrair a nova substância ou a mesma em nova ocorrência geológica. Para tal, o titular terá o prazo de noventa dias, contados da publicação do extrato do ofício de notificação no Diário Oficial da União, para apresentar projeto de pesquisa. Posteriormente, deverá ser aditada a nova substância ou ocorrência, ao título original. Em caso de não observância, o DNPM poderá conceder a Permissão de Lavra Garimpeira.

Igualmente, o DNPM poderá permitir a concessão de lavra em área objeto de permissão de lavra garimpeira, com autorização do titular.

Nas duas situações, o DNPM deliberará, com base na viabilidade técnica e econômica, quanto ao aproveitamento por ambos os regimes.

6.10. - Penalidades Previstas

Todos os procedimentos e obrigações expostos neste capítulo levarão, em caso de não observância, a punições que podem ser a advertência e multa, cancelamento da permissão, apreensão das máquinas e até prisão.

CAP. 7 - INVESTIMENTOS E TRABALHO NO GARIMPO

Irene Portela, *Antropóloga, CETEM*

Vamos supor que você é alguém interessado em ir para o garimpo. Vamos descrever algumas possibilidades existentes de entrar na atividade.

7.1. - **Você tem um capital nada desprezível** (Por nada desprezível entende-se um milhão de dólares ou 100kg de ouro)

Nunca trabalhou com garimpo mas sabe que é uma atividade que pode ser bastante rentável.

O primeiro passo é escolher o estado e a área onde quer instalar-se. É bom não esquecer de considerar que áreas mais promissoras, que ainda estão sendo abertas, costumam ser aquelas para onde estão ocorrendo mais pessoas. Há vários "direitos adquiridos" pelos mentores da "fofoca" com os quais é bom pôr-se de acordo caso resolva mesmo ir para lá.

Garimpos mais estáveis são, via de regra, menos insalubres e menos perigosos. O problema é que a maior parte das áreas boas de ouro já está tomada e, às vezes, é difícil entrar nas corporações de interesses que já se definiram. Pode-se sempre tentar.

Abrem-se agora várias possibilidades de investimento:

a) *Você quer estabelecer uma pequena empresa de mineração*

ou uma empresa de garimpo.

Neste caso você deve escolher uma área de, no máximo, 50 hectares e requerê-la junto ao DNPM. (Veja no Capítulo 6 a forma de proceder.)

Comprar equipamento de lavra e de beneficiamento, calcular os custos com a retirada do estéril e com a descoberta de novos filões.

Contratar operadores para as máquinas e escolher de que forma você procederá à identificação dos filões: mão-de-obra manual ou serviços de geologia.

Optar por determinados equipamentos de beneficiamento: com base na experiência e nos "bizus" locais ou com apoio de engenheiros de minas ou metalúrgicos (é sempre possível combinar os dois ou mais tipos de esforço).

Quanto às *relações de trabalho* com que você lidará:

- um gerente de confiança e você mesmo – ou sua mulher, ou seu cunhado ou seu irmão – estarão sempre por ali; resolvendo casos de bamburro e de olho na hora de abrir o tambor amalgamador;
- uma cozinheira e faz tudo – provavelmente será o seu empregado mais estável;
- os operadores de máquinas são: motorista de caminhão (se você optar por ter, um ao invés de alugar); motorista da Poclain ou equivalente; operador de mangueira para lavagem de cascalho; mecânico (peça fundamental para manter moinhos, retroescavadeiras e etc. funcionando);
- os trabalhadores manuais: os que abrem filão, ajudam a retirada do encaixante, bateiam ou realizam a amalgamação.

Costuma haver histórias de eternos problemas por aqui. Duas turmas de trabalhadores é o usual. Até hoje não existe prática de assinar carteira de trabalho nem de pagar os custos associados, embora isso às vezes seja mal visto pelo pessoal do sul-sudeste. A regra da relação de trabalho é ficar de olho, sobretudo na hora de acontecer um bamburro ou na de abrir os moinhos e centrífugas, quando todo mundo quer ficar com um pouco.

De um modo geral, você pode escolher ser um "bom" ou "mau" patrão de garimpo. Bom é aquele que dá uma percentagem em ouro, quando o filão anda rendendo, além do fixo, e que ajuda em caso de necessidade (doença ou acidente com os trabalhadores ou com a família, etc.) e que dá comida, alojamento. Será considerado tão pior quanto menos dê esse tipo de vantagens e apoio ao pessoal que está no seu garimpo.

Em sendo garimpo de rio, em draga, há algumas outras categorias, como a dos mergulhadores, trabalhando, mas o sistema é essencialmente o mesmo.

b) Você não quer se tornar um empresário nem ter um garimpo isolado, preferindo entrar no sistema conjunto daquela área de garimpo.

Neste caso você irá comprar equipamentos de beneficiamento, escolhendo uma área que deverá ter água e espaço suficiente para construir a bacia de rejeitos (ou um lugar para instalar a draga).

Não há nenhuma categoria legal onde você possa inserir-se, ao menos por enquanto. Alguns empregados – mecânico, gerente e vigia – serão contratados para permanecer no garimpo. Basicamente você irá comprar material que outros – os barranqueiros ou filãozeiros – lavraram.

O relacionamento com eles é o da meia: desconta-se um fixo – 1,2 ou 3 gramas – a título de desgaste de equipamento; o restante do primeiro beneficiamento é dividido em dois, sendo que metade é seu e metade é do pessoal dono do cascalho. Essa metade pode ser entregue logo depois da primeira queima, ou pode, no caso de filãozeiros que moem freqüentemente com você, ser anotada num livro e entregue à semana.

Há algumas outras possibilidades de definir a percentagem:

- a terra onde o cascalho foi lavrado é sua: nesse caso, descontam-se 10 ou 20% antes de calcular o valor da meia;
- você coloca equipamentos que ajudam a lavra manual – bomba d'água ou retroescavadeira para fazer o rebaixo dos filões: nesse caso, você pode descontar um pouco mais de 2g a título de fixo; se preferir ser um bom dono de equipamento e não cobrar mais de fixo, terá grande probabilidade de contar sempre com os mesmos donos de cascalho moendo com você e sem lhe perturbarem muito na hora de garantir a meia.

O material resultante da primeira passada ainda é bem rico em ouro e você pode passá-lo novamente ou escolher vender a outros donos de equipamentos que tenham se especializado nessa atividade de repassar.

c) Você não quer um garimpo isolado mas também quer ter um empreendimento particular

Neste caso você pode entrar numa das várias especializações que vão desde beneficiador de rejeitos (o material resultante do primeiro beneficiamento) até dono de comércio de moinho, centrífugas, dono de postos de gasolina, dono de aviões ou de uma frota de caminhões, ou, ainda, de uma compradora de ouro (própria ou em sistema de *franchise*).

O beneficiamento de rejeitos inclui a compra de equipamentos de beneficiamento e, provavelmente, o rendimento aumentará se você puder ter alguma sofisticação – tambor amalgamador e centrífuga, além de moinho; após alugar ou comprar a terra com rejeitos e com água, você instala o seu empreendimento que, normalmente, envolve poucos empregados: mecânico, gerente (ou não) e operador de mangueira/ bateador.

Cada uma dessas atividades caracteriza-se por envolver, via de regra, pouco pessoal; a escolha por uma ou outra depende do capital disponível e do tipo de relações/facilidade comercial (tanto para comprar rejeito e ouro como para vender equipamentos ou diesel e como para oferecer serviços de transporte) que você tenha.

É sempre importante avaliar antes o garimpo onde se está entrando e as complicações que lhe são próprias antes de optar por uma dessas atividades.

7.2. - Você não tem muito capital e está pensando em ir para o garimpo (Seu capital andarás entre 50.000 e 500.000 dólares, 5 a 50kg de ouro)

As três hipóteses colocadas para quem tem bastante – itens a) b) e c) anteriores – também se põem, mas há variantes.

Na verdade, a) e b) provavelmente deverão conjugar-se, o que quer dizer: se você puder, ou tiver sorte, comprará uma área.

O registro junto ao DNPM torna-se complicado, já que é voltado para o que chamamos de “pequenas empresas de garimpo”.

Provavelmente você usará mão-de-obra, e não máquinas, para encontrar os filões e para retirar o cascalho.

Se a terra for sua, você terá direito ao percentual do dono e mais à meia, como descrito. Se a terra não for sua é a história da meia, do mesmo modo que vimos em b).

Um gerente, que seja também mecânico, estará lidando com os filãozeiros ou barranqueiros cujo cascalho você estará beneficiando; a sua presença – ou de sua mulher, seu cunhado, seu irmão – torna-se mais fundamental já que a barganha vai no caso a caso.

Se um filãozeiro topa procurar filão na primeira fase, antes de chegar a maiores profundidades, será normal que você estabeleça alguma vantagem para ele quando na hora de moer o cascalho rico.

Se a terra não for sua, você poderá ter de pagar um fixo ou um percentual para o dono que, normalmente, é deduzido do cálculo da meia.

Água, eletricidade, martelos, além de bombas e mangueiras para retirar a água minada e jogá-la para lavar o cascalho, afora algum equipamento de rebaixo, tornam-se fatores de custo importantes e que você provavelmente considerará na hora de reinvestir no seu garimpo.

Quanto à hipótese c), ela é perfeitamente viável; muda o porte e nada mais: o que pode implicar – isso vale não esquecer – em dificuldades de competir com o pessoal maior já instalado, se este tentar ser monopolista, usando seu acesso anterior àquele garimpo.

De um modo geral, há espaço, tanto no beneficiamento de rejeitos quanto nas compras e comércios de garimpo, para pessoal de médio porte; cabe, porém, cuidado, e as alianças, entre os que são de porte equivalente, tornam-se importantes para contrabalançar à força e às ligações individuais que os maiores têm.

A possibilidade de progredir não é nada desprezível: topar com um filão ou um monte de rejeitos bom em ouro permite, às vezes, uma capitalização adicional. É importante pensar, contudo, que é no lucro do dia-a-dia da atividade – uns dias um pouquinho mais, outros um pouquinho menos – que você está se estabelecendo.

7.3. - Se você é mão-de-obra ou tem só capital bem pequeno (Abaixo de 20.000 dólares, 2kg de ouro)

Existem ainda algumas possibilidades de se encaixar no garimpo:

a) Alugar um *caminhão* ou comprar um usado e cobrar-se do transporte ou, na mesma linha, ter um *comércio pequeno* de venda de martelos, de retortas ou de outro equipamento barato de garimpo.

b) *Ter um equipamento pequeno* – moinho ou o que seja – de *beneficiamento*. O problema maior que vai enfrentar nestes dois casos é o que é normalmente chamado de economia de escala; ou seja, dificuldade de moer um número de cargas suficiente para dar lucro; problemas quanto ao acesso aos melhores locais para instalar os seus equipamentos ou olho grande de outros comerciantes maiores.

Você pode tentar de qualquer maneira, mas é conveniente ter, à partida, alguma vantagem: ser dono de um pedaço de terra com filão, mesmo que pequeno, ou ser dono de uma terra com alguma água de mina a pouca profundidade ou, ainda, decidir só se meter onde não tiver ninguém grande disputando lugar com você.

c) *Trabalhar de lavrador de cascalho (ou de mergulhador)*

Neste caso a barganha com o dono dos equipamentos de beneficiamento e de acesso aos filões será uma constante no seu dia-a-dia do garimpo.

Normalmente compara-se o que dá a meia da mesma frente de lavra moída por mais do que um dono de moinho e, sempre que houver dúvida quanto à distribuição da meia, faz-se a mesma coisa: duas cargas da mesma frente, uma passada no moinho de um e outra no de outro.

Pode ser interessante encontrar um “bom” moinheiro ou dono de draga, o que quer dizer um cara em que, salvo um dia ou outro, dá para confiar e que não retém mais do que uma meia justa; além de dar uma força na hora do aperto.

O bamburro é bem mais complicado do que normalmente se pensa; é uma espécie de sorte grande, ótimo quando acontece, mas raro. Se o bamburro acontece na terra de outros, aí é muito provável uma briga com relação a de quem pertence (briga, muitas vezes, complicada).

d) *Se associar a outros filãozeiros, barranqueiros (ou mergulhadores) em cooperativa* - A cooperativa seria dona dos equipamentos todos - moinho, retortas, centrífugas, bombas d'água - ou dos equipamentos mais caros - retroescavadeira para rebaixo, centrífuga e tambor amalgamador. A maior parte das experiências de cooperativa foi bastante complicada, porque há muito olho grande e um ou dois querem virar donos de tudo; deve ser possível evitar isso.

O registro do pessoal pequeno é, no momento, complicado; acabou a carteira de garimpeiro e não há, ainda, nada

no lugar. Os sindicatos fornecem carteiras e podem ser uma boa ajuda, inclusive no sentido de se vir a criar um estatuto do garimpo; que defina quem é esse pessoal pequeno e que apóie a criação de espaços próprios para o trabalho manual e para os investimentos complementares em beneficiamento que são necessários.

Ainda quer ir para o garimpo?

Vai ter que enfrentar outros problemas, como os ligados a meio ambiente, segurança e saúde.

Faça a sua opção e BOA SORTE!

NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

- 01 - Flotação de carvão estudos em escala de bancada; - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
- 02 - Beneficiamento de talco estudos em escala de bancada; - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 03 - Beneficiamento de talco estudos em usina piloto; - Nelson Takessi Shimabukuro, Carlos Adolpho Magalhães Baltar e Francisco Wilson Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
- 04 - Flotação de cianita da localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Túlio Herman Araya Luco, 1979.
- 05 - Beneficiamento de diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
- 06 - Eletrorecuperação de zinco uma revisão das variáveis influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
- 07 - Redução da gipsita com carvão vegetal; - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
- 08 - Beneficiamento do diatomito de Canavieira do Estado do Ceará - Franz Xaver Horn Filho e Marcello Mariz da Veiga, 1980. (esgotado)
- 09 - Moagem autógena de Itabirito em escala piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
- 10 - Flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
- 11 - Estudo dos efeitos de corrente de pulso sobre o eletrorefino de prata - Luiz Gonzaga Santos Sobral, Ronaldo Luiz Correia dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
- 12 - Lixiviação bacteriana do sulfeto de cobre de baixo teor Caraíba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
- 13 - Flotação de minérios oxidados de zinco uma revisão de literatura - Carlos Adolpho Magalhães Baltar, 1980. (esgotado)
- 14 - Efeito de alguns parâmetros operacionais no eletrorefino do ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
- 15 - Flotação de carvão de Santa Catarina em escala de bancada e piloto - Antonio Rodrigues de Campos e Salvador L. Matos de Almeida, 1981. (esgotado)
- 16 - Aglomeração seletiva de finos de carvão de Santa Catarina estudos preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981.

- 17 - Briquetagem e a sua importância para a indústria (em revisão) - Walter Shinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
- 18 - Aplicação de petrografia no beneficiamento de carvão por flotação - Ney Hamilton Porphirio, 1981.
- 19 - Recuperação do cobre do minério oxidado de Caraiíba por extração por solventes em escala semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sergio M. Soares, 1981. (esgotado)
- 20 - Dynawhirpool (DWP) e sua aplicação na indústria mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)
- 21 - Flotação de rejeitos finos de scheelita em planta piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1982. (esgotado)
- 22 - Coque de turfa e suas aplicações - Regina Célia Monteiro da Silva e Walter Schinzel, 1982.
- 23 - Refino eletrolítico de ouro, processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
- 24 - Flotação de oxidatos de zinco estudos em escala piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
- 25 - Dosagem de ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
- 26 - Beneficiamento e extração de ouro e prata de minério sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
- 27 - Extração por solventes de cobre do minério oxidado de Caraiíba - Paulo Sérgio Moreira Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
- 28 - Preparo eletrolítico de solução de ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983.
- 29 - Recuperação de prata de fixadores fotográficos - Luiz Gonzaga Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
- 30 - Amostragem para processamento mineral - Mário Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1984. (esgotado)
- 31 - Indicador de bibliotecas e centros de documentação em tecnologia mineral e geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
- 32 - Alternativa para o beneficiamento do minério de manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
- 33 - Lixiviação bacteriana de cobre de baixo teor em escala de bancada - Teresinha Rodrigues de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
- 34 - Beneficiamento do calcário da região de Cantagalo - RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
- 35 - Aplicação da simulação de hidrociclones em circuitos de moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carrisso, 1985.
- 36 - Estudo de um método simplificado para determinação do "Índice de Trabalho" e sua aplicação à remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985.
- 37 - Metalurgia extrativa do ouro - Marcus Granato, 1986.
- 38 - Estudos de flotação do minério oxidado de zinco de Minas Gerais - Francisco Wilson Hollanda Vidal, Carlos Adolfo Magalhães Baltar, José Ignácio de Andrade Gomes, Leonardo Apparício da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão Benvindo da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
- 39 - Lista de termos para indexação em tecnologia mineral - Vera Lucia Vianna de Carvalho, 1987.
- 40 - Distribuição de germânio em frações densimétricas de carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
- 41 - Aspectos do beneficiamento de ouro aluvionar - Fernando Antonio Freitas Lins e Leonardo Apparício da Silva, 1987.
- 42 - Estudos tecnológicos para aproveitamento da atapulgita de Guadalupe-PI - Adão Benvindo da Luz, Salvador Luiz M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
- 43 - Tratamento de efluentes de carvão através de espessador de lamelas - Francisco Wilson Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
- 44 - Recuperação do ouro por amalgamação e cianetação: problemas ambientais e possíveis alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando Antonio Freitas Lins, 1989.
- 45 - Geopolítica dos novos materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)
- 46 - Beneficiamento de calcário para as indústrias de tintas e plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio Rodrigues de Campos, 1990.
- 47 - Influência de algumas variáveis físicas na flotação de partículas de ouro - Fernando Antonio Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
- 48 - Caracterização tecnológica de caulim para a indústria de papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 49 - Amostragem de Minérios - Maria Alice Cabral Goes, Mario Valente Possa e Adão Benvindo da Luz, 1991.
- 50 - Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
- 51 - Eletrorecuperação de ouro a partir de soluções diluídas de seu cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.

