

MINERAIS DO PARANÁ S. A. - MINEROPAR

RELATÓRIO DE VIAGEM AO SIMFOSIO SOBRE OURO

EDIR EDEMIR ARIOLI

MARIO LESSA SOBRINHO

MINERAIS DO PARANÁ S.A., MINERO PAR

RELATÓRIO DE VIAGEM AO
SIMPÓSIO SOBRE OURO
BELO HORIZONTE - 1980

Edir Edemir Arioli
Mário Lessa Sobrinho

M
633-111
P. 112

Registro n. 1506



Biblioteca/Minerpar

MINEROPAR
Minerais do Paraná S.A.
BIBLIOTÉCA
REG. 1506 DATA 13/04/15

RELATÓRIO DE VIAGEM AO SIMPÓSIO SOBRE OURO - BELO HORIZONTE

1. INTRODUÇÃO

A Reunião Aberta Sobre Ouro foi promovida em Belo Horizonte pela Comissão Técnica de Minérios de Metais Não-Ferrosos do Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM. Com o expresso objetivo de atualizar os conhecimentos relativos a este bem mineral, no que diz respeito ao nosso País, o simpósio congregou palestras e debates sobre o condicionamento geológico dos depósitos auríferos, as condições brasileiras de sua pesquisa e exploração, os processos de beneficiamento e o comportamento do mercado.

O programa de exposições anexo relaciona os temas discutidos, com os respectivos horários e conferencistas. Apresentamos abaixo os resumos das palestras, fornecendo as informações mais importantes anotadas durante as palestras, uma vez que não foram distribuídas aos participantes comunicações ou sinopses.

2. RESUMOS DAS COMUNICAÇÕES

2.1 - O Modelo Geológico dos "Greenstone Belts" e as Pesquisas da DOCEGEO na Bahia

A importância dos "Greenstone Belts" na produção mundial de ouro pode ser avaliada pelo fato de que 70% do ouro comercializado no mundo provêm de depósitos deste tipo, à exceção da África do Sul onde eles contribuem com apenas 5% da produção.

Dentro das sequências litológicas que caracterizam os "Greenstone Belts", as concentrações auríferas associam-se particularmente a:

- sulfetos vulcanogênicos de Cu e Zn, dos quais o ouro é subproduto;

- depósitos exalativos proximais (formações ferríferas oxidadas) e distais (formações carbonatadas, mais importantes);

- depósitos hidrotermais, onipresentes e diretamente relacionados com os vulcanitos básicos e ácidos;

- disseminações em "stocks" de composição ácida;

- depósitos secundários de "placers".

Existem cerca de uma dezena de sequências vulcano-sedimentares brasileiras atualmente reconhecidas como "Greenstone Belts": rio Itapicuru(BA), Vale Real(BA), Barreiros(BA), Contendas-Mirante-Vila da Conquista(BA), Quadrilátero Ferrífero(MG), Pium-i(MG), Goiás Velho(GO), Crixás(GO) e Porto Nacional-Dianópolis(GO). Na Bahia, a DOCEGEO desenvolve atualmente um projeto de prospecção aurífera no "Greenstone Belt" do rio Itapicuru, dentro do Complexo Metamórfico de Serrinha, onde a sequência vulcânica contém derrames básicos toleííticos na base e "sills" dacíticos no topo. As lavas básicas apresentam estruturas típicas de derrames submarinos, tais como almofadas, varíolas, brechas de fluxo e texturas porfiróides. Os dacitos contêm brechas de fluxo e texturas esferulíticas. Toda esta sequência está recoberta por um pacote sedimentar pelítico. Os toleíitos e dacitos estão separados por uma formação ferrífera, constituída essencialmente por xistos a quartzo, magnetita, carbonatos e clorita e por xistos grafitosos em sua base. O ouro associa-se à formação ferrífera, dentro de camadas que contêm, numa espessura média de 3,50 metros, em torno de 30 g/t do metal. As reservas de ouro estão avaliadas em 45 toneladas.

Os trabalhos de prospecção da DOCEGEO foram desenvolvidos através de levantamentos aeromagnetométricos em aproximadamente 6.000 km², dentro dos quais se detectaram cerca de 3.000 anomalias, tendo sido 300 delas selecionadas para detalhamento com as seguintes características:

- 296 anomalias correspondem a afloramentos de xistos grafitosos;
- 2 anomalias correspondem a disseminações de pirita;
- 1 anomalia corresponde a um depósito de pirita maciça;
- 1 anomalia corresponde a um depósito aurífero.

De 3.000 anomalias detectadas, portanto, 0,03% corresponderam a um depósito de ouro, motivo dos trabalhos desenvolvidos.

2.2 - Mercado Brasileiro de Ouro

A produção mundial de ouro tem decrescido, ao longo deste século, de forma contínua e irreversível. Enquanto de 1901 a 1970 foram extraídas 71.765 t do metal no mundo inteiro, de 1971 a 1975

a produção foi de 7.557,9 t. A contribuição atual dos diversos países produtores na alimentação do mercado mundial é a seguinte:

| | |
|-----------------------|-----|
| África do Sul | 55% |
| União Soviética | 26% |
| Canadá | 4% |
| Estados Unidos | 3% |
| Austrália | 1% |
| Outros | 11% |

Das 88.234 t produzidas nos últimos 483 anos, cerca de 39.000 t encontram-se estocadas sob a forma de reserva monetária internacional e não existem perspectivas para a abolição do ouro como fundo monetário. A produção mundial de ouro decaiu de 1.245 t, em 1970, a 896 t, em 1978.

A cotação internacional deste metal é condicionada por diversos fatores comerciais e políticos, dos quais são mais importantes: volume de produção e consumo mundiais, volumes de vendas da África do Sul e União Soviética, demanda oficial como reserva monetária, especulações financeiras e o denominado "coeficiente de ansiedade", diretamente relacionado com os anteriores. Circunstancialmente, influem no preço internacional do ouro as alterações na cotação do dólar (que lhes são inversamente proporcionais), as altas do petróleo e os empréstimos dos países ocidentais. Com oscilações mais ou menos constantes, o preço do ouro sempre mostrou tendência de ascensão ao longo deste século, e não existem perspectivas de reversão, considerando-se como valor mínimo espectável para os próximos anos uma cotação de 550 US\$/onça.

Dentro do mercado brasileiro, o preço do ouro normalmente excede em 20-30% a cotação internacional, tendo passado a acompanhá-lo após a supressão do depósito compulsório para exportações.

Estima-se que já foram extraídas no Brasil, desde sua descoberta, cerca de 1.498.475 t de ouro. Em 1977, a produção brasileira foi de 5.355 kg. São precários os dados disponíveis sobre o consumo atual do mercado brasileiro, sabendo-se que 1.421 kg de ouro foram importadas em 1979 através de Manaus. No mesmo ano, as importações através de São Paulo foram avaliadas em cerca de 13 t (com uma média de 66% de ouro contido).

Os prognósticos para o futuro imediato e a médio prazo do mercado do ouro mundial são de que a demanda superará em muito a oferta de modo a manter as cotações acima da atual. A viabilização econômica para a produção organizada deste metal exigirá um preço básico de US\$ 300 a 500 a onça. As previsões atuais são de que a cotação do ouro manter-se-á a longo prazo acima destes valores.

2.3 - Mineração Subterrânea de Ouro. A Prática Brasileira

Existem atualmente no Brasil pouco mais de uma dezena de minas subterrâneas em operação:

- minas de carvão, em Santa Catarina e Rio Grande do Sul;
- minas de chumbo, em Boquira e Panelas, no Paraná;
- minas de ouro, em Nova Lima;
- mina de manganês, em Urucum, MT;
- minas de fluorita, em Santa Catarina e Paraná;
- mina de scheelita, em Currais Novos, RN.

Encontram-se em fase de implantação:

- minas de cobre, em Camaquã e Caraíba;
- mina de zinco e chumbo, em Paracatu;
- mina de calcário, em Sorocaba;
- mina de cromita, na Bahia;
- mina de cobre e níquel, em Americano do Brasil;
- mina de potássio, em Aracaju.

Várias outras futuras minas subterrâneas encontram-se atualmente em fase de pesquisa nos Estados da Paraíba, Bahia, Minas Gerais etc.

Diversos problemas técnicos, econômicos e políticos são enfrentados pela mineração Morro Velho para a manutenção de sua capacidade de produção. Os mais importantes são os seguintes:

- 19) - Deficiências brasileiras relacionadas com capacidade técnica e tecnológica, particularmente nos campos da mecânica de rochas e engenharia básica, de detalhe e de processos. Estes ramos da engenharia encontram-se no Brasil em fase incipiente de pesquisa e desenvolvimento.
- 29) - Disponibilidade de recursos humanos, pois há falta de mão-de-obra no mercado específico e formação de técnicos em

todos os níveis. Esta limitação representa um óbice fundamental ao desenvolvimento das minas subterrâneas do Brasil

- 39) - Legislação trabalhista, que estabelece a idade mínima de 21 anos para os trabalhadores da mineração subterrânea. Apenas três países do mundo mantêm este limite - Brasil, Portugal e Espanha - ao passo que nas demais nações os limites variam de 15 a 18 anos. A consequência prática mais grave desta legislação é representada pela entrada tardia da mina subterrânea na disputa por mão-de-obra no mercado brasileiro. A aposentadoria compulsória aos 15 anos de trabalho provoca o desperdício da experiência acumulada dos trabalhadores subterrâneos, uma vez que eles não tem sido convenientemente reaproveitados em suas empresas e, com a capacidade de trabalho que ainda apresentam, passam a outros ramos de atividades para complementar seus salários de aposentados.
- 49) - Enquanto em outros países mais desenvolvidos no ramo da mineração a produtividade do operário subterrâneo alcança 10-12 t/d, no Brasil ela não ultrapassa 1-3 t/d.
- 59) - Não existe em nosso País nenhum programa sistemático, oficial ou privado, para treinamento de pessoal especializado. A sugestão do conferencista é a criação de cursos técnicos específicos junto ao SENAI, que tem produzido excelentes resultados na preparação de técnicos de nível médio.
- 69) - As dificuldades enfrentadas com infra-estrutura, principalmente nas regiões interioranas, elevam os custos dos investimentos para implantação de empreendimentos mineiros e reduzem os limites de sua viabilização econômica.
- 79) - A produção de equipamentos e materiais necessários às operações mineiras é inexistente no Brasil, exigindo importação em 100% dos casos. Os materiais eventualmente produzidos em nosso País não têm o menor controle de qualidade.
- 89) - A assistência técnica também é importada, paralelamente às compras de equipamentos no exterior.
- 99) - Os volumes de capital disponível para investimento no setor são muito reduzidos, ao passo que os seus custos são excessivos.

- 109) - Ainda existe muita incompatibilidade entre os setores privado e estatal, os quais não demonstram compreender seus respectivos e mútuos papéis como complementares, em vez de concorrentes.
- 119) - Faltam incentivos oficiais à mineração no Brasil.

Como exemplo ideal de um projeto de implantação de mina subterrânea, o conferencista considerou o caso de uma mina com 800 metros de profundidade e produção prevista de 1.000 t/d. O seu prazo de maturação varia de 6 a 8 anos, assim distribuídos:

- 2 a 3 anos para pesquisa;
- 2 a 3 anos para viabilização econômica, engenharia básica de detalhe;
- 4 a 5 anos para desenvolvimento da mina;
- 2 a 3 anos para a construção da planta.

Evidentemente, estas fases se superpõem parcial ou totalmente ao longo de um cronograma, dependendo da capacidade administrativa da empresa a minimização dos prazos e custos dos projetos.

2.4 - Dragagem de Aluvião para Ouro. A Experiência da Tejuicana

A exploração de ouro aluvionar por meio de dragagem representa uma possibilidade de produção bastante importante, uma vez que ela viabiliza o aproveitamento de aluviões com 0,05 a 0,5 g/t de minério. O ouro destes depósitos detém normalmente um grau de pureza de 980/1000.

A pesquisa da Mineração Tejuicana é desenvolvida em aluviões através das seguintes fases:

- 19) - Sondagens a percussão tipo "Empire" (manual).
- 29) - Sondagens a percussão de grande diâmetro (90 cm), que permitem coleta de amostras de volume, representativas para estes depósitos.
- 39) - Concentração dos minerais pesados contidos nas amostras de volume por meio de bateamento.
- 49) - Desenvolvimento de lavras-piloto em áreas selecionadas para viabilização técnica e econômica da lavra definitiva, sendo adotado desmonte hidráulico até o nível do substrato.

to rochoso.

A lavra por dragagem envolve dois tipos de equipamentos: (a) dragas de sucção para remoção de estéril; e (b) dragas de alcatruzes para recuperação de minério. Ambas trabalham em sequência.

A concentração do minério inicia sobre a própria draga e envolve as seguintes etapas:

- 1º) - Trommel primário, que rejeita material acima de 3/4".
- 2º) - Distribuição do "undersize" para os jigues primários.
- 3º) - Concentração em jigues primários.
- 4º) - Concentração em jigues secundários.
- 5º) - Concentração em "trommel" secundário, recuperando-se diamante nos grosseiros.
- 6º) - Passagem dos finos por bicas d'água para recuperação de ouro através de bateamento.
- 7º) - Bateamento de ouro nas bicas, com recuperação de 95% do ouro contido.
- 8º) - Apuração do minério em laboratório por meio de mesa de Wilfried e concentração química (hipossulfito de sódio e bórax).

As dragas de alcatruzes da Mineração Tejucana têm capacidade nominal para 250.000m³/mês. Operam atualmente no rio Jequitinhonha 3 dragas de alcatruzes e 2 de sucção. O "cut-off" observado na delimitação dos depósitos econômicos é de 0,1 g/t de ouro nas aluviões.

2.5 - Beneficiamento de Ouro

Esta palestra não será resumida porque seu texto integral acompanha em anexo este relatório.

2.6 - Potencial Brasileiro de Ouro. Reservas e Pesquisas em Andamento

O Geólogo Edison Franco Suszczyński, Diretor Técnico da CPRM, apresentou em palestra os critérios adotados por sua empresa na avaliação das reservas de minérios auríferos do Brasil, atualmente em execução. A metodologia de trabalho adotada neste levantamento

inclui essencialmente a elaboração de mapas de ocorrências, quantificação e classificação das reservas (geológicas, econômicas e anômalas), classificação geológica dos depósitos e classificação metalogenética dos minérios.

Os resultados preliminares da CPRM indicam que existem 56 a 64 áreas geológicas pesquisadas para ouro no Brasil, das quais 24 encontram-se em pesquisa atualmente por aquela empresa. Já foram cadastradas cerca de 1.500 ocorrências, prevendo-se que até o final do projeto serão incluídas no cadastro da CPRM em torno de 4.000 ocorrências de ouro em todo o Brasil.

O território brasileiro contém 15 grandes rios com extensões lineares acima de 1.000 quilômetros e bacias maiores de 30.000 quilômetros quadrados, nos quais foi ou está sendo prospectado ouro. O Brasil possui um total de 18-20.000 quilômetros de rios auríferos e mais de 450.000 quilômetros quadrados de bacias prospectáveis. Acrescentando-se a esta superfície a extensão estimada para as áreas de depósitos auríferos primários, a cifra total aproxima-se de 800.000 quilômetros quadrados, o que representa 10% do território nacional. Isto coloca nosso País em posição de destaque, realmente privilegiada, como produtor potencial de ouro. As reservas totais deste metal deverão atingir 13-19.000 t ao final da primeira etapa do levantamento da CPRM, segundo previsão do conferencista.

2.7 - Ouro no Brasil. Garimpos de Ouro no Brasil. Situação legal e Perspectivas da Mineração de Ouro no Brasil

O painel apresentado pelos três conferencistas do DNPM, complementado por pronunciamento do Diretor Geral, ofereceu uma visão abrangente das condições de produção, comercialização e cotação do ouro no Brasil, bem como a posição do Ministério de Minas e Energia em relação a uma futura política para o seu fomento e regularização.

As previsões do DNPM são de que a cotação nominal do ouro no mercado internacional não baixará de US\$ 550/onça, em concordância com a avaliação do Diretor Comercial da Mineração Morro Velho S/A. O DNPM coloca o fomento da produção de ouro em nosso território

rio como meta prioritária. Para consecução dos objetivos de tal política, medidas legislativas e fiscais deverão ser tomadas, tais como a melhoria das condições de infra-estrutura nas áreas de garimpo e a implantação de mercados da COBAL para quebra do monopólio comercial que torna o custo de vida dos garimpos exageradamente alto.

O garimpo aurífero na Amazônia está sendo desenvolvido atualmente, em grande parte, por meio de balsas equipadas com dragas de sucção e concentradores primários do tipo "Long Tom" (calhas com ressaltos transversais). Em terra, a concentração dos minérios é processada através de peneiras e duas calhas em série, a primeira dotada de ressaltos transversais e a segunda forrada de tecido grosseiro, o qual retém o ouro finamente granulado, junto a outros metais pesados. A apuração final é feita por bateamento. Este esquema é responsável atualmente por 50% da produção do ouro garimpado no Brasil.

Apenas na região do Médio Tapajós, calcula-se que existam nas épocas secas, em torno de 35.000 garimpeiros em atividade.

A produção destes garimpos oscila em torno de 100 gramas por mês por homem, correspondendo a uma produção aproximada de 24 t/ano apenas nos rios Tapajós e Paraoari. Apenas 5% da produção total é contabilizada nos garimpos, o que ilustra o grau de descontrole que caracteriza a produção de ouro no Brasil.

A Amazônia contribuiu com os seguintes volumes de metal extraídos nos últimos três anos:

1978 = 23,7 t

1979 = 30,3 t

1980 = 39,9 t

3. CONCLUSÕES

As valiosas informações apresentadas nos resumos anteriores, e que correspondem a pequena parte dos dados realmente oferecidos aos participantes do simpósio de Belo Horizonte, expressam por si só o grau de interesse e aproveitamento auferido pela representação da MINEROPAR. Isto se torna tanto mais evidente pela

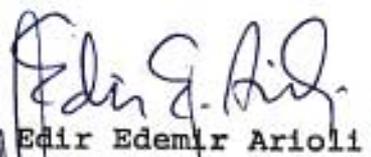
significativa presença das direções dos órgãos públicos, empresas de pesquisa e companhias de mineração mais atuantes e expressivas do Brasil, verificada em todas as reuniões do programa.

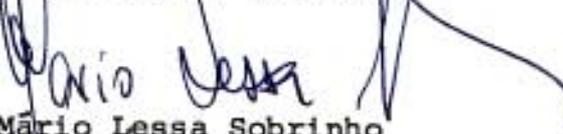
O encontro promovido pelo IBRAM tornou evidente o interesse do Governo Federal, através do DNPM, em dar prioridade ao fomento da exploração e produção de ouro em nosso território.

Por outro lado, os subsídios assim obtidos evidenciaram a oportunidade de se considerar o Estado do Paraná, onde ocorrem importantes mineralizações auríferas, o desenvolvimento de um projeto de prospecção para este bem mineral. Sugerimos, neste sentido, que sejam elaborados pela MINEROPAR:

- a) - um levantamento bibliográfico sobre as ocorrências de ouro dentro do Estado;
- b) - um anteprojeto para a prospecção de ouro no Estado do Paraná.

Curitiba, 19 de março de 1980


Edir Edemir Arioli


Mário Lessa Sobrinho



Circular IBRAM/002/80
04 de Março de 1980

Ref.: Reunião Aberta Sobre Ouro

A Comissão Técnica de Minérios de Metais Não-Ferrosos do IBRAM promoverá, nos dias 13 e 14 de março de 1980, no auditório "Paulo Camillo de Oliveira Penna" do Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais - BDMG, a rua da Bahia nº 1600, Belo Horizonte-MG, "Reunião Aberta Sobre Ouro", com o objetivo de atualização dos conhecimentos relativos a este importante bem mineral, no que respeita ao nosso país, e de obtenção de idéias e sugestões sobre o assunto.

A referida Reunião, que constará de exposições seguidas de debates, obedecerá ao seguinte Programa:

| <u>DATA</u> | <u>HORA</u> | <u>TEMAS E EXPOSITORES</u> |
|-----------------------------|-------------|--|
| 13.Março.80 Quinta-feira | 09:00 | O Modelo Geológico dos "Greenstone belts", ambientes favoráveis para Ouro. Sua aplicação pela DOCEGEO na Bahia. <u>Expositor:</u> Geólogo Darcy Lindenmayer, Chefe do Distrito Leste da Rio Doce Geologia e Mineração - DOCEGEO. <u>Debates</u> |
| | 10:30 | Mercado Brasileiro de Ouro <u>Expositor:</u> Engº Paulo César de Moraes Sarmiento Diretor Comercial da Mineração Morro Velho S.A. <u>Debates</u> |
| | 14:00 | Mineração Subterrânea de Ouro. A prática brasileira. <u>Expositor:</u> Engº Juvenil Tibúrcio Felix, Diretor Técnico da Mineração Morro Velho S/A. <u>Debates</u> |

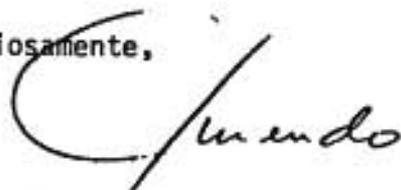
.../

.../

- 15:30 Dragagem de aluvião para Ouro - A experiência da Teju
cana.
Expositor: Geólogo Giovanni Toniatti,
Diretor Superintendente da Mineração Teju
cana S.A.
Debates
- 14.Março.80 09:00 Beneficiamento de Ouro
Sexta-feira
Expositor: Engº Ramiro Gomes de Faria,
Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC
Debates
- 10:30 Potencial Brasileiro de Ouro. Reservas e Pesquisas em
andamento.
Expositor: Geólogo Edison F. Suszczynski,
Diretor Técnico da CPRM - Cia.de Pesquisa
de Recursos Minerais.
Debates
- 14:00 PAINEL - DNPM - Departamento Nacional da Produção Mi
neral
Temas e Expositores:
- Ouro no Brasil
Geólogo Gerobal Guimarães, da DFPM - Divisão de Fo
mento da Produção Mineral;
 - Garimpos de Ouro no Brasil
Geólogo Gilberto Emílio Ramgrab, da DGM - Divisão
de Geologia e Mineralogia;
 - Situação Legal e Perspectivas da Mineração de Ouro
no Brasil
Geólogo Manoel da Redenção e Silva - Diretor da Di
visão de Fomento da Produção Mineral.
- Debates

Tendo em vista a importância e atualidade do assunto, bem como os expositores relacionados, estamos certos de sua presença.

Atenciosamente,



Engº José Mendo Mizael de Souza
Secretário Executivo

"BENEFICIAMENTO DE OURO"

RAMIRO GOMES DE FARIA
SERGIO PATRICIO ACEVEDO GRIFERO
JOSÉ AURY DE AQUINO

SETOR DE TECNOLOGIA MINERAL
CETEC

BENEFICIAMENTO DE OURO

RAMIRO GOMES DE FARIA*

SERGIO PATRICIO ACEVEDO GRIFERO**

JOSÉ AURY DE AQUINO***

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma abordagem sobre diversos métodos de beneficiamento de minérios de ouro, apresentando o tratamento clássico e as mais recente inovações tecnológicas sobre o assunto.

A etapa inicial do estudo de beneficiamento de um determinado minério consiste na caracterização mineralógica do minério e tem por objetivo, conhecer a natureza mineral do minério, isto é, os minerais associados, o tamanho da partícula mineral, o grau de liberação, o teor, etc. Uma vez conhecida estas características, escolhe-se o método de beneficiamento adequado para o minério em estudo e procede-se a otimização das diversas operações unitárias a serem experimentados, em escala de laboratório. Os dados colhidos nestes estudos preliminares servirão, posteriormente, para estudos em planta piloto possibilitando, desta forma, a definição do fluxograma da planta industrial.

* Engenheiro de Minas, diplomado pela Escola de Engenharia da UFMG

** Engenheiro Químico, diplomado pela Universidade Técnica do Estado do Chile e M.Sc. em Engenharia Química pela Universidade Técnica de Dresden, Alemanha.

*** Engenheiro Químico, diplomado pela Escola de Engenharia da Universidade do Ceará e M.Sc. em Engenharia Metalúrgica pela COPPE/UFRJ.

MINERAIS ECONÔMICOS DE OURO

1) OURO COMO METAL NATIVO

2) OURO* COMBINADO COM TELÚRIO

- CALAVÉRITA: AuTe_2 (BITELURETO DE OURO)
- SILVANITA: $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$ (BITELURETO DE OURO E PRATA)
- KRENNERITA: AuTe_2
- NAGYÁ GITA: (SULFOTELURETO DE CHUMBO E OURO)
- PETZITA: $(\text{Ag}, \text{Au})_2\text{Te}$

*Ocorre em filões formados em baixas temperaturas, podendo existir em veios formados em temperaturas mais elevadas.

CLASSIFICAÇÃO GERAL DOS DEPOSITOS DE OURO NO BRASIL

| MINERALIZAÇÃO | TIPO | EXEMPLO BRASILEIRO | EXEMPLO EM OUTROS PAISES |
|----------------------------------|---|---|--|
| NAS ROCHAS SEDIMENTARES | PLACERES ALUVIONARES RECENTES E ANTIGOS, ELUVIAIS E EVENTUALMENTE LATENTES. | GARÍFOS DA REGIÃO AMAZÔNICA, RIO DAS VELHAS, RIO JERQUITINHONA (MG); RIO DE COFAS (BA) E OUTROS. LATENTES DE GENTIO DO OURO (BA) E ARIZONA (AZ). | PLACERES DO ALASKA, SIERRA, RIO MACENZIE (CANADÁ). |
| NAS ROCHAS METAMÓRFICAS | CORRELACIONES AURÍFERAS METAMORFIZADAS FREQUENTEMENTE ASSOCIADAS A MINERAIS DE URÂNIO. | SERRA DE JACOBINA (BA) E SERRA DA MOENA (MG). | WITWATERSRAND (TRANSVAL, ÁFRICA DO SUL). |
| SEM RELAÇÃO VISÍVEL COM PLUTONS | VEIOS DE QUARTZO AURÍFEROS COM PIRITA EM PARAGNEISSOS, MICALISTOS, FILITOS, METASSILTITOS. | OCORRÊNCIAS DE PITANGUI E CONCEIÇÃO DO PARÁ (MG). | |
| ASSOCIADA A PLUTONS GRANÍTICOS. | DISSEMINAÇÕES EM QUARTZITOS FERROUSOS, PRINCIPALMENTE FILONIANO, COM QUARTZO AURÍFERO PRINCIPALMENTE. | NOS ITABERITES E "JACUTINGA" DO QUADRILÁTERO FERROUSO (MG); EM CONGO SOCO, ITABIRA E OUTRAS MINAS ANTIGAS. | BURT REEYS (ÁFRICA DO SUL) |
| EN ROCHAS MÁFICAS E ULTRABÁSICAS | FILONIANO COM ARSENOPITITA E PIRITA AURÍFERAS E OUTROS SULFETOS (CALCOPIRITA, PIRROTITA, GALENA, BLENDA). | FILÕES DE QUARTZO QUE CORTEAM ROCHAS DA CHAPADA DIAMANTINA (BA), SERRA DO ESPINHAÇO E DIAMANTINA (MG), FILÕES AURÍFEROS DE LAVRAS DO SUL E SÃO SEPE (RS). | MINAS DA PARTE NOROESTE DO TRANSVAL (SUSS). |
| | DISSEMINADA EM ROCHAS DO TIPO GABRO E DIABÁSIO | OCORRÊNCIAS EM DIABÁSICOS E GABROS DE GENTIO DO OURO (BA). | |

HISTÓRICO DA CONCENTRAÇÃO DE OURO EM MINAS GERAIS

PERÍODO DO CICLO DO OURO

- 1) **CATA MANUAL:** este método foi utilizado quando o ouro apresentava-se em pepitas e folhetas de grandes dimensões.
- 2) **PRATOS DE ESTANHO:** passada a fase da cata manual, foram utilizados durante curto espaço de tempo, pratos de estanho que trabalhavam de forma semelhante à bateias.
- 3) **BATEIAS:** Os negros minas (escravos) ensinaram a utilização de bateias que substituíram os pratos de estanho. Estas bateias possuíam cerca de 2 a 3 palmos de diâmetro.
- 4) **CANOAS:** consistia numa escavação em forma de canal, que conduzia a água até um fosso retangular (canoa), cujo fundo era inclinado no sentido da corrente terminando em bica. Debaixo desta era colocado um couro de boi com os pelos voltados para cima, contra o sentido da corrente. O minério era colocado na cabeceira da canoa e soltava-se a água contida no pequeno reservatório. O material era então remexida com o almocafre, ficando o ouro retido no couro e o material leve seguia a corrente de água.
- 5) **BOLINETE:** O método de trabalho é semelhante ao da canoa. Eram lavadouros grandes e construídos de madeira. A água deveria cair no bolinete com bastante força para carregar a areia, a terra e os cascalhos grossos.

Os instrumentos mais utilizados na mineração neste período histórico foram: alavanca, o almocafre, a bateia, a carumbê e a marreta.

FATORES QUE DETERMINAM A ESCOLHA DE UM MÉTODO DE BENEFICIAMENTO
SEGUNDO GARDNER E JOHNSON

- 1) NATUREZA DOS MINERAIS PRECIOSOS E NÃO PRECIOSOS
- 2) FACILIDADE DE CONCENTRAÇÃO DO MINERAL PRECIOSO COM OS MÉTODOS DISPONÍVEIS DE BENEFICIAMENTO E O EFEITO DAS GANGAS
- 3) QUANTIDADE DE MINÉRIO A SER BENEFICIADO
- 4) CUSTOS DO TRATAMENTO COMPARADOS COM OS DIFERENTES MÉTODOS APLICÁVEIS
- 5) CUSTOS COMPARATIVOS DO MERCADO
- 6) CUSTOS COMPARATIVOS DAS INSTALAÇÕES
- 7) MÉTODOS DE FINANCIAMENTOS DISPONÍVEIS E SEUS CUSTOS

PROCESSOS TRADICIONAIS DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS
DE OURO SEGUNDO TAGGART

- 1) SÓ AMALGAMAÇÃO: aplicável a minérios nos quais o ouro possui granulometria relativamente grossa e cuja superfície é limpa.
- 2) CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA SEGUIDO DE AMALGAMAÇÃO:
 - a) partículas de ouro relativamente grossas ou associadas com sulfetos não nocivos a amalgamação;
 - b) minérios com baixo teor em ouro e não muito finos.
- 3) AMALGAMAÇÃO, CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA E CIANETAÇÃO: aplicável a minérios de ouro limpo e que estejam distribuídos em faixa granulométrica ampla. A fracção grossa vai para a amalgamação e a fina para cianetação.
- 4) SÓ CIANETAÇÃO: aplicável a minérios de ouro limpo, finamente disperso, contendo baixo teor de sulfetos e com parte importante de ouro associado a minérios não sulfetados.
- 5) CIANETAÇÃO, CONCENTRAÇÃO E CIANETAÇÃO DO CONCENTRADO: aplicável em minérios de ouro limpo, contendo pequena quantidade de ouro fino, associado à pirita.
- 6) FLUTUAÇÃO, CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA E /OU AMALGAMAÇÃO E CIANETAÇÃO DO CONCENTRADO: aplicável em minérios de ouro limpo em presença de teor elevado de pirita, ouro associado com os sulfetos e contendo baixo teor de metais não preciosos (Pb, Zn e Cu). A concentração gravítica e /ou amalgamação é incluída no circuito, caso exista ouro de granulometria grossa.
- 7) FLUTUAÇÃO E CIANETAÇÃO DO REJEITO: o ouro está associado a minerais não sulfetados mas existem sulfetos que prejudicam a cianetação.

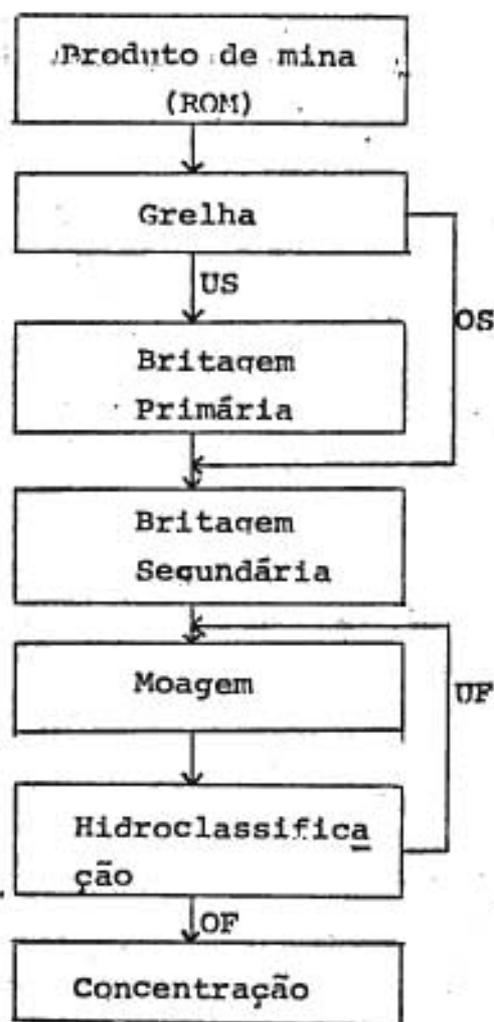
8) FLUTUAÇÃO E CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA E /OU AMALGAMAÇÃO: aplicável em minérios nos quais o ouro está associado aos sulfetos e que só podem ser separados através de fusão. A utilização da concentração gravítica depende do tamanho dos sulfetos livres e o uso da amalgamação depende do tamanho do ouro, de suas características superficiais, da natureza dos sulfetos associados e da quantidade de ouro recuperável.

PREPARAÇÃO DO MINÉRIO

A preparação do minério consiste basicamente nas seguintes operações:

- 1) Britagem primária
- 2) Outros estágios de britagem, caso seja necessário
- 3) Moagem
- 4) Classificação

FLUXOGRAMA GERAL*



CONCENTRAÇÃO GRAVÍTICA

Os principais equipamentos utilizados na concentração gravítica e suas variáveis de operação, são:

1) JIGUES

- volume de água de impulsão e sucção: caso haja excesso de água poderá carrear ouro fino para o rejeito.
- espessura do leito artificial: quanto mais espesso, mais nítida é a estratificação e melhor seleção mas, acarreta menor produção e maiores resistências ao fluxo.
- amplitude da pulsação: quanto mais grosso e mais pesado a partícula que se deseja concentrar, maior a amplitude. A amplitude varia de 5 a 50 mm.
- frequência das pulsações: a frequência deve ser tanto maior quanto menores as partículas a serem jiguadas. A faixa de pulsação situa-se em torno de 80 a 180 pulsações/minuto.

2) MESAS VIBRATÓRIAS

- volume de água de lavagem: menor quantidade de água quanto mais fina for a faixa de polpa tratada.
- amplitude da pulsação: quanto menor granulometria, menor deverá ser a amplitude.
- frequência das pulsações: quanto menor a granulometria, maior deverá ser o número de golpes/minuto.
- inclinação da mesa: quanto menor a granulometria, menor inclinação.

FLUTUAÇÃO DE MINÉRIO DE OURO

Considerando que até em minérios que possuem alto teor de ouro parte deste ouro não se encontra liberado geralmente na faixa em que a flutuação opera efetivamente, estas quantidades tão pequenas de metal dificilmente poderão estabilizar a espuma na flutuação. A alta densidade do ouro resultará também numa dificuldade adicional para conservá-lo na espuma do concentrado.

Estas dificuldades indicam claramente que minérios de ouro metálico, em ganga silicatada, principalmente quartzo, embora possam ser flutuados, a recuperação do processo não será econômica em relação aos processos de cianetação.

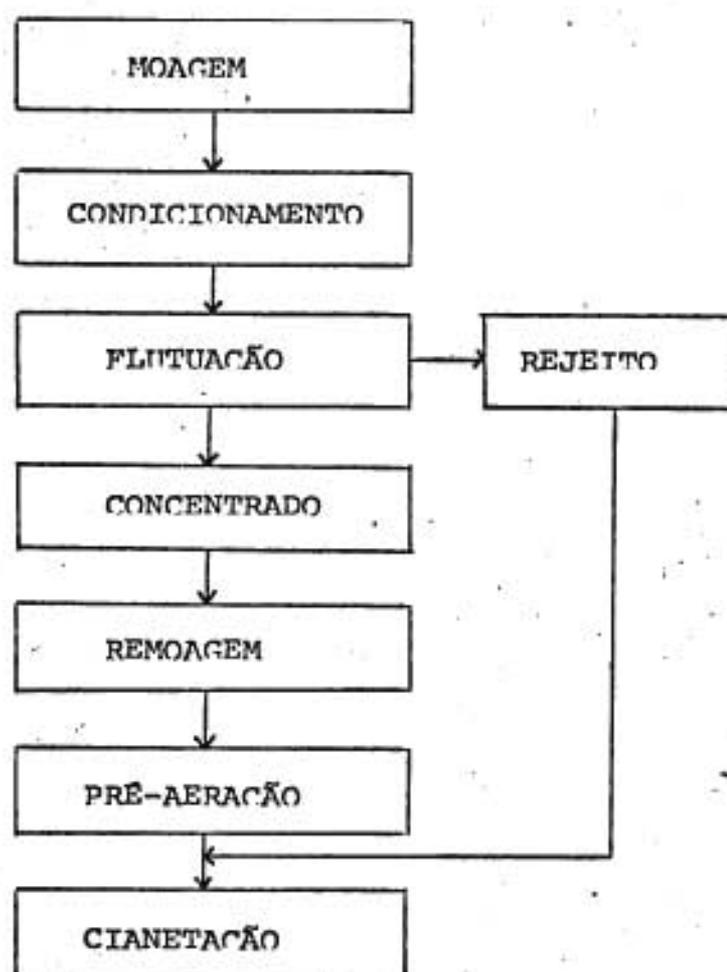
Portanto, a flutuação de ouro é principalmente aplicável em minérios de ouro associados aos sulfetos, de forma que a flutuação deve ser dirigida no sentido de recuperar o máximo possível de sulfetos. Os reagentes utilizados normalmente na flutuação de sulfetos são xantatos do tipo etil-butyl e em alguns casos, xantatos mais poderosos do tipo amílicos. Como espumante utiliza-se normalmente o óleo de pinho ou cresoes e, as vezes, óleos minerais para reforçar a espuma. O pH ótimo de flutuação situa-se entre 7 e 9, utilizando-se como modificador, a soda e não a cal, por ser esta última depressor de pirita e, de certa forma, do ouro nativo.

Células de flutuação mecânicas, espumas com bolhas pequenas e densidade depolpa próxima a 30%, são utilizados para evitar que partículas de ouro que já se encontram flutuadas, retornem para a polpa. Pelo fato do ouro apresentar-se como inclusões, realiza-se a liberação dos sulfetos, juntamente com o ouro e o concentrado da flutuação deverá sofrer posteriormente uma remoagem. No caso de serem os sulfetos minerais não valiosos, o concentrado pode ser ustulado (através de leito fluidizado ou forno de ustulação) e o resíduo cianetado, evitando desta forma, a presença de substâncias cianídicas tais como stibinita e arsenopirita.

O concentrado da flutuação ao sofrer uma remoagem para liberar o ouro, produz um material viscoso, de difícil sedimentação e filtração e possuidores de uma grande avidéz pelo oxigênio. Para poder lixiviar este concentrado, é necessário que se faça uma aeração intensa, com adição protetora de álcalis, devendo ser bastante controlada e em meio aquoso, para evitar a produção de H_2SO_4 , que é

prejudicial ao processo. O produto pré-areado, após a redução do e feito das cianicidas, pode ser unido ao rejeito da flutuação, para ser cianetado.

Nos casos em que o ouro esteja associado aos sulfetos de metais va liosos, tais como Pb, Zn e Cu, o concentrado da flutuação é enviado diretamente para a fundição e o ouro é recuperado posteriormente em processos eletrometalúrgicos.



CIANETACÃO

Os minérios de ouro podem ser lixiviados¹, em solução de cianeto, de acordo com a seguinte equação:



Após a lixiviação, o ouro deverá ser extraído da solução e purificado.

Para recuperação do ouro são conhecidos os seguintes processos:

- 1) Lixiviação e precipitação com zinco metálico²
- 2) Lixiviação e extração com carbono ativado (Carbono-in-Pulp Process)³.
- 3) Lixiviação em pilhas e extração com carbono ativado⁴.

1) Lixiviação e precipitação com zinco metálico.

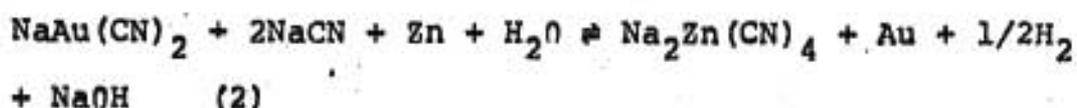
Este foi o primeiro processo utilizado na recuperação de ouro a través de dissolução. A sua aplicação é umais conveniente para minérios de alto teor e que tenha propriedades adequadas para sedimentação e filtração.

Conforme mostra a Fig. 1, as operações envolvidas neste processo, são: agitação, sedimentação, filtração, clarificação, des-aeração e precipitação do ouro.

A agitação normalmente é realizada, em tanques comuns, com agitadores mecânicos, em uma polpa contendo 30 a 50% de sólidos, durante 6 a 48 horas, que permitam a aeração da polpa. Após a agitação, recupera-se a solução através de espessadores, e o sólido sedimentado é filtrado para reduzir a perda de material solúvel.

Após estas operações a solução, contendo ouro, é clarificada, des-aerada e enviada para precipitação do ouro, com zinco metálico.

O método de precipitação baseia-se na menor eletronegatividade do zinco com relação ao ouro e portanto a seguinte reação deverá ocorrer:



O precipitado, contendo ouro, é filtrado, eliminada as impurezas e fundido.

2) Lixiviação e extração com carbono ativado (Carbono-in-Pulp Process).

A lixiviação é realizada da mesma maneira do processo anterior. Enquanto que a extração do ouro, da solução, é executada com carbono ativado.

Conforme mostra a Fig. 2, o ouro após ser lixiviado é extraído da polpa pela adsorção em carbono ativado. A operação de extração do ouro realiza-se pelo fluxo em contra-corrente de carbono e polpa lixiviada, através de uma série de agitadores com uma peneira vibratória, em cada estágio, para separar a polpa do carbono carregado.

O carbono carregado é separado do ouro, em uma solução aquecida de cianeto caustico, e reativado por aquecimento a 600°C . O ouro é recuperado da solução por eletrólise e purificado.

3) Lixiviação em pilhas e extração com carvão ativado.

O processo de lixiviação em pilhas ("Heap-Leaching") é normalmente aplicado a minérios de baixo teor (1,87 a 18,7 g/t), pequenos depósitos, ou inadequados para tratamento pelo processo convencional.

A utilização deste método representa um avanço, no sentido de permitir o tratamento de minérios que, de outra forma, dificilmente seriam beneficiados. No entanto cuidados especiais precisam ser observados no manuseio da solução lixiviante, no sentido de evitar perdas do reagente, dado o seu custo elevado e, principalmente, no sentido de evitar a poluição ambiental pelo cianeto.

Conforme mostra a Fig. 3, a lixiviação é realizada em uma pilha de minério construída sobre uma superfície asfaltada e com ligeira inclinação para percolação da solução. O minério lixiviado é previamente britado a uma granulometria que depende da porosidade ou permeabilidade da rocha.

A solução drenada da pilha passa através de uma coluna de carbono, para extração do ouro, e é reciclada para a etapa de lixiviação. Enquanto que, o carbono carregado é separado do ouro, reativado e retornado para a coluna. O ouro é recuperado da solução por eletrólise e purificado.

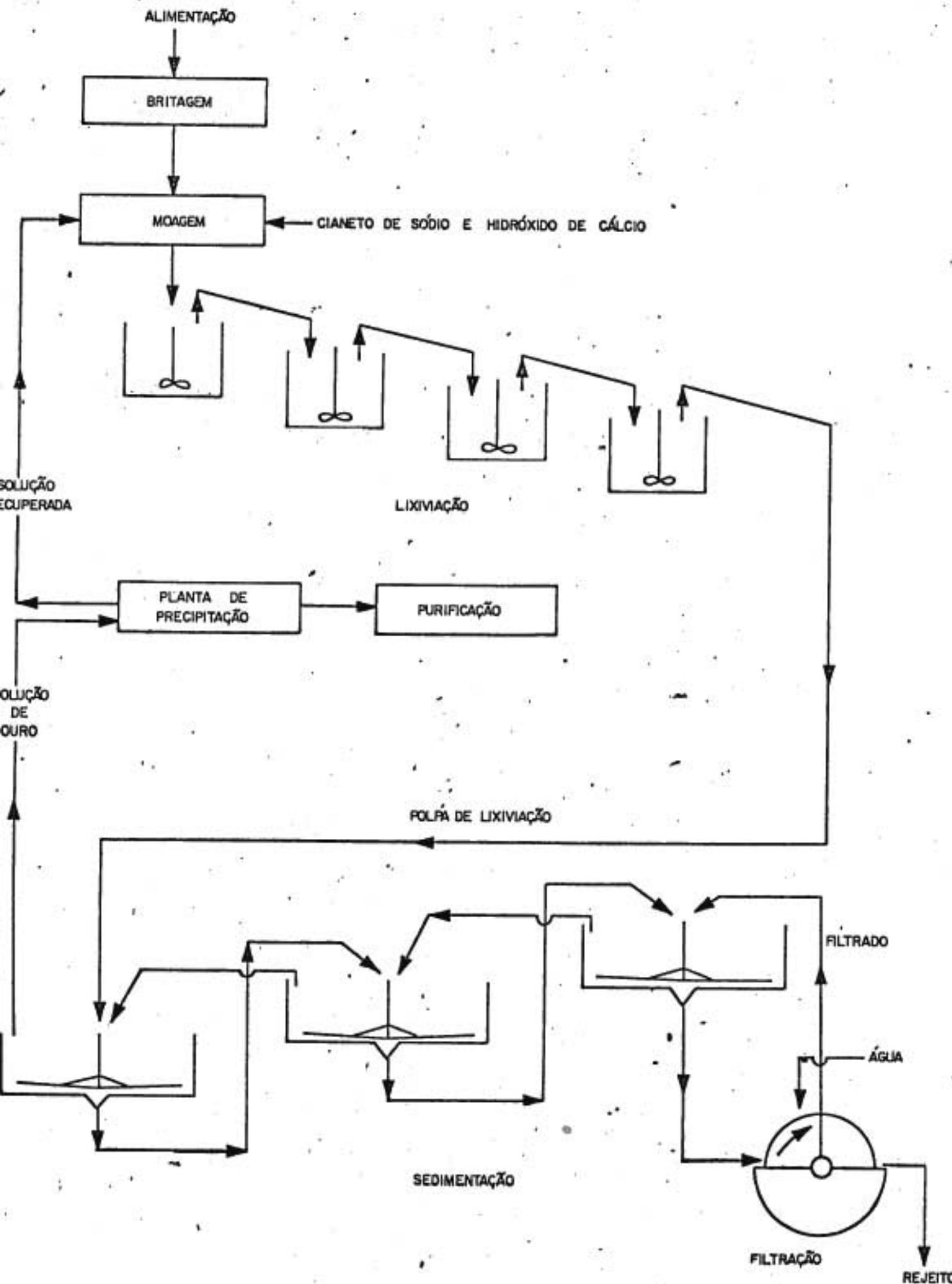


FIGURA I - LIXIVAÇÃO E PRECIPITAÇÃO COM ZINCO METÁLICO

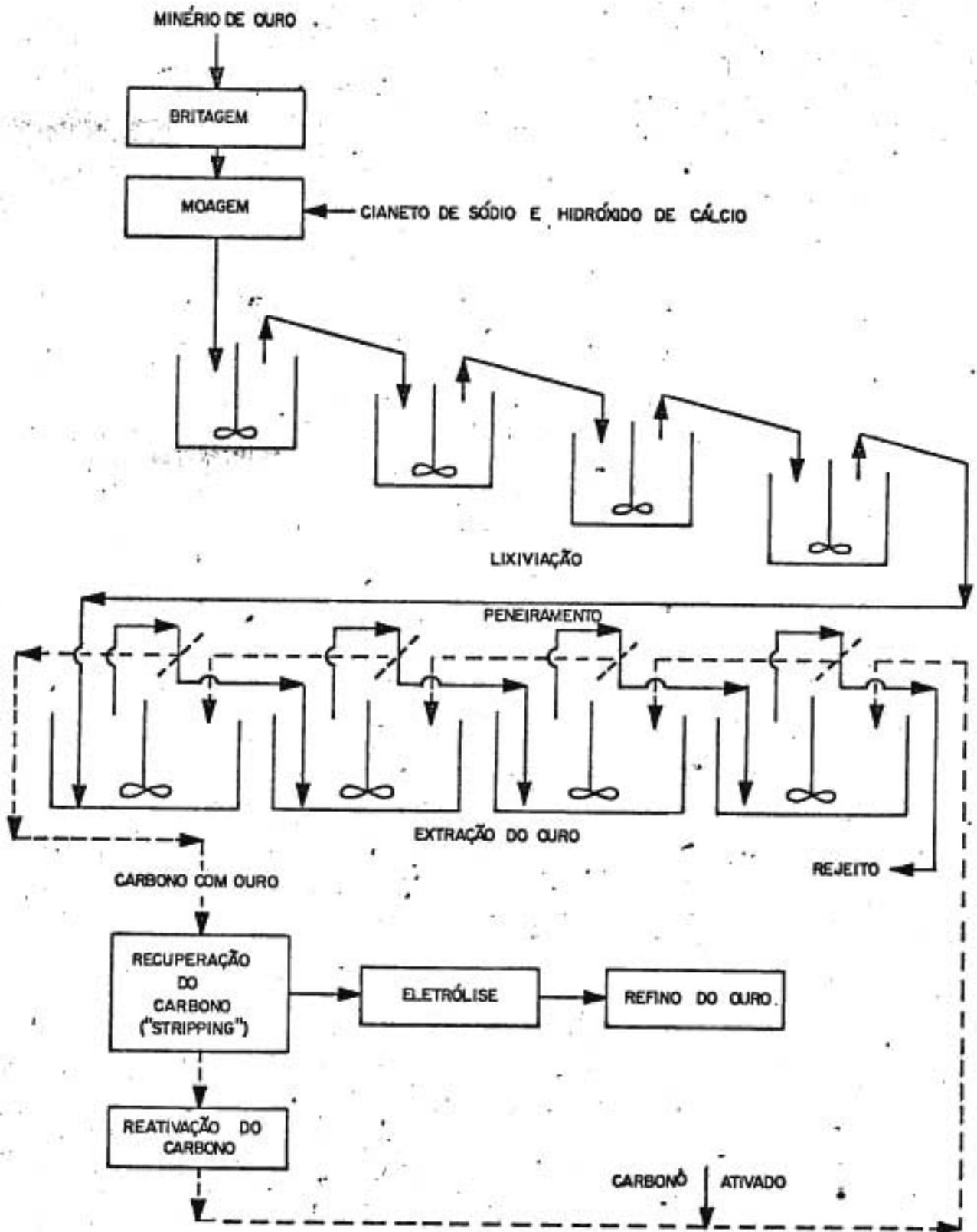


FIGURA 2 - LIXIVIAÇÃO E EXTRAÇÃO COM CARBONO ATIVADO

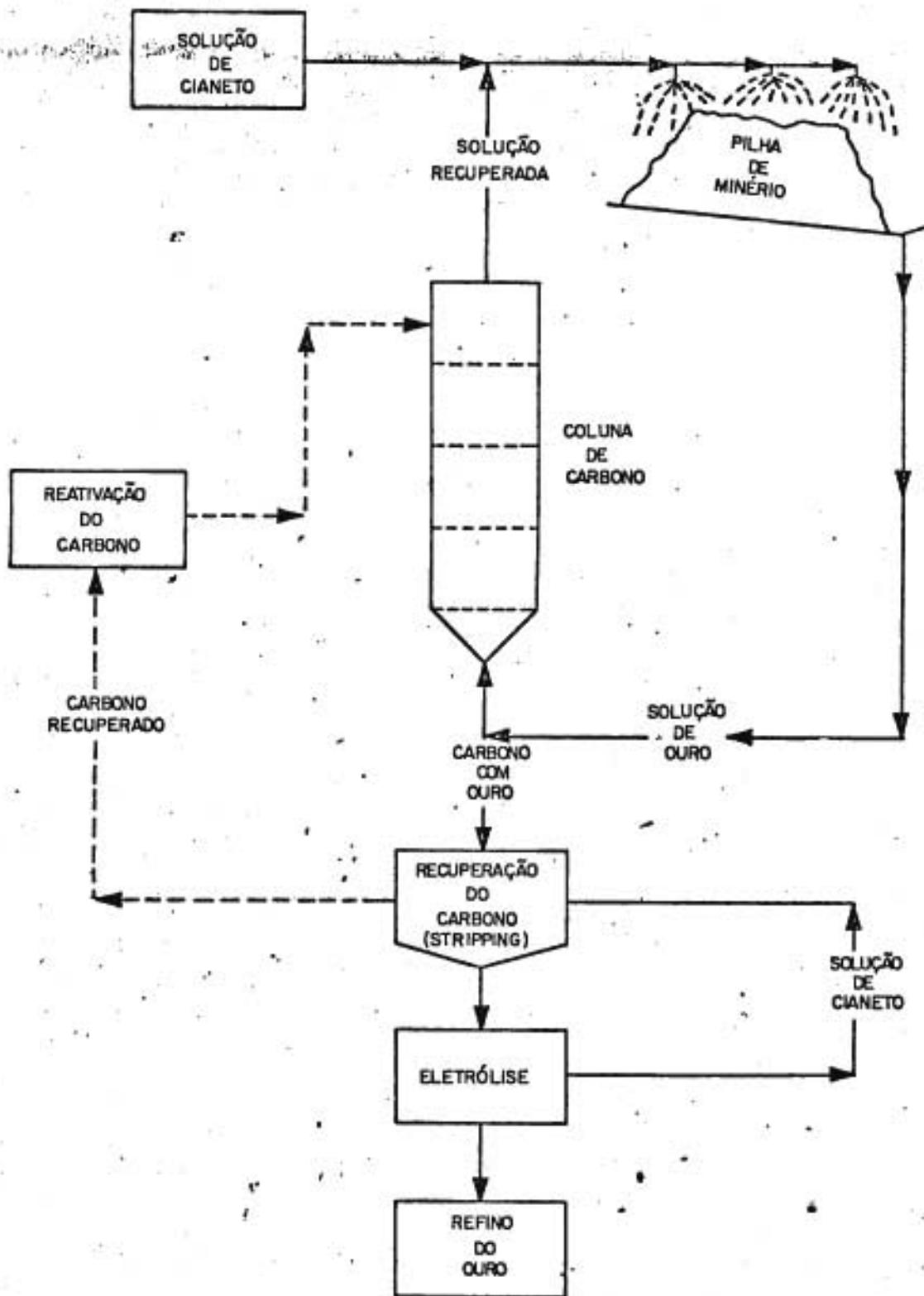
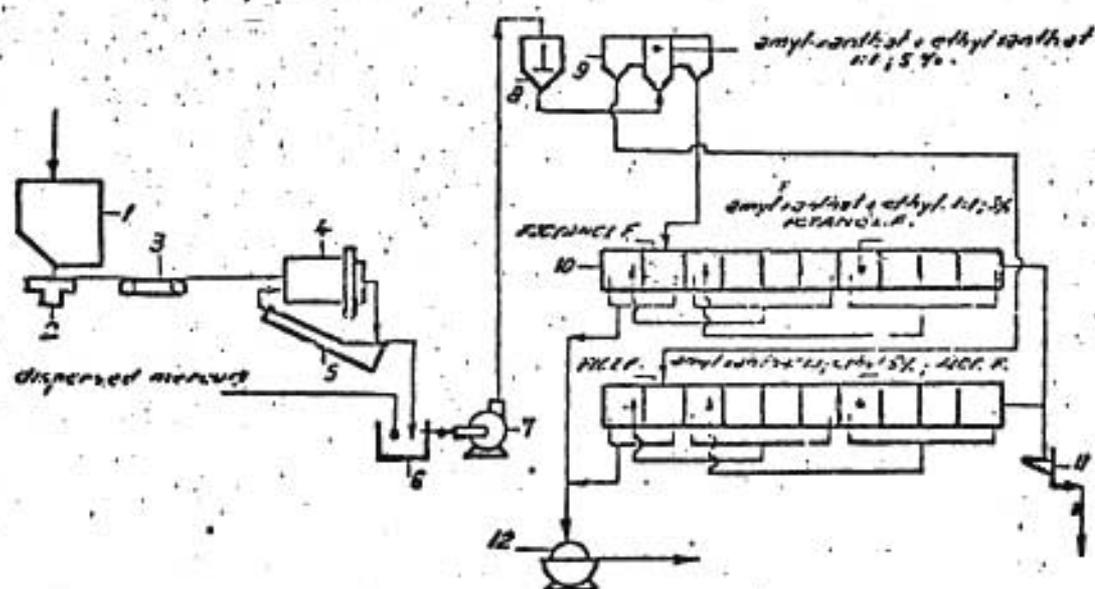


FIGURA 3 - LIXIVIAÇÃO EM PILHAS E EXTRAÇÃO COM CARBONO ATIVADO

INOVAÇÕES RECENTES NO TRATAMENTO DE MINÉRIOS DE OURO

- Utilização de cone REICHERT
- Utilização de hidrociclones concentradores
- Flutuação substituindo a amalgamação dos concentrados obtidos na concentração gravítica. A principal vantagem deste processo consiste em eliminar o uso do mercúrio, evitando-se, desta forma, danos a saúde e inibição na cianetação.
- Inclusão de etapas de flutuação antes da cianetação, principalmente em minérios que possuem uma parte significativa de ouro incluso em sulfetos.
- Flotoamalgamação; é um processo que combina operações de flutuação e amalgamação em uma única operação. Consiste em dispersar o mercúrio em água e após a dispersão, este é alimentado no circuito de flutuação onde, em contacto com o minério, forma pequenas gotas de amálgama, que serão flutuados convencionalmente. Este processo é aplicável a minérios de baixo teor (até 1g/t) e granulometria fina. Já se conseguiu recuperação acima de 80% e o consumo de mercúrio situa-se entre 2,5 a 4,0 g/t.



1. Bin; 2. Feeder; 3. Belt conveyor; 4. Ball mill; 5. Classifier; 6. Tank; 7. Centrifugal sand pump; 8. Egalization; 9. Distributor; 10. Flotation machine; 11. Sampler; 12. Filter

CAPACITAÇÃO DO SETOR DE TECNOLOGIA MINERAL DO CETEC

O Setor de Tecnologia Mineral é uma das áreas prioritárias do CETEC devido a importante participação do Estado de Minas Gerais na produção mineral brasileira.

Para cumprir estes objetivos, o Setor possui além de engenheiros e técnicos especializados em processamento mineral, uma série de equipamentos em escala de laboratório e planta piloto, que possibilitam o estudo dos mais variados tipos de minério.

Os laboratórios do Setor de Tecnologia Mineral possuem equipamentos que possibilitam efetuar as seguintes operações básicas:

- Caracterização mineralógica e petrográfica
- Britagem e moagem
- Classificação (a úmido ou a seco)
- Concentração gravítica
- Separação eletromagnética e eletrostática
- Flutuação
- Sedimentação e espessamento
- Filtração
- Pelotização
- Lixiviação

BIBLIOGRAFIA

- TAGGART, Arthur F. - Handbook of Mineral Dressing - John Wiley and Sons, Inc - USA - 1945
- DOBRESCU, L. e KHEIL, O. - Flotoamalgamation, a New Process for the treatment of low-grade gold ores. XII International Mineral Processing Congress - São Paulo, 1977
- OLIVEIRA, José Farias de - Processamento de minérios de ouro: alguns aspectos de sua evolução recente - VIII Simpósio Brasileiro de Mineração; Belo Horizonte - 1978
- SILVA, Alberto Teixeira da - Tratamento de Minérios - vol. II, Edições Engenharia, Belo Horizonte - 1973.
- DNPM, Encontro Nacional sobre metais nobres e diamante - Salvador 1975
- ANJOS, Fernando Versiani dos - Curso de Metalurgia Especializada - Oficinas Gráficas da Escola de Minas de Ouro Preto - 1965
- DANA, James D. - Manual de Mineralogia, vols. I e II - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Rio de Janeiro - 1974
- MARTINEZ, Ramón - Microscopia de Minerales Opacos - Universidade de Concepcion, Chile - 1973
- KLOCKMANN, F. e RAMDOHR, P - Tratado de Mineralogia - Editorial Gustavo Gili, S.A. - Barcelona, 1961
- KRAUSKOPF, Kourad B. - Introduction to Geochemistry - McGraw - Hill Book Company, USA - 1967
- BATEMAN, Alan M. - Yacimientos Minerales de Rendimiento Economico - Ediciones Omega, S.A. - Barcelona - 1957
- PRYOR, E.J. - Mineral Processing - Elsevier Publishing Co. Ltda , Grã-Bretanha, 1965
- Fróth Flotation, 50 th Aniversay Volume - AIME, New York, 1962
- SUTHERLAND and WARK, Principles of Flotation, Australasion Institut of Mining and Metallurgy - 1955
- SCHUBERT, H. - Auf bereitung fester mineralischer rohstoffe - Veb - Leipzig - Alemanha - 1967
- GLEMBOTSKII, KLASSEN and PLAKSIN - Flotation, Primary Sources, New York - 1963.

GILCHRIST, J.D - Extraction Metallurgy - Pergamon Press, New York - 1967

GAUDIN, A.M. - Flotation; McGraw-Hill - New York - 1957

HEDLEY, N. and TABACHNICK, H., - Chemistry of Cyanidation Mineral Dressing Notes, Number 23, American Cyanamid Company - 1968

SEETON F. A. - The cyanide process for gold and silver ores - Bulletin n° B3 - B16, Denver Equipment Company

SEETON, F.A. - Review of Carbon cyanidation - Mines Magazine, 51 : 13-15, 1961

POTTER, G.M. and SALISBURY, H. B. - Innovations in gold Metal-Lurgy. In: American Mining Congress, Denver, Colorado. 1973.

- GILCHRIST, J.D - Extraction Metallurgy - Pergamon Press, New York - 1967
- GAUDIN, A.M. - Flotation; McGraw-Hill - New York - 1957
- HEDLEY, N. and TABACHINICK, H., - Chemistry of Cyanidation Mineral Dressing Notes, Number 23, American Cyanamid Company - 1968
- SEETON F. A. - The cyanide process for gold and silver ores - Bulletin n° B3 - B16, Denver Equipment Company
- SEETON, F.A. - Review of Carbon cyanidation - Mines Magazine, 51 : 13-15, 1961
- POTTER, G.M. and SALISBURY, H. B. - Innovations in gold Metal-Lurgy. In: American Mining Congress, Denver, Colorado. 1973.

