

TRATAMENTO DE MINÉRIOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS: AVANÇOS E DESAFIOS TECNOLÓGICOS

A.E.C. Peres⁽¹⁾, M.J.G. Salum⁽²⁾, M.^a Fonseca⁽³⁾

1- Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Espírito Santo, 35 – 2^o andar, Centro, CEP 30.160.030, Belo Horizonte – MG
E-mail: accperes@demet.ufmg.br

RESUMO

O trabalho apresenta uma revisão do estado da arte do tratamento de minérios no Estado de Minas Gerais, discutindo seu nível de desenvolvimento atual e os principais gargalos tecnológicos. A revisão é feita observando-se as diferenças entre pequenas e médias e grandes empresas de mineração, assim como o foco da produção de minerais metálicos ou minerais industriais. Este trabalho é parte da Plataforma Mineral de Minas Gerais apresentada ao CT-Mineral em julho de 2002, que contou com a contribuição de engenheiros de minas de algumas empresas mineradoras do Estado.

PALAVRAS-CHAVE: mineração, Minas Gerais, Tratamento de Minérios

1. INTRODUÇÃO

Minas Gerais é o estado brasileiro que mais tem a sua história de desenvolvimento econômico, social e cultural ligado à mineração. Iniciada na última década do século XVII, com a corrida do ouro, a mineração, em Minas Gerais, guarda importantes marcos, tais como:

- maior produtor nacional de zinco, ouro, fosfato, feldspato, minerais-gema, níquel, grafita;
- único produtor nacional de minério de lítio;
- maior produtor mundial de nióbio;
- primeiro produtor nacional de minério de ferro.

Como consequência dessa pujança mineral, o Estado contribuiu para diversos avanços e pioneirismos, em nível nacional e internacional, no que diz respeito ao tratamento de minérios. Um exemplo de pioneirismo e inovação, em nível mundial, foi o uso, na década de 70, pela Cia. Vale do Rio Doce, de separação magnética em grande escala para a concentração de minério de ferro. O Estado detém, também, a maior experiência mundial em termos de concentração de minério de ferro através de flotação catiônica reversa. Ainda, o uso pioneiro no país de colunas de flotação para minérios fosfáticos e para minérios de ferro destacaram Minas Gerais no cenário nacional.

Também no que se refere à capacitação em P&D, o estado apresenta-se em posição de destaque. Duas universidades federais, UFMG e UFOP, graduam engenheiros de minas aptos a atuarem na área de tratamento de minérios, além de oferecerem cursos de pós-graduação na área: nível de mestrado na UFOP e níveis de mestrado e doutorado na UFMG, este último avaliado com nota 6 pela CAPES. Na área de pesquisa, além de contar com as duas universidades, possui dois centros de pesquisa, um federal: Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear – CDTN, e outro estadual: Centro de Tecnologia do Estado de Minas Gerais – CETEC-MG. Possui, ainda, um curso de formação de técnicos de mineração: a Escola Técnica Federal de Ouro Preto.

Apesar de toda essa tradição em mineração e contribuições para seus avanços tecnológicos e de formação de pessoal, uma radiografia do estado mostra que existem ainda muitos desafios há serem vencidos, principalmente no que se refere às atuações das pequenas e médias empresas.

Usualmente, a grande empresa de mineração está capacitada para inserir novas tecnologias em seus processos, para reconhecer e, também, para atuar na solução de seus problemas. Já a pequena e média empresa atua com baixa capacitação tecnológica, seus processos são precários e não conseguem normalmente identificar seus problemas, necessitando de auxílio externo para resolvê-los. As consequências dessa diferença entre as pequenas/médias e as grandes empresas de mineração são:

- baixo aproveitamento das reservas minerais;
- produção irregular e de baixa qualidade;
- geração de um grande impacto ambiental;
- menor contribuição social, devido aos baixos investimentos em segurança no trabalho e em qualificação profissional.

O quadro das atuações das empresas de mineração no Estado mostra, claramente, que as pequenas e médias empresas atuam na área dos chamados minerais industriais, sendo exceção os minérios de ferro. As principais razões para essa tendência são as maiores dificuldades técnicas de exploração e beneficiamento dos minérios metálicos.

Por essas razões a revisão do “estado da arte” do tratamento de minérios no Estado de Minas Gerais será enfocada considerando-se separadamente a realidade das grandes e das pequenas/médias empresas. Para cada um desses segmentos aplica-se a subdivisão em minérios portadores de minerais metálicos e minerais industriais.

2. MINERAIS METÁLICOS

Os seguintes bens minerais constituem o conjunto dos mais importantes metálicos beneficiados no estado de Minas Gerais: ferro, ouro, nióbio, zinco, níquel.

2.1. Grandes Empresas

As grandes empresas, especialmente aquelas produtoras de concentrados de minérios de ferro e de ouro, têm lutado contra a concorrência internacional e contra os baixos preços de mercado. No caso específico dos concentrados e pelotas de ferro, principal produto da pauta de exportações minerais do país, a entrada no mercado de concorrentes chineses e indianos prejudicou seriamente as empresas brasileiras. Além da proximidade dos grandes mercados asiáticos, as legislações trabalhistas e ambientais desses países favorecem melhores preços. O apoio governamental ao desenvolvimento tecnológico dessas empresas poderá ser o fator diferencial que as consolide nos mercados interno e externo, possibilitando a manutenção dos benefícios sociais mencionados no item introdutório.

2.1.1. Minérios de ferro

O quadro das grandes empresas que beneficiam minérios de ferro passou por modificações recentes, a CVRD adquirindo os controles acionários da SAMITRI (conseqüentemente de 50% da SAMARCO), da FERTECO e da SOCOIMEX. A CVRD adquiriu 50% do controle acionário da CAEMI, empresa holding da MBR, mas o controle acionário da MBR continua dividido igualmente entre os dois sócios controladores da CAEMI, CVRD e MITSUI.

Das grandes empresas que beneficiam minérios de ferro, apenas a antiga FERTECO não opera concentração por flotação (neste documento a ITAMINAS é considerada empresa média).

A Mineração Casa de Pedra – CSN tem a única operação isolada de grande porte que não está sob o controle (total ou parcial) da CVRD. Com 14,4 milhões de toneladas/ano de produtos atende integralmente suas próprias necessidades e disponibiliza no mercado interno algo próximo de 6 milhões de toneladas/ano.

O beneficiamento de minérios de ferro divide-se, em linhas gerais, em operações de preparação, concentração e acabamento de concentrado e rejeito, além das chamadas operações auxiliares.

A preparação apresenta como fator diferenciador principal entre os diversos concentradores a presença ou ausência de moagem. A concentração envolve flotação (coluna e células mecânicas), métodos gravitacionais (jigagem e concentração em espirais) e magnético (separadores Jones, Ferrous Wheel e em tambor com ímãs de terras raras, a úmido). As operações de acabamento envolvem espessamento, filtragem e destinação final dos rejeitos.

O beneficiamento de minérios de ferro é prática industrial consolidada há décadas. Apesar disso, diversos desafios tecnológicos, listados a seguir, precisam ser superados pelas grandes empresas do setor:

- i. otimização dos circuitos de britagem e peneiramento;
- ii. adequação da moagem, visando à redução dos consumos energético e de corpos moedores, sem prejuízo da distribuição granulométrica desejada para o produto;
- iii. adequação da deslamagem às características das diferentes tipologias de minérios alimentadas na usina;
- iv. busca por reagentes de flotação alternativos, de menor custo, sem afetar a qualidade do concentrado e a recuperação metálica; verificação do impacto ambiental desses reagentes;
- v. investigação sobre a flotação de “sílica grossa”;
- vi. estudos sobre o efeito da distribuição de tamanhos de bolhas sobre os parâmetros metalúrgicos da flotação mecânica e em coluna;
- vii. estudo sobre as variáveis operacionais das separações magnética e gravítica;
- viii. uso de reagentes nas operações de separação sólido/líquido e sua otimização;
- ix. aproveitamento de minerais de ferro atualmente acumulados nas barragens de rejeito;

- x. amostragem e balanços de massa de usinas de beneficiamento;
- xi. adequação de curvas granulométricas dos produtos às operações de sinterização, pelotização e redução.

A maior parte dessas tarefas requer um embasamento sólido em termos da caracterização das diversas tipologias de minérios alimentados na usina

2.1.2. Minérios de ouro

As principais empresas do estado atuantes no beneficiamento utilizam uma combinação de flotação e métodos gravíticos na produção de concentrados auríferos. Os principais desafios tecnológicos são:

- i. adequação da moagem, visando à redução dos consumos energético e de corpos moedores, sem prejuízo da distribuição granulométrica desejada para o produto;
 - ii. testes visando ao incremento no uso de colunas de flotação;
 - iii. investigações sobre a redução do consumo de coletor na flotação;
 - iv. estudos sobre flotação seletiva dos diversos sulfetos presentes nos minérios;
- uso de reagentes nas operações de separação sólido/líquido e sua otimização

2.1.3. Outros minérios portadores de metálicos

O estado conta ainda com um concentrador de cada um dos metálicos: nióbio (maior produtor mundial), zinco (último depósito de oxidados de zinco sendo lavrado no mundo) e níquel. Os principais desafios tecnológicos são, mais uma vez, a adequação da moagem, a introdução ou otimização da flotação em coluna e do consumo de reagentes e o uso de reagentes nas operações de separação sólido/líquido e sua otimização.

No caso específico dos minérios de zinco e de nióbio, a otimização da deslamagem é talvez o principal desafio. A tarefa inclui a recuperação do mineral útil contido nos finos.

2.2. Pequenas Empresas

Ao contrário das grandes empresas, capazes de identificar seus próprios desafios e formas de atacar os problemas, as pequenas e médias empresas, em geral, requerem auxílio externo na identificação de suas necessidades.

No estado, o principal setor é constituído pelas mineradoras de ferro.

2.2.1. Minérios de ferro

Mais uma vez os minérios de ferro ocupam a posição de maior destaque. As pequenas e médias empresas, em geral, comercializam a fração acima de 6,35mm, para uso direto no alto forno. O material passante em 6,35mm é dividido em duas frações: a mais grosseira é estocada em pilhas e os finos em bacias de rejeito. A produção dessas frações atualmente rejeitadas atingiu cerca de 500 milhões nos últimos dez anos. Além do valor pelo ferro contido, tanto as pilhas quanto as barragens representam um risco ambiental real, que se transforma quase em um pesadelo na época das chuvas.

Os desafios tecnológicos do setor são:

- i. estudos de bancada e piloto sobre a concentração gravítica (jigues e espirais) e magnética do material das pilhas para produção de *sinter feed*;
- ii. ensaios piloto de deslamagem e flotação em coluna do material das bacias de rejeito, para produção de *pellet feed*;
- iii. estudo da viabilidade técnica e econômica da formação de cooperativas que viabilizem a construção de concentradores com capacidade otimizada para tratar os atuais resíduos de várias empresas vizinhas.

3. MINERAIS INDUSTRIAIS

Na classe dos minerais industriais, em termos de beneficiamento de minérios, destacam-se os fosfatos, a grafita e os minerais de pegmatitos. Os materiais para construção civil, apesar de sua importância econômica e dos enormes volumes processados, passam por operações de beneficiamento rudimentares e por esse motivo não serão considerados neste trabalho.

3.1. Grandes Empresas

Enquadram-se na categoria os produtores de concentrados de apatita (rocha fosfática) para a indústria de fertilizantes e a empresa produtora de grafita.

3.1.1. Fosfatos

O estado possui jazidas tanto de origem ígnea quanto sedimentar. Apesar das dificuldades técnicas e da existência de grandes desafios para o beneficiamento de fosfatos ígneos existe tecnologia consolidada no setor. O grande depósito de fosfato sedimentar do estado ainda aguarda desenvolvimento tecnológico para sua utilização plena.

Ressalte-se, ainda o fato de ser de pesquisador do estado a patente para produção de barita a partir de minério fosfático (Professor Noé Chaves da UFMG).

Os principais desafios são:

- i. desenvolvimento de esquemas de reagentes e configurações de fluxograma para a concentração de minérios com ganga silico-carbonática e micácea;
- ii. ajuste da flotação em coluna no concentrador que combina células mecânicas e colunas;
- iii. busca de reagentes alternativos, de menor custo, sem prejuízo do desempenho da flotação;
- iv. aproveitamento de elementos terras-raras associados a minérios fosfáticos;
- v. desenvolvimento de programas para adequação ambiental, tendo-se em mente desenvolvimento auto-sustentável;
- vi. aproveitamento de concentrados de “baixos” teores de P_2O_5 ;
- vii. aproveitamento de sub-produtos do processo, tais como: magnetita, concentrado de barita, concentrado de silicatos, etc.;
- viii. substituição de fósforo importado, através da competitividade em custos de produção e logística;
- ix. aplicação de rotas não convencionais para produção/solubilização de concentrados fosfáticos;
- x. recuperação de fontes secundárias de fosfatos (fosfatos não apatíticos);
- xi. caracterização tecnológica dos fosfatos brasileiros, com reconciliação de dados entre mineração – beneficiamento e solubilização.

3.1.2. Grafita

Uma importante empresa concentra grafita em três usinas no estado. A meta é produzir concentrados de alto teor, preservando-se ao máximo o tamanho do flake.

Os principais desafios concentram-se nas áreas:

- i. pré-concentração gravítica;
- ii. otimização das diversas etapas de moagem;
- iii. otimização das diversas etapas de flotação, combinando-se flotação em células mecânicas e em coluna.

3.2. Pequenas e médias empresas

Entre as pequenas empresas que se dedicam a atividades minerárias no estado, merecem destaque, por sua potencialidade aquelas que beneficiam minerais de pegmatitos para produção de lítio, gemas e feldspato.

3.2.1. Mineral de lítio

A produção de lítio é realizada por uma única empresa, a Cia Brasileira de Lítio – CBL. O principal mineral concentrado pela empresa a partir de minério pegmatítico é o espodumênio. Apesar de ser considerada como a única empresa no país que emprega tecnologia tanto para a exploração quanto para o beneficiamento de pegmatíticos, o aproveitamento do lítio é baixo e nenhum outro mineral de valor econômico associado a este é recuperado. Dentre os minerais passíveis de recuperação cita-se a mica (muscovita) presente no minério. O tratamento para a recuperação do lítio, sob a forma de espodumênio, inclui concentração gravítica (meio-denso) da fração granulométrica acima de 0,837 mm (14 mesh Tyler). Todo o espodumênio contido na fração mais fina é depositado como rejeito, até o momento.

Os principais desafios são:

- i- recuperar o espodumênio contido nas frações granulométricas do minério situadas abaixo de 0,837 mm, que hoje representam quantidades razoáveis de rejeito;
- ii- recuperar outros minerais associados ao espodumênio no minério, como forma de minimizar os impactos ambientais gerados e favorecer economicamente a produção do lítio.

3.2.1. Minerais-gema e feldspato

Quase a totalidade dos pegmatitos em Minas Gerais são explorados visando a produção de minerais gema, sem considerar outros minerais de valor econômico, normalmente associados a estes, como o quartzo e as micas. Exceção é feita a algumas produções localizadas de feldspato. Mas, mesmo nesse caso, apesar da demanda crescente por esse mineral, o aproveitamento é baixo e as operações de tratamento de minérios se restringem à moagem e classificação.

Apesar de toda essa potencialidade mineral, são raros os casos em que a exploração dos pegmatitos gera diversos subprodutos. O resultado final dessa visão pouco sistêmica em relação ao corpo mineral é a geração de enormes volumes de rejeitos, ricos em bens minerais com substancial valor agregado.

Ainda, a exploração dos pegmatitos visando apenas a produção de gemas não atrai para as regiões setores industriais potenciais usuários dos minerais associados às gemas, como por exemplo a indústria cerâmica, grande consumidora de feldspato.

Os seguintes aspectos e particularidades da exploração de corpos pegmatíticos levam a grandes desafios tecnológicos:

- i- o beneficiamento dos pegmatitos em princípio apresenta dificuldades, devido à sua grande complexidade mineralógica e variabilidade geológica dos corpos. Dependendo das características de cada corpo pegmatítico, os processos de concentração podem envolver desde métodos de concentração gravítica e magnética até a flotação;
- ii- não existe uma experiência brasileira ou mesmo internacional consolidada de beneficiamento de minerais do pegmatito. Se por um lado esse parco conhecimento exigirá um maior esforço na adequação de metodologias existentes ou mesmo na criação de novas metodologias de concentração, por outro lado o País poderá se tornar uma referência mundial no beneficiamento de minérios de grande complexidade mineralógica;
- iii- o pequeno porte das empresas que atuam na área, com pouco capital para investimentos, exigirá soluções econômicas/gerenciais inovadoras, como, por exemplo, a formação de cooperativas locais para beneficiamento dos minérios de diferentes empresas.

4. CONCLUSÃO

Detentor de inúmeras reservas minerais, maior produtor mineral do país, Minas Gerais tem contribuído de forma significativa para a economia nacional e para o desenvolvimento tecnológico e de mão de obra qualificada para o setor.

Estritamente sob o ponto de vista do tratamento de minérios, o estado apresenta-se como pioneiro na geração e inserção de tecnologias avançadas, tais como a patente de separação da barita de minérios fosfáticos, uso de colunas de flotação, também para minérios fosfáticos, e de colunas de flotação e separação magnética de alta intensidade, em larga escala de produção, para minérios de ferro, entre outros.

Há, entretanto, desafios que se colocam para o setor, principalmente no que diz respeito à inserção de tecnologia nas pequenas e médias empresas. Rompido esse desafio, Minas Gerais estará apto a se colocar como um exemplo de mineração sustentável sob os pontos de vista econômico, social e ambiental.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas: Samarco Mineração S.A., Minerações Brasileiras Reunidas, Mineração Casa de Pedra, Bunge Fertilizantes e Cia. Mineira de Metais, na pessoa de seus engenheiros: Paulo Roberto Viana, Armando Corrêa de Araújo, Antônio Neves Santana, Rogério Contato Guimarães e Carlos Magno de Lima Leonel, pela inestimável contribuição à elaboração da Plataforma Mineral de Minas Gerais – área Tratamento de Minérios, objeto deste trabalho.