

Matérias-primas minerais para a metalurgia

Eduardo C. Dasmasceno (*)

Os diversos insumos minerais utilizados pela indústria metalúrgica podem ser sub-divididos e agrupados, de acordo com os seus respectivos usos em:

Recursos minerais Ferrosos, de *Ferroligas* (incluindo produtos intermediários) e de *aços-ligas*. Essa classificação é baseada tanto nas suas aplicações industriais principais como na afinidade geoquímica dos elementos *siderófilos* (ou seja, aqueles que tendem a se combinar ou a se associar ao Fe) nos processos de formação de jazidas, em ambientes geológicos e climáticos favoráveis. Essa afinidade geoquímica dos elementos siderófilos — Fe, Mn, Ni, Cr, Nb (Ta), W, Si, Co, V — condiciona o seu modo de ocorrência, fazendo com que os seus respectivos minerais e minérios se associem intimamente. Exemplos decorrentes dessa afinidade são os minérios de Fe/Mn (como aqueles existentes no Morro do Urucum, MT), de Fe/Ni (a associação típica em jazidas de níquel laterítico, como as de Niquelândia, em Goiás e da Nova Caledônia), de Fe/W (ou *wolframita*, variedades *ferberita* e *huebnerita*), Fe/V (presente nas *magnetitas-titaníferas-vanadiníferas* da África do Sul e da Bahia), Fe/Cr (elementos indissociáveis nos minérios de cromita, como os da África do Sul e de Campo Formoso-BA) e Nb/Ta (associados na *Columbita-tantalita*, comum nos pegmatitos da Borborema, no Nordeste, e do Leste de Minas Gerais). Essas associações naturais típicas são, muitas vezes, condicionantes e determinantes no uso dos minérios constituídos pelos elementos siderófilos nas variadas operações metalúrgicas. Por isso, a caracterização mineralógica e tecnológica das associações de minerais de minério é de fundamental importância para a eficácia e eficiência dos processos metalúrgicos extrativos.

Neste sub-conjunto estão incluídos os *minérios de ferro, manganês, níquel* (embora alguns autores o classifiquem entre os não-ferrosos), *cromita* (o único minério de cromo), *nióbio, tungstênio, silício* e os “*metais menores*” (*cobalto, vanádio e molibdênio*). No Código de Mineração Brasileiro estão incluídos na Classe I - Jazidas de Substâncias Minerais Metálicas.



Corrida de gusa em alto forno, onde se inicia a fabricação do aço

É grande o potencial de recursos e a disponibilidade de reservas de minérios ferrosos no Brasil, exceto os de cobalto e molibdênio, ambos recuperados como subprodutos de minérios de cobre de tipologia específica, inexistente no País. O vanádio é importado, a despeito da presença de grande potencial de recursos no Brasil. Portanto, excluindo o Co, Mo e V, o Brasil é auto-suficiente em todos os demais minérios ferrosos.

Por outro lado, o Brasil se destaca no cenário mundial como importante exportador de minérios de ferro, de manganês, de diversos produtos intermediários (ligas de Fe/Cr, Fe/Mn, Fe/Nb, Fe/Ni, Fe/Si e silício metálico) e de acabados.

Recursos Minerais Não-Ferrosos e Especiais, incluindo os minérios de alumínio (*bauxita*), cobre, estanho, chumbo (prata) e zinco (cádmio): Jazidas desses bens minerais ocorrem, também, em ambientes geológicos muito específicos, diferentes daqueles em que se acumulam os minérios ferrosos. Também nesse conjunto são observadas afinidades geoquímicas entre o Al e Ga, Cu e Mo, Co, Au, Ag, Se, Te e Re, Sn e Cu, Pb e Zn (em algumas mineralizações primárias *polimetálicas* ou de *sulfetos complexos* como aquelas da Inglaterra-Cornwall, Austrália e China permitem recuperar Cu-Pb-Zn como subprodutos do Sn), Pb e Zn ou Zn e Pb contendo Cu, Ag, Au, Cd. Essa complexidade dos minérios exige a utilização de complexas rotas de concentração dos minérios e de metalurgia extrativa, pois os metais não-ferrosos, como produtos finais, devem apresentar elevada pureza para serem utilizados como produtos grau “standard” ou “high-grade”.

Dentre os minérios não-ferrosos principais, apenas os de cobre não suprem a demanda nacional. Concentrados desse metal são importados em quantidade, constituindo-se num dos mais significativos itens da pauta de importações minerais do País. Existem perspectivas de se reverter essa dependência com o desenvolvimento da jazida do Salobo, na Serra dos Carajás, única possibilidade mais concreta de atingir a auto-suficiência em cobre. As minas de minérios de chumbo estão esgotadas, mas a dependência de importação é atenuada pelo elevado índice de reciclagem do metal e pela demanda estabilizada.

Os metais especiais obtidos, via de regra, nas operações de refino dos metais principais, são importados em geral sob a forma de produtos acabados. Por outro lado, a bauxita, o alumínio e o estanho são exportados em quantidade, sendo o Brasil um dos principais produtores mundiais desses materiais. Nos últimos anos tem acontecido a exportação também do zinco.

Recursos Minerais Preciosos: ouro e platina/platinóides (Pd, Os, Rh, Ir e outros). O primeiro é obtido de minérios de ouro ou por recuperação secundária no refino do cobre, chumbo e zinco. A platina e os platinóides ocorrem em situações geológicas muito especiais e restritas, sendo a sua produção privilégio de pouquíssimos territórios, como a República da África do Sul, a ex-URSS e o Canadá. O paládio é também recuperado do ouro paladiado, variedade conhecida como “ouro preto”, como o existente na Serra Pelada. O chamado “ouro branco”, contém platina.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de ouro, detendo recursos e reservas significativas, a serem desenvolvidas. É, no entanto, carente de recursos de platina e platinóides.

Carvão Mineral Metalúrgico: é insumo de vital importância para a metalurgia, particularmente, para a siderurgia. O carvão mineral tem origem em ambientes sedimentares, que propiciaram a carbonização de restos de vegetais. A evolução geológica favorável de uma bacia contendo esses sedimentos carboníferos propicia as condições ideais para que sejam formados carvões de boa qualidade, com alto con-

(*) Geólogo, Professor da EPUSP

TEORIA E PRÁTICA DO TRATAMENTO DE MINÉRIOS

A mais completa obra sobre o tema já editada no Brasil

De autoria do Prof. Arthur Pinto Chaves, Chefe do Departamento de Engenharia de Minas da EPUSP, um especialista que conhece e vive o dia-a-dia da mineração brasileira, e diversos colaboradores, este é um livro indispensável para todos aqueles que atuam na atividade mineral.

Trata-se de uma publicação séria, atual e abrangente, que vem preencher uma lacuna em termos de literatura sobre tratamento de minérios, que dispunha apenas de obras traduzidas e desatualizadas. Os assuntos abordados dão uma idéia da dimensão desta obra:

VOLUME 1

- Objetivos do Tratamento de Minérios
- Operações Unitárias de Beneficiamento
- Outros Conceitos Importantes
- Bombeamento de Polpas
- Comportamento das Polpas
- Perda de Carga
- Dimensionamento de Bombas e Tubulações
- Minerodutos
- Descrição de Minerodutos
- Introdução à Classificação
- Classificador Espiral
- Discussão de Conceitos de Classificação
- Modelagem da Partição de Ciclones
- Projetos de Instalações
- Exercícios de Classificação

VOLUME 2

- Introdução ao Desaguamento Mecânico
- Métodos Gerais
- Equipamentos de Espessamento
- Mecanismos de Espessamento
- Dimensionamento de Espessadores
- Prática Operacional
- Introdução e Definição de Filtragem
- Descrição dos Equipamentos
- Mecanismos de Filtragem
- Meios Filtrantes
- Dimensionamento de Filtros
- Projetos de Instalações de Filtragem
- Exercícios sobre Filtragem
- Reagentes Auxiliares
- Aspectos Teóricos da Filtragem e do Desaguamento

Publicado pela **Signus Editora** e revista **Brasil Mineral**, "Teoria e Prática do Tratamento de Minérios" é apresentado em dois volumes, com um total de 424 páginas.

Garanta o seu exemplar. Edição com tiragem limitada.

Preço dos 2 volumes: R\$ 80,00

Despesas de remessa por Sedex:

SP: R\$ 7,00

RJ/MG/PR/SC: R\$ 11,00

DF/ES/MS/RS: R\$ 13,00

Outros Estados: R\$ 20,00

Some o preço dos 2 volumes com as despesas de remessa, preencha o cupom ao lado e envie, juntamente com cheque nominal e cruzado à Signus Editora Ltda., para a Rua Eugênio de Medeiros, 499 05425-001 - São Paulo-SP.

☐ Sim, desejo adquirir _____ exemplar(es) do livro "Teoria e Prática do Tratamento de Minérios", em dois volumes. Para isto, autorizo débito em meu cartão de crédito:

☐ Mastercard ☐ Diners

Número

Data de Vencimento

Assinatura

Nome

Cargo

Empresa

Endereço

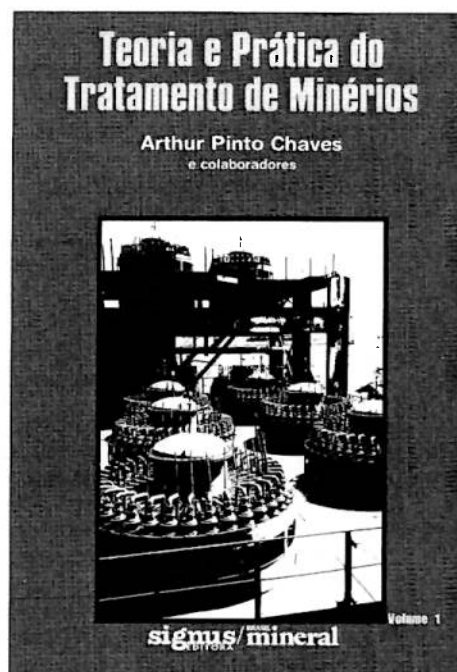
Cidade

CEP

Preencha o cupom e anexe o seu cheque nominal, remetendo-os à Signus Editora Ltda.

Rua Eugênio de Medeiros, 499 - CEP 05425-000 - Pinheiros - São Paulo - SP

Tel.: (011) 814-6899 - Fax: (011) 813-5534

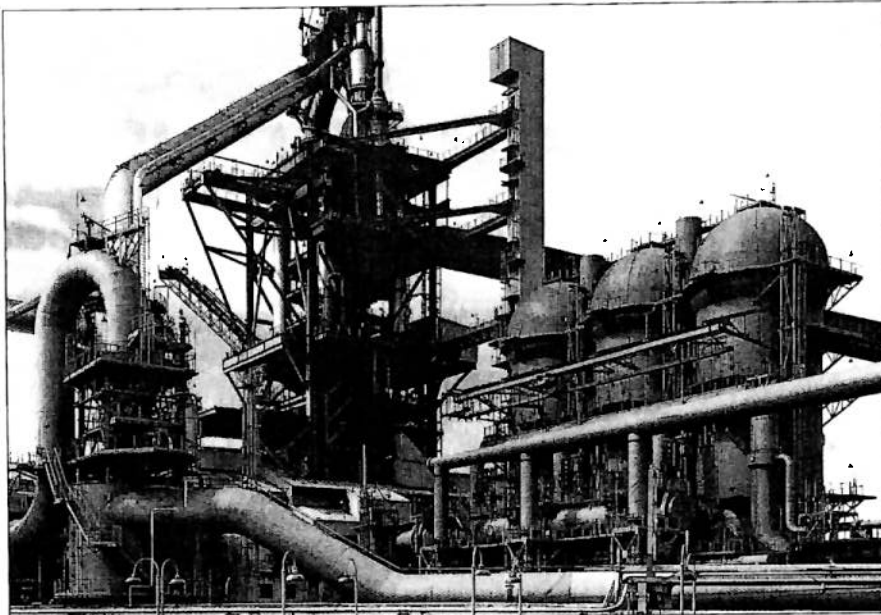


teúdo energético, composição de macerais e de matéria mineral adequada à produção de coque. Embora sejam muito grandes os recursos e as reservas brasileiras de carvão, as suas características são muito mais adequadas ao uso energético e pouco recomendáveis ao uso metalúrgico. Por isso, o abastecimento interno de carvão metalúrgico é uma das maiores dificuldades enfrentadas pela siderurgia nacional, exigindo a importação de quantidades significativas. Para atender à produção nacional de aço — cerca de 26 milhões t em 1997 — o parque siderúrgico brasileiro compra no exterior de 10 a 12 milhões t/ano de carvão metalúrgico, o segundo item da pauta das importações brasileiras de bens minerais, imediatamente após o petróleo. Os carvões do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina são pouco adequados à coqueificação, caracterizando-se muito mais como insumos energéticos. O aproveitamento do carvão nacional e a definição de novas jazidas contendo material adequado à siderurgia continua sendo um grande desafio tecnológico.

Recursos Minerais Fundentes: calcários, dolomitos (e cal, produzida de ambos) fluorita e criolita (sintética ou natural): Esse grupo de materiais pertence ao conjunto dos *minerais não-metálicos* e caracterizam-se pela abundância muito maior se comparada a outros minérios. O conceito de disponibilidade desses insumos é, na maioria das situações, uma decorrência da presença de jazidas nas imediações de pólos de indústria metalúrgica.

Os calcários e dolomitos são rochas de origem sedimentar/química, muito abundantes. No Brasil existem importantes jazidas e minas localizadas nas imediações dos pólos siderúrgicos ou em regiões dotadas com infraestrutura de transporte adequada até esses pólos (por exemplo, as minas da região de Arcos/Pains, no Estado de Minas Gerais, que abastecem a CSN e os dolomitos de Salto de Pirapora que suprem a demanda da Cosipa).

A fluorita é outro insumo mineral de grande importância em diversos processos metalúrgicos, particularmente na siderurgia e na eletrólise da produção de alumínio. Os fluoretos e a criolita sintética, utilizados no processo Hall-Héroult, são produzidos a partir da fluorita. Decorre disso um fato significativo da economia mineral: o interesse dos produtores de alumínio pelas jazidas de fluorita e o elevado grau de valorização entre o preço da fluorita e a correspondente criolita sintética dela produzida. Os recursos de fluorita são muito menores do que os de calcários e dolomitos, sendo mais raros os depósitos com a granulometria tipo "lump" ou granular, a mais adequada aos processos



Vista de um alto forno convencional de siderúrgica

metalúrgicos. A carência dessas granulometrias mais grossas levaram ao desenvolvimento da tecnologia de aglomeração dos "finos" de fluorita; os finos são bastante mais comuns, sendo facilmente obtidos via flotação.

As reservas brasileiras de fluorita são muito modestas, se comparadas à demanda atual. As principais minas localizam-se nos Estados de Santa Catarina, Paraná e Rio de Janeiro.

A criolita natural é um mineral raríssimo, que durante décadas foi produzido na mina do "fjord Ivigtut", na Groenlândia, desativada no final dos anos 80. Em compensação, uma nova jazida de criolita foi definida em Pitinga, Amazonas, onde o Grupo Parapanema está implantando uma nova mina. Isso tornará Pitinga a segunda insólita mina de criolita no mundo.

Os Recursos Minerais para Refratários incluem uma grande variedade de matérias-primas minerais, dependendo do tipo de refratário demandado pelo processo metalúrgico (ácido, neutro ou básico, de acordo com a reatividade das escórias). Os minerais mais utilizados na fabricação de refratários são os seguintes:

- argilas silicosas, sílico-aluminosas, aluminosas e de alta alumina, essas últimas confundindo-se com a bauxita refratária. Argilas silicosas e sílico-aluminosas são materiais comuns, formados em baixadas pela ação do intemperismo e da sedimentação.

A região do Alto Tietê tem sido a principal fonte dessas argilas. No entanto, as variedades mais nobres, de alta alumina, originam-se em ambientes geológicos e fisiográficos mais específicos encontrados nas regiões de Poços de Caldas e Sacramento, MG e na Amazônia, onde já existem ou estão sendo implantados novos projetos de mineração e produção de bauxitas grau refratário ou químico — por exemplo a Togni, Curimbaba, Mineração Santa Lucrécia, CBB (Companhia Brasileira de Bauxita) e Rio Capim Química. Deve-se destacar que as grandes reservas e o imenso potencial de recursos de bauxita na região Amazônica, além de possibilitar o desenvolvimento da indústria do alumínio, deverá se constituir, no futuro, em importante fonte de bauxita

a nível mundial, para usos não-metálicos (refratários, abrasivos e indústria química).

- quartzitos são utilizados na fabricação de refratários silicosos. Trata-se de uma rocha metamórfica, bastante frequente nos terrenos Pré-cambrianos. Nas regiões de Taiaçupeba e Itapeva, no Estado de São Paulo, são produzidos quartzitos para refratários.

- magnesita e cromita são insumos para a fabricação de refratários básicos. As reservas e o potencial de recursos de magnesita no País são grandes, localizando-se nas regiões de Brumado (onde é produ-

zida pela Magnesita S.A., além de outras empresas menores) e em Castela/Pilão Arcado (concessões da Copami/Magnesita S.A.), ambas no Estado da Bahia. Esse potencial permitiu à Magnesita S.A. tornar-se empresa líder no mercado latino-americano de refratários à base de magnesita calcinada. Quanto à cromita, observa-se carência de minérios com características adequadas para refratários, a despeito das grandes reservas conhecidas no Brasil, porém mais apropriadas para usos metalúrgicos (Fe/Cr) e para a indústria química. Cromitas para refratários são, geralmente, importadas.

- dolomita, grafita, zirconita e cianita-sillimanita-andaluzita, dentre outros minerais são também utilizados como refratários.

Afigura-se como bastante promissor o desenvolvimento dos refratários especiais, incluídos no conjunto dos novos materiais. Zircônia, obtida a partir do mineral zirconita, alumina e tória são alguns exemplos.

- e, finalmente, Matérias-Primas para Fundição: areia-base para moldes, bentonita, como aglomerante, e zirconita ou areia de zirconita. As areias para fundição devem apresentar características especiais, devendo ter composição granulométrica, seletividade e grau de arredondamento e de esfericidade muito rígidas, sendo originadas em ambientes geológicos e fisiográficos específicos. A região de Descalvado a Analândia, no Estado de São Paulo, destaca-se pela qualidade da areia para fundição, produzida em meia dezena de minas.

As bentonitas disponíveis no País, particularmente aquelas de Campina Grande (PB), são do tipo cálcicas ou ativadas artificialmente. O Brasil carece de bentonitas sódicas, do tipo high-swelling.

A zirconita, embora de frequente ocorrência em aluviões fluviais e litorâneos, é, em grande parte, importada da Austrália. Uma parte da demanda nacional é suprida pela Tibrás, onde a zirconita é recuperada como subproduto da Ilmenita. Políticas inadequadas e problemas técnico-econômicos têm dificultado o melhor aproveitamento das jazidas nacionais. □