

Bauxita: comparação de metodologias de pesquisa

José Cruz do Carmo Flôres¹, Eduardo Camilher Damasceno² e José Thomaz Gama da Silva³

A decisão de executar a pesquisa de uma jazida de bauxita por poços de prova com coleta de amostras de canal, ou por furos de sonda e tomada de testemunhos, deverá fundamentar-se na análise de uma série de fatores. Alguns deles são consequência direta da gênese, natureza e localização geográfica do depósito. Outros estão correlacionados a fatores técnico-econômicos, como cronograma de execução, disponibilidade de mão-de-obra qualificada e de recursos financeiros.

O método de pesquisa aplicado deverá viabilizar a avaliação técnica segura do depósito, oferecendo subsídios confiáveis para a tomada de decisões.

Comparação das Metodologias de Pesquisa de Bauxita

Os seguintes fatores são considerados na escolha da metodologia mais adequada à pesquisa de um depósito de bauxita: (1) natureza e características físicas do capeamento e do minério, (2) profundidade da investigação, (3) dimensões das escavações, (4) equipamentos, (5) mão-de-obra, (6) produtividade, (7) riscos operacionais, (8) salubridade das operações, (9) infra-estrutura local, (10) densidade da malha de pesquisa, (11) nível do lençol freático, (12) acuidade das observações, (13) metodologia de amostragem, (14) objetivo da amostragem, (15) determinação da densidade *in situ*, (16) fase do projeto mineiro, (17) impactos ambientais e (18) custos. Além disso, procura-se analisar a influência de cada um destes fatores sobre a escolha do método.

Características Físicas do Capeamento e do Minério

As coberturas constituídas por lateritas ferruginosas duras e espessas dificultam

ou inviabilizam a escavação de poços. Estes terrenos, por outro lado, não apresentam empecilho à sondagem. Entretanto, os estratos pouco consolidados, constituídos por argilas muito plásticas, podem dificultar esta operação.



Profundidade da Investigação

Os poços atingem no máximo 30 metros de profundidade, em condições favoráveis de trabalho. A profundidade é limitada pelo nível do lençol freático e segurança da escavação, dentre outros fatores.

As sondagens atingem profundidades de muitas dezenas a centenas de metros. O porte e características do equipamento limitam a profundidade da investigação.

Dimensões das Escavações

Os poços apresentam, em geral, seção circular, com diâmetro compreendido entre 80 e 100 cm. Se executados com seção retangular, devem apresentar dimensões mínimas de 150 por 120 cm.

Os furos de sonda têm seção circular, com diâmetros compreendidos entre 46 mm e 213,2 mm. Em geral, quanto maior o diâmetro, melhor a recuperação do testemunho.

Equipamentos

As ferramentas manuais de escavação dos poços (picaretas, pás, marretas, talhadeiras, etc.) são facilmente transportáveis pelos operários. Os equipamentos auxiliares compreendem martelos, foices, arame farpado, ventoinha, mourões de madeira e outras ferramentas e materiais. Os equipamentos de suporte compreendem, basicamente, veículos leves.

Já as sondagens requerem equipamentos específicos, constituídos por sondas rotativas de pequeno a médio porte, hastes, coroas e outras ferramentas apropriadas. Os equipamentos auxiliares compreendem compressores de ar, guinchos, bombas, chaves e pescadores, etc.

Os equipamentos de suporte incluem tratores de pequeno ou médio porte, veículos próprios para manutenção e transporte de equipamentos, grupos geradores, dentre outros.

Mão-de-obra

A execução de poços requer mão-de-obra abundante, barata e treinada para se atingir boa produtividade na escavação. A equipe de escavação é constituída por dois a três operários para cada poço. Não exigindo especialização, a mão-de-obra pode ser contratada nas proximidades da área de pesquisa.

A sondagem, por sua vez, exige mão-de-obra treinada e especializada para a operação dos equipamentos. Por não ser abundante nem facilmente encontrada no local da pes-

Resumo

O presente trabalho é um estudo comparativo dos métodos de pesquisa por poços e por sondagens, que são usualmente aplicados aos depósitos de bauxita.

A escolha da metodologia a ser aplicada na exploração de determinado depósito de bauxita requer a análise e comparação de vários parâmetros. O método de pesquisa selecionado deve conduzir à avaliação técnica do depósito e oferecer subsídios confiáveis para o processo de avaliação econômica do empreendimento de mineração.

Palavras-chave: bauxita, poços e sondagens, comparação de métodos de pesquisa.

(1) Professor Assistente do Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN) da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

(2) Professor aposentado do Departamento de Engenharia de Minas da Universidade de São Paulo; professor da Universidade Bandeirantes (SP).

(3) Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Minas (DEMIN) da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

quiza, esta é uma mão-de-obra mais cara. A equipe de sondagem, normalmente, é constituída por um sondador e dois ou três auxiliares para cada equipamento.

Produtividade

A produtividade na execução de poços aumenta à medida que a equipe se torna mais experiente e treinada, e diminui à medida que aumenta a profundidade do poço. As operações limitam-se obrigatoriamente ao turno diurno. O tempo gasto para a desmobilização de homens e equipamentos de uma estação para outra é pequeno.

Nas sondagens, a produtividade decresce quando há quebra de equipamento, prisão de ferramentas no furo ou abandono do mesmo. À medida que o furo se torna mais profundo, aumenta o tempo gasto para a retirada do testemunho. Pode-se trabalhar em dois ou três turnos, aumentando, assim, a produtividade. O tempo gasto para a desmobilização e transporte de homens e equipamentos entre uma estação e outra é maior do que para os poços.

Riscos Operacionais

Nos poços, gases tóxicos emanados dos estratos escavados podem causar sonolência, mal-estar ou mesmo a morte de operários. À medida que a profundidade aumenta, uma aeração inadequada poderá causar, no mínimo, grande desconforto para a equipe de perfuração. Os poços apresentam alto risco de acidentes provocados por queda de



peças, animais ou ferramentas no interior dos mesmos, ou causados por desmoronamentos das paredes. Na sondagem, os problemas acima referidos inexistem.

Salubridade das Operações

As condições ergonômicas do trabalho de execução de poços são altamente desfavoráveis para as equipes de escavação e amostragem.

Tanto na execução de poços como na sondagem, o operário está exposto a condições atmosféricas adversas, poeira, ruídos, umidade e sujeito ao risco de ataque de insetos e outros animais.

Na sondagem, as condições de trabalho, particularmente as ergonômicas, são bem melhores em razão de os trabalhos desenvolverem-se exclusivamente a partir da superfície.

Infra-estrutura e condições locais

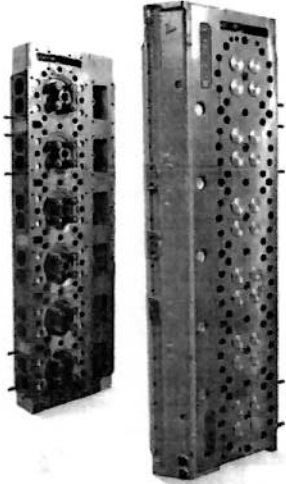
a) Vegetação: a existência de uma vegetação densa não inviabiliza a abertura de poços, mas pode dificultar os entendimentos com órgãos ambientais, comunidades locais e proprietários da terra. Na sondagem, a vegetação densa dificulta o acesso de equipamentos e pode prejudicar os entendimentos com os segmentos envolvidos.

b) Acessos: para a execução de poços, abrem-se apenas as picadas necessárias à locação topográfica da malha de pesquisa e acesso dos operários aos locais de escavação. Para a perfuração de furos de sonda, áreas ínvias dificultam o acesso de máquinas e equipamentos podendo, assim, inviabilizar a realização de campanhas de sondagem.

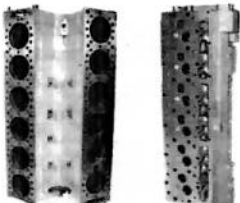
c) Água ou ar comprimido: a indisponibilidade ou escassez de água ou ar com-



Técnica de soldas R.Y.I Ltda.



O rendimento de sua máquina depende de componentes de qualidade.



- cabeçotes e blocos de motores remanufaturados
- soldagem em cabeças de alumínio
- processo de soldagem à quente oxi-acetilênico

Utilizamos componentes e peças **ORIGINAIS**

Tudo para máquinas pesadas, caminhões e automóveis, nacionais e importados.

Av. Morangueira 2968 • Maringá-PR - CEP 87035 060
ryi@wnet.com.br

(44) 267 5000



ALVENIUS
EQUIPAMENTOS TUBULARES LTDA

A Alvenius é um tradicional fabricante de sistemas tubulares em aço carbono, cuja utilização já está consolidada na indústria da mineração pelas diversas vantagens técnicas que só o **SISTEMA ALVENIUS K** pode oferecer






**TUBOS HELICOIDAIS UNIDOS PELO SISTEMA K
ACOPLAMENTOS - K9/K10/K20**

Produtos

- Tubos helicoidais em aço carbono
- Diâmetros até 812 mm (32")
- Acoplamentos K9 / K10 / K20
- Diâmetros até 1219 mm (48")
- Tubos revestidos para transporte de produtos abrasivos

Aplicações / Transporte de:

- Água bruta ou tratada
- Fluidos abrasivos
- Polpa de minério e rejeitos
- Ar comprimido
- Lançamento de concreto
- Entre outras

Serviços

- Equipe de montagens especiais
- Equipe técnica especializada em projetos em CAD

Outros mercados

- Irrigação
- Saneamento
- Construção Civil
- Indústria



CONTATE-NOS!
TENEMOS EMPREENHEIROS
SOLICITAÇÃO PARA A
SUA NECESSIDADE DE
TRANSPORTE DE
PRODUTOS

Estrada Fernando Nobre, 293/487 (Rodovia Raposo Tavares, Km 28,4)
CEP 06705-490 • Caixa - SP - Brasil - Tel: 55 (011) 4452-4344 / Fax: 55 (011) 4452-4344
www.alvenius.ind.br alvenius@alvenius.ind.br

primido não oferece qualquer dificuldade à escavação de poços. Estes recursos, porém, são absolutamente indispensáveis às operações de sondagem.

d) Comunicação: um bom sistema de comunicação é sempre desejável e necessário tanto na escavação de poços como na sondagem.

e) Abastecimento de lubrificantes e combustíveis: dificuldade de abastecimento de lubrificantes e combustível não interfere ou inviabiliza a escavação de poços. Porém, na sondagem, falhas no abastecimento destes insumos podem provocar paradas dos equipamentos com a consequente queda de produtividade e não cumprimento de prazos contratuais.

f) Manutenção mecânica: restringe-se, nos poços, à afiação e reposição de ferramentas e equipamentos necessários à escavação. Na sondagem, a manutenção mecânica requer a montagem de almoxarifado e oficina para a execução de pequenos reparos e manutenção preventiva.

Densidade da Malha de Pesquisa

Os poços de prova prestam-se muito bem à execução de escavações pouco profundas, destinadas à investigação de corpos superficiais, ou para uma primeira avaliação do depósito, quando não se justificaria a instalação de uma sonda.

A sondagem, por sua vez, exige um número mínimo de furos para compensar os custos de transporte e mobilização dos equipamentos e da equipe de trabalho. Exige, também, uma profundidade mínima para cada furo, para justificar o tempo gasto nas operações de transporte e montagem dos equipamentos em cada estação. A necessidade de execução de um grande número de furos em área de grande extensão e num curto espaço de tempo são fatores que poderão ter um peso considerável na escolha da sondagem como o método de pesquisa a ser aplicado.

Nível do Lençol Freático

O lençol freático próximo à superfície pode inviabilizar a aplicação do método de pesquisa por poços de prova.

A vantagem da sondagem é destacada quando em presença de água. Esta não inviabiliza a execução de furos, podendo, porém, exigir cuidados especiais que evitarão diluição e perda dos testemunhos.

Acuidade das Observações

As paredes dos poços são sempre visitáveis, mapeáveis e os contatos e outras feições geológicas, facilmente identificáveis. Entretanto, as amostras de canal, obtidas sob a forma de fragmentos compactos e material desagregado de granulometria fina, não guardam informações sobre a estrutura geológica das litologias amostradas.

Estas amostras são descritas no interior do poço, no ato da amostragem e, dependendo da profundidade, nem sempre se dispõe de adequada iluminação para uma cuidadosa descrição.

Por sua vez, os testemunhos de sondagem são recuperados e descritos na superfície. A identificação exata dos contatos geo-

lógicos pode não ser tarefa tão simples, principalmente quando eles são gradacionais. Os testemunhos seccionados fornecem uma superfície apropriada para a identificação dos componentes mineralógicos e interpretação das estruturas geológicas.

Metodologia de Amostragem

A amostragem dos poços é realizada pela escavação manual de canais abertos nas paredes. As amostras são coletadas a intervalos verticais de comprimento constante e se apresentam sob a forma de fragmentos e material desagregado de granulometria fina.

As operações de homogeneização, quarteramento e embalagem das amostras ocorrem na superfície e produzirão duas amostras, consideradas representativas do intervalo correspondente.

Os poços, durante o tempo que permanecem abertos, permitem sucessivas operações de reamostragem.

Quanto à sondagem, o seu sistema de coleta de material é totalmente mecanizado, permitindo a obtenção de amostras representativas de intervalos verticais de comprimento constante. As amostras são testemunhos cilíndricos sólidos, recuperados na sequência natural de disposição dos estratos.

Duas amostras representativas de um determinado intervalo são obtidas seccionando-se o testemunho segundo uma geratriz.

Na sondagem existe o risco de perda parcial do testemunho, principalmente quando se executam furos de pequeno diâmetro com o emprego de água ou lama. A baixa recuperação pode conduzir ao abandono de um furo.

Os furos de sonda não permitem reamostragem. Os testemunhos são armazenados para novos estudos, descrições ou interpretações, ou obtenção de informações complementares pelo tempo que se fizer necessário. Havendo necessidade da coleta de novas amostras, novos furos terão que ser executados.

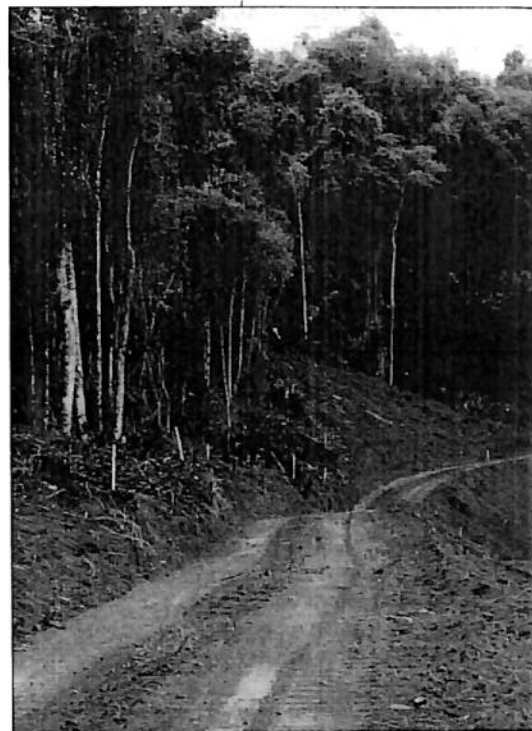
Objetivo da Amostragem

a) Análises químicas e testes de laboratório: os resultados dessas análises e testes são confiáveis, desde que a amostragem dos poços tenha sido feita criteriosamente. Na sondagem, a amostra é considerada ideal quando a recuperação do testemunho está próxima de 100%.

b) Amostras de grande volume para testes em usina piloto ou ensaios de beneficiamento: se ambos os métodos de pesquisa são aplicáveis, os poços são preferíveis, pois todo o material escavado na seção e dentro do corpo mineralizado poderá ser incluído na amostra. Na sondagem, a coleta de amostras de grande volume exigiria a execução de furos de grande diâmetro e, conseqüentemente, o emprego de equipamentos de maior porte, o que oneraria o custo final da pesquisa.

Determinação da Densidade in situ

Esta determinação pode ser feita pela execução de vários poços de seção quadrada, com dimensões de 1 por 1 por 1m, escavados em cada litologia.



Na sondagem, os testemunhos cilíndricos têm volumes facilmente mensuráveis, representam cada litologia e são apropriados, portanto, à determinação da densidade *in situ*.

Fase do Projeto Mineiro

a) Prospeção: os poços executados nessa fase normalmente são em pequeno número e têm por objetivo fornecer as primeiras informações sobre a ocorrência mineral. Frequentemente, a infra-estrutura disponível nessa fase é precária. Portanto, a escavação de poços será preferível desde que seja viável a aplicação do método. Se características físicas e geológicas da ocorrência mineral inviabilizam ou dificultam a escavação dos poços, a sondagem se impõe como o método de pesquisa a ser aplicado.

b) Pesquisa Sistemática: se ambas as metodologias são aplicáveis, a escolha do método de pesquisa se baseará na análise dos seguintes fatores: (1) extensão da área autorizada, (2) densidade da malha de pesquisa, (3) características físicas e geológicas da mineralização, (4) profundidade da investigação, (5) natureza das informações desejadas, (6) infra-estrutura existente, (7) disponibilidade de mão-de-obra ou de equipamento de sondagem, (8) prazos contratuais e legais para a conclusão da pesquisa e (9) recursos financeiros disponíveis.

Frequentemente, a limitação de tempo é o fator preponderante para a escolha da sondagem como o método de pesquisa a ser aplicado. Outras vezes, em decorrência das características físicas, geográficas e geológicas do depósito, a sondagem se impõe como único método aplicável.

c) Projeto Mineiro Detalhado: sendo as características da jazida favoráveis à aplicação do método dos poços de prova, estes são de grande valia para a obtenção de amostras de maior volume, determinações de densidades, confirmação das estruturas e tipologias identificadas através da sondagem. Áreas de



pequena extensão, situadas em regiões ínvias e desprovidas de infra-estrutura podem onerar ou inviabilizar a execução de furos. Pesquisa de detalhe com malha estreita em áreas extensas, onde um grande número de perfurações deverá ser executado em tempo exíguo, justifica o emprego da sondagem.

d) Planejamento e Controle de Lavra: a redução da malha de pesquisa com o objetivo de preparação dos blocos para a lavra exige a escavação de um grande número de poços. Quando em área de intensa movimentação de homens, veículos e equipamentos, este fato constituiria um inconveniente adicional. Levando em conta estes fatores e a urgência da obtenção de resultados, a sondagem é sempre preferível no planejamento da lavra, ainda que a pesquisa pioneira tenha sido realizada com o emprego de poços de prova.

Impactos Ambientais

O impacto ambiental provocado pela abertura dos poços não se restringe apenas à área da escavação, mas se estende ao entorno, onde é depositado o material removido. O desmatamento da área, de modo geral, restringe-se à abertura das picadas necessárias à locação da malha de pesquisa e mapeamento geológico.

A escavação de poços não oferece risco de poluição das águas por óleos e/ou graxas. O risco de o material escavado ser carregado e atingir cursos d'água é pequeno. Inexistem impactos causados pelo ruído de motores sobre o entorno. O impacto visual decorrente das escavações é grande.

No caso da sondagem, em áreas de vegetação densa, haverá necessidade de abertura de acessos para homens e equipamentos. A área desmatada e terraplenada será maior do que na escavação de poços. O impacto local provocado pelos furos é pequeno. Entretanto, existe risco de poluição do solo e das águas su-

perficiais por óleos e graxas provenientes de veículos e equipamentos. O manuseio inadequado dos fluidos de sondagem poderá causar consideráveis impactos ambientais no entorno da área de pesquisa.

Os ruídos provenientes dos motores dos veículos, sondas, compressores de ar e outros equipamentos provocarão impactos sobre o ambiente que serão agravados quando os trabalhos de sondagem prolongam-se noite a dentro.

Custos

Na execução de poços, o custo da mão-de-obra será composto de salários, encargos sociais e trabalhistas, materiais e equipamentos de proteção individual. O custo final incluirá outras parcelas, como custos de ferramentas e materiais. O apoio logístico compreenderá transporte de homens, ferramentas e materiais de pequeno porte, montagem de escritório, manutenção do técnico responsável na região, dentre outros aspectos.

Se houver necessidade da instalação de acampamento, fornecimento de refeições e outros benefícios, a tendência do custo final é crescer.

O custo unitário da escavação dos poços é menor que o custo unitário da sondagem. Entretanto, a produtividade daquela operação é extremamente baixa. Os custos de confecção da cerca de proteção no entorno de cada poço e da operação de fechamento dos mesmos deverão ser considerados na composição do custo final.

O emprego do método de pesquisa por poços de prova tende a se tornar de uso restrito a países em desenvolvimento, onde a mão-de-obra pouco qualificada é abundante e barata.

Para a execução de furos de sonda, o custo da mão-de-obra será composto de salários e encargos, materiais e equipamentos de proteção individual para as equipes de sondagem, manutenção e apoio. A mão-de-obra do sondador, por ser especializada e altamente treinada, é mais cara. Os serviços de apoio envolverão transportes de sondas, hastes, guinchos, compressores de ar e outros equipamentos. Exigirão, portanto, transporte de equipamentos pesados e a existência de acessos compatíveis. Normalmente, há necessidade de montagem de acampamento avançado, oficina mecânica e almoxarifado, além da construção de local adequado para a armazenagem provisória dos testemunhos.

Em ambos os métodos, fatores como espessura e natureza do capeamento, profundidade da investigação, estação do ano e regime pluviométrico terão influência direta sobre os custos de execução da pesquisa. Da mesma forma, em ambos os métodos, há que se prever os recursos destinados ao pagamento das indenizações dos danos e prejuízos provocados pelos trabalhos de pesquisa e da renda pela ocupação do solo, assim como reservar os recursos necessários à melhoria e manutenção dos acessos preexistentes.

Os seguintes fatores, além daqueles já aqui considerados, entrarão na composição do custo final de cada furo: diâmetro e profundidade, natureza e espessura do capeamento, infra-estrutura existente e custo de mobilização do equipamento. Este custo depende do porte do equipamento que, por sua vez, está diretamen-

te relacionado com o diâmetro e a profundidade do furo que ele é capaz de executar.

O desenvolvimento de novas técnicas e de novos equipamentos de sondagem, mais leves e potentes, capazes de atingir grandes profundidades a custos relativamente reduzidos, somado às vantagens tradicionais da sondagem rotativa, fazem com que este método se afirme, cada vez mais, como a principal ferramenta empregada nas diferentes fases da pesquisa mineral.

Conclusões

A complexidade dos depósitos de bauxita, suas características genéticas, a necessidade de obtenção de amostras representativas, confiáveis e adequadas à sua perfeita caracterização exigem a aplicação de técnicas adequadas de pesquisa mineral para a avaliação de cada depósito.

A escolha da metodologia a ser aplicada na pesquisa de uma jazida de bauxita envolve fatores inerentes à própria jazida, como gênese, natureza e localização geográfica do depósito. Outros fatores estão correlacionados a variáveis técnicas e econômicas, como cronograma de execução e disponibilidade de recursos financeiros.

O método de pesquisa selecionado deve viabilizar a avaliação técnica segura do depósito e oferecer subsídios confiáveis para a tomada de decisões importantes, como renúncia à autorização de pesquisa, conclusão pela inexistência da jazida, planejamento dos investimentos de longo prazo para o início de produção da mina, ou negociação do direito à concessão de lavra da jazida provada.

As considerações aqui apresentadas aplicam-se, também, a todos aqueles depósitos que apresentam características semelhantes aos depósitos de bauxita quanto à dureza, forma e disposição do corpo.

Bibliografia

ANNELS, A.E. *Mineral deposit evaluation: a practical approach*. London, Chapman & Hall, 1991, 436p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). *Métodos e técnicas de pesquisa mineral*. Coordenação: Luiz Antônio Oliveira. Brasília, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1985, 355p.

FLORES, J.C.C. *Bauxita: Características, usos e comparação de metodologias de pesquisa*. Escola Politécnica - USP, 1997. (Dissertação de Mestrado).

FLORES, J.C.C. et alii. *Considerações sobre a avaliação dos depósitos de bauxita*. *Revista da Pesquisa & Pós-graduação - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-graduação da Universidade Federal de Ouro Preto*, Ano 1, v. 1, n.2, jul./dez. 1999, p. 30-32.

GUERRA, P.A.G. *Geostatística operacional*. DNPM, Brasília, 1988, 145p.

HUARTE, J.P. *Procedimientos de sondeos: teoría, práctica y aplicaciones*. 2 ed. Madrid, Servicio de Publicaciones de la Junta de Energía Nuclear, 1981, 663p.

PETERS, W.C., 1978, *Exploration and mining geology*. John Wiley & Sons, 696p.

PFLIEDER, E.P. (editor), 1968, *Surface mining: The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc.*, New York, 1061p.

SAD, J.H.G. *Fundamentos sobre a variabilidade dos depósitos minerais*. Brasília, DNPM/CPRM/GEOSOL, 1986, 141p. □

ALUMÍNIO ► CBA parte para nova expansão

BRASIL • **mineral**

MINERAÇÃO - METALURGIA - SIDERURGIA - PETRÓLEO

Ano XXI - Maio de 2004 - N° 227 - R\$ 8,50 - ISSN 0102-4728



BAUXITA

25 ANOS DA MMRN