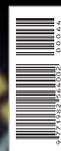


www.inthemine.com.br

UMA PUBLICAÇÃO FACTO EDITORIAL

# inmine

Ano XVIII | 2025 | Nº 114 | R\$ 25,00 GESTÃO DE PROCESSOS E TECNOLOGIA PARA MINERAÇÃO



ESPECIAL

# MINA SUBTERRÂNEA

A OPERAÇÃO DE EXCELÊNCIA DA ANGLOGOLD ASHANTI E  
OS ARTIGOS E TESES ACADÊMICAS DA ESCOLA DE MINAS

#### PERSONALIDADE

JOSÉ MARGARIDA DA SILVA:  
PROFESSOR E ORIENTADOR  
DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFOP

#### LEGISLAÇÃO

A VISÃO DO STJ SOBRE O  
INSTITUTO DA REVISÃO DE  
CONTRATOS MINERÁRIOS

#### MERCADO

DIPEM: INVESTIMENTOS EM  
PESQUISA MINERAL NO  
BRASIL ENTRE 2003-2023

#### SOCIAL

LSO, A LICENÇA SOCIAL DE  
OPERAÇÃO NO CONCEITO  
E PRÁTICAS DA MINERAÇÃO

# TECNOLOGIA A FAVOR DA MINERAÇÃO DESDE 1974



**HAYER & BOECKER**  
NIAGARA

**SISTEMAS E PLANTAS DE PENEIRAMENTO - PELOTIZAÇÃO - BRITAGEM PRIMÁRIA**

**ENTRE EM CONTATO PARA MAIS INFORMAÇÕES**

+55 (31) 3661-1371 - [info@haverniagara.com.br](mailto:info@haverniagara.com.br) - [www.haverniagara.com.br](http://www.haverniagara.com.br)

## DESTAQUES DA EDIÇÃO

- 08** LEGISLAÇÃO  
**REVISÃO CONTRATUAL**  
Os requisitos exigidos pelo Poder Judiciário
- 10** MERCADO  
**PESQUISA MINERAL**  
Duas décadas da evolução dos investimentos no Brasil
- 14** ESPECIAL  
**MINA SUBTERRÂNEA**  
Operação de excelência e teses e artigos acadêmicos
- 44** GEOLOGIA  
**PERFIL**  
Um raio-X das empresas de mineração do Brasil
- 46** COMUNIDADES  
**LSO**  
Conceitos, gestão, métodos de relacionamento e práticas
- 56** GUIA ITM  
**PRODUTOS E SERVIÇOS**  
Equipamentos e soluções para lavras subterrâneas

- 38** PERSONALIDADE  
**ENTREVISTA**  
Ele se define como profundamente endogênico: nascido, criado, casado e trabalhando na histórica cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais. Em maio próximo completará 32 anos na profissão que abraçou quando jovem, ainda durante o emprego como Técnico de Mineração na lendária Paulo Abib Engenharia: a de professor do curso de Engenharia de Minas da não menos lendária Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Na instituição, onde exerce também o cargo de Vice-Coordenador do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia Mineral, já orientou mais de 125 teses de engenheiros da própria Escola de Minas e de várias outras universidades do estado e do país, em sua trajetória rumo aos títulos de doutores e mestres. Também Coordenador e Conselheiro Titular da CEGM - Câmara Especializada de Geologia e Engenharia de Minas - do Conselho Regional de Engenharia de Minas Gerais (CREA-MG), José Margarida da Silva, o professor José Margarida, como é conhecido, é o entrevistado desta edição

14 | CAPA



Foto: Arte composta com Mine Truck MT42, da Epiroc

Especial Minas Subterrâneas traz a operação de excelência da AngloGold Ashanti no Complexo Cuiabá-Lamego, em Minas Gerais, e na Mineração Serra Grande, em Goiás. Teses de doutorado e mestrado de alunos da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), além de artigos, abordam temáticas aplicáveis a essa modalidade de lavra, que têm sido objeto de estudos acadêmicos, como sistemas de ventilação (monitoramento e controle, IOT, transmissão de dados, ventiladores de alta eficiência, ventilação sob demanda e sistema supervisório), dispositivos vestíveis tecnológicos, método ore sorting e paste fill

## EDITORIAS - INTHEMINE

- 05** **MINEPROSPECÇÃO** Suspensão judicial afeta operação e projetos
- 06** **MINEAGENDA** Seminário Tailings Brazil 2025 em Belo Horizonte (MG)
- 06** **MINEBOOK** Projeto Cabaçal: Geologia e Mineração Subterrânea
- 06** **MINEWEB** EuroGeoSurveys (EGS): dados e geociências pan-europeus
- 06** **MINEMARKET** Amalco, da ValOre Metals, assumirá projeto Colina
- 58** **MINEGALERIA** The Big Hole: a maior escavação manual do mundo

# SUMÁRIO



## A PALAVRA DA EDITORA


**REDAÇÃO**

Comentários, dúvidas, sugestões, críticas e informações sobre o conteúdo editorial da **In The Mine** e mensagens para a seção MINE MAIL - leitor@inthemine.com.br.  
**Correspondência:** Rua Pereira Stéfano, 114, cj 911/912 - São Paulo (SP) - 04144-070  
 Tel.: (11) 3477-6768

**ASSINATURA**

Serviços de Vendas por Assinaturas  
 Tel.: (11) 3477-6768

**Loja virtual:** www.factoeditorial.com.br

**PUBLICIDADE**

Para anunciar na **In The Mine** publicidade@inthemine.com.br.  
 Tels: (11) 3477-6768  
 Tais Malta (gerente comercial)  
 tais@inthemine.com.br

**LICENCIAMENTO**

Para licenciar o conteúdo editorial da **In The Mine** em qualquer mídia, ou fazer reprints das páginas da revista, o e-mail é: atendimento@inthemine.com.br.  
 Nenhum material pode ser reproduzido de qualquer forma sem autorização por escrito.

[www.inthemine.com.br](http://www.inthemine.com.br)

**A revista In The Mine - Gestão de Processos e Tecnologia para Mineração**, é uma publicação bimestral da **Editoria Facto**, dirigida aos profissionais e empresas das áreas de Mineração, Meio Ambiente e Equipamentos.  
**Redação e Publicidade** - Pereira Estéfano, 114 - cj 911/912, CEP 04144-070 - São Paulo (SP).  
[www.editorafacto.com.br](http://www.editorafacto.com.br)

**Editor e Jornalista responsável**

Wilson Bigarelli (MTB 20.183)

editor@inthemine.com.br

**Redação** Tébis Oliveira (Editora Executiva),

Fernando Rezende e Marisa Santos

tebis@inthemine.com.br

**Fotógrafos** Betho Rocha (MG) e

Gildo Mendes (SP)

**Ilustradores** Heder e Moacyr Vasquez

**Direção de arte** Ari Maia

**Publicidade** Tais Malta (gerente comercial)

**Circulação** 10 mil exemplares

**DAS MEDIDAS E LIMITES**

Ventos contrários têm tumultuado a mineração brasileira neste começo de 2025. São soprados por instâncias judiciais, mais especificamente pelo Ministério Público Federal (MPF) ou seus equivalentes estaduais. Falamos do assunto nesta edição em notas da seção Mine Prospecção logo a seguir. Trata-se da suspensão total ou parcial de dois projetos - um já licenciado, um com recomendação favorável ao licenciamento - e de uma mina completamente legalizada, que caminha para os dez anos de operação. Ambos os projetos paralisados são de Minas Gerais: o da Mineração Patrimônio, de minério de ferro e manganês, em Ouro Preto, e o da Lithium Ionic, de lítio, em Araçuaí e Itinga. A operação é a da mina Braúna 3, de diamantes, em Nordestina, na Bahia. A primeira danificou uma cavidade supostamente considerada sítio espeleológico e cadastrada no IPHAN. Após a publicidade do caso na imprensa, o órgão negou e o MP-MG solicitou a conversão da suspensão total para parcial. A denúncia está sob investigação. Já a Lithium Ionic e a Lipari, também supostamente, faltaram na consulta prévia a comunidades quilombolas locais. A Lipari há quase uma década. A Lithium por absoluta falta de necessidade: entre o projeto Bandeira e a reclamante Comunidade do Baú não há só uma pedra: há uma rodovia federal e o rio Jequitinhonha. Haja zona de amortecimento...

As decisões judiciais causaram estupor em grupos de mineração e redes sociais afins. Devem ter provocado efeitos bem mais tóxicos nas empresas empreendedoras afetadas. Não digo que estejam erradas e aguardo sentada porque em pé vai cansar, se conseguirem se mostrar acertadas. De toda forma, parar um projeto que sequer começou a ser implantado (Bandeira) é bem diferente de parar uma mina em plena operação. Como já disse o poeta Horácio, "há uma justa medida em todas as coisas; existem certos limites". "Est modus in rebus, sunt certi denique fines", no original em latim.

Já não é fácil emplacar um projeto mineral no Brasil. Há de tudo um pouco: falta de incentivo do governo; rigidez locacional e ausência de mecanismos de financiamento público. Tampouco há uma cultura popular, como na Austrália e Canadá, de investimentos de risco: o brasileiro prefere apostar nas Bets. Há burocracia e morosidade na aprovação de autorizações, licenças e concessões que, quando finalmente obtidas, já não parecem mais tão garantidas. Que segurança jurídica é essa?

Saudações decepcionadas,

**Tébis Oliveira | Editora Executiva**

M I N E M A I L



(www.inthemine.com.br)

**Posts mais clicados**

- Economista põe a Itaminas na rota do minério verde
- Novos potenciais de terras raras no Brasil
- A legislação mineral brasileira é boa?
- Lanças de guindastes nos céus das minas
- O mega transporte de uma britagem semimóvel
- Ouro de garimpos: fim da Boa Fé no comércio
- XCMG realiza testes com off road XDE260
- ST George estima recursos do projeto Araxá
- Riscos e oportunidades em mineração e metais
- Venda da MVV para a Baiyin Nonferrous
- Nexa inaugura Centro de Monitoramento Geotécnico
- Anglo American: 70 vagas em operação de máquinas
- AngloGold Ashanti: inscrições para programa de estágio
- Suporte estrutural para transportador de correia
- A gruta do palácio dos Charruás



facebook.com/inthemine



@intheminet



youtube.com/user/revistainthemine



linkedin.com/company/in-the-mine?trk=biz-companies-cym

Obrigado, Tébis  
 Sempre me admiro com sua capacidade produtiva editorial...  
 Vamos que vamos, apesar do insólito, agressivo,  
 economicamente e ambientalmente perigoso momento  
 trumpista-muskiano que se nos apresenta.

**Ulisses Penha**, geólogo

Caro Ulisses.

Nesses momentos devemos mais que nunca seguir em frente.  
 Gratíssima por seu carinho, atenção e lucidez!

Grande abraço.

**Tébis Oliveira**, editora executiva

Senhora editora,  
 Parabeno a excelente entrevista com Thiago Toscano, CEO da Itaminas. Recentemente, ao ler as notícias da aquisição do Banco Master pelo BRB (Banco de Brasília), fiquei pensando na participação majoritária do primeiro na mineradora. Você sabe informar se essa participação passará ao BRB?  
 Obrigada pela atenção. Saudações,  
**Carlos Eduardo de Alcântara**, administrador

Prezado Carlos Eduardo,  
 Agradeço o elogio à entrevista. Peço desculpas, mas não disponho da informação que solicita. Li em notícias da grande imprensa que o BRB ficará apenas com ativos do Master que sejam de natureza bancária. Caso dos CDBs e precatórios. Vamos acompanhar a análise da transação pelo Banco Central. Qualquer novidade, lhe aviso. Abraço,  
**Tébis Oliveira**, editora executiva

## MINEPROSPECÇÃO

### → PASSIVO AMBIENTAL

Estudo inédito do Instituto Escolhas intitulado Recuperação de áreas de mineração: um tema crítico e estratégico, baseado em dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), revela que o Brasil possui 3.943 títulos de autorização de lavra (11% do total de processos) com indicativos de abandono e áreas degradadas, sem iniciativas para sua recuperação. Do total, 54% são concessões de lavra, a maioria para extração de minerais metálicos e não metálicos, e 34% são operações em regime de licenciamento para extração de areia, argilas, saibro, rochas britadas e ornamentais. Os empreendimentos estão localizados principalmente em Minas Gerais (22%), Rio Grande do Sul (12%), São Paulo (11%) e Santa Catarina (8%). Os principais problemas verificados são áreas desmatadas sem restauração, contaminação de solo e água e instabilidade física de minas abandonadas.

### → SUSPENSÃO JUDICIAL

Desde o início deste ano, o Ministério Público Federal (MPF) e órgãos estaduais correlatos, já determinaram a suspensão do licenciamento ou implantação de dois projetos e de uma operação mineral. A justificativa, no caso do projeto Bandeira, de lítio, da Lithium Ionic, em Araçuaí e Itinga (MG), e da mina Braúna 3, de diamante, da Lipari, na cidade baiana de Nordestina, foi a falta de consulta prévia a comunidades quilombolas locais. Já para a Mineração Patrimônio, da Minerar Participações, em implantação no distrito de Botafogo, Ouro Preto (MG), a causa foi a destruição de uma cavidade natural considerada sítio espeleológico.

Foto: SEMAD-MG



### → NOVA ORDEM

A modificação dessa última decisão foi solicitada em 10 de abril pelo MP-MG, substituindo a paralisação das atividades por sua suspensão parcial – restrita ao raio de 250 m ao redor da cavidade impactada - com base no recurso apresentado pela mineradora. O projeto Mina Patrimônio, que teve sua titularidade alterada da LC Participações para a Minerar Participações em 2023, recebeu a LAC (Licença Ambiental Concomitante), emitida pela SEMAD-MG, no início de fevereiro e começou a ser implantado em março. No requerimento da licença, o empreendedor apresentou estudos espeleológicos (Imagem), objeto de vistoria local por equipe da FEAM e IEF (órgão ambiental e florestal do estado, respectivamente). Em sua análise, os técnicos não encontraram cavidades naturais subterrâneas nem indícios significativos de sua presença, observando apenas reentrâncias naturais na Área Diretamente Afetada (ADA) e em seu entorno, assim como algumas galerias ou túneis de mineração antigos escavados por ação humana. A futura mina terá uma produção ROM de 1.350 Mtpa de minério de ferro e de 150 mtpa de manganês.



Foto: Andrew C. Johnson

### → PARALISAÇÃO E MULTA

Por sua vez, a mina Braúna 3 (Foto), produtora de diamantes localizada em Nordestina, Bahia, e operada pela Lipari, é objeto de uma ação civil pública (ACP) do MPF que determina a paralisação da operação e o pagamento de R\$ 10 milhões por danos morais e coletivos a 12 comunidades quilombolas locais, além de multa diária de R\$ 10 mil, no caso de descumprimento da decisão. Com licenças ambiental, de instalação e operação emitidas em 2014 e operação comercial iniciada em 2016, Braúna produziu 1.190.701 quilates de diamantes brutos naturais a partir de 6,54 Mt de kimberlito até o final de 2024. A Lipari está fazendo a transição da mina a céu aberto para uma mina subterrânea, mas em setembro de 2024, o MPF recomendou ao Inema (órgão ambiental do estado) que não concedesse ou renovasse qualquer licença ambiental para a mina Braúna 3, até que comunidades quilombolas locais fossem consultadas, e que o Incri coordenasse, no prazo de 60 dias, a consulta livre, prévia e informada às comunidades.



Lula lança retomada da Fiol 1, com funcionários da Bamin, em 2023

Foto: Ricardo Stuckert/PR

### → NOS TRILHOS?

As obras da Fiol 1 – Ferrovia Oeste-Leste, entre os municípios baianos de Caetité a Ilhéus – foram retomadas em 15 de abril, após sua paralisação e cancelamento de contrato com a Prumo Engenharia, empresa executora. A operação recomeça no lote 4F, em Brumado, e será realizada pela Bahia Ferrovias (Bafer), subsidiária da Bamin – Bahia Mineração -, que venceu o leilão para a concessão da Fiol 1. Com operação prevista para 2027, o trecho é fundamental para viabilizar a logística da mina Pedra de Ferro, da Bamin, em Caetité. Segundo notícias de imprensa, a Vale estaria sendo pressionada pelo governo federal a adquirir a Bamin, o que é negado pela mineradora brasileira. Em março, a britânica Brazil Iron fez uma oferta de compra por US\$ 1 bilhão ao Eurasian Resources Group (ERG), controlador da empresa baiana. Incluída no PAC (Programa de Aceleração de Crescimento do governo Federal), a Fiol 1 teve a continuidade de suas obras anunciada pela ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres). A Bafer não informou o nome da empresa contratada para execução dessa nova etapa.

## MINEAGENDA

**8º SBGD**

Geologia - Diamante  
08 a 11 de junho - Cuiabá – MT  
[even3.com.br](http://even3.com.br)

**BRAZIL LITHIUM/CRITICAL MINERALS**

Mineração - Congresso  
03 a 05 de junho - Belo Horizonte - MG  
[netzerocircle.org](http://netzerocircle.org)

**BRAZIL EQUIPO SHOW**

Mineração - Equipamentos  
03 a 06 de junho - Jaguariúna – SP  
[beshow.com.br](http://beshow.com.br)

**BRASMIN 2025**

Mineração - Equipamentos  
24 a 26 de junho - Goiânia - GO  
[brasmin.com.br](http://brasmin.com.br)

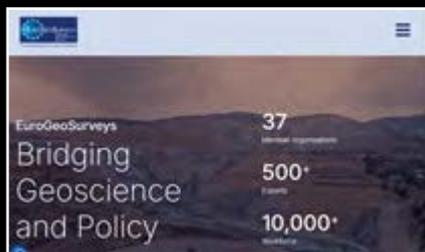
**TAILINGS BRAZIL 2025**

Rejeitos - Seminário  
01 e 02 de julho - Belo Horizonte – MG  
[ibram-eventos.com.br](http://ibram-eventos.com.br)

**AÇO BRASIL 2025**

Congresso - Siderurgia  
26 e 27 de agosto - São Paulo – SP  
[congressoacobrasil.org.br](http://congressoacobrasil.org.br)

## MINEWEB

**EUROGEOSURVEYS (EGS)**

Organização sem fins lucrativos que representa os Serviços Geológicos da Europa, conta com Grupos de Peritos e Forças-Tarefas que, através de seus trabalhos de investigação e atividades colaborativas, juntamente com o fornecimento de mapas geológicos, dados e infraestrutura de dados harmonizados e de acesso aberto, fornecem às instituições europeias, órgãos reguladores, indústria e ao público dados e aconselhamento geocientífico pan-europeus especializados, equilibrados e práticos para orientar políticas e enfrentar os principais desafios sociais. Um dos projetos da entidade é a Parceria UE-América Latina sobre Matérias-Primas, que objetiva a cooperação estruturada entre a União Europeia (EU) e sete países parceiros latino-americanos - Argentina, Brasil, Chile, Colômbia, México, Peru e Uruguai - nos setores extrativos ([eurogeosurveys.org](http://eurogeosurveys.org))

## MINEBOOK

**GEOLOGIA E MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA**

O livro considera um caso de mineração subterrânea de ouro, prata e cobre no estado do Mato Grosso. Trata-se do Projeto Cabaçal, iniciado em 1980, pela BP Mineração, com a seleção de áreas quando foram encontradas rochas de origem vulcânica do tipo Greenstone constituindo um ambiente favorável para a hospedagem de ouro, cobre, prata e zinco, como já observado em depósitos no Canadá, Austrália e África do Sul. A obra aborda principalmente questões de Geologia e Engenharia de Minas. Indicado para empresas de mineração, governos e pesquisadores interessados na exploração sustentável dos recursos minerais, o livro também serve como um guia prático para profissionais que

atuam na indústria de mineração, fornecendo insights valiosos sobre as melhores práticas e desafios a serem superados. O autor, Flávio Hegenberg é geólogo formado pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), com mestrado pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) e PhD pela University of Leeds, no Reino Unido ([amazon.com.br](http://amazon.com.br))

## MINE MARKET

Foto: Machado Gobbo Advogados/Divulgação

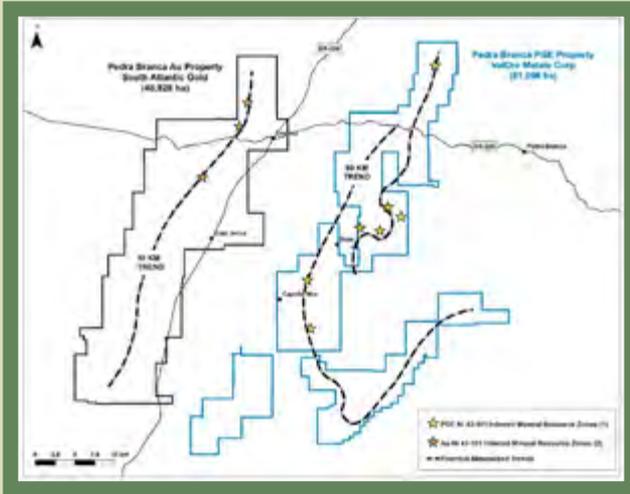
**→ LÍTIO EM FOCO**

A Pilbara Minerals nomeou Leandro Gobbo (Foto) como vice-presidente de suas operações no Brasil. O advogado foi diretor e consultor jurídico da Latin Resources. Com sua aquisição pelo grupo australiano, caberá a ele, segundo comunicado à imprensa da Pilbara, “supervisionar a exploração, licenciamento, estratégia regulatória, ESG e relações com as partes interessadas” do projeto Colina (ex-Salinas), de lítio, que será implantado na cidade mineira de Salinas. Colina tem produção média estimada de 218 mtpa de concentrado de espodumênio e início das operações previsto para 2026. A Pilbara anunciou a compra da Latin Resources

em agosto de 2024, mas concluiu a transação somente em fevereiro de 2025. A empresa pretende otimizar ainda mais o plano de mina, o fluxograma e o design do projeto Colina, incorporando a expertise adquirida na mina Pilgangoora, que opera na Austrália. Também está prevista a expansão da exploração mineral, visando ampliar o depósito para testar novas perspectivas de extração e beneficiamento e preencher o Recurso Mineral existente.

## MINEMARKET

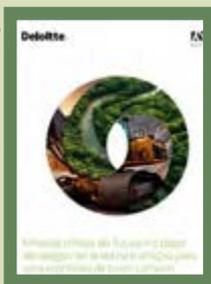
Foto: ValOre Metals/Divulgação



### → FUSÃO DE ATIVOS

Acordo definitivo de aquisição da South Atlantic Gold pela ValOre Metals foi fechado em 26 de março de 2025. Com a negociação, a South Atlantic Gold se fundirá à ValOre Subco, subsidiária da ValOre, criando a Amalco. O acordo dispõe que a ValOre adquira todas as ações ordinárias emitidas e em circulação da South Atlantic emitindo, em contrapartida, 38.500.000 ações ordinárias, equivalentes a cerca de CAD\$ 2,8 M e a uma participação em torno de 14,4% no capital da empresa pelos detentores de ações da South Atlantic. A Amalco passa a responder pelo projeto Pedra Branca, de ouro, em Tauá, no Ceará, que será integrado ao projeto homônimo próximo da ValOre, de PGE - Elementos do Grupo Platina (veja imagem), totalizando uma propriedade de 99.924 ha.

Foto: Epiroc/Divulgação



### → LIÇÃO DE CASA

Estudo Minerais Críticos do Futuro (Imagem), da Deloitte e da AYA Earth Partners, divulgado em março, aponta que o Brasil pode agregar R\$ 243 bilhões a seu PIB, nos próximos 25 anos, com o aproveitamento de minerais críticos. Para isso, dizem as consultorias, o país precisa acelerar a implementação de políticas públicas longevas que incentivem investimentos da iniciativa privada nesses minerais. O relatório propõe sete medidas para atingir esses objetivos: mapeamento do potencial mineral brasileiro, incentivo à pesquisa mineral e redução do prazo de licenciamento das áreas de exploração; criação de um marco legal para minerais críticos; proporcionar investimentos para incentivar a produção, refino e processamento de minerais críticos; fomentar a transição energética, por meio de incentivos fiscais e da ampliação de políticas específicas; incentivar a descarbonização da mineração; restaurar a imagem da mineração do Brasil, combatendo a atividade ilegal; e firmar parcerias internacionais com países que demandam minerais críticos, como Estados Unidos, China e União Europeia.

### → NOVO CEO

No início de abril, Vitor Eduardo de Almeida Saback (Foto) deixou o cargo de secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), do Ministério de Minas e Energia (MME), que exercia desde 2023, para assumir como CEO da Paranapanema. Sediada na Bahia e maior produtora brasileira não-integrada de cobre refinado, a empresa entrou em recuperação judicial em dezembro de 2022 somando dívidas de R\$ 450 milhões. Em 2024, registrou prejuízo líquido de R\$ 2,1 bilhões. O plano de reestruturação dos negócios, aprovado pelos credores em março de 2025 e enviado à Justiça, inclui a obtenção de recursos com a emissão de cerca de 5,86 milhões de novas ações. Em paralelo, seu Conselho de Administração autorizou o aumento de capital social da empresa em R\$ 6,56 milhões. Saback assume a presidência com o desafio de conduzir o processo de reestruturação e retomar a estabilidade operacional da Paranapanema.



Foto: ANA/Divulgação

### → CAPITALIZAÇÃO

Avaliada em cerca de R\$ 132 milhões, a Paranapanema acumulou uma alta de 97% de suas ações (PMAM3) desde o início de 2025, resultado creditado a seu plano de reestruturação. A valorização mais recente dos papéis, superior a 20%, aconteceu em abril, quando Luiz Barsi, um dos maiores investidores da B3, bolsa de valores brasileira, aumentou sua participação para 5% do capital social da empresa. Conhecido como o "rei dos dividendos", Barsi já era acionista da Paranapanema e justificou a operação à Comissão de Valores Mobiliários (CVM) como "adequação de portfólio", sem qualquer interesse em interferir no controle da companhia nem em sua estrutura administrativa.

### → TEORES MENORES

Anunciados em 10 de abril, os resultados preliminares do 1T25 da Aura Minerals indicam a redução de 9% da produção de ouro no período, em relação ao 4T24, e de 7% em comparação com o 1T24, totalizando 60.087 onças equivalentes de ouro (GEO) nas minas Arazanzu (México), Minoza (Honduras) e Apoena e Almas (Brasil). A empresa mantém a projeção de produzir entre 226 e 300 mil GEO no ano, em especial considerando a operação de sua quinta mina, Borborema, também no Brasil, iniciada no final de março passado, com produção estimada entre 33 e 40 mil onças em 2025. O resultado do primeiro trimestre é creditado à redução do minério beneficiado e ao aumento do tempo de parada programada para manutenção, no caso de Arazanzu. Em Minoza, Apoena e Almas, o principal fator foi a redução dos teores de minério.



# CONTRATOS MINERÁRIOS E O INSTITUTO DA REVISÃO NA VISÃO DO STJ

Tema recorrente para as empresas de mineração é a discussão sobre a possibilidade jurídica de revisar os contratos minerários. Os contratos minerários regulam, em regra, relações de longo prazo, dada a natureza também perene dos empreendimentos minerários. As Concessões de Lavra são outorgadas sem prazo determinado, ou seja, até que as reservas minerais se esgotem, o minerador prioritário pode explorar economicamente o material contido nas jazidas, sendo de sua propriedade exclusiva todo o produto da lavra. Essa é a previsão do artigo 176 da CF/88, que não restringe o conceito de produto da lavra em nenhum sentido – nem técnico, nem econômico, tampouco jurídico.

Esse regime especial atrai relações duradouras, como aquelas firmadas entre minerador e superficiário, minerador e Poder Público, minerador e terceiros diversos (prestadores de serviço, parceiros, colaboradores etc.). Tão comum como contratos longevos, próprios do setor mineral, é também a pretensão de uma das partes de que eles sejam revistos, em razão de onerosidades excessivas supervenientes. Diferentemente de outras atividades de utilidade pública, como a geração e fornecimento de energia e as concessões viárias, que pressupõem um contrato de prestação de serviços, e, portanto, uma certa previsibilidade nas obrigações

assumidas, a mineração é atividade de alto risco e sujeita a oscilações de mercado relevantes. Essa é uma das razões para que os pleitos revisionais sejam recorrentes no setor.

As ações revisionais de contratos são fundamentadas na possibilidade trazida nos artigos 478 e seguintes do Código Civil, que se aplicam sem restrições aos contratos minerários. Esse tema também é recorrente no âmbito do Superior Tribunal de Justiça.

É possível se ter uma visão clara sobre os requisitos que a Corte Superior exige para que a revisão de cláusulas contratuais seja autorizada pelo Poder Judiciário. Tais requisitos são, basicamente: (i) superveniente onerosidade excessiva para a parte que pretende revisar o contrato; (ii) extrema vantagem para a outra parte, em razão de tal alteração fática; e (iii) que essa onerosidade tenha decorrido de algum evento extraordinário e imprevisível, por aplicação da Teoria da Imprevisão. Tais requisitos são cumulativos, o que significa que a mera alteração dos fluxos e tendências de mercado, por exemplo, não justificam, por si só, a possibilidade jurídica de revisão dos contratos.

Esse entendimento foi recentemente enfrentado em discussões judiciais havidas em razão da pandemia da Covid-19, que motivou elevação substancial do

índice de reajuste de preços IGPM. Inúmeras ações foram propostas e passou-se a entender que as revisões contratuais até poderiam ser possíveis dado o fato imprevisível, mas que deveriam ser aplicadas no caso concreto, de modo a se demonstrar, também, o cumprimento dos demais requisitos da ação revisional. A conclusão é que a pandemia interferiu de forma substancial e consideravelmente prejudicial na relação negocial (a título de exemplo, o AgInt no AREsp 2750009/RN, julgado em 17/02/2025).

Há outros acórdãos que deixam esse posicionamento claro e uma posição restritiva do STJ de viabilizar a flexibilização do princípio do pacta sunt servanda<sup>3</sup>, para não permitir a revisão de contratos. Nesse sentido: AgInt no REsp 1975137 / RJ, julgado em 14/10/2024; AgInt no REsp 1.993.767/CE, julgado em 04/09/2023; e AgInt no REsp 1644664 / RS, julgado em 27/08/2024.

Há um caso específico do setor mineral, julgado em 05/05/2005, e que, dado o lapso temporal, não representa entendimento atual e majoritário do STJ, no sentido de acolher a possibilidade de revisão de contrato de compra e venda de direitos minerários, em razão da inflação exacerbada. Trata-se do REsp 46532/MG que, além dessa imprevisibilidade identificada, para justificar a revisão do preço, também levou em consideração uma previsão específica do contrato objeto do caso concreto.

O que deve orientar, portanto, as decisões empresariais é que a revisão dos contratos é medida extrema, prevista para situações absolutamente excepcionais e imprevisíveis. Logo, os contratos de longo prazo, como os contratos minerários, tanto quanto possível e conveniente, podem prever mecanismos de revisão particulares e aplicáveis segundo as regras entabuladas pelas partes contratantes. ■

<sup>1</sup> WILLIAM FREIRE. Advogado. Professor de Direito Minerário. Fundador do Instituto Brasileiro de Direito Minerário (IBDM). Coordenador do Departamento do Direito da Mineração do Instituto dos Advogados de Minas Gerais. Cooordenador do Comitê de Direito da Mineração e Direito Ambiental do Cesa/MG (Centro de Estudo de Sociedade de Advogados). Árbitro da Câmara de Mediação e Arbitragem Empresarial Brasil (Camarb). Alguns livros publicados: Comentários ao Código de Mineração. (2ª ed. 1995). Revista de Direito Minerário (1997. Vol. I – coordenador). Direito Ambiental Brasileiro (1998). Revista de Direito Minerário (2000. Vol. II – coordenador). Recurso Especial e Extraordinário (2002 – coautor). Os recursos cíveis e seu processamento nos Tribunais (2003 – coautor). Direito Ambiental aplicado à Mineração. Belo Horizonte: (2005). Natureza Jurídica do Consentimento para Pesquisa Mineral, do Consentimento para Lavra e do Manifesto de Mina no Direito brasileiro (2005). Código de Mineração em Inglês (2008 – cotradutor). Dicionário de Direito Minerário. Inglês – Português. (2ª ed. 2008 – coautor). Gestão de Crises e Negociações Ambientais (2009). Dicionário de Direito Ambiental e Vocabulário técnico de Meio Ambiente. (2ª ed. 2009 – coordenador). Mineração, Energia e Ambiente (2010 – coordenador). Fundamentals of Mining Law (2010). Código de Mineração Anotado e Legislação complementar em vigor. (5ª ed. 2010). Aspectos controvertidos do Direito Minerário e Ambiental (2013 – cooordenador). The Mining Law Review. (6ª ed.). Capítulo do Brasil. London: The Mining Law Reviews (2017). Direito da Mineração. Cooordenador (2017). Capítulo: Avaliação judicial de rendas e danos para pesquisa mineral. Riscos Jurídicos na Mineração. Manual (2019). O mínimo que todo empresário necessita saber sobre Direito Penal. Manual (2019 – coautor). International Comparative Legal Guides. Mining Law 2020: A practical cross-border insight into Mining Law. (7ª ed.). London: Global Legal Group Limited (2020), capítulo Brasil, e Direito Minerário: Acesso a imóvel de terceiro para pesquisa e lavra. (2ª ed. 2020). Direito da Mineração (Instituto dos Advogados de Minas Gerais, 2ª ed. 2023 – organizador).

<sup>2</sup> ANA MARIA DAMASCENO. Doutoranda em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG; Mestra em Direito pela Universidade Federal de Ouro Preto - Ufop; Graduada em Direito pela UFMG; Pós-graduada em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MINAS; Especialista em Direito Minerário pelo Centro de Estudos em Direito e negócios - Cedin; Professora Universitária; Advogada e Diretora Administrativa do Instituto Brasileiro de Direito Minerário –IBDM. Membro do Comitê Jurídico e de Compliance do WIM Brasil. Sócia das áreas de Resolução de Disputas e Assuntos Fundiários no William Freire Advogados Associados. E-mail: ana@williamfreire.com.br.

<sup>3</sup> Trata-se do princípio que diz que os pactos devem ser cumpridos tal como foram ajustados

# EVOLUÇÃO DOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA MINERAL 2003-2023

Por **David Siqueira Fonseca e Mathias Heider<sup>1</sup>**

## 1. INTRODUÇÃO

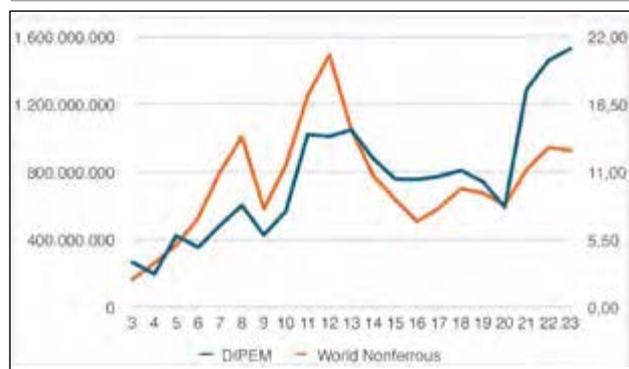
Pesquisa mineral é a fase da indústria mineral em que se pretende encontrar novos recursos minerais (projetos greenfield) ou ampliar os já existentes (projetos brownfield). No caso de projetos greenfield é uma atividade de alto risco e, segundo Marini (2016), de cada 1.000 alvos preliminares (ocorrências minerais), apenas 1 torna-se efetivamente uma mina, sendo que as descobertas de grandes depósitos no mundo têm sido cada vez mais escassas e profundas, o que faz com que as empresas incorram em custos mais elevados. No Brasil, os titulares de alvarás de pesquisa declaram a pesquisa greenfield via Declaração de Investimentos em Pesquisa Mineral – DIPEM e os investimentos brownfield no Relatório Anual de Lavra – RAL. Este artigo objetiva detalhar o que foi declarado na DIPEM ao longo do período de 20 anos (2003 a 2023).

A DIPEM foi instituída pela Portaria nº 259, de 16 de julho de 2004, do Diretor-Geral do então DNPM (Departamento de Produção Mineral), com base no inciso II do art. 13 do Código de Mineração, no inciso VIII do art. 3º da Lei nº 8.876, de 1994, e no inciso VIII do art. 25 do Regulamento do Código de Mineração, que tratam da obrigatoriedade do fornecimento de informações ao órgão para a implantação e gerenciamento de bancos de dados, de forma a subsidiar as ações de política mineral necessárias ao planejamento governamental. Em 2013, a Portaria foi atualizada pela de nº 519/DNPM, no qual a entrega da DIPEM passou a ser apenas por meio eletrônico.

## 2. EVOLUÇÃO DA DIPEM E DA PESQUISA MINERAL

O gráfico 1 apresenta a evolução do investimento em pesquisa mineral de 2003 a 2023. Para comparação, inserimos os investimentos mundiais em exploração mineral no mesmo período, referentes a minerais não ferrosos, conforme pesquisa da S&P Global. Nota-se que a DIPEM acompanha a tendência da pesquisa mineral mundial, com quedas em 2009, devido à crise do Subprime, e em 2020, início da pandemia do COVID.

Gráfico 1- Evolução dos investimentos em pesquisa mineral de 2003 a 2023



Fonte: DIPEM, em R\$, valores à esquerda, e S&P Global (Mining Exploration Trends Overview 2023 | S&P Global), em US\$ bilhões, valores à direita

Andrade (2001) em sua Tese de Doutorado, mostra a diminuição dos investimentos em pesquisa mineral no Brasil no período 1982 a 1998, que iniciaram com US\$ 279 milhões e terminaram a série histórica com US\$ 68 milhões, um quarto do valor inicial, com forte concentração nos minerais metálicos. De fato, a década de 1990 é conhecida pela paralisação dos investimentos, reduzidas cotações das commodities minerais e ausência de empregos para profissionais da área de Geologia/Engenharia de Minas.

Conforme o Gráfico 1, o panorama da pesquisa mineral mudou nos anos 2000, com a retomada dos investimentos devido ao crescimento de economias emergentes, como a China e a Índia, e a entrada do mundo no chamado superciclo das commodities, boom que gerou um aumento no número de requerimentos de pesquisa mineral no Brasil. A partir de 2020, o cenário mineral começou a mudar com a descarbonização da economia, que passou a ser uma meta global, e a demanda por tecnologias de energia limpa levou a um aumento na exploração de metais de transição energética, como lítio, cobalto, grafite e terras raras.

Atualmente estão registrados na ANM (Agência Nacional de Mineração) 23.707 requerimentos de pesquisa, 102.915 autorizações de pesquisa e 3.898 direitos de requerer a lavra, fase na qual o Relatório Final de Pesquisa já foi aprovado pela ANM (base abril de 2025, disponível em: <https://geo.anm.gov.br/portal/apps/dashboards/3a3d30677bb743e2901818e906257ce4>). A série histórica dos títulos minerários, desde 1988, pode ser obtida em: [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/mineracao-em-numeros/copy\\_of\\_estatisticas/evolucao-dos-titulos-minerarios-no-brasil/evolucao-dos-direitos-minerarios-1988-2024.pdf](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/mineracao-em-numeros/copy_of_estatisticas/evolucao-dos-titulos-minerarios-no-brasil/evolucao-dos-direitos-minerarios-1988-2024.pdf). Com a transformação do DNPM em ANM e a atualização da legislação minerária/medidas regulatórias, o Brasil adotou o conceito de recursos e reservas, editando a Resolução 94/2022. Essa resolução disciplina a classificação das reservas minerais, com base em padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados, nos termos do § 4º do art. 9º do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, e dá outras providências.

Uma das formas de financiamento de pesquisa mineral é o modelo das bolsas de valores, como as de Toronto (TMX) e Austrália (ASX), modelo que as entidades do setor no Brasil envidam esforços para trazer ao país, o que poderia levar a um incremento na pesquisa mineral. Como mecanismos de incentivo há o Flow to Share, usado no Canadá, em que os investidores podem deduzir os custos da pesquisa como incentivo fiscal.

Em termos de inovação na pesquisa mineral nos últimos anos cita-se o uso da Inteligência Artificial (IA) no processamento dos dados e informações, geoprocessamento, digitalização e integração de dados e análises geoestatísticas. A pesquisa mineral se insere na chamada Mineração 4.0, em que o algoritmo inteligente de estatística e otimização realiza tarefas complexas, como a modelagem geológica e a avaliação inicial de viabilidade econômica.

## 3. PRINCIPAIS SUBSTÂNCIAS

Em relação às substâncias minerais, é importante ressaltar que no mundo, segundo a publicação S&P Global 2021, os orçamentos de exploração mineral foram alocados no período 2010-2020, entre as substâncias não ferrosas, principalmente para ouro (60%), cobre (28%), chumbo/zinco (7%) e níquel (5%). No Brasil, selecionamos para o período 2003-2023 as principais substâncias em termos de valor investido, conforme mostrado na Tabela 1 e visualmente no gráfico 2.

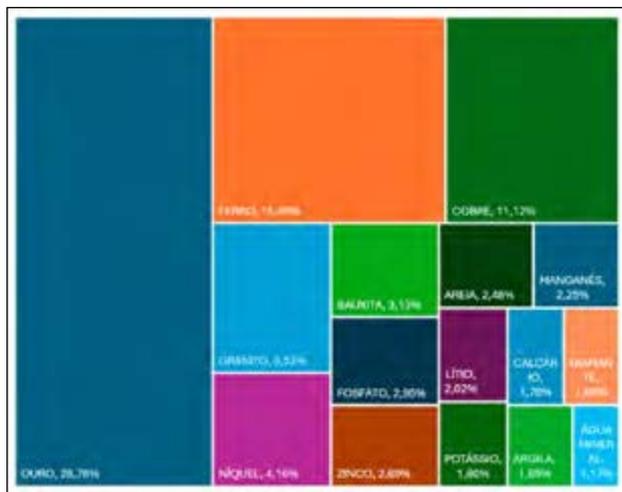
**Tabela 1** - Valor e percentual de investimento por substância, acumulado de 2003 a 2023

POSIÇÃO	SUBSTÂNCIA	R\$ BILHÕES	% DO TOTAL
1º	OURO	4,6	28,78%
2º	FERRO	2,4	15,00%
3º	COBRE	1,8	11,12%
4º	GRANITO	0,88	5,52%
5º	NÍQUEL	0,66	4,16%
6º	BAUXITA	0,5	3,13%
7º	FOSFATO	0,47	2,95%
8º	ZINCO	0,43	2,69%
9º	AREIA	0,4	2,48%
10º	MANGANÊS	0,36	2,25%
11º	LÍTIO	0,32	2,02%
12º	POTÁSSIO	0,29	1,80%
13º	CALCÁRIO	0,27	1,70%
14º	DIAMANTE	0,27	1,69%
15º	ARGILA	0,26	1,65%
16º	ÁGUA MINERAL	0,19	1,17%
Total DIPEM		16,01	

Fonte: DIPEM, 2003 a 2023

**Gráfico 2-**

Percentual de investimento por substância, acumulado de 2003 a 2023



Fonte: DIPEM 2003 a 2023

Segue o detalhamento das principais substâncias:

- Ouro: foi primeiro lugar nos investimentos em quase toda a série, menos em 2021, quando perdeu para o ferro. O melhor ano foi em 2009 quando representou 46% do total dos investimentos. No acumulado de 2003 a 2023 foram investidos R\$ 4,6 bilhões, ou 28,78% do total da DIPEM;
  - Ferro: não aparece na série histórica de forma significativa até 2007. Em 2008 assumiu a segunda posição dos investimentos e ficou de forma relevante até o final da série. Em 2021 foi o único ano em que assumiu a primeira posição, com 36,4% dos investimentos, o que indica uma boa resposta às cotações recordes observadas naquele ano. No acumulado de 2003 a 2023 foram investidos R\$ 2,4 bilhões, o que representa 15% do total;
  - Cobre: sempre relevante na série, no mesmo patamar da bauxita até 2008, e depois quase sempre alternando com o ferro na segunda colocação. Em 2022 representou 19,4% dos investimentos e, em 2023, ficou com 14,8% de participação. No acumulado de 2003 a 2023, os investimentos em cobre somaram R\$ 1,8 bilhão ou 11,2% do total da DIPEM;
  - Granito: aparece entre as dez principais substâncias minerais em toda a série histórica, mostrando a importância e potencial força das rochas ornamentais no Brasil, além do seu uso na construção civil (brita). Em 2005 e 2006 ocupou o segundo lugar no ranking de investimentos, com 20% e 16% do total, respectivamente. No acumulado de 2003 a 2023, os investimentos em granito somaram R\$ 883 milhões, equivalentes a 5,52% do total da DIPEM;
  - Níquel: relevante até 2008, sendo que, em 2007, representou 20,2% dos investimentos, atrás apenas do ouro. No acumulado de 2003 a 2023, os investimentos em níquel somaram R\$ 666 milhões (4,16% do total da DIPEM);
  - Bauxita: aparece de forma relevante de 2003 a 2012, sendo que, em 2004, atingiu a segunda posição com 11,9% dos investimentos totais. No acumulado da série 2003 a 2023 foi a sexta substância que mais recebeu investimentos, com R\$ 501 milhões, representando 3,13% do total da DIPEM;
  - Fosfato e Potássio: o fosfato só aparece na série de forma relevante em 2009, refletindo a alta de preços, e ficou entre as 10 primeiras substâncias até 2019, sendo que em 2014 e 2015 representou mais de 7% dos investimentos totais. Foi a sétima substância no acumulado de 2003 a 2023, com R\$ 472 milhões investidos. O potássio, por sua vez, ficou entre as dez maiores substâncias de 2011 a 2014, sendo que, em 2013, representou 6,1% dos investimentos totais. De 2003 a 2023 foi a décima segunda maior substância em valores investidos, com R\$ 289 milhões;
  - Zinco: aparece em vários anos da série e em 2017 e 2018 ultrapassou os 6% de participação nos investimentos. No acumulado 2003 a 2023 foi a oitava maior substância, com R\$ 430 milhões de investimentos, correspondentes a 2,69% do total da DIPEM;
  - Areia: possui baixos valores de investimentos por processo, mas devido à quantidade acaba sendo relevante na série. No acumulado 2003 a 2023 ficou na nona posição, com R\$ 397 milhões;
  - Manganês: nunca teve uma participação muito significativa, mas entre 2019 e 2021 aparece entre os primeiros colocados, com 5,1% de participação em 2020, coincidente com os aumentos de preços. No acumulado 2003 a 2023 ocupa a décima posição, com R\$ 359 milhões;
  - Lítio: aparece de forma relevante em 2022 e 2023, sendo que nesse último ano da série histórica representou quase 14,5% dos investimentos totais da DIPEM. Esses dois anos foram responsáveis por colocar a substância na décima primeira posição entre as maiores no acumulado de 2003 a 2023, com R\$ 323 milhões.
- Outras substâncias como o calcário, diamante, argila e água mineral completam o ranking das 16 maiores substâncias de 2003 a 2023. O diamante foi pesquisado no Brasil de forma efetiva na série histórica, até 2008, registrando um recorde em 2003 com 14,5% dos investimentos totais, em segunda posição, atrás somente do ouro. O fim dos investimentos relevantes na substância coincide com a saída da DeBeers do Brasil.
- Por fim, em relação às médias de investimentos (total de investimentos pela quantidade de processos), considerando apenas o ano de 2023, o cobre ficou com uma média de participação de R\$ 657.378; o lítio com R\$ 596.854; o níquel com R\$ 489.950; o zinco com R\$ 445.423; o ouro com R\$ 320.243; e o ferro com R\$ 296.390, sendo que o ouro é a substância, entre as citadas, com maior quantidade de processos.

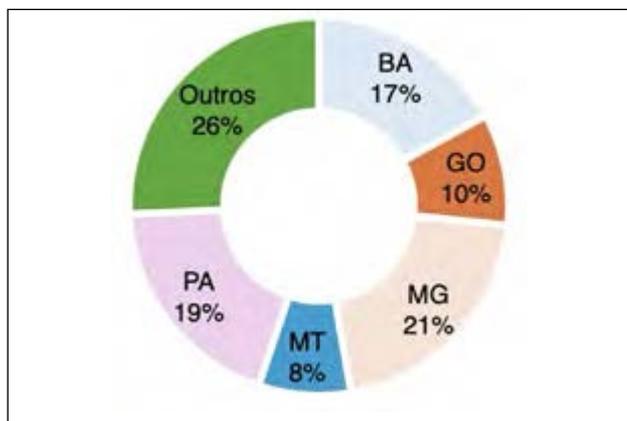
#### 4. ANÁLISE DA DIPEM NOS PRINCIPAIS ESTADOS

Em relação aos Estados, considerando o totalizador de 2003 a 2023, Minas Gerais, Pará e Bahia foram os principais destinos dos investimentos na pesquisa mineral, com R\$ 3,3 bilhões, R\$ 3 bilhões e R\$ 2,7 bilhões, representando, 21%, 19% e 17% dos totais, respectivamente. Goiás e Mato Grosso completam o rol dos cinco principais Estados que receberam mais de R\$ 1 bilhão cada no período, sendo R\$ 1,5 bilhão para Goiás e R\$ 1,3 bilhão para Mato Grosso.

Os demais Estados foram classificados como "Outros" representando R\$ 4,1 bilhões entre 2003 e 2023. Individualmente ficaram bem distantes dos cinco primeiros, mas, como era de se esperar, despontam de acordo com determinadas substâncias. Como exemplo, pode-se citar o investimento em potássio no Amazonas a partir de 2011, elevando em mais de dez vezes o valor que era investido anualmente, de R\$ 5 milhões para R\$ 59 milhões em 2013. Dos demais Estados, o mais relevante foi o Rio Grande do Sul, com R\$ 403 milhões, seguido de Ceará (R\$ 377 milhões), Tocantins (R\$ 331 milhões) e Amazonas (R\$ 329 milhões), sempre considerando os valores acumulados de 2003 a 2023. Os demais Estados receberam menos de R\$ 300 milhões no período apurado.

Gráfico 3-

Evolução dos investimentos em pesquisa mineral de 2003 a 2023, por Estado



Fonte: DIPEM 2003 a 2023

#### 5. SEGMENTAÇÃO DOS INVESTIMENTOS

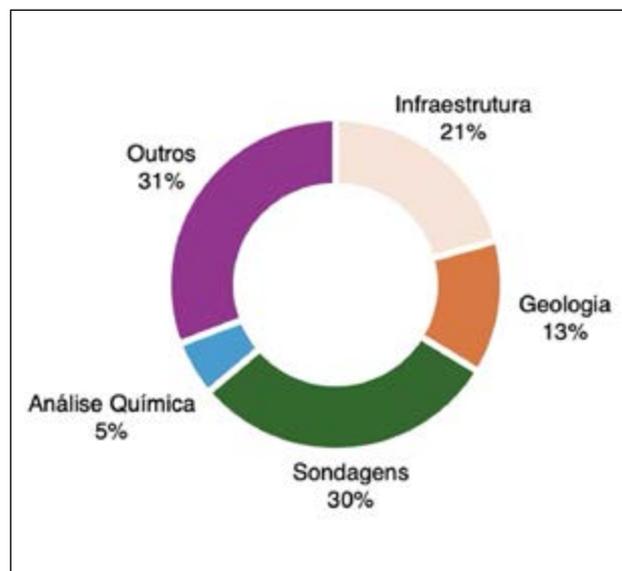
De 2019 a 2023, os investimentos estão segmentados nas áreas de Infraestrutura, Geologia, Prospecção Geoquímica, Sondagens, Análise Física, Galeria/Shafts, Topografia/Cartografia/Desenho, Trincheira/Poço, Prospecção Geofísica, Análise Química, Ensaio de Beneficiamento e Outros. Desse conjunto, apenas os itens apresentados na Figura 4 são representativos: Sondagens (30%), Infraestrutura (21%), Geologia (13%) e Análise Química (5%).

#### 6. CONCLUSÕES

A diversidade geológica brasileira mostra que a pesquisa mineral é bastante abrangente em termos de substância, sendo que os maiores investimentos no período de 2003 a 2023 foram em ouro, cobre e ferro. Em relação aos Estados, pontuam principalmente Minas Gerais, Pará e Bahia. Quanto à segmentação das atividades, o foco está em sondagens, infraestrutura e Geologia.

Gráfico 4-

Detalhamento dos investimentos em pesquisa mineral de 2019 a 2023



Fonte: DIPEM 2003 a 2023

O potencial identificado para as argilas iônicas em diversas unidades federativas no Brasil deverá refletir em relevante elevação na pesquisa de Terras Raras. Os minerais críticos para a transição energética também permitem estimar substancial elevação nos próximos anos, como já acontece com o lítio. No entanto, como mostra a série histórica, ouro, cobre e ferro deverão continuar a ser as principais substâncias pesquisadas no Brasil.

Uma série de projetos relevantes foram resultantes desses investimentos: fosfato, na Serra do Salitre e Patrocínio (MG); chumbo, cobre e zinco, pela Karmin-Nexa (MT); bauxita em Barro Alto (GO); terras raras com a Serra Verde (GO); diamante com a Lipari (BA); vanádio com a Largo (BA); lítio com a Sigma Lithium (MG); níquel com a Atlantic Nickel (BA); cobre com Salobo, Antas North, Pedra Branca e Tucumã (PA); ouro com a Serabi(PA), Amarillo/Hoschchild (GO), Luna/Equinox (MA) e Nova Xavantina (MT); e Ferro com a Bamin (BA) e a Anglo American (MG).

Cabe destacar o exitoso trabalho realizado pela Companhia Baiana de Pesquisa Mineral - CBPM, que foi nucleador de diversos projetos de mineração na Bahia. Já o Projeto de Lei 5424/2023 dispõe sobre medidas para incentivo ao capital privado para investimento em pesquisa mineral, nos moldes do já citado Flow Through Share adotado no Canadá.

A pesquisa mineral é fundamental para identificar e quantificar depósitos minerais (reduzindo os riscos do projeto e maximizando o aproveitamento mineral) e sua continuidade durante a etapa de lavra permite detalhar a jazida e ampliar as reservas. A reposição das reservas minerais representa a continuidade da atividade mineral, garantindo o atendimento das necessidades do mercado e maximizando os benefícios da mineração. O mapeamento geológico eleva o conhecimento geológico em escalas apropriadas, servindo de grande estímulo à pesquisa mineral. A constância dos procedimentos de oferta pública seguida de leilão repõe áreas e movimentam o setor, evitando o acúmulo de áreas paradas na ANM e aumentando os investimentos em pesquisa mineral. ■

Veja Referências Bibliográficas em [inthemine.com.br](http://inthemine.com.br)

<sup>1</sup>Especialistas em Recursos Minerais da Agência Nacional de Mineração (ANM)

# Potencialize sua eficiência

A estrela da Indústria da Mineração

[www.liebherr.com.br](http://www.liebherr.com.br)

## LIEBHERR

Liebherr Mining PR 776



# OPERAÇÃO E ESTUDOS ACADÊMICOS EM LAVRA SUBTERRÂNEA

A jornada de evolução tecnológica da AngloGold Ashanti e as teses de pós-graduação de alunos da Escola de Minas da UFOP, Universidade Federal de Ouro Preto, em Minas Gerais

Por **Tébis Oliveira**

Foto: Sandvik/Divulgação



Carregadeira Toro™ LH410, da Sandvik, em mina subterrânea

Neste Especial Minas Subterrâneas trazemos a operação de excelência da AngloGold Ashanti e, graças à parceria com o professor de Engenharia de Minas José Margarida da Silva, entrevistado da seção Mine Personalidade da edição, teses de doutorado e mestrado de alunos da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e um artigo de Rita de Cássia Pedrosa Santos, também professora de Engenharia de Minas da instituição.

No caso da AngloGold, a matéria trata da evolução significativa da infraestrutura das minas subterrâneas, impulsionada por avanços tecnológicos, pelo aprimoramento das condições de segurança e pelo aumento da eficiência operacional, em especial com o aperfeiçoamento dos sistemas de ventilação, métodos de contenção do maciço e da logística e transporte no interior das minas.

Entre as teses, temos a dissertação de

mestrado de Cassiano Emílio da Silva sobre o uso de dispositivos vestíveis tecnológicos na mineração, com base na crescente digitalização de sistemas e automação de processos produtivos. O mesmo autor assina o artigo sobre uso de drones na mineração, abordando a inserção de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) ou RPA (Aeronaves Remotamente Pilotadas), nos levantamentos topográficos e sua aplicação no acesso a áreas confinadas e de risco, sem a exposição de trabalhadores.

A tecnologia Ore Sorting para minério de ferro, apresentada por Jonathan Alves Gomes Ferreira Melo, parte de testes e ensaios com amostras de minério, variando entre 50 mm e 6,3 mm de tamanho, obtidas junto às minas Abóboras e do Pico, respectivamente em Nova Lima e Itabirito (MG), do Complexo Varagem Grande da Vale. O trabalho objetiva elevar o teor de ferro de produtos granulados por meio da remoção de mine-

rais de ganga por meio da separação de minério por sensores.

Na dissertação de mestrado "Resistência à Compressão Uniaxial do Enchimento de Rejeito Cimentado na mina subterrânea de ouro Turmalina, da Jaguar Mining", Daniel Henrique dos Santos Garcia avalia a capacidade de um material resistir à aplicação de forças de compressão, para o enchimento de mina do tipo pastefill, frente à variação da porcentagem de cimento Portland usada em sua composição.

Dois trabalhos são dedicados às tecnologias para ventilação de minas subterrâneas. Em seu artigo, a professora Rita de Cássia Pedrosa Santos explica o investimento cada vez maior das empresas em tecnologias e equipamentos que utilizam IoT (Internet das Coisas) para melhorar seu sistema e garantir a segurança, citando como exemplos ventiladores de alta eficiência e sistemas de refrigeração, além do emprego de sistemas supervisórios para coleta, armazenamento e monitoramento de dados sobre ventilação em tempo real e do uso da ventilação sob demanda (VOD).

Por sua vez, Leandro de Vilhena Costa, autor da tese de doutorado "Análise via simulação da ventilação em mina subterrânea: estudo de caso mina Córrego do Sítio I", investiga a ventilação da Mina Córrego do Sítio I, da AngloGold Ashanti, localizada em Santa Bárbara, Minas Gerais, por meio de simulação computacional. O estudo demonstrou que a mudança de equipamentos a diesel por elétricos pode reduzir a demanda por ventilação em até 40%, com diminuição dos custos operacionais e ganhos de eficiência de processo. ■

# TECNOLOGIA RECONFIGURA A LAVRA EM SUBSOLO

Por **redação ITM**

Novos equipamentos e processos vencem desafios e riscos de operações a grandes profundidades, com ganhos ambientais, de segurança e custos

Foto: AngloGold Ashanti/Divulgação



*Reforço estrutural com concreto, tirantes e telamento*

Em Minas Gerais, na cidade de Sabará, a produtora de ouro AngloGold Ashanti (AGA) opera o Complexo Cuiabá Lamego, composto das minas Cuiabá, com 1.700 m de profundidade, e Lamego (850) m, ambas lavradas pelo método sublevel stoping. Em Crixás, Goiás, fica a Mineração Serra Grande, com as minas Corpo IV (904 m de profundidade); Ingá (979 m); III VQZ (1.145 m); Pequizeiro (565 m) e Nova (154). Nesse conjunto, a

lavra também é feita por meio do método sublevel stoping, exceto pela Mina Nova, que emprega o sistema de câmaras e pilares. Sem registros de fatalidade desde 2018, o Complexo Cuiabá-Lamego recebeu, em 2024, o Global Safety Award. O prêmio, instituído pelo próprio grupo e itinerante entre suas operações e projetos na América do Norte e do Sul, África e Austrália, é um reconhecimento às melhorias expressivas dos indicadores de

segurança de trabalho registradas no ano, explica Francisco Biulchi, superintendente de Mineração da AGA. Entre os marcos em destaque estão a redução de 48,88% da TRIFR (Taxa de Frequência de Acidentes com Afastamento); o aumento de 1,73% no desempenho SPP, refletindo um ambiente operacional mais seguro e eficiente; e o crescimento de 7,14% na taxa de fechamento de ações de incidentes, significando maior

Foto: AngloGold Ashanti/Divulgação



*Francisco Biulchi, superintendente de Mineração da AGA*

agilidade na resposta a riscos identificados.

É uma conquista significativa, se considerada principalmente a profundidade atingida pela mina Cuiabá, que torna os desafios operacionais – em especial, ventilação, contenção do maciço rochoso e logística da unidade – ainda mais críticos. “São características comuns à lavra subterrânea, onde o risco de choco, a presença de gases nocivos, a interação homem-máquina e perigos associados à eletricidade podem comprometer a segurança dos empregados e a eficiência das operações”, avalia Biulchi.

### EVOLUÇÃO E INOVAÇÃO

Os problemas foram minimizados ao longo dos anos com a evolução significativa da infraestrutura das minas subterrâneas, impulsionada por avanços tecnológicos, pelo aprimoramento das condições de segurança e pelo aumento da eficiência operacional. Além do aperfeiçoamento dos sistemas de ventilação, dos métodos de contenção do maciço e da logis-

tica e transporte no interior da mina, Biulchi, inclui a crescente automação e digitalização dos processos, em particular com o monitoramento online de equipamentos e operações.

“O monitoramento on-line de ventilação, bombeamento, refrigeração e segurança, aliado à digitalização das operações, proporciona um controle preciso das condições de trabalho, reduz os custos operacionais e aumenta a produtividade. E o mais importante: tornou a infraestrutura da mina subterrânea mais segura, eficiente e sustentável”, justifica o superintendente de Mineração. Segundo ele, no caso da AGA, essas soluções tecnológicas reduziram entre cerca de 80 a 90% os principais riscos operacionais das unidades, minimizando a probabilidade de acidentes.

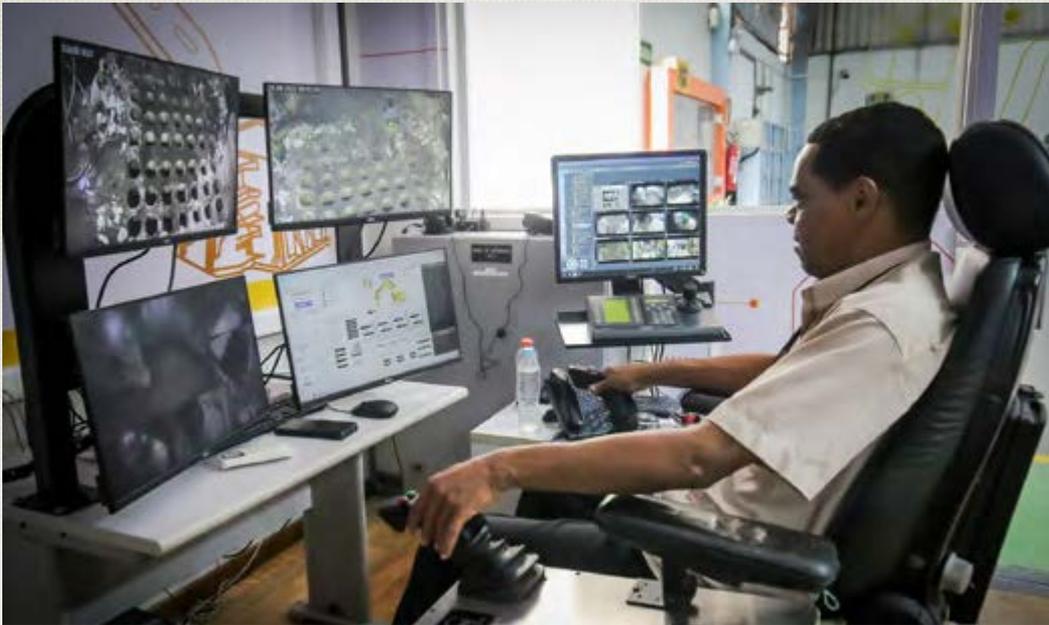
Com uma política de investimentos contínuos e robustos em inovação tecnológica, a empresa adotou ou está implementando produtos e processos de última geração para otimizar suas operações. Um deles é a primeira carregadeira elétrica de subsolo do Brasil, que reduzirá de forma drástica as emissões de gases poluentes e o calor gerado na operação. Outro benefício desse tipo de equipamento é a eliminação do uso de combustíveis fósseis, diminuindo os custos operacionais e a necessidade de ventilação intensa para dissipar os gases de exaustão. O aumento da frota de carregadeiras e caminhões elétricos, inclusive, é objeto de estudos avançados na mineradora, diz Biulchi. Também foram implementados sistemas inteligentes de ventila-



*Carregadeira elétrica Epiroc ST14 na mina Cuiabá*

Foto: AngloGold Ashanti/Divulgação

Foto: Daniel Mansur



*Operação remota de perfuração e desmonte*

ção sob demanda, que permitem o ajuste dinâmico do fluxo de ar conforme a necessidade do ambiente. Para isso, sensores instalados ao longo das galerias monitoram a qualidade do ar e a presença de trabalhadores e equipamentos, regulando automaticamente os ventiladores. A tecnologia garante condições de trabalho seguras e reduz em até 50% o consumo energético, tornando a operação mais sustentável e eficiente.

O desmonte também passou a ser realizado detonadores wireless (sem fio), que permitem um controle mais preciso da fragmentação da rocha, com menores riscos associados a falhas nos sistemas convencionais de iniciação. De forma segura, a detonação remota pode ser realizada em locais protegidos e não exige o uso de longas redes

de cabos, o que minimiza interferências operacionais.

Outra inovação foi a execução do reforço estrutural da mina com concreto projetado de alta resistência, de maior aderência e com maior durabilidade, eliminando a necessidade de manutenções frequentes. Em paralelo, o uso de tirantes de maior capacidade e a aplicação de telamento fogo a fogo no desenvolvimento da lavra, tornam a contenção do maciço mais eficiente, prevenindo quedas de blocos e aumentando a estabilidade das galerias. Toda a mina tem monitoramento geotécnico em tempo real.

Outro fator crítico é o treinamento dos funcionários, muito mais rigoroso e especializado que o destinado a uma lavra a céu aberto. Diferenciais exigidos para o trabalho em minas subterrâneas, como a adapta-

ção ao ambiente confinado, o uso correto de equipamentos de segurança e a preparação para emergências são essenciais para garantir a segurança dos empregados e a eficiência das operações.

Hoje, diz Biulchi, há vários outros projetos em andamento para a otimização e expansão da infraestrutura das minas da AngloGold Ashanti no Brasil. "São projetos sempre alinhados com os pilares de inovação, eficiência e sustentabilidade da companhia, reforçando seu compromisso com os princípios de ESG (Meio Ambiente, Sociais e de Governança), com prioridade máxima para a segurança dos trabalhadores, a redução do impacto ambiental das atividades e o exercício de uma mineração cada vez mais responsável", conclui o superintendente. ■

# USO DE DISPOSITIVOS VESTÍVEIS TECNOLÓGICOS NA MINERAÇÃO

Por **Cassiano Emílio da Silva**<sup>1</sup>, **José Margarida Silva**<sup>2</sup> e **Rita de Cássia Pedrosa Santos**<sup>3</sup>

Foto: Arquivo Pessoal



*Cassiano Emílio da Silva*

O presente artigo é síntese de dissertação de mestrado, aprovada em 2022 pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM), do Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Minas/Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). O trabalho parte da crescente digitalização de sistemas e automação de processos produtivos, visando identificar como dispositivos vestíveis tecnológicos empregados em alguns setores (engenharia civil e petróleo), seriam empregados no setor mineral, integrando a Indústria 4.0, de organização e planejamento mais complexo e integrado.

A análise do potencial de uso foi realizada por meio de matriz SWOT, ferramenta de técnicas de

planejamento estratégico para produto, cenário ou organização. Iniciais do acrônimo, em inglês, significam Forças (Strengths), Fraquezas (Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats). Atributos de Força são os que geram vantagens em relação a alternativas, enquanto Fraquezas retratam as desvantagens. Oportunidades são diferenciais do produto em comparação a concorrentes e Ameaças representam obstáculos a serem enfrentados.

## TECNOLOGIAS

A diversidade de dispositivos vestíveis (óculos virtuais, pulseiras, cintos, capacetes e botas), de formas e tamanhos variados, quando dotados de tecnologia, permitem alcançar novos patamares de interação homem-máquina e processos produtivos.

Diversas tecnologias permitiram criar sistema de monitoramento por radiofrequência (RFID), banda ultra larga (UWB), ultrassônico, sonar, Bluetooth, Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), eletrocardiograma (ECG) e eletromiografia (EMG),

sensores como resposta galvânica da pele (GSR), acelerômetros, giroscópios e magnetômetros. Particularmente, a RFID e a tecnologia TTE - Trough the Earth (via sinais de rádio de baixa frequência) têm sido estudadas para melhorar a comunicação em minas subterrâneas, entre outras.

## CLASSIFICAÇÃO

Dispositivos considerados como vestíveis industriais podem ser agrupados em cinco categorias: monitoramento (fisiológico e ambiental), assistência (exoesqueletos), ampliação da visão (realidade virtual e aumentada), rastreamento (localização) e entrega de conteúdo (informações de assistência). Alguns, conforme as funcionalidades agregadas, se enquadram em mais de uma categoria. São dispositivos vestíveis que podem ser usados na mineração: de pulso (relógios, pulseiras), visão (óculos - Realidade Aumentada- RA e Virtual- RV), capacetes inteligentes, coletes, acessórios (aneis, colares, cintos, broches), botas, máscaras e fones de ouvido, com funcionalidades listadas

na Tabela 1.

A partir de plataformas de busca (Google Acadêmico, nas línguas inglesa e portuguesa; Portal de periódicos da Capes, em língua portuguesa), foram encontrados 45 artigos que tratam especificamente a respeito de dispositivos vestíveis tecnológicos na mineração.

### ANÁLISE SWOT

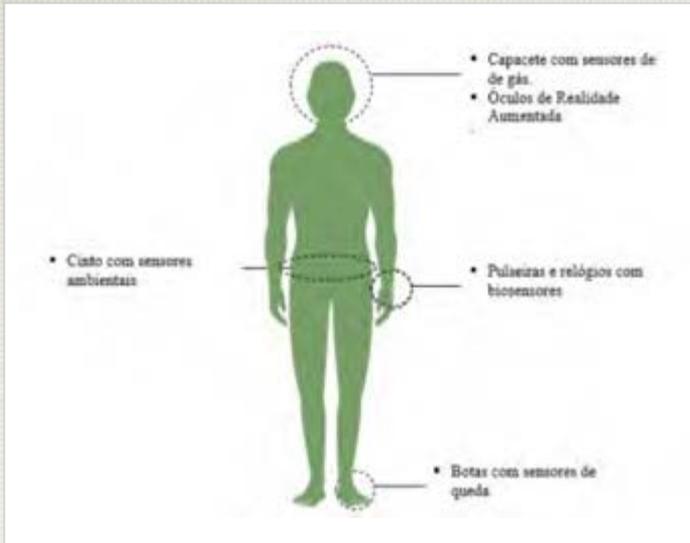
Pela análise SWOT realizada, os pontos fracos somados às ameaças, são grandes barreiras para maior difusão e implantação de dispositivos vestíveis na mineração mais ampla, principalmente nas possibilidades de monitoramento fisiológico, com riscos à privacidade e pouca clareza nos questionamentos sobre o pertencimento, análises, uso e segurança dos dados coletados. Somando-se a negociação dos cenários de implantação da tecnologia, podem ser complicadores até que se acomodem interesses e se dê proteção adequada às partes envolvidas (trabalhadores, empresas, sindicatos e governos). Outro cenário seria a implantação de forma desregulada, com exposição dos dados envolvendo empresas com grande visibilidade, chance de adulteração dos dados por falha e invasão do sistema, ocasionando o travamento das possibilidades no monitoramento com dispositivos vestíveis tecnológicos. O mercado de dispositivos vestíveis

**TABELA 1: DISPOSITIVOS PESQUISADOS E SUAS POSSÍVEIS UTILIDADES NA MINERAÇÃO**

DISPOSITIVOS	FUNCIONALIDADES
 <p>Pulso: pulseiras e relógios</p>	<p>Monitoramento fisiológico (batimento cardíaco, pressão sanguínea, saturação de oxigênio no sangue, temperatura da pele, nível de estresse); Detecção de sonolência; Monitoramento ambiental (temperatura do ambiente); Detecção de quedas e de proximidade e colisão; Rastreamento e localização; Envio e recebimento de mensagens por texto ou áudio; Controle de acesso em áreas</p>
 <p>De Visão: óculos de RA e RV</p>	<p>Visualização de informações complexas como dados geoespaciais; Realização de inspeções de processos com preenchimento de checklist de forma eletrônica; Gravação, transmissão, envio e recepção de mensagens de procedimentos para uma sala remota; Ampliar a percepção do ambiente com a exibição de dados na tela, indicando, por exemplo, a temperatura de componentes mecânicos; Exibir alertas de aproximação de veículos; Orientação e navegação nos ambientes</p>
 <p>Capacetes Inteligentes</p>	<p>Monitoramento fisiológico (batimento cardíaco); Consciência situacional; Detecção de sonolência; Monitoramento ambiental (qualidade do ar, temperatura, umidade); Detecção de uso e quedas; Rastreamento e localização; Controle de acesso em áreas</p>
<p>Coletes</p>	<p>Sensor de atividade/inatividade; Geração de alertas tátil/vibracional; Incorporação de Led para comunicação; Detecção de proximidade e risco de colisão; Sensores de detecção de gases; Controle de acesso em áreas</p>
<p>Acessório: anel-colar-cinto-broche Botas Máscaras Fones de Ouvido</p>	<p>Rastreamento e localização; Controle de acesso em áreas Detecção de quedas Monitoramento fisiológico (batimento cardíaco, saturação de oxigênio, temperatura do corpo e nível de oxigênio) Monitoramento fisiológico (batimento cardíaco); Comunicação com o envio e recepção de mensagens de áudio</p>

Fonte: Silva C.E. (2022)

Foto: Cassiano Ernílio da Silva



veis tem forte presença de grandes empresas de tecnologia, mas existe bastante espaço para que novas empresas criem produtos para nichos como o industrial, que demanda soluções e suportes mais dedicados. A concorrência e aumento do mercado tendem a aumentar a competição e incentivam o desenvolvimento de soluções para amenizar os pontos fracos atuais. Oportunidades mostram que, mesmo sem custo-benefício tão atraente ainda, dispositivos como óculos de RA/RV permitem ganhos de segurança, com registro e realização de procedimentos de forma muito mais vantajosa que a convencional, com o trabalhador exposto no campo em con-

dições adversas. A mesma vantagem pode ser observada com aplicação de óculos especiais em treinamentos e educação.

O monitoramento ambiental com dispositivos vestíveis tecnológicos é outra oportunidade interessante, principalmente nas medições de qualidade do ar (temperatura e umidade) e detecção de gases tóxicos. Santos (2020) desenvolveu e testou dispositivo em mina do Quadrilátero Ferrífero, com bons resultados e baixo custo.

Com o ambiente mais bem projetado e com suporte contínuo de segurança, somam-se dados ambientais e do rastreamento, tornando o monitoramento mais rico de informações, descoper-

ta e entendimento em detalhes que contribuem para maior eficiência dos sistemas de ventilação sob demanda (VOD).

Sensores para uso em mina subterrânea precisam de robustez e confiabilidade, pois são submetidos a condições severas (alta temperatura, baixa luminosidade, umidade, poeira e obstáculos). Capacetes inteligentes podem contemplar sensores ambientais e fisiológicos, para comunicação constante. Módulos de Arduino podem ser acrescentados em sensor de uso no capacete, detecção de golpes na cabeça com sensores microeletromecânicos e alertas de proximidade de veículos.

A tecnologia é aliada importante para diminuir a exposição, reduzir custos e monitorar processos. O trabalho com levantamentos de dados em áreas de difícil acesso, risco físico ou químico (como radiológico) ou de levantamento de dados operacionais, como da ventilação, é necessário em espaços subterrâneos. A obtenção de dados e medidas de parâmetros operacionais, como da ventilação, beneficiam o controle de saúde e segurança e a tomada de decisão, com aumento da produtividade. ■

**Referência** - Santos, Rita de Cássia Pedrosa. Tese. Doutorado. Dispositivos Móveis Para Monitoramento de Ventilação em Mina Subterrânea. 2020. UFMG.

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas e Mestre em Engenharia Mineral; <sup>2</sup>Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral; e <sup>3</sup>Professora de Engenharia de Minas – UFOP



# Segurança, inteligência e eficiência

Equipamentos de perfuração, carregadeiras e caminhões  
para sua operação de mineração subterrânea



# TECNOLOGIA ORE SORTING PARA MINÉRIO DE FERRO

Por **Jonathan Alves Gomes Ferreira Melo**<sup>1</sup> e **José Margarida Silva**<sup>2</sup>

Foto: Arquivo Pessoal



*Jonathan Alves  
Gomes Ferreira  
Melo*

A dissertação “Aumento do teor de ferro de produtos granulados por meio da remoção de minerais de ganga por tecnologia ore sorting” foi apresentada, em 2023, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral. O trabalho analisa como a tecnologia ore sorting, para separação de minério por sensores, pode ser integrada às operações de mineração de ferro existentes ou novas, avaliando sua viabilidade técnica e econômica para o aumento do teor de ferro dos materiais, melhorando a lucratividade da operação e reduzindo seu impacto ambiental. As amostras de minério utiliza-

das nos ensaios e testes, com tamanhos entre 50 mm e 6,3 mm, foram obtidas junto às minas Abóboras e do Pico, respectivamente em Nova Lima e Itabirito (MG), do Complexo Vargem Grande da Vale.

Os testes realizados mostraram que é possível aumentar o teor de ferro dos granulados de minério de ferro por meio da rejeição de partículas de baixa massa específica. Foram obtidos acréscimos de até 5 pontos absolutos no teor de ferro, porém com baixas recuperações. Além da classificação de partículas de baixa massa específica, os sensores demonstraram capacidade para identificar e rejeitar contaminantes como metais, cerâmicas, borrachas e plásticos. Os estudos da avaliação econômica indicaram que, para os cenários avaliados, o VPL (Valor Presente Líquido) é negativo. Porém, quando comparado a um cenário de implantação de uma nova instalação para britagem do granulado de baixa qualidade, o resultado se torna mais atrativo.

## CENÁRIO

Somado todo o minério rico (he-

matitas) com restrições à lavra a céu aberto, em jazidas no Quadrilátero Ferrífero, cuja exploração limita-se a métodos subterrâneos de lavra, têm-se valores da ordem de 1 Bt (Iuri Viana Brandi, em “Modelo conceitual de galeria subterrânea para exploração de minério de ferro no Quadrilátero Ferrífero, MG, Universidade Federal de Ouro Preto - NUGEO, 2012 - Projeto de Doutorado”). Dessa forma, a expectativa é que, em futuro próximo, com a escassez da oferta de minérios ricos e granulados no mercado, principalmente no setor sudeste do Brasil, essas jazidas tornem-se foco de atividade de mina subterrânea, visto que os custos de transporte são significativos e não existe malha ferroviária do norte para a região centro-sul.

Em um estudo de tendência na indústria de minério de ferro, datado de 2008, o engenheiro metalurgista e consultor José Murilo Mourão, relata que o processo de exaustão das reservas conhecidas de hematita no Quadrilátero Ferrífero levará à escassez de granulados no futuro. Diante desse quadro de escassez, o autor diz ser preciso

Foto: Minesense



*Sistema ShovelSense em caçamba de pá-carregadeira*

ter diretrizes que considerem o beneficiamento de minérios de pior qualidade (como itabiritos). Duas são suas recomendações: a primeira é destinar maiores investimentos em prospecção geológica, visando à descoberta de reservas com maiores percentagens de granulado e menores teores de impurezas; a segunda é estudar tecnologias de beneficiamento dos itabiritos e outros minerais de menor teor de ferro contido.

No caso da Vale, os produtos granulados possuem grande variabilidade quanto à qualidade química e distribuição granulométrica. Os principais parâmetros são o teor de ferro, massa retida em 31,5 mm e massa

menor que 6,3 mm. A especificação desse produto para os processos contratuais e demandas operacionais flutua entre 59 e 65,5% de ferro, 2 a 20% maior do que 31,5 mm e finos (fração <math>-6,3\text{ mm}</math>) entre 5 e 30%. Os contaminantes variam de 3,5 a 9% de sílica; 1,1 a 2,5% de alumina e máximo de 0,11 de fósforo (Relatórios Vale, 2022).

### TECNOLOGIAS

A SBS (Sensor Based Sorting) é o termo utilizado para todas as aplicações em que partículas analisadas são singularmente detectadas por um sensor e, em seguida, rejeitadas por separação mecânica, hidráulica ou pneumática, com base

em critérios pré-estabelecidos na lavra ou no processamento mineral. Essa classificação por sensores pode ser utilizada de duas formas: ore sorting (análise partícula a partícula em monocamadas do transportador de correias) e bulk ore sorting (análise de grandes volumes através de sensores integrados a pás carregadeiras (Foto), escavadeiras ou transportadores de correias).

A pré-classificação por bulk sorting possui vantagens adicionais por ser uma maneira eficiente de lidar com incertezas de teor, particularmente quando a complexidade da geologia da mina dificulta a estimativa da qualidade, ajudando a mineração a atingir o grau de corte planejado e otimizar a extração do recurso. Além disso, para alguns bens minerais, a tecnologia ore sorting não seria economicamente viável para pré-concentração de alta tonelagem. Na Anglo American, o bulk ore sorting é aplicado na mina subterrânea de minério de ferro El Soldado, no Chile. Com capacidade de 500 t/h, a tecnologia melhorou a qualidade do minério por meio da pré-concentração, ainda na mina, dos lotes que são trazidos para a superfície. A Ferbas, na mina Ipueira, de minério de cromo, na Bahia, tem instalação com vários equipamentos de pré-concentração por ore sorting.

O ore sorting é utilizado de for-

Foto: Autor



*Produtos gerados em testes com granulados da Mina Abóboras usando tecnologia Steinert*

ma ainda restrita na mineração de ferro, mas uma grande variedade de minerais e pedras preciosas, como diamantes, esmeraldas, tanzanita, minérios de cromo, ouro, níquel, platina e cobre oxidado podem ser detectados por meio de sensores ópticos. O método pode ser aplicado tanto na pré-concentração de minério quanto para a rejeição de resíduos e concentração de produtos não econômicos, mas apresenta limitações relacionadas à granulometria, tipo e liberação do material. A mina subterrânea de esmeraldas da Belmont, em Itabira (MG), emprega o ore sorting desde 2004, para a classificação dos fragmentos, usando sensores ópticos (material até 8 mm) e a laser (acima de 8 mm). A capacidade do classificador chega a 15 t/h, dependendo da faixa granulométrica de alimentação.

### MINÉRIO DE FERRO

Os resultados dos testes piloto foram bastante promissores referentes à capacidade de classificação da tecnologia, mostrando ser possível aumentar em até cinco pontos absolutos o teor de ferro dos granulados. Para a avaliação econômica foi utilizada a amostra que representa o empobrecimento dos granulados da Vale, com 57% de ferro. A recu-

*Identificação de contaminantes em granulados da Mina do Pico por equipamento Comex*

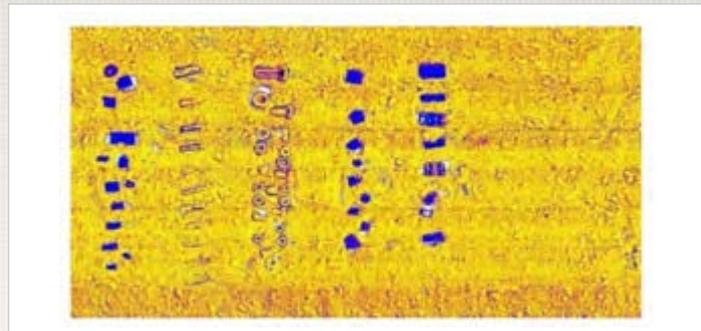


Foto: Autor

peração escolhida foi de aproximadamente 75% de massa, considerando aumento em 3 pontos absolutos no teor de ferro. Essa condição buscou aproximar a realidade operacional da usina em que diariamente existe uma busca para maiores teores de ferro. A avaliação econômica indicou que a implantação do ore sorting para melhoria da qualidade do granulado, para a amostra coletada da Mina do Pico não é economicamente viável. A análise obteve VPL negativo, porém se torna mais atrativa em um cenário de implantação de uma nova instalação para britagem do granulado de baixa qualidade. O ore sorter mostrou potencial em aumentar o teor de ferro em 2 a 3 pontos absolutos, com recuperação mássica de 70%, por meio da remoção de partículas mistas e de baixa massa específica. Mediante a calibração dos sensores de raios X é possível melhorar a qualidade do granulado, porém a custo de baixa recuperação mássica e rejeitos

com elevados teores de ferro. O impacto da presença de finos foi negativo. Assim, após o peneiramento em 8,0 mm, foi eliminada a aglomeração das partículas que, em operações contínuas, pode empobrecer o concentrado, caso haja aglomerados com partículas de baixa massa específica. Para minérios fora dos parâmetros utilizados, recomenda-se uma nova análise econômica, pois, para a realização desse trabalho, alguns parâmetros foram mantidos constantes como teor do concentrado, rejeito, recuperação mássica, tipos de associações minerais e capacidade da usina. Recomenda-se um estudo mais aprofundado para entender o impacto do ore sorting nessas variáveis. Além disso, o trabalho foi baseado somente na aplicação de classificação do granulado. Recomenda-se também o estudo para produtos da britagem terciária/quaternária, que se encontram no topo da cadeia produtiva e podem agregar mais valor à tecnologia. ■

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas e Mestre em Engenharia Mineral;

<sup>2</sup> Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral – UFOP

# PRENSA DE ROLOS HPGR ENDURON®

# On & on & on & nenhuma falha de rolamento

**Somente o HPGR ENDURON® vem com uma garantia de rolamento de 10 anos. Não que você vá precisar dela. Afinal de contas, não houve nenhuma falha prematura de rolamento até o momento.**

O HPGR ENDURON® proporciona uma eficiência de moagem inigualável, mesmo ao processar as rochas mais duras, aumentando a recuperação de minérios. Conte com uma disponibilidade de equipamento de >95%, para que os operadores possam ter certeza de que as metas de produção serão atingidas com o uso dos menores recursos possíveis.

Com o menor consumo de energia e sem necessidade de água ou meio de moagem, os custos operacionais típicos dos circuitos baseados em HPGR são mais de 20% menores em comparação com os SABC convencionais e, ao mesmo tempo, reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> da cominuição em 30%. Não é de se admirar que digamos que o HPGR ENDURON® continua e continua e continua.



Descubra o motivo:  
[info.global.weir/HPGR\\_continua](https://info.global.weir/HPGR_continua)

# WEIR

Mining technology for a sustainable future

# TECNOLOGIA EM VENTILAÇÃO DE MINAS SUBTERRÂNEAS\*

Por **Leandro de Vilhena Costa**<sup>1</sup> e **José Margarida Silva**<sup>2</sup>

Foto: Arquivo Pessoal



*Leandro de Vilhena Costa*

## RESUMO

A ventilação em minas subterrâneas é fundamental para segurança, produtividade e saúde do trabalhador. Este trabalho investiga a ventilação da Mina Córrego do Sítio I, da AngloGold Ashanti, localizada em Santa Bárbara, Minas Gerais, por meio de simulação computacional utilizando o software Ventsim.

A pesquisa identificou as principais fontes de calor na mina: equipamentos a diesel, gradiente geotérmico e auto compressão, além das soluções para minimizar a propagação do calor como a possibilidade de substituí-los por caminhões elétricos e construção de poço de adução.

Resultados mostraram que, ao mudar para equipamentos elétricos, a demanda por ventilação pode cair 40%, reduzindo os custos operacionais, assim como aumentando sua eficiência.

## INTRODUÇÃO

A lavra subterrânea apresenta desafios significativos relacionados às condições geomecânicas e ambientais. Entre os principais desafios enfrentados na mineração a grandes profundidades, além de inovações tecnológicas, estão a perfuração de alta precisão, equipamentos automatizados, sistemas modernos de ventilação e o monitoramento em tempo real. O uso de equipamentos a diesel permitiu que as minas atingissem maiores profundidades, mas também aumentou significativamente a carga térmica e de contaminantes do ar.

À medida que a profundidade da mina aumenta, a ventilação é impactada pela elevação do gradiente geotérmico, ocasionando um aumento na temperatura da rocha virgem entre 0,8 e 6°C por 100 m (Machado, 2011). Além disso, o aumento da produção

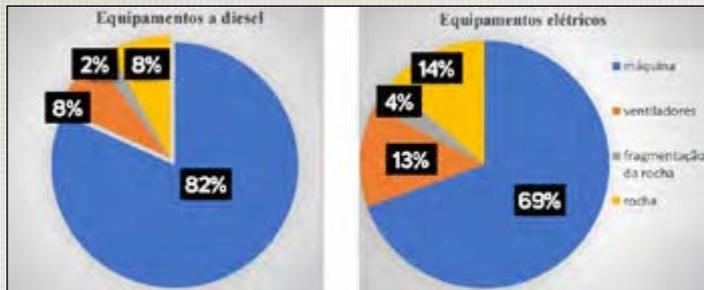
exige maior necessidade por equipamentos, o que gera mais calor emitido no subsolo.

O suprimento de ar fresco e a remoção de contaminantes são os objetivos da ventilação subterrânea, sendo essenciais para a saúde dos trabalhadores e a eficiência operacional. Condições ambientais desconfortáveis podem ocasionar a queda do rendimento do trabalhador, acidentes e problemas de saúde. A redução do consumo de energia na ventilação é o objetivo dos sistemas de ventilação sob demanda. Esses sistemas, já desenvolvidos, integram rastreamento de máquinas e pessoal, programação e sensores de fluxo de ar/qualidade do ar. As soluções são baseadas na otimização do fluxo de ar, novo design de pás de ventilador e modificação do sistema elétrico.

Com a coleta e análise de dados essenciais de processo em tempo real, padrões e relações entre sensores e processos, que ainda não são conhecidos, podem ser exploradas melhorias com aplicação de simulação computacional.

O objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação da ventilação da

**Gráfico:** Variação de porcentagem de calores gerados por fonte usando equipamentos elétricos ou a diesel



Fonte: Autor

Mina Córrego do Sítio I e propor soluções para otimizar o fluxo de ar, de modo a contribuir para a redução dos custos de ventilação, além de melhorar a condição ambiental.

### METODOLOGIA

O estudo utilizou o software Vent-sim para a modelagem computacional de condições alternativas de ventilação. Os dados da mina foram coletados entre 2017 e 2019 e incluíram: dimensões de galerias e dutos; velocidade do ar e taxa de fluxo; temperatura da rocha e do ar; e consumo de diesel dos equipamentos.

Os principais cenários discutidos foram: utilização de equipamentos elétricos; e nova construção de um poço de exaustão. Foram utilizados anemômetros, sensores térmicos e aparelhos de avaliação

do ambiente subterrâneo para obtenção de medições.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Mina Córrego do Sítio I possui sistema de ventilação composto por ventiladores axiais e centrifugos, que fornecem o ar fresco para subsolo em condições adequadas e diluem os gases contaminantes. No entanto, a expansão da lavra e o aumento da profundidade da mina geram desafios para a manutenção da ventilação adequada. A simulação revelou que a substituição de equipamentos a diesel por elétricos reduziria significativamente a geração de calor, melhorando as condições ambientais e diminuindo a necessidade de ventilação adicional. Além disso, a construção de um novo poço de exaustão contribuiria para uma

melhor distribuição do fluxo de ar. Outro fator relevante identificado foi a influência da temperatura da rocha no aumento do calor na mina. Métodos como implementação de planta de refrigeração e utilização da ventilação por demanda (VOD) poderiam auxiliar na redução da temperatura e na otimização do consumo energético.

### CONCLUSÃO

Na mineração, a ventilação desempenha papel vital no que diz respeito à segurança, produção e saúde. A melhoria da ventilação pode se dar pelo monitoramento histórico de dados para avaliações, pela otimização das operações, por meio de simulação computacional ou pela automação, que se constitui de cinco níveis, da instalação de sensores a sistemas integrados, passando pela ventilação sob demanda.

O estudo mostrou que substituir máquinas a diesel por elétricas e melhorar o planejamento do layout de ventilação pode proporcionar redução de custos e melhores condições de trabalho. Aplicação da ventilação sob demanda e a criação de novos poços de adução são possibilidades viáveis a serem adotadas na Mina Córrego do Sítio. ■

**Referência** - Machado, F.S. Geothermal gradient in Brazilian underground mines. *Brazilian Journal of Geosciences*, v. 41, p. 255-266, 2011.

\*Tese de Doutorado "Análise via simulação da ventilação em mina subterrânea: estudo de caso mina Córrego do Sítio I" aprovada pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em 2019

<sup>1</sup> Professor de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Catalão (UFCAT);

<sup>2</sup>Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da UFOP

# TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS EM VENTILAÇÃO DE MINA SUBTERRÂNEA

Por **Rita de Cassia Pedrosa Santos**<sup>1</sup> e **José Margarida Silva**<sup>2</sup>

Foto: UFOP/Divulgação



Rita de Cassia Pedrosa Santos

A mineração subterrânea demanda investimentos substanciais devido à complexidade técnica, com a necessidade de equipamentos especializados e foco na segurança operacional. Sua infraestrutura necessita ser robusta, o que implica em altos custos operacionais, mão de obra especializada e adoção de tecnologias avançadas.

A lavra subterrânea tem evoluído significativamente, tornando-se mais segura, eficiente e principalmente tecnológica. As principais inovações incluem: monitoramento e controle, máquinas automatizadas e ventilação sob demanda (VOD).

A tecnologia de monitoramento e controle permite a supervisão constante de condições das minas, reduzindo riscos de

acidentes e a oportunidade de conhecer a exposição de operadores ao risco (como medições relacionadas a temperatura, umidade e gases). Máquinas automatizadas e mesmo robôs podem realizar tarefas de maior risco, minimizando a exposição dos trabalhadores a esses ambientes tendo, portanto, menos pessoas dentro da mina, o que interfere, por exemplo, na vazão de ar necessária. Além disto há a transição energética e a introdução de equipamentos elétricos, que não só contribuem para a descarbonização, mas também para aumentar a segurança e controlar aquecimento, ruído e outros fatores que se destacam no sistema elétrico.

O sistema de ventilação é muito importante e essencial para o desenvolvimento e operação da mina subterrânea, conforme determinado pela NR22, item 22 (Brasil). Um sistema de ventilação eficiente garante a qualidade do ar nas minas, protegendo a saúde e proporcionando maior conforto operacional. Vale salientar a importância de garantir segurança e condições ambientais adequadas em todas as áreas

acessíveis de uma mina.

Atualmente vivencia-se verdadeira revolução tecnológica e, com isso, os projetos de todos os ramos tendem a se atualizar. As tecnologias pesquisadas são criadas para acompanhar essa necessidade que pode ser atender ao mercado ou mesmo antever um problema, melhorar produtividade, garantir segurança e atender as normas. Têm-se desenvolvido dispositivos para monitorar parâmetros relacionados à ventilação em mina subterrânea que, aliados às soluções tecnológicas, buscam o aumento da segurança e performance operacional. Esses dispositivos podem ser individuais (wearable) ou estações físicas monitorando ambientes operacionais.

Os trabalhos tratam da utilização do conceito de Internet das Coisas (IoT) para o gerenciamento e monitoramento dos parâmetros, buscando otimizar o processo sem deixar de focar na segurança das operações, aplicando assim os valores normativos. O monitoramento contínuo e maior geração de dados auxiliam na análise e tomada de decisão.

Foto: Epiroc/Divulgação



Outro foco relacionado à tecnologia e, às vezes, não muito facilmente encontrado nas minas subterrâneas, é a transmissão de dados. Dados coletados pelos sensores podem ser transmitidos on-line para a sala de controle ou utilizar a tecnologia RFID, de forma que o responsável tenha conhecimento da situação e possa tomar decisões. Nas situações em que não consegue a transmissão on-line ou em tempo real, os dados são armazenados localmente em um cartão SD (por exemplo), que depois é descarregado para análise. Podem ainda ser desenvolvidos no dispositivo alertas locais,

*Módulo para medição da qualidade do ar e ajuste automático da ventilação*

de acordo com a programação feita no microcontrolador. Essas programações incluem, no mínimo, parâmetros determinados pelas normas que regem o país, podendo alertar sobre situação referente a temperatura, umidade e gases, gerando automaticamente diferentes alarmes e indicadores luminosos.

As empresas têm investido cada vez mais em tecnologias e equipamentos que utilizam IoT para melhorar seu sistema e garantir a segurança: ventiladores de alta eficiência e sistemas de refrigeração para manter a qualidade do ar e a temperatura em níveis seguros, ventiladores reguláveis e sistemas de monitoramento de qualidade do ar.

Outro ponto importante é o desenvolvimento de sistema supervisor, software utilizado para fazer coleta, armazenamento e monitoramento de informações sobre processos produtivos em ambientes subterrâneos. Informações importantes são apresentadas em tempo real, incluindo possíveis anomalias. Com dados coletados, o supervisor é capaz de manipular, organizar, analisar e disponibilizar as informações para que os responsáveis possam tomar uma decisão. Todos os avanços citados permitem, juntamente com a ventilação sob demanda

(VOD), alcançar cada vez mais níveis maiores de automação na ventilação de mina.

A refrigeração é fato cada vez mais presente em minas, seja pela temperatura atingida pela maior profundidade, seja pela necessidade frente à situação geológica reinante. Minas brasileiras, como Morro Velho (Inati-va), Cuiabá e Taquari-Vassouras, implantaram plantas de refrigeração para controle da temperatura ambiente e segurança.

Com foco acadêmico, têm-se projetos financiados por agência de fomento para construção de laboratório de ventilação, auxiliando, portanto, disciplinas relacionadas ao tema, que é o caso da UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto). O circuito proporciona a criação de cenários levando em consideração medições que são normalmente realizadas nas minas subterrâneas, com sensores de temperatura, pressão e umidade. A incorporação da simulação nas práticas pedagógicas desenvolve diferentes atividades que contribuem para inúmeras aprendizagens e para a ampliação da rede de significados construtivos, como estratégia de aprendizagem. A utilização do laboratório ventilação permite facilitar o entendimento dos conceitos relacionados aos parâmetros de ventilação. ■

Foto: Autora



*Dispositivo de medição de parâmetros de ventilação*

<sup>1</sup> Professora do curso de Engenharia de Minas da UFOP;

<sup>2</sup> Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da UFOP



# PRIMEIRO CAMINHÃO PIPA 100% ELÉTRICO DO BRASIL!

Com **50.000 litros** de capacidade volumétrica, nosso equipamento foi desenvolvido para atender as mais altas exigências técnicas, garantindo máxima eficiência e segurança nas suas operações. Ele é ideal para **transporte de água, controle de poeira, compactação, umectação de solo e controle de incêndios**, oferecendo versatilidade e alto desempenho para operações em terrenos difíceis. Uma solução robusta e eficiente para diversas necessidades.

- Bomba centrífuga com vazão de **1.000 litros por minuto**;
- Quebra ondas transversais e longitudinais para maior estabilidade;
- Canhões elétricos com **alcance de até 50 metros**, controlados por joystick;
- **Operação 100% elétrica**;
- Espargidores traseiro e laterais para umectação e controle de poeira e chamas;
- Sistema de controle eletrônico desenvolvido para realizar o acionamento eletropneumático dos espargidores.



Aponte a câmera do celular para o QR Code e conheça nossas máquinas.



**SOLID TO  
SUCCEED**

# RESISTÊNCIA IDEAL DO PASTEFILL NA MINA TURMALINA\*

Por **Daniel Henrique dos Santos Garcia**<sup>1</sup> e **José Margarida Silva**<sup>2</sup>

Foto: Arquivo Pessoal



*Daniel Henrique dos Santos Garcia*

A estabilização adequada das escavações subterrâneas é um desafio crucial na indústria de mineração. A segurança dos trabalhadores, a proteção das galerias escavadas e das estruturas circundantes dependem diretamente da eficiência dos métodos utilizados para preencher essas escavações. Nesse contexto, a técnica do enchimento, notadamente a de pastefill, tem ganhado destaque como uma solução economicamente viável para o preenchimento de vazios em minas subterrâneas.

O pastefill é um material composto, geralmente constituído por resíduos da indústria de mineração, como polpas de rejeitos ou finos de minério, misturados com uma quantidade controlada de água para criar uma pasta espessa e homogênea, com adição de uma

porcentagem também controlada de ligante (comumente, cimento Portland). Essa pasta possui características reológicas especiais que permitem seu transporte eficiente e fácil aplicação em espaços subterrâneos, podendo, inclusive, ser disposta por gravidade, de forma tanto concomitante à extração de minério, quanto na fase de fechamento da mina.

Este estudo foi objeto de dissertação de mestrado aprovada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM), do Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), em 2023, com a finalidade de obtenção do título de Mestre em Engenharia Mineral. O trabalho teve como objetivo geral avaliar o comportamento da resistência à compressão

uniaxial (Uniaxial Compressive Strength – UCS), que trata da capacidade de um material resistir à aplicação de forças de compressão, para o enchimento de mina do tipo pastefill frente à variação da porcentagem de cimento Portland usada em sua composição, na mina subterrânea de ouro Turmalina, pertencente ao grupo Jaguar Mining.

Os resultados alcançados visam a um melhor entendimento do potencial e das limitações do pastefill como técnica de preenchimento de escavações subterrâneas, além de fornecer diretrizes e recomendações para sua utilização eficaz e segura, de forma a contribuir para a melhoria dos padrões de segurança e sustentabilidade na indústria da mineração, em especial nas minas optantes por este método de lavra.



Foto 1

Foto: Daniel Garcia

## OBJETO

A mina Turmalina, localizada na Fazenda Sá Tinoco, na divisa dos municípios de Conceição do Pará e Pitangui (MG), é um depósito de ouro orogênico situado no Greenstone Belt Pitangui, hospedado por unidades de anfibólio-clorita xisto e de biotita xisto. A mineralização ocorre associada a zona de cisalhamento dentro de uma formação ferrífera bandada e em níveis de metachert dentro da sequência estratigráfica. A lavra subterrânea dos corpos vem avançando pelo método de sublevel stoping, com uso de pastefill no preenchimento dos painéis abertos para a extração mineral. O modelo geológico utilizado na avaliação dos recursos utilizou um cut off de 0,3 g/t de ouro para o minério oxidado e de 1,5 g/t de ouro para o minério sulfetado.

A planta de produção de pastefill de Turmalina é responsável pela preparação e distribuição da pasta de enchimento, composta por uma mistura de água, cimento, rejeito filtrado (cake) e, quando conveniente, aditivos superplastificantes. Entre os benefícios do emprego do pastefill estão: 1) suporte estrutural da mina, com a melhoria da estabilidade das cavidades subterrâneas e redução do risco de desmoronamentos, contribuindo para a segurança dos trabalhadores; 2) gerenciamento de rejeitos, com redução do impacto ambiental da opera-

Foto 2



ção e volume de rejeitos armazenados na superfície da mina; 3) recuperação do minério adicional de pilares, com melhor aproveitamento do depósito mineral.

A instalação conta com misturadores, bombas de pasta, sistema de transporte e controle de qualidade para garantir a consistência e a resistência adequada da mistura. Quando a planta não está operando, o cake é depositado em pilhas de rejeito a seco.

## PROCESSO

Para a realização do estudo, as amostras de cake foram coletadas diretamente da planta de beneficiamento da mina Turmalina e classificadas quimicamente, por meio de ensaios de difração e fluorescência de raios X – DRX e FRX, respectivamente, e fisicamente

Foto 3



por meio de testes de umidade, granulometria a laser e densidade. Na sequência, foram reproduzidos em laboratório 48 corpos de prova cilíndricos, de 5 x 10 cm, divididos em quatro traços diferentes, com variação da porcentagem de cimento Portland aplicada de 1%, 2,5%, 3,5% e 5% moldados em corpos de prova cilíndricos de 5 x 10 cm (Foto 1). Realizaram-se, então, ensaios de mini abatimento (mini slump-test) e de resistência à compressão uniaxial, de acordo com o tempo de cura 7, 14, 21 e 28 dias.

## RESULTADOS

O ensaio DRX, empregado para a identificação das substâncias inorgânicas presentes na amostra e para o estudo de suas estruturas cristalinas, revelou alta concentração de quartzo (44,9%), presença de clorita (21,8%), anortita (11,7%), biotita (10,8%), hornblenda (10,2%) e piritita (0,5%). Já o ensaio FRX, que fornece informações sobre a composição química da amostra, identificou na composição do cake usado para a produção de pastefill em Turmalina, quase 60% de dióxido de silício (sílica), além da existência de cloro e óxidos de alumínio, ferro, magnésio, enxofre, cálcio, potássio, sódio, titânio, arsênio, manganês, fósforo, zinco, európio, cromo, níquel, vanádio, cobre, zircônio, estrôncio, rubídio, itérbio, ítrio, gálio e erídio.

A classificação granulométrica

Foto 4



(Foto 2), realizada por meio de ensaio de granulometria por difração a laser, inferiu que, a amostra de rejeito de Turmalina apresenta um diâmetro de 4 micra, apresentando porosidade adequada para o objetivo do estudo. Por sua vez, o ensaio de umidade concluiu que a porcentagem média de água existente nas amostras coletadas foi de 27,40%.

O mini-teste de slump (Foto 3) avalia a consistência de compostos cimentícios frescos, determinando sua trabalhabilidade no que se refere à facilidade com que o material pode ser misturado, transportado, colocado e compactado sem segregação ou exsudação. Nas amostras dos traços frescos de pastefill analisados (1%, 2,5%, 3,5% e 5% de cimento Portland), o resultado ficou entre 75 e 100 mm, confirmando a capacidade da pasta em se espalhar e se moldar adequadamente por entre as galerias escavadas na mineração subterrânea.

A consistência indicada pelo teste de slump deve ser comprovada pelo ensaio de resistência à compressão uniaxial, determinando a carga máxima que uma estrutura pode suportar antes de se romper (Foto 4). O parâmetro influencia na seleção de métodos de extração, dimensionamento de equipamentos, projeto de estruturas de suporte e estabilidade das minas. Em algumas minas de cobre e ouro, encontram-se valores de resistência de cerca de 1 MPa, com valores de 1 a 4% de ligante. Nas amostras analisadas, somente a pasta com 5% de cimento Portland em sua composição registrou UCS de 1,12 MPa aos 28 dias de cura, demonstrando a necessidade de um período maior para atingir sua resistência máxima em um ambiente não úmido.

### CONCLUSÕES

A pesquisa contribuiu significativamente para o campo do método de enchimento na lavra subterrânea, retratando parâmetros químicos e físicos essenciais na elaboração das composições da pasta aplicada no Complexo Turmalina.

Ficou claro, ainda, que os maiores valores de resistência à com-

pressão foram atingidos no traço contendo 5% de cimento, chegando a 1,12 MPa. Entretanto, não é aconselhável afirmar que essa seja a proporção ideal de cimento/rejeito para um desempenho ótimo. Pastas com valores abaixo desse também podem proporcionar condições seguras de trabalho subterrâneo. Um exemplo é o traço contendo 3,5% de insumo ligante, que apresentou tendência de crescimento de seus valores de resistência e resultados satisfatórios para a granulometria original do cake (abaixo de 200 micra). Assim, a redução de 5 para 3,5% no teor de cimento pode resultar em economias significativas de custos para uma operação em grande escala como a de Turmalina, mantendo a segurança operacional da mina.

Já o traço aditivado em 2,5% de ligante apresentou resistência mediana, abrindo o leque para a possibilidade de sua aplicação em realces intercalados por pilares, aumentando a reserva lavrável. Por sua vez, a pasta provendo 1% de cimento Portland apresentou baixos índices de resistência, devendo ser aplicada como preenchimento em locais não dependentes de alta resistência estrutural de suporte. ■

*\*Dissertação de mestrado “Resistência à Compressão Uniaxial do Enchimento de Rejeito Cimentado na mina subterrânea de ouro Turmalina, da Jaguar Mining”, em colaboração das instituições UFOP e UFSJ.*

<sup>1</sup> Engenheiro Civil pela UFSJ (Universidade Federal de São João del Rey) e Mestre em Engenharia Mineral pela UFOP;

<sup>2</sup> Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da UFOP

# NOVO GIGANTE DA FROTA PRIMAX



## PRIMAX APRESENTA: O GIGANTE SANY DE 600 TONELADAS!

Chegou o mais novo integrante da nossa frota, uma máquina extraordinária que redefine os limites da engenharia e amplia nossas possibilidades em operações de grande porte. Com essa aquisição, encaramos projetos ainda mais desafiadores e elevamos o padrão de execução.

### Informações técnicas:

- CAPACIDADE NOMINAL 600t
- LANÇA TELESCÓPICA 95m
- LUFFING 84m e JIB 48m

Estratégia e inovação se unem para atender às demandas do setor com eficiência e excelência. Com força e tecnologia de ponta, seguimos construindo, entregando inovação e qualidade em cada projeto.

+55 11 97556-8255

@primax\_logistica\_engenharia

@primax\_logistica\_engenharia

www.primax.com.br

comercial@primax.com.br



**PRIMAX**  
LOGÍSTICA & ENGENHARIA

# USO DE DRONES NA MINERAÇÃO

Por **Cassiano Emílio da Silva<sup>1</sup>** e **José Margarida da Silva<sup>2</sup>**

Foto: ICI/Divulgação



*Linha de multisensores de espectro eletromagnético para VANTs*

A topografia, ciência dedicada ao estudo detalhado das características da superfície terrestre, permeia as fases do ciclo de vida do empreendimento mineral. Da prospecção, em que a precisão topográfica é fundamental para identificação e delimitação de depósitos minerais, à disposição de rejeitos, em que a gestão do espaço e a segurança ambiental são prioritárias, a topografia se mostra indispensável. A topografia guia a adequação dos terrenos às especificações dos projetos, incluindo construção de vias e outras instalações essenciais para as operações de mineração. A precisão topográfica garante que todas as estruturas sejam construídas de acordo com os planos, otimizando a eficiência e minimizando os riscos. Novas formas de captura de feições do terreno são produzi-

das. A topografia na mineração tem se apoiado em métodos consagrados, com equipamentos como a estação total, com capacidade de medir ângulos e distâncias com alta precisão, e o scanner a laser 3D, que captura nuvens de pontos detalhadas para modelagem tridimensional. A inserção de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) ou RPA (Aeronaves Remotamente Pilotadas) nos levantamentos topográficos representa evolução significativa, por seu acesso a áreas de risco, sem a exposição de pessoas.

Equipadas com câmeras de alta resolução e sensores avançados, as aeronaves permitem coleta de dados rápida, segura e eficiente. A capacidade de gerar ortofotos (como capas fotográficas), modelos digitais de elevação e nuvens de pontos den-

sas, a partir de imagens aéreas capturadas por drones, complementa métodos tradicionais de forma precisa e com bom custo-benefício.

A aplicação de VANTs em minas a céu aberto combina sistemas para orientação precisa: GNSS (como GPS) para localização global; IMUs (acelerômetros e giroscópios) para medir movimento e orientação; bússolas magnéticas para direção; sensores de altitude para manter a altura; e sistemas de controle de voo que processam dados para navegação autônoma ou guiada. Já espaços confinados, como minas subterrâneas, apresentam desafios significativos. Em ambientes sem GPS, utilizam-se Sistemas de Navegação Inercial (INS), com acelerômetros e giroscópios, que mantêm a orientação e calculam a posição relativa do equipamento, junto com sensores de visão computacional, câmeras e algoritmos, que mapeiam o ambiente e evitam obstáculos. O LIDAR (tecnologia de sensoriamento remoto), ideal para áreas com pouca luminosidade, usa lasers para criar mapas 3D detalhados. Compõem o sistema sensores ultrassônicos de prevenção a colisões. Embora tecnologicamente

desafiador e com custos operacionais elevados, representam um avanço significativo na segurança e eficiência dos levantamentos topográficos.

Para mitigar riscos inerentes a quedas e colisões em ambientes confinados, VANT's são equipados com armaduras robustas. A realização rotineira de levantamentos de cavidades, como recalces e passagens de minério, é fundamental para a inspeção da rocha escavada, medições de volume, monitoramento da geometria e características geológicas e identificação de condições de rocha potencialmente perigosas. A caracterização das propriedades da rocha em áreas restritas é fundamental para análises de estabilidade e modelagem de zonas de ruptura, prevenindo eventos de queda de rocha que podem gerar explosões de ar de alta pressão, atingindo trabalhadores e equipamentos.

Apesar de custos na aquisição de equipamentos e riscos de queda com danos significativos, VANT's em ambiente confinado oferecem ganho substancial em levantamento de volume escavado, otimizando operações e minimizando riscos em minas subterrâneas. No processo tradicional, somam-se ao peso e riscos ao operador, o tempo de

montagem e desmontagem e a fatores como os pontos de sombra, que não são bem captados pelo laser face à dimensão de abertura subterrânea.

Alguns desafios técnicos na implementação dos VANT's na mineração estão para ser superados com a expansão do mercado e a entrada de novos fabricantes, assim como com o aperfeiçoamento de seus projetos para suportarem maior peso, terem maior autonomia de voo e contarem com modos mais aprimorados de pilotagem, com uso de óculos de imersão.

A aquisição de um VANT de aplicação robusta na mineração supera a ordem de US\$ 30 mil. O sistema pode ganhar versatilidade com a integração de ampla gama de sensores, que podem custar valor superior ao do equipamento, mas oferecem dados específicos e valiosos para diferentes aplicações. Acessórios possíveis são câmeras térmicas para identificação de pontos de



*Escaneamento para cavidades inacessíveis em mineração*

*Drone Hovermap operando em mina subterrânea*



Foto: Emesent/Divulgação

superaquecimento e sensores multiespectrais e hiperespectrais para auxílio na identificação de minerais. Há aplicações também em descoberta de áreas de prospecção e identificação de estruturas geológicas com o uso de magnetômetros.

Dentro do contexto da mineração 4.0, VANT's podem operar com sistemas de estações de pouso e recarga automáticas e representam avanço significativo na autonomia e eficiência de operações aéreas. A partir de base fixa, o dispositivo alça voo, realiza a coleta de dados programada e retorna automaticamente para recarga e armazenamento seguro. A tecnologia elimina a necessidade de intervenção humana direta para troca de baterias ou reposicionamento, possibilitando missões contínuas e programadas em locais remotos ou de difícil acesso. Esse modo de operação aumenta a capacidade de monitoramento constante de áreas de interesse, tornando-se ferramenta valiosa para diversas aplicações. ■

Foto: eledyne Optech/Divulgação

<sup>1</sup> Engenheiro de Minas e Mestre em Engenharia Mineral pela UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto) e Professor do curso de Técnico em Mineração do SENAI-MG

<sup>2</sup> Vice-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral da UFOP



Foto Brazil Mining/Divulgação

# UM ORIENTADOR DE FUTUROS MESTRES & DOUTORES EM ENGENHARIA MINERAL

Por **Tébis Oliveira** .....

Ele se define como profundamente endogênico: nascido, criado, casado e trabalhando na histórica cidade de Ouro Preto, em Minas Gerais. Em maio próximo completará 32 anos na profissão que abraçou quando jovem, ainda durante o emprego como Técnico de Mineração na lendária Paulo Abib Engenharia: a de professor do curso de Engenharia de Minas da não menos lendária Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Na instituição, onde exerce também o cargo de Vice-Coordenador do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia Mineral, já orientou mais de 125 teses de engenheiros da própria Escola de Minas ou vindos de várias outras universidades, do estado como a UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais) e do país, em sua trajetória rumo aos títulos de doutores e mestres.

José Margarida da Silva é considerado um especialista em lavra subterrânea. Ele declina do título logo no início da entrevista, dizendo-se apenas um estudioso. Não é a impressão que se tem quando, com voz pausada e confiante, o vemos discorrer sobre aspectos diversos da mineração em subsolo. Desde sua ocorrência e caracterização no Brasil, passando pelos métodos de lavra, evolução tecnológica, desafios e riscos de Saúde e Segurança, treinamento e impactos ambientais.

O docente, que também é Coordenador e Conselheiro Titular da CEGM - Câmara Especializada de Geologia e Engenharia de Minas - do Conselho Regional de Engenharia de Minas Gerais (CREA-MG), ainda encontra tempo para realizar trabalhos sociais na igreja católica que frequenta e mantém a disposição de realizar um pós-doutorado no exterior, projeto tentado na forma de doutorado-sanduiche, mas inviabilizado pela dissolução do convênio à época, que pode retomar agora com o mesmo entusiasmo de antes.

Um novo projeto é o de criar uma Associação Internacional de Ventilação de Minas, reunindo professores, consultores e fornecedores ligados à mineração, para promover eventos, formar grupos de pesquisa e ampliar o debate sobre o tema considerado crítico pelo setor. A jovens estudantes de Engenharia de Minas - e possíveis futuros orientandos - alerta que o estudo e a atualização são inevitáveis e fundamentais e que se mantenham atentos às novas tendências e ao uso correto - baseado em conhecimento e com espírito crítico - da tecnologia.

**ITM: Como especialista em mineração subterrânea, o senhor pode explicar como esse tipo de operação mineral ocorre no Brasil, em termos de substâncias minerais e localização geográfica?**

**José Margarida:** Eu não me considero especialista, mas um estudioso porque a vida vai nos desafiando e vamos aprendendo sempre. A lavra subterrânea é operação com desafios bastante específicos. No Brasil, os estados de Minas Gerais e Bahia têm o maior número de minas subterrâneas de minérios metálicos. Em Santa Catarina temos ainda as minas de carvão. As regiões Centro-Oeste e Norte do país também têm acrescentado algumas minas subterrâneas nos últimos anos. De toda forma, nosso percentual desse tipo de operação é menor em relação ao das minas a céu aberto, mesmo em comparação ao de muitos outros países, equivalendo a cerca de 16% de participação.

**ITM: Essa participação tende a aumentar?**

**José Margarida:** Sim. Não podemos perder de vista de que, a exemplo de alguns países, nós teremos mais minas subterrâneas no futuro, inclusive de minério de ferro, que não são comuns ainda no Brasil, e de lítio e cobre, tanto pela necessidade de realizarmos a transição energética quanto porque os bens minerais são essenciais à sociedade. Temos ainda os exemplos das minas de potássio e rochas ornamentais, que também devem se encaminhar para o subsolo, assim como o provável aprofundamento das minas de carvão e do aproveitamento de suas reservas em São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina para abastecer as termelétricas do país.

**ITM: Em sua opinião por que o percentual de minas subterrâneas no Brasil é menor que o de outros países?**

**José Margarida:** Eu acredito que tem a ver com a nossa própria cultura de lavra em subsolo e da expertise que fomos adquirindo ao longo do tempo. Tivemos o complexo de mineração Morro Velho, em Nova Lima, Minas Gerais, operado pela Saint John del Rey Mining, companhia inglesa, e hoje pertencente à AngloGold Ashanti, que foi nossa principal escola em termos de minas subterrâneas. Do mesmo modo, tivemos minas em São Paulo, também operadas por europeus, que nos foram transmitindo essa cultura e esse conhecimento. É claro que o potencial futuro depende da ocorrência de recursos minerais que justifiquem a implantação da mina. Considerando nosso histórico levamos muito tempo para nos tornarmos mais autônomos na mineração subterrânea.

**ITM: Quais os métodos de lavra empregados nesse tipo de mineração, sua aplicação e seus principais diferenciais em relação aos métodos utilizados em minas a céu aberto?**

**José Margarida:** Existe um número expressivo de lavras subter-

râneas pelo método de realces em subníveis, em inglês Sublevel Stoping. Existe também um crescimento dos métodos de abatimento controlado, ou Sublevel Caving, por seu custo operacional e pela tecnologia que agregam ao processo de mineração. Já a lavra com o enchimento das escavações após a extração do minério, chamada de Cut and Fill, depende das normas ambientais de cada país. É o método aplicado por diversas minas de ouro, inclusive no Brasil. Há, ainda, as operações que empregam mais de um método de lavra e aquelas que alteram esse método ao longo de sua vida, devido ao aumento de profundidade que resulta na variação das condições geométricas e geomecânicas do corpo de minério. São métodos muito diferenciados dos utilizados nas minas a céu aberto. Por vezes, empregando equipamentos de porte parecido, por exemplo. Mas, o usual são equipamentos rebaixados, mais adequados à altura das escavações.

**ITM: A evolução se deu também com o uso de novas tecnologias para otimizar a operação subterrânea em termos de eficiência e segurança?**

**José Margarida:** Sim. Em termos históricos, passamos de uma lavra de menor escala e menos mecanizada para uma lavra considerada de larga escala levando, após os anos 1970, ao advento de equipamentos bastante versáteis como a carregadeira rebaixada, tipo LHD (Load Haul & Dump). No mundo como um todo, também evoluiu a tecnologia empregada nas lavras por método Longwall, de abatimento controlado, aplicado principalmente em minas de carvão e potássio, entre outros minérios, com a adoção de suportes hidráulicos auto marchantes para as escavações e mineradores contínuos, que eliminaram a necessidade de desmonte da rocha por explosivos. As minas brasileiras também foram aderindo a essa evolução paulatinamente. Passamos da mecanização para a automação e digitalização das operações, com a introdução do controle remoto de equipamentos, dispositivos de comunicação, melhoria da ventilação ou adoção da refrigeração em algumas minas, contribuindo para a melhoria da produtividade e da segurança no trabalho. Algumas minas brasileiras já passaram dos mil m de profundidade encontrando desafios que trazem novas necessidades e a incorporação de novas soluções.

**ITM: Falando em segurança, quais são, ainda hoje, os maiores riscos da mineração subterrânea?**

**José Margarida:** O desafio intrínseco a essa modalidade continua sendo a sustentação das escavações realizadas com a presença de tetos e paredes em rocha. Como o objetivo desse trabalho é garantir a segurança da operação obtendo, ao mesmo tempo, lucratividade na retirada do minério, o custo relacionado ao dimensionamento dos

suportes é uma questão importante. Outros desafios são, evidentemente, o aumento da profundidade das minas, que devem seguir as normatizações das agências, dos órgãos internacionais, demandando mais estudos em mecânica de rochas, ventilação, drenagem, iluminação e saúde e segurança. Relativamente aos impactos ambientais, precisamos estudar melhor a subsidiência. Nós já implantamos o monitoramento do sismos, da liberação de energia no maciço rochoso em algumas minas. Também para o fornecimento de dispositivos de suporte de maciços já há empresas especializadas desde o final dos anos de 1990. Quanto ao desafio da transição energética, nós ocupamos um lugar interessante por sermos fornecedores de minério e também usuários dos equipamentos movidos a bateria. Então, precisamos pensar em como evoluir nossa participação nesse mercado, definindo nossa forma de atuação e a maneira como responderemos à necessidade sempre crescente de minérios, cujo teor diminui na medida que aumenta a profundidade da lavra.

#### **ITM: O que ainda precisa mudar, então?**

**José Margarida:** Talvez um maior incentivo a esse tipo de atividade e o treinamento de pessoal específico para a mineração subterrânea. Porque a lavra a céu aberto é mais imediata, em taludes, com solo e materiais semelhantes. É um pouco mais palpável que o trabalho em subsolo, que requer maior atenção ao ambiente hostil do subsolo que, embora tenha melhorado em vários aspectos, não se compara a uma operação a céu aberto. Os operadores de equipamentos, por exemplo, precisar ficar pelo menos 45 dias como auxiliares de outro operador, antes de assumirem efetivamente seus postos, devido à especificidade do trabalho. Por vezes, ainda, o treinamento é feito parte numa porção de terreno a céu aberto e só depois no subsolo.

**ITM: O Brasil assistiu ao fechamento de grandes minas subterrâneas. Em Minas Gerais, as minas Velha e Grande, da AngloGold Ashanti. Outras operações foram paralisadas, caso de Boquira (BA), Mundo e Fortaleza de Minas (MG) e Prometélica (MT), além de várias minas de fluorita e chumbo na Região Sul e de Tungstênio, no Rio Grande do Norte. Em sua opinião, a mineração pode ser retomada em algumas dessas áreas?**

**José Margarida:** Sim. No ouro, por exemplo, a mina de Santa Isabel, em Itabirito (MG), deve retornar em breve. Também no ouro, a mina Córrego do Sítio II (CDS II), que já era a reabertura da mina São Bento, em Santa Bárbara, também pode retornar. A mina Mun-

do, quando fechou, tinha pesquisas e sondagens em andamento no subterrâneo, mas decidiu pelo fechamento, inclusive da mina a céu aberto. A Ero Caraíba, de cobre, na Bahia, está aprofundando o acesso ao poço vertical de sua mina. Temos notícias de novos corpos que vão entrar em extração em minas de ouro e diamante, assim como da retomada do projeto de abertura da mina subterrânea de urânio, pela INB (Indústrias Nucleares do Brasil), na Bahia.

#### **ITM: A pesquisa mineral precisa ser ampliada?**

**José Margarida:** Claro que precisamos ampliar a pesquisa mineral, até para enfrentar o gargalo da escassez de recursos minerais. Há uma previsão de geólogos de que, até 2032, teremos que reavaliar as minas de ouro. A própria geofísica indica que os primeiros 5 km da crosta terrestre são o limite atual para minas subterrâneas no mundo sendo que, na África do Sul, já temos minas próximas dos 4 km de profundidade. Alguns pesquisadores já falam, inclusive, de um novo limite de 7 km em relação à superfície terrestre. Então, a prospecção de depósitos de sulfetos maciços e disseminados, comuns em muitas minas subterrâneas de ferro, diamante e outros, pode nos levar sim a mais minas importantes no contexto brasileiro e mundial.

**ITM: O impacto ambiental de uma mina subterrânea é mais extenso, embora não tão visível a olho nu, que o de uma mina a céu aberto. O senhor concorda com essa afirmação?**

**José Margarida:** Veja que a própria legislação dos Estados Unidos (EUA), quando introduziu a questão da taxaço pelo fechamento de minas, estabeleceu um valor menor para as minas subterrâneas. O valor por tonelada, então, era um reconhecimento de que os

impactos são menores no subsolo. Além do impacto visual menor, temos a possibilidade de disposição dos rejeitos e resíduos gerados a céu aberto nesse subsolo. Toda mineração evidentemente, envolve impactos e a saída é sempre a informação. Não convivemos no Brasil com problemas relevantes, por exemplo, de subsidiência. Tivemos o caso da lavra de salgema, em Alagoas, por meio de escavações que, embora afetem o subsolo, conceitualmente não são de minas subterrâneas, mas feitas a partir da superfície do terreno.

#### **ITM: Qual a sua recomendação nesses casos, então?**

**José Margarida:** Precisamos continuar, seja qual for o nome dado à operação – mina a céu aberto ou subterrânea -, estudando as



**A exemplo de alguns países, teremos mais minas subterrâneas no futuro, inclusive de minério de ferro, que não são comuns ainda no Brasil, e de lítio e cobre”**

técnicas de sustentação como o enchimento, que é uma oportunidade de, ao mesmo tempo em se dispõem resíduos em subsolo, recuperar pilares de minério. Isso pode acontecer tanto em minas de carvão como em minas de minérios metálicos. E os custos desse enchimento devem ser estudados. Dos tipos de suportes, das próprias ancoragens, como os tirantes e cabos, cada vez com maiores extensões, que além de melhorar as condições de segurança em vários tipos de escavação, têm o efeito adicional de permitir o controle da diluição na lavra, a entrada de material estéril junto com o minério extraído, influenciando nos custos de transporte e melhorando o custo-benefício da extração. De toda forma, o impacto de uma operação de subsolo é mais controlado e sua mitigação terá um custo menor que a de uma mina a céu aberto.

**ITM: Além da cotação e demanda por commodities minerais, quais fatores podem inviabilizar uma mina subterrânea?**

**José Margarida:** Para que uma mina seja colocada em operação temos, além dos custos de sustentação, ventilação e refrigeração, entre outros, os aspectos geológicos, geométricos e locais e, ainda, a existência de taxações e incentivos à atividade, conforme a política municipal, estadual ou federal. No caso da concomitância ou sucessão, passagem da mina a céu aberto para a subterrânea, há facilidades em alguns casos se, por exemplo, os equipamentos forem intercambiáveis. Entre os complicadores temos a infraestrutura já instalada e os custos e logística para trabalhar o subsolo e trazer o minério para ser tratado e aproveitado na superfície.

**ITM: A escola de Minas sempre teve um papel proeminente na formação de profissionais para a mineração subterrânea. Atualmente, qual é a ênfase dada a esse tema no curso de Engenharia de Minas?**

**José Margarida:** A educação é sempre um grande desafio. Por outro lado, também é um incentivo para alguém como eu que abraçou a profissão de professor e já viu tantos alunos passarem pelo curso de Engenharia de Minas, além do trabalho direto com a pós-graduação e do contato com profissionais de empresas, que nos ajudam a entender as necessidades da área. Em relação ao conhecimento do trabalho em subsolo, nós criamos mais disciplinas obrigatórias na área de Geomecânica, que envolve tanto escavações a céu aberto quanto subterrâneas. Também criamos disciplinas eletivas no Projeto de Lavra Subterrânea e em Segurança e Saúde que, embora

também não seja exclusiva para o subsolo, é uma oportunidade de ampliar o conhecimento. Os alunos têm hoje maior possibilidade de escolher as disciplinas, dentro da flexibilização das normas educacionais como a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional) e outros instrumentos, enriquecendo um pouco mais o curso. Temos também os programas de estágio, os estudos com softwares comerciais de lavra envolvendo também o subsolo, as iniciações científicas, pesquisas em nível de graduação e pós-graduação com vestíveis tecnológicos, por exemplo, e estamos construindo um laboratório de ventilação.

“

**A prospecção de depósitos de sulfetos maciços e disseminados, comuns em muitas minas subterrâneas de ferro, diamante e outros, pode nos levar a mais minas importantes no contexto brasileiro e mundial”**

**ITM: Em 2024 tivemos a quarta edição do Simpósio Internacional de Ventilação de Minas da Iberoamérica, organizado pela UFOP, UFMG e USACH (Universidade de Santiago do Chile). Quais foram os destaques do evento?**

**José Margarida:** Foi nossa segunda participação nesse evento, um fórum onde podemos trocar experiências com profissionais de mineradoras, consultores, docentes e discentes e fornecedores de renome de vários países além da América do Sul, como o Canadá e a Austrália. Participamos de minicursos, palestras, debates e visita técnica. É uma experiência muito enriquecedora que nos mostra a realidade de minas pelo mundo afora. O próximo evento deve

ser realizado no Peru e estamos nos movimentando para manter nossa participação. Também estamos vislumbrando a criação de uma associação internacional nessa área de ventilação em curto ou médio prazo.

**ITM: Quem integraria essa associação?**

**José Margarida:** Principalmente, os docentes das universidades que organizam o simpósio, mas também outros interessados como consultores e profissionais de empresas fornecedoras de sistemas de ventilação e refrigeração. O objetivo é melhorar nosso conhecimento sobre esses sistemas, tanto partindo na superfície quanto nas minas subterrâneas, viabilizando grupos de pesquisa sobre o tema. A associação também pode solucionar dificuldades que as universidades enfrentam para organizar e fazer a gestão de eventos, quanto à captação de recursos e pagamento dos serviços.

**ITM: Voltando à questão do treinamento, quais aspectos deveriam ser mais enfatizados?**

**José Margarida:** Nós temos trabalhado com algumas empresas,

Foto: Divulgação



## JOSÉ MARGARIDA DA SILVA

**Nasceu em:** 01/05/1968, em Ouro Preto (MG)

**Mora em:** Ouro Preto (MG)

**Formação acadêmica:** Engenharia de Minas pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP (1991). Mestrado em Geomecânica Aplicada pela Universidade de São Paulo - USP (1998). Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG (2005)

**Trajatória profissional:** Estagiou na Alcan (1985, 1991), Paulo Abib Engenharia (1986) e Fundação Gorceix (1991). Foi Editor de seção da Revista Escola de Minas. Coordenador e Conselheiro Titular da CEGM - Câmara Especializada de Geologia e Engenharia de Minas do Conselho Regional de Engenharia de Minas Gerais (CREA-MG). Professor do curso de Engenharia de Minas (desde 1993) e Vice Coordenador do Programa de Mestrado e Doutorado em Engenharia Mineral da UFOP

**Família:** Dois irmãos, casado há 31 anos e duas filhas, uma Arquiteta e uma Psicóloga

**Um time de futebol:** Cruzeiro

**Um hobby:** Jogar futebol

**Um mestre ou ídolo:** Na vida, Jesus Cristo. Na minha profissão, Tales Silveira, precursor da lavra subterrânea de larga escala no Brasil, com quem tive a oportunidade de conviver na Escola de Minas da UFOP e na Paulo Abib Engenharia

**Maior decepção:** A perda precoce de meus pais

**Maior realização:** Do ponto de vista profissional, minha carreira na universidade. Do ponto de vista pessoal, as bodas de prata com minha esposa e minhas filhas

**Um projeto de vida:** Como priorizei minha vida pessoal, tenho o projeto profissional de realizar um curso de pós-doutorado no exterior

**Um “conselho” a jovens engenheiros de Minas:** O estudo e a atualização são inevitáveis e fundamentais. Onde quer que o profissional esteja, ele deve se manter atualizado, atento às novas tendências e ao uso correto – baseado em conhecimento e com espírito crítico – da tecnologia

além da formação continuada de corpo técnico na pós-graduação, realizando treinamentos para operadores e outros trabalhadores no dimensionamento de estruturas de sustentação de minas. A segurança é um aspecto muito importante porque, às vezes, mesmo treinadas as pessoas podem cometer uma desatenção e facilitar um acidente. Várias minas já implementaram soluções no campo de rastreamento de pessoas. O controle de gases ainda é um aspecto a ser melhorado e a medição de parâmetros e análise de dados é uma ciência que está em evolução e merece ênfase. Eu visito regularmente minas subterrâneas com meus alunos e sei que a segurança é prioridade zero, com destaque para técnicas de manter os funcionários atentos. Por exemplo, o crachá com a foto da família e não só da pessoa, para lembrá-la que estão esperando por ela após o trabalho. Também o aumento de sinais de alerta nas entradas das escavações e os manuais de procedimentos padrão, além de dispositivos que permitem a localização rápida e retirada em situações, por exemplo, de desmonte por explosivos. Além disso, já identificamos normas sobre ventilação que precisam ser atualizadas.

### **ITM: Em termos de engenharia, quais fatores e parâmetros devem ser prioritários na elaboração de um projeto de mina subterrânea?**

**José Margarida:** Implicitamente, a busca da maior taxa de retorno econômico, considerando o teor de minério existente. Mas, observando as questões ambientais e de segurança da modalidade de lavra subterrânea, devemos buscar a compreensão dos efeitos dos parâmetros geológicos, geotécnicos e econômicos para a melhor seleção ou adaptação do método de lavra e sequenciamento da extração, com o uso das abordagens e ferramentas disponíveis para a obtenção de bons índices de recuperação de minério, de diluição e de custos nesse trabalho. Muitas vezes, o problema não está no projeto, mas em sua execução, que não teve um controle cuidadoso. O mesmo ocorre na instalação em subsolo: precisamos estar sempre adaptando e melhorando os métodos existentes com as novas tecnologias que o mercado nos traz.

### **ITM: Em sua opinião, qual é a mina subterrânea ideal?**

**José Margarida:** É a mina que implanta de forma mais eficiente as suas operações, em consonância com as informações disponíveis sobre a natureza do corpo de minério, das rochas que o envolvem e das restrições econômicas existentes. Com isso, é possível selecionar os métodos e equipamentos adequados, desde o acesso da superfície ao subsolo. Sempre com profundo respeito aos colaboradores e às comunidades no entorno do empreendimento, minimizando impactos sociais e ambientais. ■





Por *Gláucia Cuchierato*<sup>1</sup>

Foto Divulgação

# RAIO-X DAS EMPRESAS DE MINERAÇÃO NO BRASIL

Qual o perfil das empresas brasileiras? Quem são? O que comem? Onde vivem? A seguir, neste artigo...

Consolidar e dimensionar o universo da mineração brasileira é um instigante desafio. Para contabilizar o número de empresas de mineração no Brasil, os critérios mais comuns geralmente envolvem diferentes aspectos do setor e variam conforme a fonte de dados e a metodologia utilizada para segmentação, tais como:

- Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) ativo com respectivo CNAE para produção e comercialização de minérios;
  - Registros na Agência Nacional de Mineração (ANM);
  - Porte da empresa;
  - Tipo de Atividade;
  - Status de Desenvolvimento, dentre outros.
- O Portal da Geoinformação Mineral da ANM (<https://geo.anm.gov.br/portal/home/>) apresenta todas as áreas de processos minerários registradas e a distribuição da mineração no Brasil (Figura 1), permitindo o uso de diversos filtros.

Por este levantamento, teríamos um total de mais de 38 mil titulares produzindo bens

minerários com os títulos de concessão de lavra, licenciamento e permissão de lavra garimpeira. Empresas que operam sob o regime de autorização de pesquisa, com guia de utilização, poderiam ser contabilizadas e acrescidas a este universo, caso estejam ativas e com recolhimento de CFEM.

Em comparação com levantamento do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), com os dados de 2018, verificou-se grande aumento do número de empreendimentos, como visualizado na **Tabela 1**.

Fazendo uma análise mais criteriosa sobre esses dados, sabe-se que uma operação mineira pode agrupar CNPJs diferentes, de subsidiárias de uma mesma empresa, co-operação de empresas contíguas e sinérgicas, Joint Ventures e outros acordos comerciais e contábeis, que constituem apenas um complexo produtivo.

No final de março de 2025, a TSX Venture Exchange, principal bolsa de valores mundial em número de listagens do setor mineral, que detém 43 empresas em operação

**Tabela 1:** Evolução do número de títulos minerários no Brasil, em fase de produção

FASE	2019	2025	VARIAÇÃO
CONCESSÃO DE LAVRA	9.415	13.207	+ 40 %
LAVRA GARIMPEIRA	1.820	3.206	+ 79 %
LICENCIAMENTOS	13.250	20.434	+ 54 %
COMPLEXOS DE ÁGUA MINERAL	830	1.425	+ 71 %

no Brasil (de um total de 116), realizou o primeiro Capital Pool Company (CPC) Roadshow no Brasil, com a presença de uma delegação de investidores canadenses interessados em avaliar projetos e equipes de gestão de minerais críticos e de transição energética do país (incluindo energia renovável e clean tech), que desejam se listar e levantar capital nos próximos 6 a 18 meses. Procuram 15 projetos brasileiros, com os seguintes critérios: projetos com equipe de gestão sólida, qualidade do ativo (relatório NI 43-101 pronto, em andamento ou previsto) e critérios ESG.

Neste momento, em que há grande expectativa do mercado de selecionar os projetos de mineração de maior potencialidade para receber aporte de investimentos, surge a pergunta que não quer calar...

**Quais são as Minas ativas e Projetos brasileiros estão classificados sob as temáticas de:**

- transição energética e descarbonização (cobalto, cobre, estanho, grafita, lítio, manganês, minério de terras raras, minérios do grupo da platina, molibdênio, nióbio, níquel, silício, tântalo, titânio,

**Figura 1:** Ilustração da distribuição da mineração no Brasil – Portal da Geoinformação Mineral da ANM

(data: 04/04/2025).



- tungstênio, urânio, vanádio e zinco);
- fertilizantes (fosfato, potássio e calcário - minerais fundamentais para a fertilidade do solo) e remineralizadores;
- ouro
- ferro
- outros?

### Quantos projetos precisam de capital e estão prontos e aptos?

Para iniciar esta resposta, indico o novo veículo de informação do setor mineral – o **MAPA IBRAM®** (<https://ibram.org.br/mapa-ibram/> - **Figura 2**).

Com quase 50 mil visualizações atingidas nos 30 primeiros dias desde sua divulgação durante o BRAZILIAN MINING DAY, que aconteceu durante o PDAC 2025, em Toronto/Canadá, o **MAPA IBRAM®** disponibiliza os dados de forma interativa e dinâmica (Google MyMaps®), apresenta informações georreferenciadas e a navegação pode ser feita pelos tópicos de interesses e menus:

- Associados IBRAM
- Commodities
- Projetos
- Mina ativa (agrupada por tema: transição energética e descarbonização, fertilizantes e remineralizadores, ouro, ferro e outros)

O MAPA IBRAM® não inclui bens minerais de uso na construção civil (agregados, ar-

gilas e outros insumos para indústria cerâmica, rochas ornamentais, calcário para cimento), gemas e água mineral, exceto de empresas associadas ao IBRAM.

Ao clicar sobre cada ícone do mapa, uma série de informações é apresentada para cada ponto:

- Nome da empresa e nome da mina/projeto
- Commodity principal e secundária
- Grupo Empresarial
- Status da mina (ativa ou projeto)
- Tipo da operação (céu aberto ou subterrânea)
- Município/UF
- Associação ao IBRAM
- Sede da empresa e website.

Alguns projetos e minas ativas de empresas listadas em bolsas de valores também indicam informações sobre porte, se está listada como single ou dualisting e o ticker da bolsa em que está listada (dados provenientes do mapa das empresas listadas - [www.geoansata.com.br/listadas](http://www.geoansata.com.br/listadas))

A compilação desses dados é um trabalho contínuo. Após a primeira revisão das informações, pós lançamento (abril/2024), foram obtidos os números indicados na **Tabela 2**.

A periodicidade das próximas revisões ainda será definida, a depender das novidades, aplicação de novos filtros e mudanças de status dos empreendimentos.

O desenvolvimento do MAPA IBRAM® foi feito pela equipe da GeoAnsata, que utilizou informações das seguintes fontes de consulta:

- Cadastro Mineiro e SIGMINE | ANM;
- Revista In the Mine – Mapa da Mina 2024;
- Revista Brasil Mineral – As Maiores Empresas do Brasil;
- Revista Minérios & Minerais – 1000 Maiores Minas Brasileiras;
- Websites das empresas de mineração;
- Mapa da Mineração Brasileira (2018) – AHK Câmara de Comércio e Indústria Brasil – Alemanha (<https://www.ahkbrasilien.com.br/projetos/mineracao/mapa-da-mineracao-brasileira/>);

**Tabela 2:** Número de empresas de mineração (minas ativas e projetos, associados IBRAM)

CLASSE	ABRIL/2025
<b>EMPRESAS DE MINERAÇÃO</b>	277
<b>ASSOCIADOS IBRAM</b>	89
MINAS ATIVAS	287
CÉU ABERTO	251
SUBTERRÂNEA	30
CÉU ABERTO / SUBTERRÂNEA	6
PROJETOS	208

- Pisani, J.R.T.; Modesto, A.A.L.; Cuchierato, G. Mapeamento das empresas de mineração listadas em bolsas de valores com operações no Brasil. Simexmin, 2024;

- GeoAnsata – Mapa das empresas listadas ([www.geoansata.com.br/listadas](http://www.geoansata.com.br/listadas));

- GeoAnsata – Mapa das minas subterrâneas ([www.geoansata.com.br/subterraneas](http://www.geoansata.com.br/subterraneas)).

**Ainda não é possível** responder integralmente, com um simples clique, **quantos e quais** projetos e minas brasileiras tem maturidade técnica e de gestão para serem listados em bolsas de valores nacional e internacionais, bem como para atrair fundos de investimentos privados ou outros mecanismos, como o Fundo de Investimento em Participações (FIP) Minerais Estratégicos no Brasil, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Mas creio que em breve teremos mais visibilidade das ações do setor mineral brasileiro, inclusive da pauta ESG, e do processo de adequação para atendimento às boas práticas recomendadas internacionalmente das empresas que conduzam seus projetos como itens importantes de estratégia. Enquanto isso, o país se prepara para ser o palco de grandes transformações, com novas oportunidades de crescimento e inovação que se abrem para o setor mineral. E assim, seguimos desvendando o universo particular de possibilidades da mineração brasileira. ■

**Figura 2:** Ilustração do MAPA IBRAM®

(<https://ibram.org.br/mapa-ibram/>)



<sup>1</sup> Geóloga e Mestre em Recursos Minerais pelo IGc-USP, Doutora em Engenharia Mineral pelo PMI-EPUSP e Diretora Executiva da GeoAnsata Projetos e Serviços em Geologia

# NA LICENÇA SOCIAL PARA OPERAR, O VIZINHO MORA AO LADO!

Por **Ana Lúcia Frezzatti Santiago\***

Foto: Ana Santiago



Ana Lúcia Frezzatti Santiago

Gerenciar o relacionamento com comunidades locais é algo que algumas empresas julgam desnecessário, dedicando pouca atenção para a questão. A desatenção ao tema tem avançado além dos costumeiros impactos negativos na reputação, revelando um significativo gerador de custos.

No setor mineral, um estudo realizado pela Universidade de Queensland envolvendo 50 empresas de mineração demonstrou casos de minas situadas na América Latina que obtiveram custos adicionais de US\$ 750 milhões no projeto inicial, ocasionados por conflitos com comunidades do entorno.

## TRANSFORMANDO RISCOS EM VALOR

A Licença Social para Operar surge como uma estratégia da

empresa, em um cenário permeado por custos e ações reativas para gerir riscos de conflitos com a comunidade. Propõe uma estratégia proativa, ou seja, uma abordagem mais sofisticada do que apenas relacionamento com comunidades/relações institucionais. Principalmente nas atividades que envolvem extração de recursos naturais, pois estão sujeitas a causar mudanças nos locais onde operam, ampliando os conflitos e aumentando a pressão para demonstrarem que os benefícios superam os impactos. A não obtenção da LSO é citada na lista mundial desenvolvida pela consultoria Ernst & Young como um dos principais riscos para o setor de mineração, porém, é importante compreender que a LSO vai além da gestão dos riscos e está diretamente relacionada à gestão dos impactos causados pelo empreendimento mineral e à criação de benefícios locais para além do tempo de vida da operação.

O termo LSO foi utilizado inicialmente em 1997 durante uma conferência sobre mineração, realizada no Equador pelo Banco Mundial. Atualmente, o termo é utilizado por diversos órgãos e normas internacionais, a exem-

plo do ICMM - International Council on Mining and Metals, ISO 26.000, Minerals Council of Australia e Mining Association of Canada, entre outros. Apesar da popularização do termo, a natureza abstrata da LSO apresenta desafios para a sua definição, sendo que a "emissão" de uma LSO é uma metáfora usada para descrever o resultado de um processo através do qual a comunidade local aprova ou não as atividades da empresa.

Apesar de abstrata, é um consenso que a LSO trata de uma licença intangível, não concedida por meio de um documento, mas sim por um contrato tácito realizado com a sociedade ou grupo social, que legitima, aceita e permite que um processo de extração mineral e processamento inicie e continue as suas operações. Outro consenso é o fato de a LSO ser primeiramente concedida pelas comunidades localizadas próximas às operações da empresa, ou seja, **os vizinhos**.

## 24 ANOS DO TERMO LSO: O QUE ENCONTRAMOS

Rastreamos 24 anos do termo LSO e analisamos as suas conexões. O termo é aceito por uns e recusado por outros. Existem até

Foto: Ana Santiago



mesmo pessoas que relacionam LSO com reputação e a marca da empresa (algo que refuto totalmente, pois a LSO é mais abrangente e relacionada com direitos humanos). Mas, quer gostemos ou não do termo, ele tem significados construídos ao longo do tempo nos ambientes industrial/extrativo e no científico.

O campo de estudos sobre a LSO cresceu consideravelmente nas últimas duas décadas, levando ao surgimento de novas abordagens e modelos. É interessante como um termo inicialmente “vazio” teve o seu significado construído ao longo do tempo.

O termo é adotado pela mineração, mas está ganhando força também na silvicultura, petróleo e gás, setor marítimo, agricultura, energia, nas indústrias da nova economia azul, biossegurança, organizações esportivas, biotecnologia e até mesmo na área de bem-estar animal.

A maior agência de financiamento da LSO é do governo australiano, seguido das agências de fomento canadenses.

*Povoado Poço d'Água em Mansidão, Bahia: a LSO deve ser primeiramente concedida pelas comunidades próximas*

Encontramos quatro grupos de significados: o do desenvolvimento sustentável e direitos humanos; o da aceitação social, confiança e governança; o do compliance ambiental; e o da avaliação de impactos do empreendimento.

Mas, quando se pensa em LSO numa perspectiva da performance social da empresa, é necessário incluir métricas e integrar a avaliação do impacto social ao longo do projeto mineral, abrindo caminho para medidas preventivas e compensatórias, para aumentar os benefícios com a presença da empresa e diminuir os impactos negativos.

### GERENCIANDO A LSO

Os mais céticos criticam a LSO como um conceito pouco definido, porém a busca por torná-la gerenciável é um desafio que aos poucos está sendo vencido, principalmente impulsionado pelo fato de que a sua não obtenção expõe a empresa a atrasos, custos, litígios e cancelamentos de operações.

Mas afinal, como gerir o processo e conseguir meios eficazes para se implantar uma estratégia de LSO?

Em primeiro lugar é importante levar em conta que é mais fácil identificar quando uma LSO está perdida do que quando ela

é alcançada. Um segundo passo é compreender que se trata de um processo contínuo de negociação, passando pelo conhecimento, por parte da empresa, dos seus potenciais impactos socioambientais (positivos e negativos, cumulativos, de primeira ou segunda ordem etc.).

Para a obtenção e manutenção da LSO é condicionante que a estratégia permeie três ambientes da empresa:

- 1) o interno: políticas, estratégias e práticas de gestão adotadas, a exemplo da gestão dos impactos sociais e ambientais;
  - 2) o externo: compreender os processos de mudanças causados direta e indiretamente pelas operações e como a comunidade percebe essas mudanças;
  - 3) o ambiente das interrelações: relacionamento, escuta qualificada, participação e diálogo. para a construção de relações baseadas na confiança, ou seja, abrir espaços de diálogo sobre os potenciais impactos e benefícios gerados pelo empreendimento, envolvendo comunidade, empresa, organizações e governo.
- Enfim, obter uma LSO é antes e tudo garantir as boas relações com a comunidade pois, melhor do que uma boa apólice de seguro, é ter a comunidade vizinha como parceira da empresa, inclusive em momentos críticos! ■

\* PhD em Mineração, Comunidades e Social Performance (LSO). Atua com performance social em mineradoras no Brasil, Chile, Argentina, Equador e Portugal e é Coordenadora Latam na Voconiq Engagement Science

# ABORDAGEM SOCIAL E AMBIENTAL INTEGRADA

Social Way e Plano de Mineração Sustentável orientam ações, projetos e programas da Anglo American em seus territórios de atuação

Na esfera social, a política que rege a performance dos empregados, fornecedores e parceiros da Anglo American em todos os processos e fases de negócios é a Social Way. “Essa política define a estrutura de trabalho de governança para o desempenho social e estabelece requisitos para todas as operações visando, principalmente, evitar, prevenir e, quando apropriado, mitigar e remediar os impactos sociais adversos das operações da empresa; promover efetivo envolvimento com as partes interessadas; e maximizar as oportunidades de desenvolvimento”, explica Ivan Simões, diretor de Assuntos Corporativos e Sustentabilidade da Anglo American no Brasil.

Como o desempenho social faz parte de uma abordagem integrada à gestão dos riscos e impactos das atividades, a responsabilidade pela implementação da Social Way é multidisciplinar, incluindo as áreas Social; de Operação; Saúde e Segurança; Meio Ambiente; Segurança Patrimonial; Pessoas e Organização; Jurídica; Planejamento de Mina; e Suprimentos, entre outras.

Além disso, em busca de uma contribuição positiva e duradoura para as comunidades

anfitriãs, foi desenvolvido o Plano de Mineração Sustentável, que tem como objetivo promover ações e investimentos locais em três pilares: Ambiente Saudável, Comunidades Prósperas e Líder Corporativo de Confiança.

## MONITORAMENTO AMBIENTAL

As atividades de mineração geram diversos impactos ao meio ambiente e às comunidades anfitriãs. Em razão disso, a mineradora implementou planos robustos para mitigar questões ligadas à qualidade do ar, do solo e da água, além do aumento do fluxo de pessoas na região, entre outros efeitos adversos. Por outro lado, há um esforço para maximizar os efeitos positivos decorrentes da operação, como o aumento na arrecadação de impostos, geração de empregos diretos e indiretos e o desenvolvimento da economia local, estimulando as pessoas da região a não dependerem exclusivamente da mineração, além de investimentos institucionais realizados em frentes como infraestrutura, saúde e bem-estar, educação, entre outras.

Na esfera ambiental, diz Simões, um exemplo são os Programas de Controles Ambien-

*Ivan Simões,  
diretor de  
Assuntos  
Corporativos e  
Sustentabilidade  
da Anglo  
American no  
Brasil*

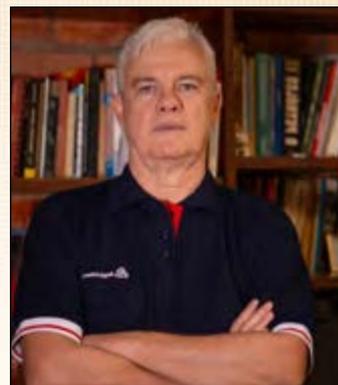


Foto: Ana Colla Fotografia

tais (PCAs), que incluem o gerenciamento de resíduos; a gestão dos recursos hídricos; a recuperação de áreas degradadas; o monitoramento de ruídos e vibrações e da qualidade do ar; o controle de fauna e flora; e a educação ambiental.

Além dos monitoramentos ambientais, o Plano de Mineração Sustentável atua de forma proativa na promoção da biodiversidade local. Como resultado, a Anglo American conta com cerca de 32 mil ha de áreas protegidas no Brasil, entre Cerrado e Mata Atlântica, equivalentes a mais de seis vezes a área operada no país. Outra frente é a dos projetos para a recuperação de nascentes na bacia do rio Santo Antônio, em Conceição do Mato Dentro (MG). A iniciativa inclui

a recuperação de 23 nascentes e cerca de 8 mil m lineares de áreas de preservação permanente. Já em Goiás, a empresa apoia o programa Juntos pelo Araguaia, uma parceria do Governo Federal com governos estaduais, visando a revitalização de bacias hidrográficas do Brasil. O objetivo é promover ações de recomposição de áreas florestais, preservação de nascentes e conservação do solo e da água na bacia do rio Araguaia, além de implantar ações de saneamento em cidades da região.

No âmbito social, a diretriz é compreender a realidade local, por meio de reuniões com as comunidades, pesquisas socioeconômicas, canais de comunicação e diagnósticos em

relação às cadeias produtivas e tradições locais. Segundo Simões, essas ferramentas são a base para a efetivação de iniciativas importantes, como o desenvolvimento de fornecedores locais; o apoio e o fortalecimento da gestão pública e da infraestrutura municipal; a criação de programas de capacitação e geração de renda fora da cadeia de mineração; o estímulo à mão de obra local; o resgate e a valorização do patrimônio histórico e cultural. O executivo destaca que muitas das ações de preservação ambiental também resultam em ganhos sociais, como a recuperação de recursos hídricos, que incrementa a disponibilidade de água potável a longo prazo.

### INVESTIMENTOS SOCIAIS

De 2007 a 2024 foram aportados mais de R\$ 950 milhões nos territórios do Minas-Rio, em ações de saúde e bem-estar, educação, saneamento, segurança pública, cultura, turismo, lazer, meio ambiente e infraestrutura viária, em parceria com o poder público ou a partir de sugestões das comunidades por meio dos editais sociais da empresa. Os projetos são analisados por um comitê formado por membros internos e externos da empresa, que prioriza aqueles que melhor poderão contribuir com seu território de atuação. Em 2024, por exemplo, foram selecionados 27 projetos beneficiando cerca de 5,5 mil pessoas.



in  
SIGA-NOS NO  
LINKEDIN



# CONGRESSO BRASILEIRO DE FOSFATOS 2026

**Local:**  
**Caldas Novas-GO**  
**Centro de**  
**Convenções**  
**diRoma**

**Data:**  
**08 a 13**  
**de Março**  
**2026**

**Submissão**  
**de trabalhos:**  
**Mais de 50**  
**trabalhos**  
**recebidos na**  
**1ª edição!**

**Prazo para submissão:**  
**01/10/2025**

Siga nossas redes sociais:



Realização:



Organização:



Patrocínio Diamante:



Acesse nosso site:



Foto: Letícia de Oliveira Mendes



As comunidades também participam, junto a empregados da Anglo American, do programa de voluntariado Embaixadores do Bem que, no ano passado apoiou 72 projetos, beneficiando diretamente 49 instituições. Já o Programa de Fornecedores apoia projetos das comunidades e municípios, em parceria com empresas contratadas pela empresa no Minas-Rio. Em 2024, 33 empresas participaram do programa, que teve 120 iniciativas implementadas, com um investimento de R\$ 4,9 milhões, beneficiando 109 mil pessoas. Simões explica que os investimentos podem ter diferentes fontes, desde medidas de mitigação de impacto constantes em condicionantes de licenciamento até ações de desenvolvimento local, realizadas por liberalidade da empresa e em linha com as estratégias de desenvolvimento do território.

## METODOLOGIA

A prática de escuta ativa das comunidades da Anglo American é realizada por diversos canais: o Fale Conosco, para

Foto: Letícia de Oliveira Mendes



*Projeto Musicalizando o Futuro, resultado de edital social*

*Incentivo à apicultura pelo Projeto Crescer*

*Produtos de queijo Leo Tapera, participante do Projeto Crescer*

dúvidas, sugestões ou reclamações; interações face a face, telefonemas e via WhatsApp pela equipe de Relacionamento com Comunidades; e fóruns regulares com moradores locais a respeito das necessidades das comunidades e dos impactos decorrentes da operação, além de pesquisas de reputação.

O mapeamento e plano de engajamento com stakeholders é realizado de forma bastante abrangente e holística, explica Simões, observando comunidades, associações, povos indígenas e tradicionais, agentes governamentais do Legislativo, Executivo e Judiciário e representantes comunitários, entre outros.



“É um processo desafiador por envolver uma gama muito heterogênea de stakeholders, com expectativas distintas, além de interesses pessoais que podem dificultar a identificação e a priorização dos investimentos”, considera Simões. Também a definição do limite entre o papel da empresa no desenvolvimento do território e o papel do município podem acabar se sobrepondo. Quando isso ocorre é fundamental ter um relacionamento aberto e de confiança com as prefeituras. Os aspectos legais também devem ser observa-

dos e alinhados às expectativas da comunidade.

Podem surgir, ainda, reivindicações de lideranças não legitimadas ou de entidades que não refletem totalmente os interesses das comunidades. Daí a importância de manter um diálogo aberto e transparente para entender as reais preocupações das comunidades, garantindo que as lideranças legítimas sejam ouvidas, criando relações fortes, construtivas e responsivas que aumentem o nível de confiança entre o empreendimento e as partes interessadas. O Social Way fornece os requisitos para que a atuação da Anglo American, na área ambiental, seja avaliada, com análises e relatórios anuais, de forma a impulsionar o aprendizado e as melhorias contínuas dos processos. Também os indicadores das ações dos programas inseridos no Plano de Mineração Sustentável são monitorados e as pesquisas de reputação e apontamentos feitos pelos fóruns com a comunidade contribuem para indicar os pontos fortes das práticas da empresa e as questões que podem ser melhoradas.

Em 2024, as unidades Minas-Rio (MG), de minério de ferro, e Barro Alto (GO), de níquel, receberam o padrão IRMA (Iniciativa para a Garantia de Mineração Responsável, em inglês). As duas operações alcançaram o nível de desempenho IRMA 75, o mais alto já alcançado por uma empresa de mineração, após avaliação de auditores independentes que observaram cerca de 400 requisitos, divididos em quatro princípios: integridade nos negócios, legado positivo, responsabilidade social e responsabilidade ambiental. ■

# CONSTRUÇÃO PERMANENTE E DIÁRIA

Atuando na região sensível da Amazônia, MRN valida projetos e programas em parceria com comunidades locais, através de diálogo e engajamento

Localizada na Amazônia e cercada de unidades de conservação e populações quilombolas e ribeirinhas, a MRN tem sua LSO construída de forma permanente, no dia a dia de sua atuação e não se restringe apenas às ações da equipe de relacionamento com comunidades, mas a todas as áreas da empresa. A afirmação é de Jéssica Naime, gerente geral de Relacionamento e Responsabilidade Social Corporativa da mineradora, área que representa mais da metade do investimento socioambiental total da empresa e envolve também as obrigações socioambientais assumidas junto aos órgãos licenciadores do empreendimento.

O monitoramento ambiental – da fauna, flora e recursos hídricos, considerando os diversos serviços ecossistêmicos que, de alguma forma, são afetados pela operação – é realizado pela equipe de Meio Ambiente da empresa, que comunica seus resultados às comunidades do relacionamento, dando maior transparência e possibilitando o controle social sobre os processos.

Outro componente importan-



Foto: Waneza Soares

*Jéssica Naime,  
gerente geral de  
Relacionamento e  
Responsabilidade  
Social  
Corporativa da  
MRN*

te da LSO é o diálogo aberto com os diversos atores sociais afetados ou com interesse na operação, através de reuniões, visitas e engajamentos diários.

“Por meio dessa relação é possível capturar preocupações, dúvidas e contribuições por parte desses atores sociais, endereçar respostas e readequar ações que respeitem tais grupos sociais. Do ponto de vista da empresa, isso representa um mecanismo de gestão do risco social, tão caro a empreendimentos de mineração”, explica Jéssica.

Importante motor econômico nos municípios de Oriximiná, Terra Santa e Faro, Oeste do Pará, a MRN tem buscado diferentes formas de garantir o compartilhamento do valor que gera com a região e que não se resume à geração de tributos.

Em 2024, a empresa lançou o Programa Portas Abertas, que buscou recrutar pessoas de comunidades quilombolas e ribeirinhas vizinhas para vagas que incluem o custeio integral de curso superior e sua preparação para as diferentes carreiras que a empresa oportuniza. Das pessoas contratadas, lembra Jéssica, 90% foram mulheres com Ensino Médio completo, que puderam escolher as áreas de formação para as quais se capacitariam.

O Programa de Recuperação de Áreas Degradadas, referência em restauração florestal na Amazônia, se baseia em técnicas construídas ao longo dos 45 anos de operação da empresa e hoje é coordenado e executado por maioria de quilombolas e ribeirinhos, que se valem de seu conhecimento tradicional associado para enriquecer ainda mais esse processo. Por meio do Programa de Recuperação de Áreas Mineradas, por exemplo, o replantio é feito imediatamente após a lavra, garantindo sua rápida restauração ecológica. Atualmente, mais de 7 mil ha mineirados já foram recuperados.

Outra importante ação, tam-



bém realizada ao longo de três décadas, é o trabalho contínuo de recuperação do Lago Bata-ta. Já foram plantadas 434.649 mudas de espécies típicas em aproximadamente 110 ha da mata de igapó, no entorno do lago, resultando numa cobertura vegetal de 78,82%, em 2024. A melhora na parte terrestre auxilia na evolução da parte aquática, com o aumento do número de espécies, por exemplo. Em 2024, 179 espécies de peixes foram identificadas ocupando igualmente todo o lago. Do ponto de vista socioambiental, a MRN executa em torno de 60 iniciativas, entre projetos e programas, que buscam a compensação adequada às comunidades em sua área de influência. São projetos que aliam a preservação ambiental com geração de renda, assegurando a cultura e o modo de vida das comunidades, integrando também com suas aspirações de desenvolvimento para o futuro.

### PLANOS DE ENGAJAMENTO

O processo de escuta envolve múltiplos canais de engaja-

#### *Projeto Quilombo, de assistência a comunidades tradicionais*

mento e comunicação. A equipe de relacionamento com comunidades mapeia, identifica e registra diferentes atores sociais (stakeholders) afetados ou interessados no empreendimento, com base na área de abrangência definida nos estudos ambientais realizados para o processo de licenciamento ambiental. A partir daí, o reconhecimento do território pela equipe da MRN, o engajamento diário e as ações e projetos sociais agregam informações e conhecimento sobre os diferentes atores sociais que, de alguma forma, se relacionam com a MRN. O processo não ocorre apenas na área social, mas também no relacionamento institucional, ambiental, jurídico e comercial da empresa, em que as partes interessadas se conectam com diferentes áreas para essa interface a partir dos diferentes interesses que os norteiam. “Nosso canal de escuta, queixas e reclamações é amplamente divulgado na região – o Falaí Comunidade. E o boca-a-boca funciona muito bem, já que as lideranças e comunitários são multiplicadores desse canal. São realizadas visitas em campo e reuniões de diálogo de forma permanente com as comunidades na área de influência da MRN, todas registradas e arquivadas em um banco de dados robusto, es-

pecífico para o gerenciamento de stakeholders”, diz Jéssica. Hoje há mais de 750 stakeholders mapeados, entre indivíduos e organizações, que são cadastrados e monitorados. Suas posições em relação ao empreendimento e suas demandas, são registradas e consideradas na construção dos Planos de Engajamento, elaborados a partir da realidade de grupo social ou comunidades avaliadas como relevantes para esse relacionamento.

### VALIDAÇÃO E PARCERIA

Além dos Planos de Engajamento, as informações sobre stakeholders também apoiam a construção do Plano de Investimento Social. Ambos são validados com as comunidades e implementados com sua parceria, nos prazos definidos em conjunto. Diagnósticos socioambientais e econômicos realizados junto às comunidades dão subsídio para a escolha da melhor abordagem e técnica envolvida. São considerados o conhecimento tradicional associado e práticas culturais históricas na região.

Os projetos de geração de renda dialogam com produtos valorizados na região, como a produção do mel por abelhas sem ferrão, com boa saída comercial e valorização no mercado. São também implementados Sistemas Agroflorestais,

que aliam melhoria da qualidade da alimentação, apoio à subsistência, segurança alimentar e preservação ambiental. O projeto de agricultura familiar tem possibilitado a organização dos produtores em cooperativas e a geração de renda, com a produção e comercialização de farinha típica, vencedora de prêmios de melhor farinha da região.

Na área de educação, a empresa financia integralmente a educação escolar de crianças e jovens quilombolas em sua escola na vila industrial de Porto Trombetas; oferece preparação para o Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja), visando elevar o nível de escolaridade na região, que não possui escolas de Ensino Médio nas comunidades; promove a formação e qualificação profissional em diversas áreas de interesse da operação e em outras, que possibilitem o empreendedorismo e a geração de renda, com destaque para inclusão de mulheres; e financia a educação superior por meio de bolsas de estudo que possibilitam o custeio do aluno fora de seu domicílio. “Trata-se de nosso investimento mais significativo, juntamente com o atendimento em saúde, no modelo de saúde da família, viabilizado pelo Projeto Quilombo e o atendimento



Foto: MRN/Divulgação

*Projeto Pé de Pincha, para conservação de quelônios*

de urgência e emergência no Hospital de Porto Trombetas”, avalia Jéssica.

### **CATALISAÇÃO DE DEMANDAS**

Como a região carece de uma rede consistente de equipamentos e serviços públicos - energia, água, saneamento, educação, saúde -, essas demandas acabam recaindo sobre a MRN. Nesse caso, Jéssica diz que o desafio é buscar articulação com o poder público e atuar como catalizador desse atendimento e não como seu principal provedor. “A ideia de autonomia passa por não ocupar o lugar do Estado na oferta de infraestruturas e serviços, mesmo que, no âmbito do processo de licenciamento, muitas dessas demandas sejam atendidas, em especial nas comunidades diretamente afetadas”, conta a gerente. Como exemplos das ações implementadas, ela cita microssistemas de captação e tratamento de água; motores geradores de energia e placas solares; aten-

dimento em saúde e odontologia; e oferta de vagas no Ensino Fundamental e Médio na escola para funcionários da empresa, em Porto Trombetas.

O contato estreito com entidades legítimas e legitimadas pelas comunidades evita que stakeholders sem representatividade encaminhem suas demandas, embora a situação possa ocorrer esporadicamente. “O segredo é conhecer e engajar corretamente seus stakeholders, mantendo o contato com a base, com os comunitários, e estabelecendo o canal mais adequado para o endereçamento das demandas e reivindicações”, afirma Jéssica.

Todos os programas e projetos implementados possuem indicadores de performance para monitorar seus avanços e resultados. Indicadores de resultado ainda são um desafio, especialmente quando envolvem geração de renda. Não é o caso dos resultados de programas educacionais, acompanhados a partir da performance dos alunos - desempenho escolar, aprovação em universidade, aprovação em testes finais, entre outros. As informações são reportadas no Relatório de Sustentabilidade da MRN, de forma macro, e usadas na gestão cotidiana dos projetos para a correção de rumos e ajustes metodológicos e técnicos. ■

# O PAPEL DA RESPONSABILIDADE SOCIAL NA MINERAÇÃO: CONQUISTAR E MANTER A BOA AMBIÊNCIA E LICENÇA SOCIAL

Por **Rafael Botelho\***

Foto: Arquivo Samarco



*Rafael Botelho:  
"a implantação  
de uma área  
social requer  
uma nova  
maneira de  
olhar para as  
comunidades"*

Em 2021, a Samarco formalizou seu compromisso com o desenvolvimento sustentável com a declaração de Compromisso com a Sustentabilidade. O Programa de Sustentabilidade da Samarco foi estruturado em 2023, com um horizonte de dez anos (2023-2032) e está conectado ao Mapa Estratégico da companhia. Ele define metas e indicadores para monitorar o progresso das iniciativas nas esferas ambiental, social e de governança (ESG).

Cada tema priorizado conta com ambição, metas e indicadores-chave de desempenho para monitoramento em curto e longo prazos, além de projetos e investimentos atrelados. Tem como referências fundamentais os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); os princípios do Pacto Global das Nações Unidas (UNGC, na sigla em inglês); os princípios de sustentabilidade do Conselho Internacional de Mi-

neração e Metais (ICMM, na sigla em inglês); e a Carta de Compromisso à Sociedade - Agenda ESG da Mineração (Ibram).

Em 2024, enfrentamos o desafio de consolidar uma nova fase de crescimento, com inovação e sustentabilidade pautando o plano de negócio da companhia. Para isso, foi criada a Diretoria de Sustentabilidade que, desde outubro passado, conta como uma área de Responsabilidade Social reformulada, trazendo mais robustez e materialidade às ações desenvolvidas junto às comunidades da sua Área de Influência Direta (AID), em Minas Gerais e no Espírito Santo.

Centrada em aumentar a ambiência positiva e o engajamento dos stakeholders nos territórios de atuação da empresa, a área busca aprofundar o seu conhecimento acerca das comunidades nos dois estados. Por meio de ações de diálogo social e de escuta ativa dos públicos estratégicos, a empresa desenvolve ações, programas e políticas de investimento social ou voluntário para toda sociedade: de ribeirinhos à população sede dos centros urbanos que consomem e/ou sentem os reflexos da indústria da mineração no seu dia a dia. A execução dessa dupla materiali-

dade veio auxiliar numa priorização mais efetiva dos temas materiais e riscos sociais, associados diretamente ao negócio.

Para além das obrigações legais estabelecidas pelos órgãos reguladores e licenciadores, como o Programa de Monitoramento dos Indicadores Socioeconômicos - PMISE que tem como objetivo compreender as condições sociais e econômicas dos territórios onde a Samarco opera, a empresa possui o Força Local, que busca incentivar o desenvolvimento e a diversificação econômica nos territórios de atuação, além da Política de Investimento Institucional e Social (PIIS). A PIIS é estruturada em eixos que orientam as ações da empresa no estímulo ao desenvolvimento sustentável dos territórios, o fortalecimento dos capitais social, institucional e cultural e o exercício da cidadania, com foco em participação e diálogo social. Mensalmente é feito um mapeamento, "uma fotografia" do território, para conhecimento dos anseios, necessidades e problemas das comunidades. A partir dos dados são definidas as estratégias que irão tangibilizar ações visando relacionamentos mais assertivos e duradouros com todos os envolvidos.

Foto: Arquivo Samarco



Uma das principais entregas deste ano é concluir rapidamente a estrutura da área de Responsabilidade Social, que vai fortalecer cada vez mais o papel da Samarco no território, dando luz à estratégia de garantir uma boa ambiência social e, por consequência, fortalecer a Licença Social para Operação. Através dessa etapa estrutural, a empresa vai conseguir potencializar diversos produtos atuais como o Guia de Relacionamento com as Comunidades, destinado aos públicos internos e fornecedores da empresa.

A implantação de uma área social requer uma nova maneira de olhar para as comunidades, que hoje têm um papel preponderante nos negócios. Na era do WhatsApp, redes sociais e da informação fluida e ágil, não existe mais distinção entre a comunicação dentro e fora dos muros das empresas. Essa nova era reflete também no comportamento das comunidades e, naturalmente, exige mudanças no modelo de relacionamento e engajamento das empresas e seus colabo-

*Feira Sustentável: 18 edições em 2024 em apoio aos artesãos de Minas Gerais e do Espírito Santo*

*Projeto Café Caparaó: programa de capacitação voltado a produtores rurais e comunidades da região*



Foto: Arquivo Samarco

radadores. Comunidades e empresas, devem seguir juntas.

Um bom exemplo disso se dá na maneira com a qual a Samarco se relaciona com as lideranças comunitárias, sejam elas formais ou informais. Sem distinção, a empresa dialoga com todos e busca municiá-los com o mesmo nível de informação. Um dos indicadores usados para avaliar o relacionamento da Samarco com as comunidades é o Índice de Ambiência Social (IAS), aliado a outras formas de gestão, como relatórios de acompanhamento das iniciativas socioambientais, de contrapartidas sociais, de investimentos sociais e políticas de compliance, além do tratamento das demandas dos canais de relacionamento da empresa. Os resultados dessa revisão e dos avanços serão apresentados no Relatório de Sustentabilidade 2024, bem como os desafios e oportunidades voltados à jornada de fazer uma mineração diferente e mais sustentável. A agenda ESG da companhia está disponível em: <https://www.samarco.com/sustentabilidade/>

## COMPROMISSO COM A REPARAÇÃO

Não tem como seguirmos em frente, sem considerarmos o passado, em especial o rompimento da barragem do Fundão. Diante de vários aprendizados e guiados (as) por estes valores, nasceu o propósito de fazer uma mineração diferente, mais segura e sustentável. A reparação é um habilitador estratégico para a retomada gradual das operações da Samarco.

O Acordo de Reparação da Bacia do Rio Doce no valor global de R\$170 bilhões, homologado pelo Supremo Tribunal Federal (STF), em novembro de 2024, estabelece diretrizes seguras para a conclusão definitiva da reparação, com medidas que já estão sendo implementadas, como a conclusão do reassentamento, o pagamento das indenizações e os investimentos em recuperação ambiental. No âmbito da Responsabilidade Social, desde janeiro desse ano, já foram realizadas rodas de conversas e diálogos individualizados com as lideranças comunitárias em apoio ao processo indenizatório, com a participação de mais de 15 mil pessoas ao longo de toda a Bacia do Rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, incluindo comunidades tradicionais, indígenas e ribeirinhas. ■

\* Gerente geral de Responsabilidade Social da Samarco

EMPRESA:

## EPIROC



Jumbo hidráulico de perfuração Boomer E3

WEBSITE: [www.epiroc.com/pt-br](http://www.epiroc.com/pt-br)

**ÁREA DE ATUAÇÃO:** Perfuração de rocha, corte, carregamento e transporte, ventilação e manuseio de materiais, todos com suporte de serviço 24 horas, ferramentas de perfuração de rocha e conhecimento técnico

**PRODUTO/SERVIÇO PARA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA:** Software de planejamento e geração de relatórios que utiliza planos de perfuração digitais, dados MWD (medição durante a perfuração), dados MWG (medição durante o rejuntamento) e permite a conectividade entre máquinas; Série Boomer E, com recursos de automação e perfuratrizes para construção (série CT), com transmissão elétrica a bateria opcional para operações sustentáveis; Equipamentos Unigrout, juntamente com o sistema de controle RCS 5 e o Underground Manager 2.0, permitem a utilização de dados MWD (Measure While Drilling) do equipamento de perfuração frontal, otimizando a mistura e a injeção de argamassa; Soluções de ventilação personalizadas e otimizadas com base no tipo de maquinário (diesel vs. bateria), sequência operacional, infraestrutura e fluxo de ar; Häggloader para acelerar o processo de carregamento e maximizar a eficiência, reduzindo custos do projeto de construção de túneis; Série Terrah, de veículos utilitários para túneis de mineração subterrânea e construção civil, com aplicações em transporte de pessoal e materiais, abatimento de chocho, construção e serviço



**CONTATOS:**

Telefone: +55 11 3478-8268

E-MAIL: [vendas.mineracao@epiroc.com](mailto:vendas.mineracao@epiroc.com)

EMPRESA:

## FLSMIDTH



WEBSITE: [www.fls.com](http://www.fls.com)

**ÁREA DE ATUAÇÃO:** Mineração

**PRODUTO/SERVIÇO PARA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA:** Projetos abrangentes de equipamentos de elevação, incluindo soluções de elevação/enrolamento, polias, transportes e contrapesos, proteção contra vento excessivo/inferior, acessórios de corda, rolos-guia, bolsas de carga e vários equipamentos auxiliares de eixo projetados sob medida

Aplicação e principais diferenciais: Atendendo a diversas aplicações de mineração subterrânea, incluindo metais preciosos, minas de rocha dura/metals básicos, potássio e minas de sal

**OUTROS PRODUTOS/SERVIÇOS:** Serviços de inspeção, reconstruções, testes de queda e queda livre, retrofits



**CONTATO COMERCIAL:** Juliano Pereira

**TELEFONE:** +55 15 981187788

**E-MAIL:** [juliano.pereira@flsmidth.com](mailto:juliano.pereira@flsmidth.com)

EMPRESA:

## SANDVIK MINING AND ROCK SOLUTIONS



WEBSITE: [www.rocktechnology.sandvik/](http://www.rocktechnology.sandvik/)

**ÁREA DE ATUAÇÃO:** Equipamentos, ferramentas e soluções para operações de mineração e construção.

**PRODUTO/SERVIÇO PARA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA:** Jumbos, fandrills, rock bolters, cable bolters, raise borers, carregadeiras e caminhões articulados rebaixados. Aplicação e principais diferenciais: Equipamentos e soluções aplicadas em minas a céu aberto e subterrâneas com foco na perfuração de rocha, carregamento e transporte. Destaque para os diferenciais de tecnologia, automação, confiabilidade, segurança e suporte técnico.

**OUTROS PRODUTOS/SERVIÇOS:** Fornecimento de ferramentas de perfuração de rocha, peças e serviços.

**CONTATO COMERCIAL:** Guilherme Nogueira  
**TELEFONE: CEL.:** +55 31 993754172  
**E-MAIL:** [guilherme.nogueira@sandvik.com](mailto:guilherme.nogueira@sandvik.com)

EMPRESA:

## WEIR DO BRASIL



Bomba WARMAN® MCR 650

WEBSITE: [www.global.weir/pt-BR](http://www.global.weir/pt-BR)

**ÁREA DE ATUAÇÃO:** Tecnologia para Mineração

**PRODUTO/SERVIÇO PARA MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA:** Soluções de desaguamento para mina subterrânea

**OUTROS PRODUTOS/SERVIÇOS:**

Bombas de polpa WARMAN®

HPGR ENDURON®

Peneiras Vibratórias ENDURON®

Britadores ENDURON®

Hidrociclones CAVEX®

Soluções de borracha LINATEX®

Válvulas ISOGATE® e DELTA INDUSTRIAL™

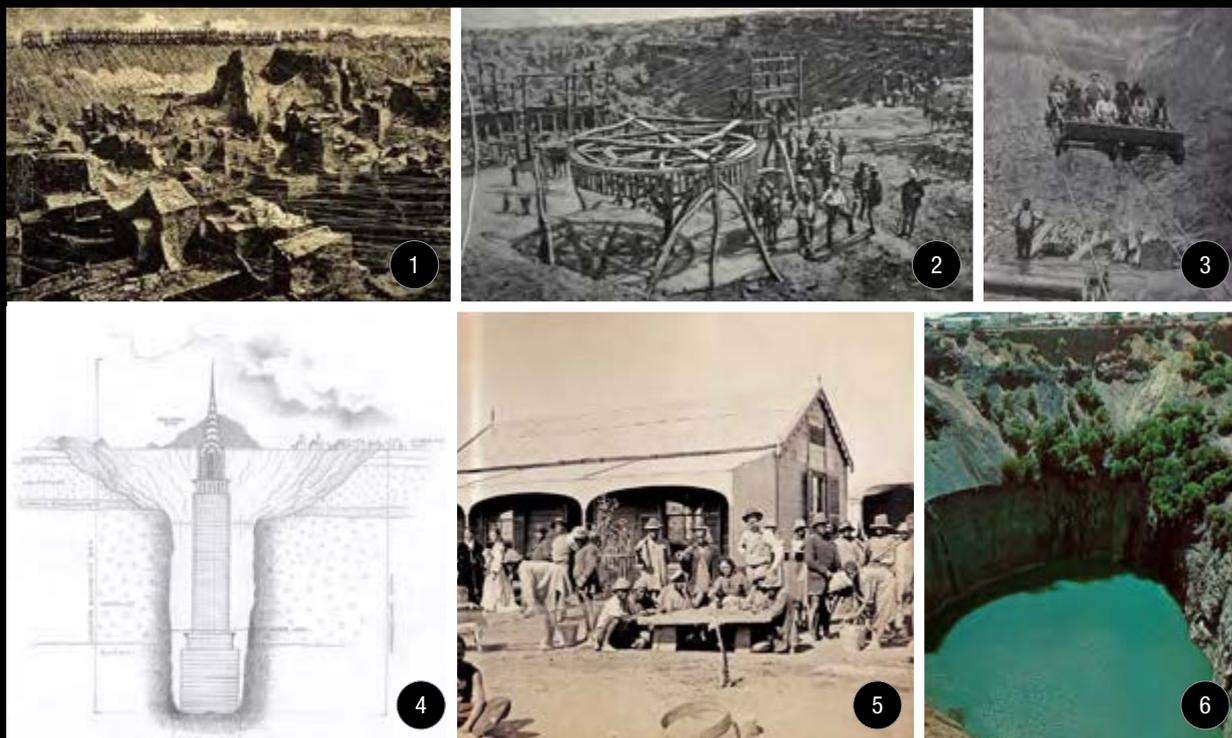
Soluções de desaguamento e bombeamento de água MULTIFLO® / HERO

Soluções Digitais NEXT

Bombas de deslocamento positivo GEHO®



**CONTATO COMERCIAL:** Flávio Barros  
**TELEFONE:** (11) 2448-9200  
**E-MAIL:** [brazil@mail.weir](mailto:brazil@mail.weir)



# THE BIG HOLE



Fonte: [www.thesolomon.co.za](http://www.thesolomon.co.za) · Fotos: [grahamlesliemccallum.wordpress.com/2014/07/03/a-chronological-pictorial-of-the-kimberley-mine](http://grahamlesliemccallum.wordpress.com/2014/07/03/a-chronological-pictorial-of-the-kimberley-mine)

A história da gigante De Beers começa em 1866, quando um menino de 15 anos, Erasmus Jacobs, encontra o primeiro diamante autenticado da África do Sul, perto do rio Orange, em Hopetown. Seguiram-se descobertas de outras pedras na região, desencadeando três corridas de diamantes, até que Cecil Rhodes, em 1870, aos 17 anos, chega à África do Sul, vendendo gelo para trabalhadores das minas sob o sol escaldante de Kimberley.

Economizando o que ganha, ele passa a adquirir concessões de áreas mineiras e se associa a outro comprador, Barney Barnato, fundando a De Beers Consolidated Mines Limited, após adquirir as fazendas dos irmãos De Beers, em 1888, sob a presidência de Rhodes. Barnato morre em 1897, vítima da queda de um navio que se dirigia à Inglaterra. A nova empresa contava com as minas De Beers, New Rush e Wesselton.

New Rush, depois chamada Kimberley e hoje conhecida como Big Hole, foi a mina de diamantes mais rica do mundo por quase um século. Sua lavra começou em 1872 com 50 mil trabalhadores, muitos mortos ao longo dos anos devido aos riscos da operação. Foi em New Rush que geólogos descobriram que os principais depósitos de diamante eram chaminés vulcânicas e não apenas rios, como era comum na Índia e no Brasil. E foi lá também que foram criadas e aperfeiçoadas as primeiras técnicas de mineração subterrânea.

O que era uma colina plana virou o centro da maior escavação manual do mundo, utilizando apenas pás e picaretas. Ativo até 1914, o Big Hole hoje ocupa uma superfície de 17 ha, com 463 m de largura e 240 m de profundidade, o que lhe rendeu a nova denominação. À medida em que a profundidade avançava, os trabalhadores passaram a ser levados às frentes de lavra por um sistema de teleféricos, que criaram uma cortina de cabos movidos por guinchos fixados no alto da mina (Fotos 1, 2 e 3). Quando as operações na superfície se tornaram muito perigosas e improdutivas, a tubulação de kimberlito da então mina Kimberley passou a ser extraída no subsolo pela De Beers, a uma profundidade de 1.097 m (Foto 4). Hoje, o Big Hole é cercado pelas construções originais da “Cidade Velha” (Foto 5), vila fundada pelos antigos mineiros, onde se pode visitar uma igreja construída na Europa e transportada de navio para Kimberley, a academia de boxe de Barnato, a casa de um mineiro e o vagão ferroviário usado por Rhodes. Todo o conjunto, juntamente com o Big Hole, foi transformado em um museu, atraindo milhares de turistas todos os anos. A cava foi parcialmente preenchida com os rejeitos da operação, o que reduziu sua profundidade para cerca de 215 m. Com o tempo tornou-se um reservatório de água, o que ocupa cerca de 40 m de seu espaço em altura, deixando visíveis 175 m (Foto 6).



# BRAZIL EQUIPO SHOW

03 > 06  
JUNHO 2025

## Construção e Mineração em Movimento.

Um Show Totalmente Dinâmico



**CRENCIAMENTO ABERTO**  
EVENTO GRATUITO



📍 Jaguariúna | São Paulo

➤STO

[beshow.com.br](http://beshow.com.br)

+55 11 2501-2688

[info@stofeiras.com.br](mailto:info@stofeiras.com.br)



SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE  
**MINERAIS CRÍTICOS E  
ESTRATÉGICOS 2025**

INTERNATIONAL SEMINAR ON  
CRITICAL AND STRATEGIC MINERALS

# 28 DE MAIO

## *Evento Presencial*

## *Brasília – DF*

*Em tempos de transformação ecológica, os minerais críticos e estratégicos estão no centro de debates em todo o mundo. O Seminário Internacional de Minerais Críticos e Estratégicos, organizado pelo IBRAM, abordará uma extensa gama de temas para compreender o papel desses minerais na transição energética global.*

**GARANTA A  
SUA VAGA!**



Patrocinador Diamante



VALE

Patrocinador Ouro

**TABOCA**

Realização



IBRAM

MINERAÇÃO DO BRASIL