



# Minérios & Minerales

Dedicada à Redução de Custos, Aumento de Produtividade e Manutenção Industrial na Mina e na Planta  
Dedicated to Cost Reduction, Productivity, Industrial Maintenance at the Mine and Plant



## Programa destaca os projetos eleitos pelo Júri Independente



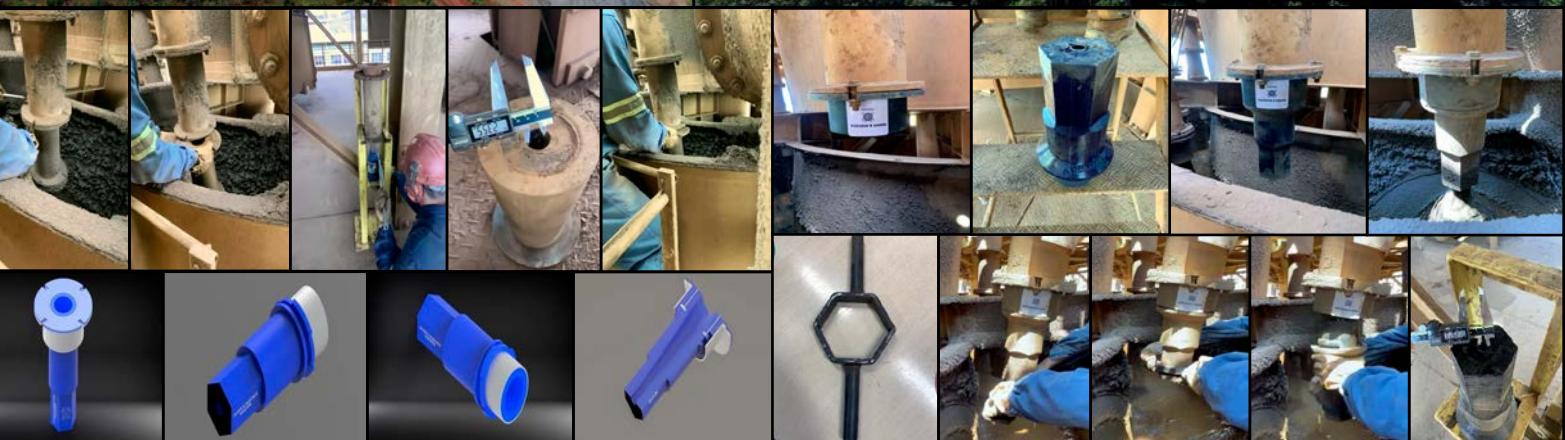
**26º**  
Prêmio de  
**EXCELÊNCIA**  
da Indústria Minero-Metalúrgica Brasileira 2024

O brilho da inovação!  
Do assistente virtual por IA à ferramenta que mede mandíbulas de britador - até aspersão de pistas por reconhecimento de imagem

Chapada busca rotas para recuperar mais Cobre e Ouro na planta



## Projetos vencedores do 26º Prêmio de Excelência



# AUTORES DOS PROJETOS VENCEDORES DO 26º PRÊMIO DE EXCELÊNCIA





**Diretor Editorial / Editorial Director**  
Joseph Young

**Redação/Editorial / Redaction/Editorial**  
Juliana Sampaio - juliana@m3editorial.com.br  
Valeska Amorim

**Publicidade / Advertising**  
Wanderlei Melo e Cristiano Correia  
comercial@m3editorial.com.br

**Diagramação / Production**  
Ergon Art  
www.ergonart.com.br

**Circulação / Circulation**  
circulacao@m3editorial.com.br

**Sede / Main Office**  
Avenida Comendador Alberto Bonfiglioli, 351  
CEP: 05.593-000 / São Paulo / SP  
Telefone: (11) 3895-8590

Toda a correspondência referente a pedidos de assinatura, consultas e mudanças de endereço deve ser enviada à revista *Minérios & Minerales*.

Departamento de Circulação no endereço acima  
*Subscription request or information inquiries should be directed to the above address or to*  
adm@m3editorial.com.br

Preços publicações impressas  
Nº avulsos: R\$ 40,00  
Nº atrasados: R\$ 40,00  
Edição especial 200 Maiores Minas Brasileiras: R\$ 60,00 (1 exemplar ano)

Registro de Divisão está assentado no cadastro de Divisão e Censura de Diversões Públicas do D.P.F. sob nº 475.209/73-8190 - Livro B - Registro no 1º Ofício de Títulos e Documentos.

Todos os direitos reservados. As opiniões e conceitos emitidos nos artigos assinados não refletem necessariamente a opinião da editora. Nenhuma parte do conteúdo desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida, de qualquer forma e por qualquer meio, sem a autorização, por escrito, dos editores.

**Diretor responsável**  
Joseph Young

A revista *Minérios & Minerales* é uma publicação mensal dirigida aos técnicos e executivos que exercem cargos de diretoria, gerência e supervisão das empresas de mineração, metalurgia e siderurgia, órgãos governamentais e companhias de engenharia e tecnologia mineral.



## EDITORIAL

**6** Patrono do 26º Prêmio de Excelência é o Prof. Roberto Villas Boas

## PERFIL JURADOS

**7** Membros do Júri Independente

## TECNOLOGIAS DIGITAIS

**8** Assistente virtual por IA aprimora controle em usina de tratamento de ouro

**10** Uso de machine learning substitui ensaios em laboratório de mineração

## NOVO PROJETO

**12** Mapeamento de gargalos e valorização geram Plano Diretor para complexo Vargem Grande

## LAVRA

**14** Peneira semi-móvel scalper elétrica otimiza classificação de minério de ferro

**16** Método Lean Six Sigma recupera disponibilidade da frota de caminhões basculantes

**18** Aspersão automática de vias não pavimentadas por reconhecimento de imagens

**20** Programa de recuperação de pilares com detonadores wireless maximiza produção de ouro na Mina Cuiabá

**22** Sistema informatizado corta pela metade o tempo para abastecimento da frota

## PROCESSOS

**24** Flotação de grossos como processo de pré-concentração de espodumênio otimiza custos e produção

**26** Modelo 3D para gestão de pilhas de estoque (ROM) diminui a variabilidade de alimentação da planta

**28** Estudo geometalúrgico eleva performance de planta metalúrgica

**30** CMOC atinge +3,93% de recuperação metalúrgica na planta de nióbio Boa Vista

**32** Medidas para otimizar performance do peneiramento melhorou KPI em 5,19 pontos percentuais

**34** Estudos para elevar a recuperação metalúrgica de cobre e ouro na mina Chapada

**36** Apex com encaixe rápido de hidrociclone permite inspeção em 1 min

**37** Rotinas otimizam coeficiente de variação dos produtos naturais tratados na mina Pau Branco

**38** Vazante eleva recuperação de teor de Ag no concentrado

**39** Uso de matérias-primas secundárias na produção de grãos eletrofundidos para indústria refratária

**41** Sossego optimiza eficiência da moagem SAG

## TRATAMENTO DE REJEITOS

**42** Como melhorar o ciclo de secagem de rejeitos de bauxita

**43** Preparo automatizado de floculante melhora espessamento e filtragem

**44** Otimização do transporte de rejeito underflow para construção de barragem

## MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

**46** Uso da metodologia Kaizen na manutenção de equipamentos de lavra

Braço articulável previne incidentes com caixa de tração do minerador contínuo

**48** Ferramenta para aferir desgaste de mandíbulas de britador evita trocas prematuras

## GESTÃO

**49** Plano de Preparação Operacional traz mais produtividade a complexo mineral de ouro

Processos de Business Intelligence elevam desempenho da frota de transporte em 13,7%

**51** Programa de produtividade buscou novo modelo mental e agilidade

**52** Dinâmicas de "jogo" engajam as equipes operacionais a prevenir situações de risco

## LICENCIAMENTO

**53** Avaliação Ambiental Integrada é adotada no licenciamento para extração de bauxita a longo prazo

## PROGRAMAS ESG

**54** Usina de compostagem promove renda a catadores e sustentabilidade na Bahia

**55** Módulos habitacionais fornecem conforto e segurança a colaboradores na mina

# Patrono do 26º Prêmio de Excelência é o Prof. Roberto Villas Boas

O professor Villas-Boas é unanimidade no CETEM no Rio de Janeiro, sem desmerecer os dedicados pesquisadores que atuaram – e atuam – na instituição por décadas. Como disse o Prof. Rotênio Castelo Chaves Filho, Villas-Boas foi um visionário e pioneiro. Dirigiu o CETEM desde seu início de atividades em 1978, por quase 20 anos.

Foi Secretário de Novos Materiais do então Ministério de Ciências e Tecnologia na gestão Renato Archer e professor da Escola de Engenharia e da Coppe/UFRJ. A derradeira homenagem foi prestada em 2016 pela entidade International Mineral Processing Council ao conceder-lhe o “Distinguished Service Award”, em votação secreta entre os conselheiros, “considerando as muitas e notáveis contribuições dadas ao Processamento Mineral”.

Um estudo de larga repercussão foi sobre áreas de jazidas de ouro contaminadas por mercúrio e os efeitos dramáticos sobre o ambiente, o trabalhador nos garimpos e as comunidades próximas, realizado no Brasil e Indonésia, quando CETEM ganhou concorrência internacional para coordenar o projeto chamado Mercúrio Global, que foi financiado pela Global

Environmental Facility em 2003. Participaram dos trabalhos o Instituto Evandro Chagas, de Belém, PA, e o Instituto de Medicina Forense, da Universidade de Munique, Alemanha, representando o governo indonésio.

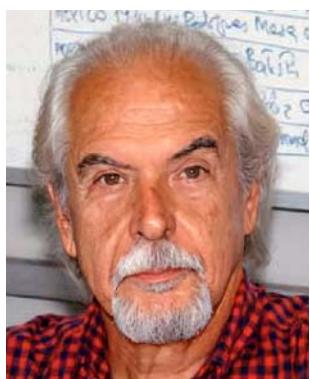
Coautor ou autor de mais de 20 livros e trabalhos técnicos sobre processamento mineral, pode-se afirmar que os principais depósitos minerais do País tiveram suas rotas de processo desenvolvidas no CETEM em algum momento, sempre em parceria com outras consultorias de tecnologia mineral.

O site entmme.org registra trabalhos do Prof. Villas Boas como autor ou em coautoria, nos estudos de cinética de flotação do minério de cobre de Caraíba; flotação de minério oxidado de zinco de baixo teor; analisou as perspectivas do Brasil em minerais estratégicos; porque buscar novas rotas de produção para alumínio; abordou os impactos socioambientais relacionadas à mobilidade relativa do mercúrio em rejeitos, solos e sedimentos em regiões de garimpo; entre outros temas relevantes.

O CETEM acaba de comemorar em abril passado 45 anos de atuação em evento realizado no auditório da sua sede que leva o nome do Prof. Villas Boas, quando a diretora Silvia França destacou a realização de concursos para pesquisadores e tecnologistas; credenciamento do CETEM como unidade do modelo Embrapii; início do planejamento estratégico adiante; além de consolidar as parcerias atuais e buscar novas.

Ressaltou eventos realizados sobre reaproveitamento de resíduos eletroeletrônicos, como fonte secundária de metais estratégicos; terras raras, cuja produção é dominada pela China; rochas ornamentais do Nordeste e o lítio, que reforça a projeção do Brasil como importante estrela no cenário global na busca por metais da transição energética.

Temos certeza que o Prof. Roberto Villas Boas vai se juntar às nossas congratulações aos autores dos projetos eleitos pelo Júri Independente do 26º Prêmio de Excelência, os quais estão resumidos nesta edição, e que mostram mais uma vez a força da Inovação!



## Conheça os membros do Júri Independente



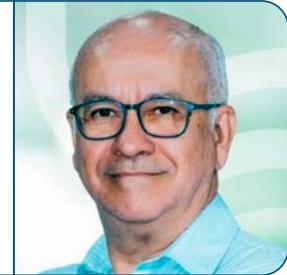
**Rotônio Castelo Chaves Filho** - Engenheiro metalúrgico pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC Rio, 1968; Experiência em gerenciamento de projetos, desenvolvimento de processos para tratamento de minérios, controle de produção e de qualidade, controle de processos, engenharia econômica, gerenciamento de equipe de processos; Proprietário da RZ Serviços e Consultoria de Engenharia Ltda., fundada em 1995. Carreira: Consultor de empresas (1995 até o presente); Project Manager e Gerente de Processos na PROGEN (2000 a 2015); Assessor da Diretoria e da Superintendência de Operações da Mineração Taboca (1983 a 1996); Engenheiro de Projetos sênior na PROMON (1980 a 1983); Assistência de Estudos e Projetos, Chefe da Usina de Beneficiamento de Minério, chefe do Controle da Produção e do Laboratório de Pesquisas na ICOMI – Indústria e Comércio de Minérios S.A. (1969 a 1983).

**Antonio Neves Santana** - Engenheiro de Minas e Mestre em Tecnologia Mineral pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Possui também um MBA Executivo pela Fundação Dom Cabral – FDC. Com quase 40 anos de experiência dedicados ao setor mérino-metalúrgico, consolidou sua carreira em grandes empresas nacionais e multinacionais, incluindo MBR (hoje Vale), Magnesita, CSN, Yamana Gold e Votorantim. Destaca-se pelo seu perfil versátil e com ampla vivência em funções operacionais, táticas e estratégicas. Atualmente, Antonio Neves atua como gerente geral de Desenvolvimento de Projetos Estratégicos na Mineração Usiminas, onde continua contribuindo com sua experiência e habilidades para a estratégia e resultados da empresa.



**José Reis** - Engenheiro de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-1975, com curso de Especialização em técnicas mineiras, Ecole des Mines de Nancy – 1993 a 1994(1 ano), além de diversos cursos de Gestão de Projetos e Metodologias de Análise de Projetos. Iniciou as suas atividades profissionais nas minerações de estanho na Amazônia. Após trabalhou na Paulo Abib Engenharia, especializando-se na área de processos minerais. Ao longo de sua carreira, participou de estudos e projetos de mineração para diversas empresas de engenharia. Também atuou como PMO na Vale, nas áreas de cobre, níquel e bauxita. Atualmente é consultor independente, sendo sócio da Avant Tecnologias, especializada em geofísica com drones.

**Adriano Espeschit** - Presidente da Potássio do Brasil e Diretor Executivo da J.Mendo Consultoria. Atuou como Diretor de Operações da Mirabela Nickel, como Gerente Geral na BHP Billiton na Austrália, Líder de Projetos na Shell Canada, Gerente Geral do Sossego pela Vale. Como voluntário é o Presidente da Organização Mineronegócio, do Conselho Empresarial de Mineração e Siderurgia da Associação Comercial e Empresarial de Minas – ACMinas, Presidente da Comissão Técnica de Mineração e Metalurgia da Sociedade Mineira de Engenheiros – SME e do Conselho do Grêmio Mineiro Metalúrgico Louis Ensch. Membro da SME – Society for Mining Metallurgy and Exploration, do CIM – The Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum e da AusIMM – The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Experiência profissional de mais 35 anos nas áreas de Mineração e Siderurgia no planejamento de lavra e produção, beneficiamento e embarques de níquel, areias betuminosas (Oil Sands), minério de ferro, cobre, bauxita, manganês, zinco, chumbo, nióbio, ouro, tungstênio, fosfato e potássio.



**Vânia Lúcia de Lima Andrade** - É Mestre em Metalurgia Extrativa, membro do Conselho de Administração e coordenadora da Comissão Técnica de Mineração da ABM



**Rodrigo Cesar Franceschini de Oliveira** - Engenheiro Naval e Mestre em Gestão de Projetos pela USP; MBA em Economia pela FIEP-USP; OPM Key-Executive por Harvard University; Diretor Geral da Semco Tecnologia em Processos Ltda; Presidente da Câmara Setorial de Cimento e Mineração da Abimaq (CSCM); Presidente do Conselho de Metalurgia e Mineração da Abimaq (CMM); 25 anos atuando na indústria de máquinas e equipamentos.

# Assistente virtual por IA aprimora controle em usina de tratamento de ouro

A alta sensibilidade do valor do ouro, por fatores econômicos, políticos e sociais, impõe desafios significativos às mineradoras, investidores e às economias que dependem desta commodity. Diante deste cenário, a necessidade de um processo de mineração otimizado torna-se imperativa, não apenas para enfrentar tais desafios, mas também para assegurar a sustentabilidade e rentabilidade das operações de mineração a longo prazo.

Neste intuito, a Aura Almas, unidade localizada no município de mesmo nome, no Estado de Tocantins, desenvolveu um projeto para realizar um processo otimizado, que visa eliminar perdas e maximizar ganhos através da adoção de tecnologias avançadas. A planta em Almas, que realiza beneficiamento e extração mineral de ouro com capacidade aproximada de 50.000 onças por ano, por meio de lixiviação e adsorção, criou um assistente virtual para a sala de controle da usina de tratamento mineral de ouro.

Reprodução Apresentação Aura Minerals



A tecnologia representa uma inovação significativa de controle e otimização de processos industriais, que utiliza tecnologias avançadas de coleta e análise de dados. Este sistema integra o PI System para a coleta de variáveis operacionais, que são posteriormente processadas e contextualizadas através de um código em Python. Com a integração da API do OpenAI, o assistente é capaz de analisar as informações, aprender com os padrões operacionais e fornecer recomendações em tempo real.

O sistema funciona através de uma interface que combina áudio e texto, assim, o assistente oferece um panorama detalhado da saúde do processo, orientando ajustes nas variáveis para alcançar a excelência operacional, otimizar recursos e reduzir perdas. Além disso, a solução não se limita apenas à automação, mas também inclui a capacidade de treinar as pessoas envolvidas, capacitando-as para operar de forma mais eficaz e tomar decisões informadas com base nas informações fornecidas pelo assistente.

## COMO FUNCIONA

O PI System coleta dados de várias fontes, como sensores e instrumentos de controle distribuídos pela usina de tratamento mineral de ouro. Os dados são coletados da rede operacional da usina por meio do PI System, que utiliza protocolos industriais padrão, como OPC UA (Unified Architecture), garantindo uma coleta de dados segura e con-

fiável para garantir a segurança e a integridade dos dados, o PI System utiliza uma porta apenas de leitura. Isto significa que os dados podem ser coletados e lidos, mas não modificados através desta conexão.

A partir daí, através de sua API web, o PI System permite a realização de consultas HTTP para extrair dados operacionais. As práticas de segurança para essas consultas incluem o uso de autenticação robusta (tipicamente OAuth) e criptografia SSL/TLS durante a transmissão de dados.

Logo, o Python então, realiza a integração dos dados do PI System com o OpenAI.

Nesse contexto, o código em Python é responsável por coletar os dados do PI System, processá-los e prepará-los para análise. Essa preparação inclui tratamento para normalização e transformação dos dados para torná-los adequados para análise.

A integração dos dados processados com a API do OpenAI permite a utilização de modelos avançados de inteligência artificial e processamento de linguagem natural. O modelo é treinado com os dados contextualizados, levando em consideração informações sobre limites operacionais, interdependências de variáveis e impactos nos processos. A segurança nessa etapa envolve a proteção das chaves de API e a garantia de que os dados sensíveis sejam manipulados de forma segura. O sistema analisa periodicamente a saúde do processo, utilizando as regras treinadas no modelo, e fornece feedback em forma de texto e áudio, com informações sobre o estado do processo e recomendações para ajustes.

## BENEFÍCIOS

O projeto do assistente virtual para a sala de controle de uma usina de tratamento mineral de ouro exemplifica uma fusão inovadora de tecnologias avançadas, combinando a coleta precisa de dados através do PI System, processamento e análise aprofundada desses dados via Python, e aplicação de inteligência artificial utilizando a API do OpenAI. Esta abordagem integrada não só aprimora a eficiência e a segurança dos processos industriais, mas também estabelece novos padrões para a aplicação da IA no setor.

Com análises periódicas e feedback em tempo real sobre a saúde do processo, o sistema não apenas orienta ajustes operacionais eficazes para a otimização de recursos e redução de perdas, mas também representa um marco significativo no avanço da automação e controle de processos industriais.

**AUTORES:** Gabriel S. dos Santos - Diretor de Operações, Mineração Aura Almas, Handerson Alves Silva - Coordenador de Operação, Mineração Aura Almas, Thiago Rocha Souza - Engenheiro de Processo, Mineração Aura Almas, Weydster D. V. Pereira - Engenheiro de Processo, Mineração Aura Almas, Railon Lima de Susa - Analista de Operação e Processo, Mineração Aura Almas e Marina Silveira Del Mestre - Trainee Processo, Mineração Aura Almas.

# A excelência é o nosso legado.



Há 35 anos no Brasil  
compromissados com a  
segurança, inovação e  
produtividade no manuseio  
de materiais a granel.

[martin-engineering.com.br](http://martin-engineering.com.br)  
[br\\_marketing@martin-eng.com](mailto:br_marketing@martin-eng.com)  
**(19) 3709-7200**



## Uso de *machine learning* substitui ensaios em laboratório de mineração

A Largo Brasil lançou mão da utilização de técnicas de machine learning (aprendizado de máquina) para previsão do teor de magnetita e dos elementos de interesse do minério magnético de sua mina de Vanádio de Maracás (Cava Campbell), localizada na cidade de mesmo nome na Bahia.

De acordo com a empresa, o uso da inteligência artificial possibilitou a substituição dos ensaios de concentração magnética de laboratório (Tubo de Davis) e análises por fluorescência de raios X pela previsão feita pelo algoritmo, o que permitiu a redução no tempo de liberação de resultados sem diminuição na confiabilidade das informações. Essa redução provocou ganhos na velocidade e eficiência das tomadas de decisão operacionais e gerou diminuição de custo do laboratório em 21%, como consequência da redução do consumo dos insumos e horas trabalhadas necessários para rea-lização dos ensaios.

O laboratório da Largo em Maracás realiza em média 150 mil ensaios por ano, sendo que destes, aproximadamente 18 mil ensaios são de concentração magnética via Tubo de Davis e cerca de 12 mil ensaios de fusão de pastilha vítreia e leitura via fluorescência de raios X da alíquota magnética.

No projeto, foram usadas técnicas de machine learning para modelagem de algoritmos de regressão para avaliação dos modelos, com aplicação métricas de MAE (erro médio absoluto) e RMSE (raiz do erro médio quadrático), evidenciando a capacidade de previsão do modelo para dados desconhecidos. Antes da criação do algoritmo oficial foi feito um teste piloto utilizando regressões múltiplas com Minitab e Excel para verificar viabilidade do estudo.

O algoritmo foi utilizado para tentar predizer os resultados de concentração magnética (%MAG) e de V2O5 e SiO2 nas alíquotas magnéticas das amostras de geologia, mina e tratamento de minério da Largo Vanádio de Maracás. Todos os erros médios para previsão da concentração magnética nos materiais ficaram abaixo de 1 ponto percentual, que significa que o algoritmo na mediana dos dados pode errar 1 ponto para mais ou para menos.



Para verificação de igualdade ou não entre os resultados previstos e os resultados reais, foram realizados testes de hipótese no software Minitab, levando em consideração igualdade entre média e desvio padrão.

O teste de hipóteses de igualdade entre médias dos resultados de concentração magnética de todas as amostras do estudo, confrontado com as previsões do algoritmo considerou que ambos os dados podem ser considerados iguais. Já o teste de hipóteses de igualdade entre desvio padrão dos resultados de concentração magnética de todas as amostras do estudo, confrontado com as previsões do algoritmo também considerou que ambos os dados podem ser considerados iguais.

De acordo com a empresa, os principais benefícios alcançados com a implementação do algoritmo de previsão em substituição dos ensaios de laboratório foram: redução do tempo de liberação de amostras de geologia, mina e tratamento de minério em 33%; aumento de capacidade de análise de amostras de geologia, mina e tratamento de minério em 43%, que representa uma elevação de 9 % da capacidade total de liberação de resultados do laboratório; e redução de custos total de ensaios realizados anualmente no laboratório estimado em 21%.

**AUTOR:** Felipe Silva de Carvalho - Analista de Qualidade da Largo Brasil

# PARTICIPE DA EDIÇÃO EXPOSIBRAM 2024

**CÉREBRO DA OPERAÇÃO – ENTREVISTAS COM OS GERENTES DE MINA E DIRETORES DE OPERAÇÃO DAS MINAS MAIS IMPORTANTES EM DIVERSAS REGIÕES**



**DAVID CRISPIM**  
DIRETOR DE OPERAÇÕES DA  
SERRA DO SALITRE



**THIAGO NARDY**  
GERENTE SÊNIOR DE MINERAÇÃO  
NA ANGLOGOLD ASHANTI



**RICARDO GROSSI**  
GERENTE DE MINA NA  
MINERAÇÃO SERRA VERDE



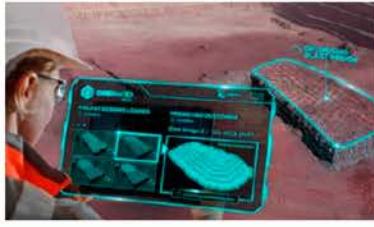
**FELIPE MARTELLI**  
GERENTE SÊNIOR DE MINERAÇÃO  
NA ANGLOGOLD ASHANTI

## PESQUISA EXCLUSIVA: 1.000 MAIORES MINAS DO BRASIL



(\*) A mais extensa atualização da Mineração Brasileira: **LOCALIZAÇÃO, MINERAIS PRODUZIDOS, CAPACIDADE E PROJETO RELEVANTE DE EXPANSÃO/ MODERNIZAÇÃO**

**Lançamentos de novas tecnologias, sistemas para mineração e tratamento mineral**



**10 mil exemplares com distribuição na EXPOSIBRAM em BH**

# Mapeamento de gargalos e valorização geram Plano Diretor para complexo Vargem Grande

Posicionado como o terceiro maior complexo de minério de ferro operado pela Vale, o Vargem Grande ainda apresenta desafios visto a qualidade do minério e as licenças ambientais e sociais necessárias para expansão das cavas. Por isso, a companhia tem pesquisado iniciativas que adicionem valor ao negócio, desde Geologia à Logística.

No contexto das operações da Vale no Brasil, existem três corredores estratégicos: Norte, Sudeste e Sul. Dentro desse panorama, o Corredor Sul se destaca como uma peça essencial do processo, abrangendo o Complexo Paraoapeba e o Complexo Vargem Grande, ambos localizados em Minas Gerais, além do sistema Portos Sul, no estado do Rio de Janeiro.

O Complexo Vargem Grande se estende pelas regiões de Itabirito, Nova Lima e Rio Acima, em Minas Gerais. Compreendido por seis minas a céu aberto – Tamanduá, Horizontes, Abóboras, Pico, Galinheiro e Sapecado. Ele desdobra-se em nove plantas, divididas entre três unidades a úmido – VGR-2, ITM-D e ITM-A1 – e seis plantas à umidade natural – ABO1, ABO2, ITM-B, ITM-I, ITM-A2 e VGR-1 –, além de uma usina de pelotização.

A partir destas instalações, a Vale almeja atingir 50 milhões de toneladas de minério por ano a partir de 2027, gerando produtos, como Sínter Feed, Pellet Feed e Granulados. Destaca-se que o Pellet Feed se destina à Usina de Pelotização, impulsionando a cadeia produtiva do setor.

A gestão de rejeitos é uma área crítica e complexa, onde se destaca a barragem de Maravilhas 3 em operação, uma em descaracterização, além de 7 pilhas de estéril. Além desta questão, o Complexo Vargem Grande possui outras particularidades, e assim como os demais do Corredor Sul, tem o desafio da rentabilidade devido à complexidade operacional e as restrições relacionadas a rejeitos, descaracterização de barragens e licenças, posicionando-o num cenário mais desafiador em relação aos demais corredores. Desta forma, a companhia buscava um direcionamento para o aumento na produção e participação dos produtos com maior margem.

## A METODOLOGIA: ESTRATÉGIA E VALORIZAÇÃO

O Projeto P2V (Pathway to Value) foi a metodologia utilizada, como um direcionador de equipes-chave que englobou operações, engenharia, planejamento, FP&A (Planejamento Financeiro e Análise), e a Cadeia Estendida de forma abrangente. Esta ferramenta estratégica visava reorientar para a maximização do valor.

Os principais elementos do Projeto foram: Integração Multidisciplinar, equipes de diversas disciplinas, desde operações até planejamento estratégico; Maximização do Valor, que não se limitou apenas à produção e operações, mas estendeu-se às áreas financeiras, estratégicas e logísticas; Otimização Operacional e Estratégica, como um guia para a tomada de decisões entre outras ações.

Ao delinear os desafios operacionais do Complexo Vargem Grande, foi crucial conduzir uma análise criteriosa dos gargalos que impactam diretamente a eficiência e a produtividade do empreendimento. Um dos principais gargalos identificados, por exemplo, residia na qualidade e variabilidade dos produtos, especialmente no Eixo Pico. A análise aprofundada, sobretudo nas operações relacionadas a este eixo, foi fundamen-

tal para aprimorar a consistência e a qualidade dos produtos gerados, garantindo padrões elevados e atendendo às demandas do mercado.

A confiabilidade operacional na usina de Vargem Grande 2 também teve um papel central no mapeamento de gargalos, visto que essa usina é responsável pela maior produção de Pellet Feed no Complexo. Sendo assim, constatou-se que investir em ações que assegurem a confiabilidade desses ativos é imperativo para manter a consistência na produção.

Outro gargalo encontrado foi a obtenção das licenças ambientais, essencial para a estratégia operacional. A gestão eficaz desse processo é vital para garantir a conformidade ambiental, a sustentabilidade operacional e a aderência aos padrões regulatórios.

Enfim, a metodologia P2V funcionou como uma ferramenta para trazer à tona os principais gargalos e através de uma equipe multidisciplinar viabilizar projetos estratégicos capazes de contribuir com o intuito de elevar o patamar do complexo em adição de valor na cadeia. As iniciativas foram então distribuídas em 5 áreas de atuação: Geologia e Exploração, Capacidade de Reserva Mineral, Métodos e Rotas, Transporte e Logística, e Gerenciamento.



Por fim, a identificação dos gargalos favorece a construção e o direcionamento dos esforços para mitigação ou ganhos de produção. O Complexo Vargem traz um árduo caminho para geração de valor visto a qualidade do minério disponível nas minas e as restrições de desmonte e ambientais relacionados. Iniciativas como a "Moagem em Série" ou "Revamp de VGR I" convergem para projetos com investimento, mas com produtos de maior margem como o Pellet Feed através de concentração.

Sendo assim, a aplicação da metodologia do P2V juntamente com uma revisão dos ativos, propiciam o desenvolvimento de um Plano Diretor do negócio com uma estratégia clara e objetiva, com caminho para criar valor ao longo dos anos de operação.

**AUTORES:** Heitor B. B. de Sá – Coordenador de Confiabilidade Operacional da Vale, Haline C. S. Paiva – Gerente Geral de Operação Complexo Vargem Grande da Vale, Theo B. Horsth – Gerente Geral de Manutenção Industrial Complexo Vargem Grande da Vale, Wendell Machado – Gerente de Man. Equip. Móveis Complexo Vargem Grande da Vale, Jefferson C. Guimarães – Diretor de Operação do Complexo Vargem Grande da Vale, Diogo A. Costa – Diretor Corredor Sul da Vale, Jakselle D. Silva – Engenheiro de Processos Sênior da Vale, Maurício C. N. Barros – Engenheiro de Processos Pleno da Vale, Arthur G. C. M. Santana – Trainee da Vale, Luciana A. Freitas – Trainee da Vale, Leandro A. S. Bastos – Engenheiro de Minas Sênior da Vale e Mateus R. S. Fonseca – Engenheiro de Minas Pleno da Vale



# GERENCIAMENTO DE DADOS DE ÚLTIMA GERAÇÃO

Leve o monitoramento de suas minas para o próximo nível

## MLWEB

A plataforma  
abrangente de  
gerenciamento de  
risco para minas

**CANARY**  
SYSTEMS®

Escaneie o QR code  
ou visite nosso website  
para mais informações  
[canarysystems.com](http://canarysystems.com)



# Peneira semi-móvel scalper elétrica otimiza classificação de minério de ferro

Com o objetivo de aproveitar o máximo dos materiais provenientes da Mina Morro do Gama, em Nova Lima (MG), buscando maior eficiência e sustentabilidade do minério, a Cedro Extrativa Mineração adquiriu uma peneira semimóvel elétrica a fim de escalpar, classificar e otimizar a produção de minério de ferro. Através de uma planta de classificação e peneiramento, a empresa adotou a solução SKID, na busca da exploração racional e econômica das riquezas minerais.

O objetivo da Cedro Extrativa era aumentar o teor de Ferro e a manutenção do teor de SiO<sub>2</sub> na alimentação das plantas, objetivando escalpar as partículas (blocos) de maiores tamanhos (granulometria), dos Itabiritos compactos e semi-compacto, com baixa liberação de SiO<sub>2</sub>, para a retirada dos elementos contaminantes do minério na alimentação e com a finalidade de otimizar o aproveitamento da reserva mineral, evitando o descarte do material com granulometria que tem potencial de recuperação, não evidenciado em modelos de blocos geológicos.



Chamada de NR-34 (abreviação da fabricação da Novo Rumo), a peneira tinha a função de escalpar e classificar o material, analisando os materiais acima de 200 mm e classificar em 50 mm. A alimentação da NR-34 é feita com materiais granulados, compactos (blocos, matacões), e finos com diferentes teores. Materiais acima de 200 e 50 mm possuem baixo teor de ferro. Neste caso, aqueles empobrecidos nos teores de ferro e alto teor de SiO<sub>2</sub> apresentam baixa liberação nas frações grosseiras dos itabiritos.

Sendo assim, a NR-43 classifica os materiais da seguinte forma: Blocos retidos do 1º deck acima de 200 mm, atualmente direcionados para pilha de estéril; Passante do 1º deck e retido no 2º deck entre 200 e 50mm, atualmente é direcionado para forro da mina e pilha de estéril; já o passante do 2º deck abaixo de 50 mm, atualmente é direcionado para uma planta de concentração magnética, a fim de recuperar e aproveitar o máximo possível do recurso mineral.

Nesta planta, a Cedro possui alternativa de direcionar os materiais mais granulados e, consequentemente, com baixo teor de Fe, das frentes de lavra, para viabilizar o aproveitamento do material mais fino. Ou seja, em uma frente de desenvolvimento onde o material lavrado possivelmente seria descartado, ele pode ser direcionado para a NR-34 e tornar parte da massa deste material em minério. Com isso, ela permite desenvolver as frentes de lavra empobrecidas e compactas definidas no planejamento, com aproveitamento de parte do material que seria descartado como estéril.

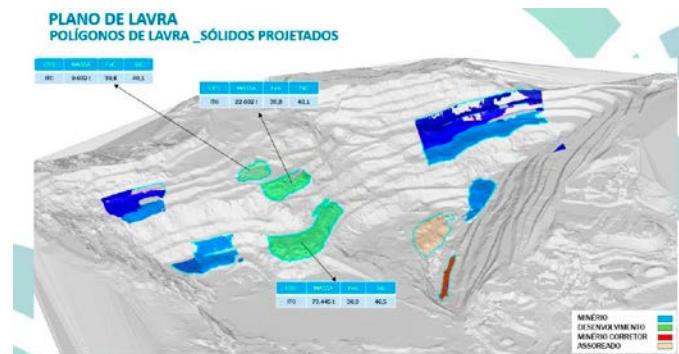
## PARADAS NA PLANTA E BENEFÍCIOS COM A SKID

Sem a planta de escalper, a planta de concentração magnética sofre com diversas horas de paradas por entupimento, limpeza e matacos por mês, devido à ocorrência de blocos durante a alimentação. Foi então, que a empresa comparou os números de paradas em razão destes blocos de dois meses distintos: janeiro de 2022, quando havia uma SKID semelhante à NR-34 operando, e no mesmo mês de 2023, quando não havia SKID operando.

Neste período, foi possível analisar que no mês em que a SKID não operou, houve 3% a mais de perda em razão de paradas por blocos em relação à produção total. No mês de agosto de 2023 a planta 3 produziu 117.430 t de minério. Considerando os 3% de perda por blocos relativos à não operação da planta SKID, foram perdidos cerca de 3.523 t no mês a mais que no mês em que ela operou.

Sendo assim, calculando um valor de R\$200,00 por tonelada, essa perda significa cerca de R\$704.580,00. E, ainda, sugerindo o valor de R\$630,00 por hora operada, com um contrato de 250 horas mínimas por mês, mais R\$20.000,00 de mão de obra, o custo mensal da SKID gira em torno de R\$177.500,00. Portanto, com uma perda mensal em torno de R\$704.580,00 e um custo da planta SKID em torno de R\$177.500,00, há um déficit mensal de cerca de R\$527.080,00.

A partir daí, a Cedro Extrativa concluiu que a SKID é alimentada com os materiais mais granulados e empobrecidos da mina, e a planta classifica como ROM cerca de 60% do material alimentado. Esse material, por ser granulado e pobre, seria integralmente descartado em pilha de estéril. Porém, a SKID aproveita parte da massa lavrada pela operação que seria considerada estéril de formação ferrífera, para produzir ROM para a planta de concentração magnética, com qualidades químicas que atendem a alimentação para os produtos HMT3 e SF3 e CNC.



Com a alternativa de poder alimentar essa planta com material grosso e pobre, a operação pode desenvolver a mina de acordo com o planejamento, aproveitando parte do volume lavrado. O material produzido da classificação da SKID pode alimentar a concentração magnética sem blocos, o que impacta em uma melhor utilização da planta no decorrer da operação. Isso é resultado de menos paradas para limpeza da grelha e entupimento por blocos e matacos durante a alimentação. Além disso, com a redução de paradas por blocos na concentração magnética, a usina aumenta sua capacidade de produção, resultando em redução de custos para a operação.

**AUTORES:** Wanderley Santo - Diretor de Operações, Cedro Mineração e Anderson Dias - Gerente de operação de mina, Cedro Mineração

**CONHECEMOS****OS DESAFIOS****ENFRENTADOS EM  
SEUS PROJETOS**

A execução de uma obra exige planejamento especializado, liderança e gestão para enfrentar os desafios. Nossa experiência nos permite identificar e antecipar os problemas que afetam o desenvolvimento de seus projetos como:



Atraso nas obras



Custos elevados



Planejamento Ineficiente



Falha de Comunicação

**ALCANÇAMOS A  
EXCELÊNCIA  
OPERACIONAL NA  
SUA OBRA**

Descubra a excelência das nossas soluções personalizadas, focadas em atender às necessidades da sua obra e melhorar o desempenho do seu projeto.

**ONDE  
ESTAMOS  
ATUANDO?**

**SEDE:** RUA JURUPARI, 210 |  
SANTA LÚCIA | BELO  
HORIZONTE (MG)

**FILIAL:** RUA JUIZ DE FORA, 04  
| APOENA (WTORRES) |  
PARAUAPEBAS (PA)

**ESTADOS ONDE ESTAMOS  
ATUANDO**

**FALE  
CONOSCO**

(31) 97159 6133

phdengenhariaobras

phdengenharia

[www.phdengenharia.eng.br](http://www.phdengenharia.eng.br)

**FALE COM UM  
ESPECIALISTA**

# Método Lean Six Sigma recupera disponibilidade da frota de caminhões basculantes

A Mineração Vale Verde desenvolveu estudo para aplicação da metodologia Lean Six Sigma na recuperação da disponibilidade física dos caminhões basculantes, com objetivo de garantir da performance da operação na mina Serrote, localizada em Craíbas (AL). Esse tipo de metodologia é recomendada, segundo a empresa, devido à sua capacidade de abranger os mais variados escopos de trabalho e ferramentas aplicáveis.

Na mineração, as operações de carregamento e transporte são os principais processos de produção, tendo a finalidade de retirar o material desmontado da frente de lavra e carregado em um sistema de transporte e levar o material para o destino adequado, podendo ser britador ou estoques.

Sendo assim, a manutenção de equipamentos que atuam diretamente com a operação da mina é um constante desafio para as empresas que atuam no ramo. Tais equipamentos são constantemente expostos a intempéries e às atividades de mineração, como poeira, acessos irregulares, mal uso, entre outros fatores que podem acelerar o processo de falha deles. Por esse motivo, se faz necessário garantir a qualidade da manutenção, tendo controles adequados e boa gestão dos indicadores.

A agregação das metodologias Lean – aplicação de estratégias que buscam eliminar desperdícios – e Six Sigma – busca pela redução de variabilidade dos processos – é importante no alcance da excelência operacional. Isso permite a busca por atingir zero defeitos e entrega a baixo custo, sendo também eficaz para identificar e mitigar as causas-raiz dos problemas do processo por meio do uso de ferramentas como a metodologia DMAIC, que integra uma sequência de ações de melhoria.

A Mina Serrote atua com beneficiamento do minério de cobre. No local onde ocorreu a aplicação do projeto de melhoria há uma frota terceirizada de 29 caminhões basculantes (CB), com porte rodoviário e capacidade média de transportar 34 toneladas por viagem. Buscando abranger o maior número possível de causas-raiz que pudessem impactar direta e indiretamente na disponibilidade física da frota, foram definidas três grandes frentes de trabalho: suprimentos, operação e manutenção de mina. A metodologia DMAIC foi aplicada individualmente em cada uma das frentes citadas, permitindo maior visibilidade aos processos da mina.

Como objetivo inicial do projeto foi definida meta de recuperar

23% da disponibilidade física dos caminhões, tendo como referência o mês de junho de 2023. Assim, buscando garantir melhor performance, controle e aderência aos custos da operação de mina, definiu-se cinco principais indicadores para guiar o desenvolvimento do projeto.

Sendo eles: disponibilidade física (%) – tempo de equipamento disponível para operação; MTTR (h) – tempo médio de reparo do equipamento; MTBF (h) – tempo médio entre falhas do equipamento; PDT (t/h) – produtividade, massa movimentada por período; e reposição de peças para manutenção (dias). Baseando-se nos cinco indicadores citados acima, foi possível realizar uma análise mais aprofundada sobre a performance da manutenção e definir os passos a se seguir em busca do objetivo do projeto.



Segundo a empresa, fez-se necessária a implementação rápida de ações de organização e reestruturação, buscando a imediata recuperação da disponibilidade física dos caminhões visto o cenário de impacto gerado no mês de junho. Com isso, tornou-se possível a priorização das causas a serem tratadas, bem como a definição robusta de planos de ação visando a recuperação do indicador chave do projeto.

Observou-se aumento significativo para o indicador de MTBF, com variação máxima de 37% a mais em outubro de 2023 se comparado a junho do mesmo ano. Bem como a estabilidade no processo após a implementação de ações essenciais como reestruturação das equipes de manutenção e almoxarifado e dos procedimentos realizados.

Já a média de disponibilidade física alcançada para o segundo semestre foi de 9% acima do que foi definido inicialmente para o projeto, atingindo a média de 74% nos dois últimos meses do ano. A melhoria apresentada representa o aumento na capacidade produtiva diária da frota de CBs em 11 mil toneladas movimentadas, cerca de 4 milhões de toneladas por ano na capacidade produtiva.

Com isso, o processo que estava classificado anteriormente com mais de 400 mil defeitos/milhão, progrediu para aproximadamente um nível com pouco mais de 100 mil defeitos/milhão, garantindo, assim, melhoria expressiva no processo.

**AUTORES:** Júlia Cecília F. Barbosa - Analista de Planejamento Integrado da Vale Verde, Isabela Eurides C. dos Santos - Analista de Processos e Negócios da Vale Verde, Hugo Cliger S. Nadler - Gerente de Mina da Vale Verde, José Victor S. Silva - Analista Administrativo da Vale Verde e Carlos Eduardo L. Nascimento - Analista de PMO da Vale Verde



# SOLUÇÕES INTEGRADAS EM FILTRAGEM DE REJEITOS E SEPARAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO



Aponte o seu celular  
para o QR Code abaixo



A **JingJin Brasil** apresenta tecnologias de ponta com resultados superiores em performance.

Conheça nosso portfólio de produtos e serviços que agregam **SEGURANÇA** e **SUSTENTABILIDADE** no processo de **DESCARACTERIZAÇÃO DE BARRAGENS** e **GESTÃO DE RESÍDUOS**.

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

**(31) 3194-2566**  
**(31) 99722-1654**

# Aspersão automática de vias não pavimentadas por reconhecimento de imagens

A equipe da Vale propôs o desenvolvimento de um aspersor automático de vias não pavimentadas, em que a condição do solo será analisada por reconhecimento de imagens e, a partir do processamento dos frames, o sistema decidirá quanto ao acionamento do aspersor, que será realizado de forma automática. Após a execução dos testes, constatou-se que a tecnologia desenvolvida tem potencial de solucionar o problema apresentado.

A tecnologia empregada se mostrou condizente com as expectativas, a avaliação positiva se baseou na confirmação de que a tecnologia é viável. A visão computacional para a detecção de solo seco e úmido em uma solução final, tem chances concretas de gerar resultados com alta eficiência e tornar a operação mais segura.



Atualmente, o controle de poeira das minas é realizado através de aspersão das vias com o uso de água. É um dos métodos mais comuns e mais presentes dada a sua facilidade de aplicação e rapidez de ação. Durante a aspersão, devido à altura do caminhão pipa e a sua estrutura, o operador muitas vezes não consegue visualizar claramente o estado das vias antes da aspersão e, com a quantidade de informações que os operadores têm que lidar no dia a dia, é possível que haja um excesso ou falta de umectação.

A equipe realizou um experimento para automatizar a decisão de aspersão da via por meio do uso da tecnologia de reconhecimento de imagens, denominado como Aspersor Automático de Vias Não Pavimentadas. Esta experimentação é considerada uma inovação, dado o formato de sua construção, no momento é aguardado a avaliação do depósito de patente realizado no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI) do Brasil.

A Aspersão Automática de Vias é a experimentação de um sistema que tem como propósito identificar o estado do solo de vias não pavimentadas para decidir de modo automático quanto ao acionamento dos aspersores de um caminhão pipa. Dito isso, os requisitos estabelecidos para o funcionamento são:

- Instalação do sistema em um caminhão pipa fora de estrada;
- O processamento da leitura dos dados é feito dentro de um

tempo preciso, para que seja possível leitura seguida de ação do acionamento da bomba sobre o dado lido durante o percurso do caminhão pipa;

- O sistema deve funcionar 24h, ou seja, dia e noite e em qualquer estação do ano.
- O sistema deve identificar duas condições do solo para tomar a decisão de acionamento da bomba, sendo elas seco e úmido;
- Acionar a bomba d'água quando houver uma porcentagem de 95% de certeza que o solo está seco;
- Manter desligada a bomba d'água quando não houver uma porcentagem de 95% de certeza que o solo está seco.

A experimentação fez uso da tecnologia de visão computacional - uma câmera, para coleta de imagens da via, e por um computador de bordo, para reconhecimento e tomada de decisão quanto à classificação das imagens. A câmera selecionada para os testes possui a tecnologia autolimpante. Quanto ao computador de bordo, foi selecionado o kit de desenvolvimento Nvidia Jetson Nano.

A partir de um banco de vídeos gerado, as imagens foram captadas nas divisões dos frames, em seguida foram classificadas em dois grupos: imagens que representavam o solo seco e as que representavam o solo úmido - para, por fim, executar o treinamento do algoritmo.

Os modelos de visão computacional que usam ML precisam ser alimentados com features, características



da imagem que são partes detectáveis ou com algum significado, e essas features precisam ser extraídas das imagens. Dessa forma, optou-se por usar as camadas convolucionais de modelos pré-treinados para extrair as features.

A operação da aspersão de vias automática inicia com a energização do sistema, pois quando ligado o firmware é iniciado. Ele possui um relógio interno, então primeiramente é verificado o horário, caso seja dia, entre 6h e 18h, o modelo diurno é iniciado e caso contrário, é iniciado o modelo noturno. Durante a modelagem foram desenvolvidos estes dois modelos, um para cada fase do dia.

A validação da operação do sistema ocorreu em duas etapas, na primeira foi desenvolvido um segundo algoritmo capaz de verificar em qual posição está a chave de acionamento do aspersor para comparar com a decisão do algoritmo híbrido de DL e ML. Com isso, realizou-se uma amostragem dos momentos em que o operador acionava o aspersor e o desligava e este dado foi armazenado. O sistema com o algoritmo DL e ML também fez um log de qual seria a decisão conforme a leitura da imagem. Após comparadas essas duas informações, uma análise foi realizada para determinar a eficácia do sistema.

Em situações em que é claro visualmente que a via está seca, o sistema funcionou como o esperado. O comparativo mostrou uma concordância acima de 80% entre o sistema (automático) e o operador (manual). Porém em situações com peculiaridades do funcionamento da via, como por exemplo, locais onde são criadas "esteiras", pontos que possuem uma alta frequência de passagem do caminhão no mesmo local, o sistema apresentou uma inconsistência, com concordância entre as decisões do sistema e do operador ficando abaixo dos 40%, visto que o modelo não foi treinado para esse tipo de situação.

A segunda etapa dos testes consistiu em ativar o modo automático do sistema. Nesse modo o operador não realiza decisão quanto o controle sobre a chave de acionamento e o próprio sistema aciona os aspersores. O sistema foi capaz de acionar os aspersores corretamente.



Como próximos passos sendo uma ideia inovadora, deve se ter em mente que o desenvolvimento de uma solução abrangente e generalizada irá requerer tempo, treinamento e aperfeiçoamento do que foi testado nessa experimentação. Recomenda-se para projetos futuros que a solução passe por uma industrialização, para obter a robustez necessária para atender o ambiente industrial.

**AUTORES:** Lorrainy Rembiski Delfino, product owner, Adalberto de Souza Fernandes, analista operacional sênior, Gabriel Flausino de Souza, engenheiro eletricista, Allan Lorenzoni Canal, engenheiro mecânico, Breno Geraldo Gomes, coordenador de engenharia de manutenção – mineração, Jaqueline Kumm, analista de tecnologia da informação master e Fabiana Zambroni Neves, gerente de soluções de negócios (integração, software, labs)

# mse

Construções de  
Obras Complexas

São mais de 44 anos com  
projetos, construções e  
montagens para as principais  
mineradoras do país.

Acesse nosso site e entre em contato  
com nossa equipe de engenharia.

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

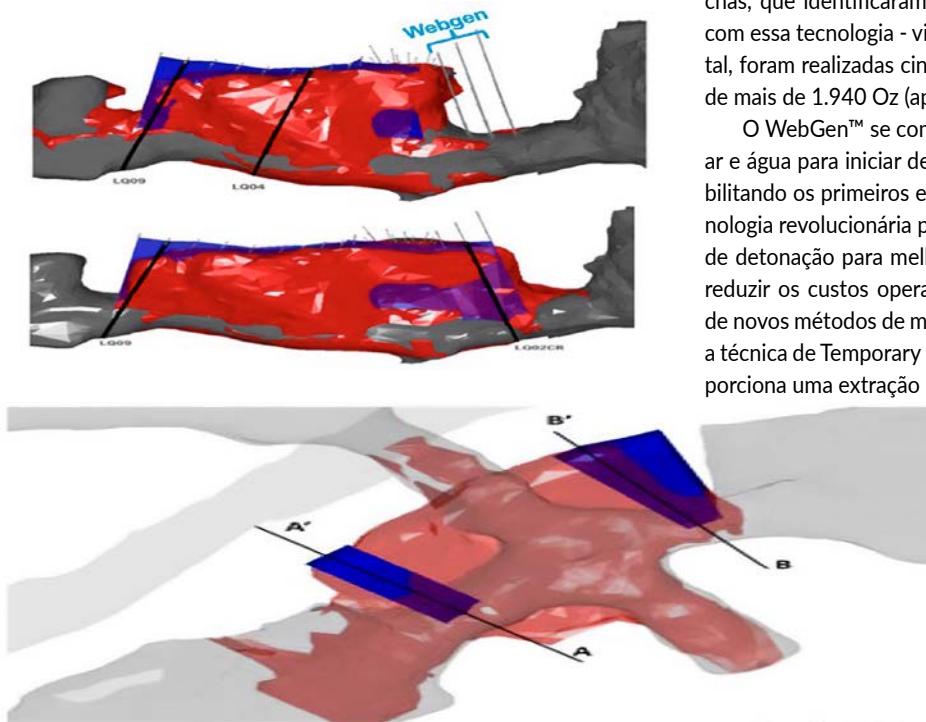


# Programa de recuperação de pilares com detonadores wireless maximiza produção de ouro na Mina Cuiabá

A utilização de explosivos e acessórios é necessária para todas as minerações onde existe a necessidade de detonar e fragmentar o mineral de interesse. No entanto, não era vista como fator determinante para a viabilidade de um projeto de mineração ou definição do método de extração. A indústria da mineração, dentro do processo de revolução 4.0 para busca de novas tecnologias sustentáveis e seguras, vem trazendo o desenvolvimento de novas ferramentas para diversas áreas de operação.

Nesse estudo, foi utilizado o WebGen™, uma tecnologia de comunicação sem fio, que permite realizar pré carregamento e detonações programadas, conforme a necessidade. Essa tecnologia permitiu que minas subterrâneas explorassem sua jazida aplicando métodos antes não possíveis devido às limitações impostas pelo uso de detonadores com fio. Dessa forma, foi possível identificar novas aplicações e potencial recuperação dos minerais de interesse para minerações subterrâneas.

Uma parceria entre a Anglogold Ashanti Brasil e a Orica Brasil na mina de Cuiabá - situada no quadrilátero ferroso, que fica na região centro-sul de Minas Gerais -, possibilitou a identificação de oportunidade e aplicar a tecnologia do detonador wireless Webgen™ em Rib Pillar, que é um pilar utilizado para garantir a estabilidade e reduzir a diluição do realce que será lavrado, mas que não era recuperado após a detonação, resultando em perda de material que poderia ser aproveitado.



Em Cuiabá é realizado a lavra por sublevel stoping, feita desenvolvendo as partes superiores - e a lavra se inicia nestas áreas do nível. Este modo, chamado de top down (de cima pra baixo em tradução livre), aumenta a produção principalmente quando o desenvolvimento da rampa não está à frente dos níveis de lavra. Porém, o aumento de produção em curto prazo pode trazer problemas a médio e longo prazo

devido à falta do enchimento hidráulico ou operacional. Com a lavra descendente dentro do nível, todo o carregamento de minério é realizado com equipamentos operados por controle remoto, o que viabiliza a operação no nível já lavrado nas porções superiores.

RECUPERAÇÃO DE PILARES		
Aplicações	Área	Oz Recuperadas
1ª Aplicação	14 BAL 1º SN LE A4	629
2ª Aplicação	N19FGS 1ºSN AC02	55
3ª Aplicação	20 FGS EXT 2º SN	980
4ª Aplicação	N18 BAL 1º	142
5ª Aplicação	N14 GAL 2º	134
		TOTAL
		1.940

A aplicação Temporary Rib Pillar (TRP) é uma metodologia que tem se mostrado como uma alternativa para atingir todo o potencial de recuperação desses pilares e em condições seguras. Os pilares na unidade de Cuiabá foram pré-carregados com detonadores Webgen™. Uma vez terminada a produção, foram acionados com comunicação wireless. E a massa foi lavrada com segurança.

O programa de recuperação de pilares foi desenvolvido com as áreas de planejamento de mina, operação de mina e mecânica de rochas, que identificaram possíveis regiões que podem ser recuperadas com essa tecnologia - visando maximizar a recuperação de ouro. No total, foram realizadas cinco aplicações, representando uma recuperação de mais de 1.940 Oz (aproximadamente MUSD 3,8).

O WebGen™ se comunica através de centenas de metros de rocha, ar e água para iniciar detonações de maneira confiável e segura, possibilitando os primeiros estágios de automação de detonações. Esta tecnologia revolucionária permite novos métodos de mineração e técnicas de detonação para melhorar a segurança, aumentar a produtividade e reduzir os custos operacionais. Tornando possível o desenvolvimento de novos métodos de mineração para minas subterrâneas, por exemplo, a técnica de Temporary Rib Pillar (TRP) apresentada neste trabalho, proporciona uma extração de minério mais segura e produtiva.

Com a utilização do Webgen™ em regiões onde não seria possível carregar no método convencional, foi possível maximizar a recuperação de lavra, com metodologia de pré-carregamento de pilares. O programa de recuperação de pilares demonstrou grande potencial de maximização na recuperação de ouro para a unidade de Cuiabá. Até o momento, depois de 5 aplicações com essa metodologia são mais de 1.940 Oz, que foram incrementadas na produção da mina. Dessa forma, houve um ganho de aproximadamente MUSD 3,8.

**AUTORES:** Francisco Biulchi dos Santos, gerente de mineração/lavra na AngloGold Ashanti (Mina Cuiabá) e Luan Moreira Barros Monteiro, engenheiro de serviços técnicos na Orica Brasil



# EXPOSIBRAM2024

Mineração do Brasil | Expo & Congresso  
Brazilian Mining | Expo & Congress

Um dos mais **relevantes**  
eventos de **mineração**  
da América Latina

**60 mil**  
participantes previstos

Acesse  
novo site



09 a 12 de setembro de 2024  
| Belo Horizonte

Realização:



Secretaria Executiva,  
comercialização, organização  
e agência de comunicação:



Assessoria  
de imprensa:



Patrocinador Diamante:



Patrocinador Platina:



HUAWEI

## Sistema informatizado corta pela metade o tempo para abastecimento da frota

Operações de reabastecimento de óleo diesel de equipamentos de mineração são realizadas com muita frequência. A prática dessa atividade ocorre com o deslocamento dos equipamentos para os postos de combustível, o que demanda tempo elevado, além de longas filas de abastecimento que podem acarretar em perdas operacionais se não forem gerenciadas. Para aprimorar e otimizar esse processo, a Ero Brasil Caraíba desenvolveu um sistema de automação e de reestruturação do fluxo de abastecimento.

No processo tradicional, o fornecimento de óleo diesel para os equipamentos de grande porte da Ero Brasil Caraíba era controlado manualmente por meio de planilha, o que além de dificultar a gestão dos dados era suscetível a erros. Ademais, o reabastecimento de combustível contava apenas com dois locais de atendimento, os quais estavam localizados nas cotas N-137 e N-732 da mina subterrânea, o que exigia o deslocamento dos equipamentos. Longos tempos de viagem combinados com extensas filas para abaste-



equipamento de acordo com um determinado consumo (litros consumidos por hora de trabalho).

Em conjunto com a Hiro Automação foi desenvolvido o concentrador de abastecimento que une praticidade e tecnologia aplicados nos postos de combustíveis, possibilitando aos operadores terem autonomia para realizar o abastecimento do equipamento, no qual será registrado a data e hora da atividade, a quantidade do combustível fornecido, a matrícula do operador, a TAG e o horímetro da máquina que será abastecida. Automaticamente essas informações são enviadas online para um banco de dados.

O trabalho foi desenvolvido na planta da Ero Brasil Caraíba localizada no Distrito de Pilar, em Jaguarari (BA), cuja a principal atividade é a produção de concentrado de cobre. A unidade dispõe de uma mina subterrânea com 11 km de rampa, detendo três postos de combustível e uma caminhonete comboio, responsável pelo abastecimento na frente de serviço.

De acordo com a empresa, por meio da automação e pelo abastecimento na frente de serviço, foi possível gerenciar o fornecimento de óleo diesel de forma eficiente para os equipamentos de mina subterrânea, possibilitando reduzir o deslocamento desses equipamentos até os postos de combustível. Após a implantação do sistema, o tempo registrado para a atividade de abastecimento reduziu-se em 53%, gerando menos perdas operacionais por paradas de equipamentos e, por consequência, otimizando a movimentação da frota.



cimentos levaram a prejuízos operacionais, o que obrigou a empresa a desenvolver estratégias para evitar a situação.

A finalidade do projeto foi reduzir a frequência de abastecimentos nos postos de combustível e o tempo de deslocamento até eles, resultando no aumento da utilização efetiva da frota. Geralmente, os equipamentos de grande porte de mineração que operam em frente de serviço possuem deslocamento lento, fazendo com que o fluxo destes equipamentos na rampa seja interrompido devido ao congestionamento resultante. Em vista disso, tornou-se imprescindível desenvolver um processo otimizado de reabastecimento para evitar levar esses equipamentos a um posto de combustível.

Na solução apresentada, o reabastecimento passou a ser feito de maneira estratégica por meio de caminhonete comboio. Para que isso ocorra de forma assertiva, os dados de abastecimento devem ser rigorosamente controlados para prever o próximo abastecimento do

**AUTORES:** Felipe Mateus Leite Duarte - Engenheiro Júnior da Ero Brasil Caraíba, Erinaldo Bispo de Deus - Engenheiro Pleno da Ero Brasil Caraíba, Jamerson Gabriel Soares Gonçalves - Estagiário da Ero Brasil Caraíba, Fábio Araújo da Silva - Supervisor de Manutenção da Ero Brasil Caraíba, Francisco Wanderley Alves Lins de Oliveira - Engenheiro Pleno da Ero Brasil Caraíba e Thiago Dias Bonfim - Estagiário da Engenharia Mecânica da Ero Brasil Caraíba



# TecWise®

INOVAÇÃO DIGITAL



**SOLUÇÕES DE  
INSTRUMENTAÇÃO E  
MONITORAMENTO PARA  
APLICAÇÕES  
GEOTÉCNICAS, HÍDRICAS,  
ESTRUTURAIS E  
AMBIENTAIS**

**300+ PROJETOS  
PARA GEOAMBIENTAL**

**PARCEIROS OFICIAIS**

**TecWise®**  
INOVAÇÃO DIGITAL



 **MEASURAND**





[www.tecwiselatam.com](http://www.tecwiselatam.com)  
comercial@tecwiselatam.com

# Flotação de grossos como pré-concentração de espodumênio otimiza custos e produção

Devido ao aumento da demanda por produtos derivados do lítio, a busca por matéria-prima tem sido intensificada nos últimos anos. Empresas do segmento tendem a se mobilizar para aumentar suas capacidades produtivas e suprir este mercado que está em constante crescimento.

Pensando em atender essa demanda, a AMG Brasil, organização global voltada para a produção de metais especiais e minerais críticos, que atua no município de Nazareno (MG), com a exploração e beneficiamento de pegmatitos, desenvolveu um processo visando a expansão da planta de beneficiamento de espodumênio, mineral de lítio. A ampliação pretende o aumento da capacidade de produção de concentrado de espodumênio grau químico.

Atualmente, a taxa de produção da AMG é equivalente a 90.000 toneladas por ano e pretende-se aumentar esta capacidade para uma taxa equivalente a 130.000 toneladas por ano. Como consequência deste aumento, tanto o circuito de moagem quanto o circuito de flotação terão um aumento de capacidade correspondente a 45% em relação ao atual cenário.

Nesse intuito, a equipe de Pesquisa e Desenvolvimento da AMG Brasil realizou um estudo de viabilidade da implementação de uma nova rota tecnológica. Essa nova abordagem propõe uma redução da taxa alimentada no circuito de moagem e consequentemente no circuito de flotação. Para isso, foi avaliada uma tecnologia que propõe a flotação através de um leito fluidizado como metodologia de pré-concentração de espodumênio. Este processo permite realizar a separação do mineral de interesse mesmo em granulometrias elevadas.

Para realizar a caracterização da alimentação e dos produtos gerados pelo processo de pré-concentração de espodumênio, foram avaliados a distribuição das fases minerais contidas em cada uma delas, assim como a liberação do mineral de interesse.

## ROTA DE PROCESSAMENTO – SP1+

Após o processo de caracterização mineral, foi definido de acordo

com os dados obtidos que a fração escolhida para o top size do processo seria 500 $\mu\text{m}$ , utilizando-se como critério o grau de liberação superior 90%. Visto que, o P80 da atual rota de beneficiamento da AMG é de 150 $\mu\text{m}$ , este valor foi assumido como restrição de fração mínima que entraria no processo de pré-concentração.

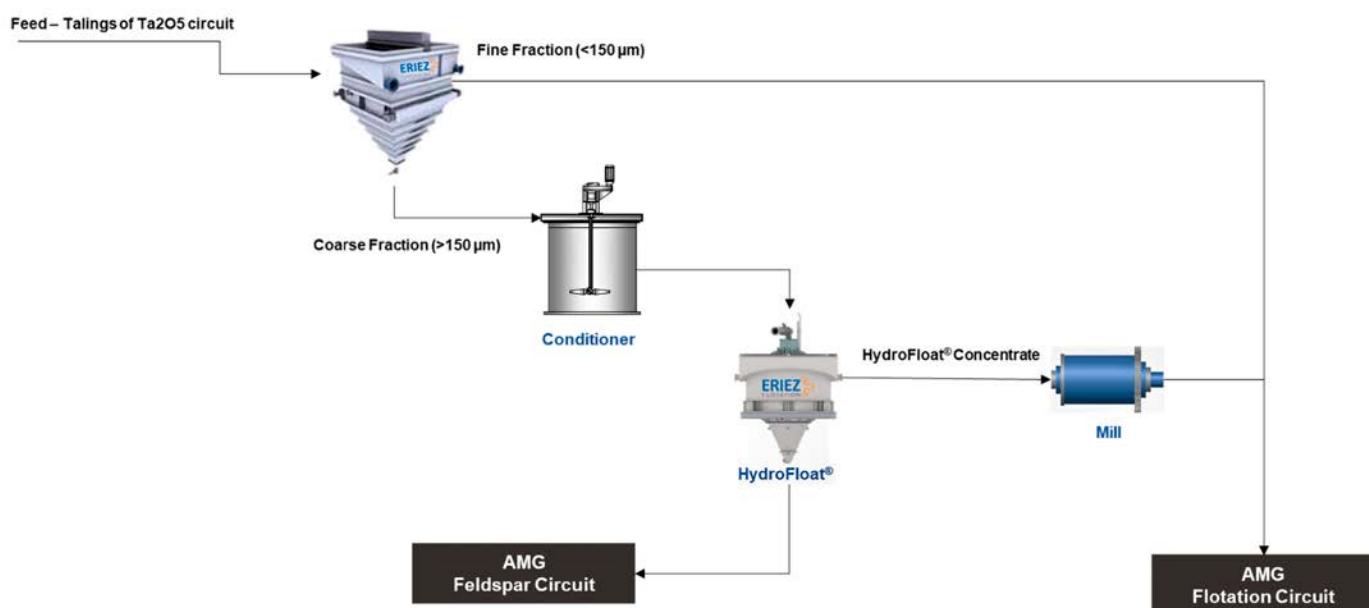
Após a definição dos parâmetros operacionais, iniciou-se a classificação da amostra de alimentação da planta. A fração retida em 150 $\mu\text{m}$  foi designada para os testes em escala piloto, enquanto a fração passante foi reservada para realizar testes complementares, visando viabilizar a rota de beneficiamento.

Inicialmente, os testes foram conduzidos em escala de bancada no laboratório da Eriez nos Estados Unidos. Os resultados desses testes permitiram realizar o piloto na AMG. Com base nos dados obtidos nessas etapas do projeto, foi possível estabelecer uma rota de processo para avaliar a viabilidade da pré-concentração utilizando o método de flotação em leito fluidizado.

Logo, o material passante do processo de classificação foi diretamente direcionado para a etapa de separação magnética, presente no circuito convencional da AMG, enquanto o retido foi direcionado para o circuito de flotação de grossos. Portanto, o material passante, menor que 150 $\mu\text{m}$  foi encaminhado diretamente para a etapa de separação magnética, presente no circuito convencional da AMG, enquanto o material retido foi direcionado para o circuito de flotação de pré-concentração.

A fração retida, direcionada para o circuito de pré-concentração, inicialmente passou por um processo de condicionamento, no qual são adicionados coletores e agentes auxiliares, permitindo assim a realização da separação desejada. Após o condicionamento, o material foi alimentado diretamente na HydroFloat®, equipamento utilizado para a pré-concentração, o qual demonstrou um desempenho favorável.

Foi possível notar então, com base nos resultados, que a redução mássica obtida com a implementação da flotação de grossos como pro-



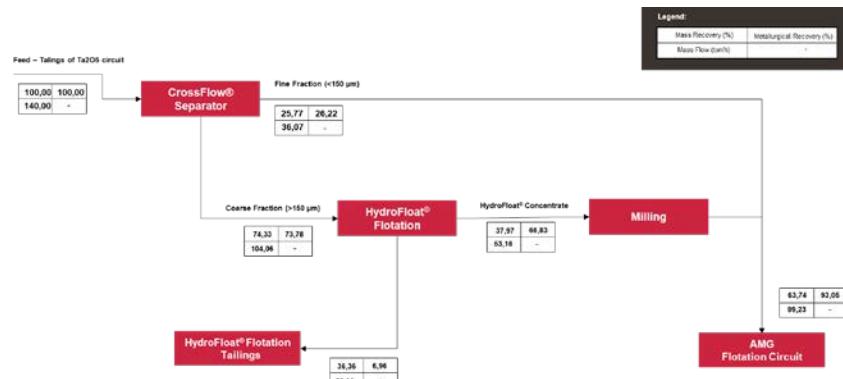
cesso de pré-concentração foi equivalente a 48,92%. Além disso, mesmo com essa redução mássica, foi possível obter uma perda mínima de lítio na pré-concentração, evidenciando a eficiência do processo para as condições e matéria-prima propostas, com uma recuperação metalúrgica de 90,57%.

Contatou-se então, que com a flotação de grossos, há uma redução de massa equivalente a 36,36%, e nesta operação ocorre uma perda de 6,96% do lítio alimentado no processo. Além desses impactos, destaca-se a redução de custos na operação de moagem, como a diminuição do consumo energético e a redução no uso de corpos moedores.

A implementação da pré-concentração resultou em uma redução no consumo de energia, passando de 728,43 KW/h para 372,08 KW/h, o que representa uma diminuição de aproximadamente 48,98%. Em relação ao consumo de corpos moedores, o circuito convencional, sem a pré-concentração, consumiria 43,71 Kg/h, enquanto o circuito desenvolvido com o processo de pré-concentração terá um consumo de apenas 22,33 Kg/h, representando uma redução significativa de aproximadamente 48,87%.

Sendo assim, diante das informações levantadas através dos testes realizados pela equipe de P&D da AMG Brasil, a pré concentração de espodumênio utilizando-se flotação em leito fluidizado se mostra uma alternativa viável para contornar os desafios impostos pelo processo de expansão da capacidade produtiva da planta de espodumênio.

As análises de caracterização dos produtos demonstraram uma



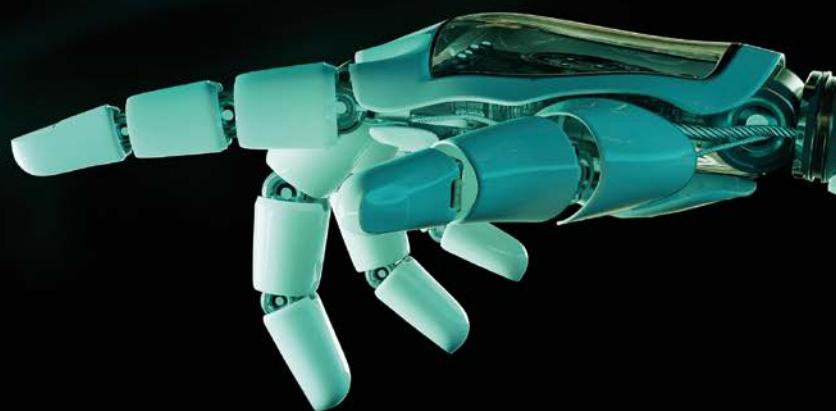
eficiente separação das fases minerais e quanto ao desempenho da pré-concentração, como um volume de controle isolado, o mesmo indicou uma recuperação metalúrgica de 90,57%, de Li2O evidenciando a viabilidade técnica do processo proposto. Além disso, a análise econômica expressou impactos significativos, sendo eles a redução tanto no consumo energético da moagem quanto no uso de corpos moedores, resultando em economia de recursos e custos operacionais.

**AUTORES:** Arthur de Paula Cardoso - Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento, P&D - Novos Produtos, AMG, Felipe Keven de Carvalho Neves - Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento, P&D - Novos Produtos, Carlos Valdir Gusmão - Técnico em Química Industrial, Especialista, Especialista de Flotação, P&D - Novos Produtos, AMG e Caymon de Siqueira Assumpção - Gerente Serviços Técnicos e Geologia, Geologia, AMG

 **Diemme  
Filtration**

Trust Never Ends.

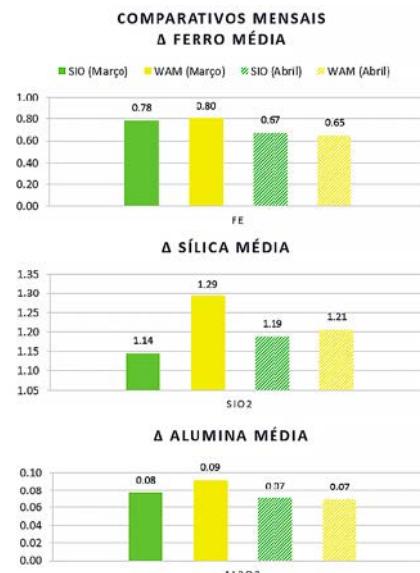
O software com um **toque humano.**



# Modelo 3D para gestão de pilhas de estoque (ROM) diminui a variabilidade de alimentação da planta

A gestão convencional de grandes pilhas de minério de ferro extraído diretamente da mina (ROM) costuma utilizar o teor médio das substâncias de interesse para toda a pilha. No entanto, os procedimentos modernos de controle de minério e processamento mineral exigem maior precisão em relação ao material alimentado, o que é dificultado por modelos de baixa precisão que impedem a otimização holística do processo de mineração. O trabalho apresentado pela equipe da Anglo American oferece uma abordagem moderna para o gerenciamento eficiente das pilhas de minério por meio do aplicativo de Ottimização e Inventário de Pilhas de Estoque da IntelliSense, que está sendo empregada na operação da mina Minas-Rio da Anglo American, em Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

O aplicativo permite a modelagem das pilhas utilizando modelos de blocos 3D com distribuição espacial de teores e propriedades do minério, além de indicadores de rastreabilidade dos movimentos de material entre áreas fora da mina, estoques e alimentação do britador. O framework proposto modela cada banco da pilha nos eixos x, y e z como seu próprio domínio geológico, assumindo que os volumes e teores dos materiais depositados são equivalentes aos dados rastreados no sistema de gerenciamento de frota (Fleet Management System - FMS), podendo ser regularizados ou ajustados com auxílio de um levantamento topográfico.



		Fe (%)			SiO <sub>2</sub> (%)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)		
		Planta	SIO	WAM	Planta	SIO	WAM	Planta	SIO	WAM
<b>Março</b>	Teor Médio	41.22	41.47	41.63	38.18	37.71	37.47	1.14	1.20	1.22
	Δ Média*	-	0.78	0.80	-	1.14	1.29	-	0.08	0.09
<b>Abril</b>	Teor Médio	41.48	41.37	41.44	38.24	38.19	37.96	1.05	1.09	1.10
	Δ Média*	-	0.67	0.65	-	1.19	1.21	-	0.07	0.07
<b>Total</b>	Teor Médio	41.35	41.42	41.53	38.21	37.94	37.71	1.10	1.15	1.16
	Desvio Relativo	-	0.17%	0.45%	-	0.70%	1.30%	-	4.42%	5.61%

Esta nova abordagem aumenta a granularidade espacial da pilha e é utilizada no planejamento de curto prazo para definir polígonos preferenciais para retomada de material para a planta, capacitando o time de operação e planejamento a transformar dados operacionais em insights acionáveis para tomada de decisões informadas e resultados mais acurados.

À medida que as minas são esgotadas e as médias globais de teores de minério diminuem, é provável que a demanda por um modelo de trabalho aprimorado para o gerenciamento de pilhas de estoque cresça. Na avaliação da equipe da Anglo American, felizmente, os esforços de digitalização aumentaram em toda a indústria de mineração nos últimos anos, e já existe empenho para que as empresas de mineração aproveitem os novos dados. As pilhas de estoque são compostas não apenas por materiais valiosos, mas também por dados valiosos e muitas vezes mal com-

preendidos, o que as torna alvos ideais para os benefícios da inovação digital.

O processo de lavra até a formação das pilhas de estoque refere-se a uma prática na indústria de mineração em que o minério extraído é empilhado em grandes pilhas ao ar livre para posterior retomada e processamento. Essas pilhas podem ter diferentes configurações e formatos, dependendo das características específicas do local. Para grandes pilhas de estoque de minérios de metais preciosos, existe pouca literatura científica documentando como modelar espacialmente a distribuição multivariada de características como teor, dureza, tipo de rocha e outras propriedades geoquímicas.

Além disso, as pilhas de estoque de minério são classificadas como armazenamento temporário e o conteúdo muda ao longo do

tempo. Tratores e outros equipamentos pesados frequentemente deslocam o material empilhado da localização original de despejo, tornando difícil saber onde o material está localizado dentro da pilha. Com o objetivo de reduzir a lacuna de informação entre a mina e a planta, um modelo de estoque de alta granularidade pode oferecer uma visão minuciosa do corpo de minério e as características. Isso possibilita uma compreensão mais profunda da variação no teor e em outras propriedades mineralógicas, ajudando a identificar áreas de minério de maior ou menor qualidade. Essas informações são essenciais para otimizar processos de mineração, como moagem e flotação, resultando em maior eficiência e economia de custos.

A partir dos estudos conjuntos conduzidos pela equipe da Anglo American e IntelliSense, ficou evidente que a aplicação SIO (Ottimização e Inventário de Pilhas) desempenha um papel estratégico para a operação da mina ao se tratar do controle das pilhas de estoque. As informações enviadas à planta metalúrgica baseadas nos modelos de blocos tridimensionais das pilhas fornecidas pelo SIO proporcionaram uma maior aderência aos teores amostrados em planta, aumentando a confiabilidade no material alimentado quando comparado à abordagem tradicional, que utilizava os teores médios ponderados por pilha.

Além disso, a implementação do SIO permitiu uma maior visibilidade e controle das pilhas de estoque, identificando contaminações e movimentações inesperadas. Essa abordagem inovadora representa um avanço crucial na gestão de recursos minerais, oferecendo às empresas uma vantagem competitiva no cenário atual da indústria de mineração.

**AUTORES:** Gustavo Albergaria - geólogo sênior da Anglo American, Alexandre Rocha - geólogo especialista da Anglo American, Karl Torres - engenheiro de tecnologia da mineração - IntelliSense.io e Christopher D'Almeida - engenheiro de Tecnologia Mineração Sênior - IntelliSense.io



# 14 EVENTOS UNINDO A CADEIA PRODUTIVA EM UM MESMO LOCAL



**3 A 5 DE SETEMBRO DE 2024**  
**PRO MAGNO - SÃO PAULO/SP**



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

## Estudo geometalúrgico eleva performance de planta metalúrgica

O projeto de geometalurgia desenvolvido no Complexo de Mineração Caeté da Jaguar Mining forneceu subsídios estratégicos para elevação do desempenho operacional da planta metalúrgica. Com baixo investimento foram alcançados ganhos expressivos, segundo a empresa: redução de aproximadamente R\$ 10 milhões com insumos, aumento de cerca de 0,5% na recuperação global de ouro e remoção de gargalos operacionais.

O Complexo Caeté é composto por duas minas subterrâneas: Roça Grande e Pilar, situadas, respectivamente, em Caeté e Santa Bárbara, ambas em Minas Gerais. Com a suspensão temporária da operação da mina de Roça Grande em 2018, a planta metalúrgica enfrentou problemas e desafios em função das alterações das características do minério e ausência de um estudo representativo.

Em 2020, iniciou-se um projeto de geometalurgia com uma equipe integrada de geologia, mina, processo de planta e laboratórios, com o intuito de fornecer os subsídios necessários à avaliação das rotas de processo e possibilitar a otimização do rendimento global da usina. O estudo compreendeu caracterização mineral e ensaios de todas as etapas de beneficiamento do minério de ouro. Segundo a Jaguar, a aplicação efetiva dos conhecimentos propiciados pelo desenvolvimento desse trabalho aumentou a performance operacional, reduziu os gargalos das etapas de processo, com ganhos de recuperação de ouro, redução de reagentes e custos.

O estudo inicial foi realizado com três corpos minerais principais da mina de Pilar. As amostras foram obtidas por campanhas de amostragem efetuadas a cada extensão de 5 m ao longo do strike do corpo de minério, sendo analisado separadamente o comportamento da sua parte central e encaixantes (footwall e hangwall).

A caracterização mineralógica consistiu na quantificação das fases minerais por difração de raios X, combinando os resultados com a análise química multielementar por ICP-OES e na determinação de informações sobre composição e liberação das fases de interesse portadoras ou não de ouro por meio de dados coletados em um microscópio eletrônico de varredura equipado com detectores de EDX.

Já a caracterização metalúrgica compreendeu a determinação de curvas de moagem, Work Index, densidade relativa do sólido, determinação do GRG (Gravity Recoverable Gold), ensaios de concentração gravítica, flotação e cianetação nas granulometrias de 106, 75 e 53  $\mu\text{m}$ .

Nos ensaios de flotação, foi avaliado o efeito de tipos e dosagens de reagentes ativadores e coletores sobre a recuperação de ouro. Nos ensaios de lixiviação foi analisada a cinética de dissolução do ouro

com cianeto e consumo de reagentes mediante a diferentes condições de pré-oxidação, cianetação e adsorção. Como estudo de rotina geometalúrgica foi definida a caracterização de amostras do tipo SBL e das amostras de britagem coletadas na planta metalúrgica de cada frente de lavra.

A caracterização mineralógica e metalúrgica dos corpos forneceu informações que conduziram a readequação gradativamente dos processos da planta metalúrgica, resultando em diversas melhorias. Entre elas, um novo método de rastreabilidade, que consiste na categorização do minério por frente da mina, sendo cada uma transportada e amostrada na britagem separadamente. Isso permite melhor compreensão sobre a origem e gestão do minério e recuperações desde o modelamento até a etapa de processamento. Houve ainda melhorias na recuperação global, na moagem, na concentração gravítica e flotação e no circuito de lixiviação/adsorção.

Figura 1 - Curva de recuperação global de ouro de 2018 a 2023



O projeto de geometalurgia confirmou que os minérios sulfetados de Pilar apresenta uma mineralogia mais complexa que o blend com o de Roça Grande, interferindo em todas as etapas de extração e recuperação de ouro. No entanto, os maiores impactos negativos são decorrentes das oscilações das condições operacionais. A abordagem da geometalurgia forneceu compreensão e embasamento para definição de estratégias para as áreas de geologia, planejamento e metalurgia para estabilização dessas condições.

Em cada etapa do projeto foram obtidos resultados importantes para readequação dos processos da planta metalúrgica. A caracterização mineralógica e metalúrgica dos corpos forneceu as informações necessárias para isso. Em termos de rastreamento de minério, ressaltou-se as particularidades e variabilidades de cada corpo, além da importância de manter o monitoramento de suas características, desempenho no modelo geológico e no beneficiamento mineral. Nesse sentido, des-

de maio de 2023 foi definido um novo método de rastreabilidade, que consiste na categorização do minério por frente da mina, sendo cada frente transportada e amostrada na britagem separadamente. Isso permite melhor compreensão sobre a origem e gestão do minério e recuperações desde o modelamento até a etapa de processamento.

Os resultados indicaram que os minérios dos corpos de Pilar são do tipo free milling, com peculiaridades quanto aos processos de concentração de ouro. Nas análises, constatou-se que a planta metalúrgica deve ter uma configuração flexível e robusta que absorva as variabilidades de cada minério e per-

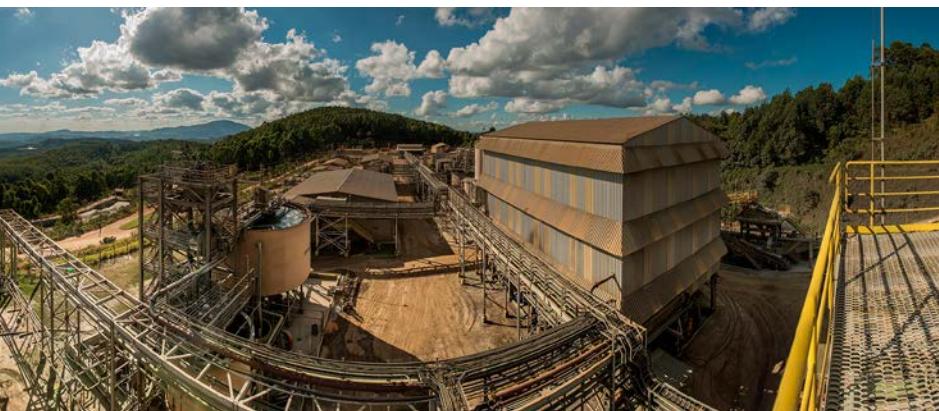


Foto Site Jaguar



mita a maximização de sua extração. Os diversos parâmetros analisados no estudo apontaram a necessidade de mudanças nas condições operacionais e de processo, que resultaram na elevação de 0,49% na recuperação metalúrgica de ouro entre 2021 e 2023 (88,50%) em comparação ao período de 2018 a 2020 (88,01%).

Na moagem, a caracterização mineral indicou que o ouro dos minérios fragmentados com foco em P80 75  $\mu\text{m}$  é suficiente para atingir 90 a 100% de liberação por superfície e composição dos diversos minerais presentes, principalmente sulfetos, no qual o ouro está associado majoritariamente. Contudo, essa granulometria causa moagem ultrafina de uma fração de sulfetos (partículas inferiores a 10  $\mu\text{m}$ ) impactando sua flotabilidade e a recuperação do ouro associado, além do maior consumo de reagentes. Tais informações associadas à análise de dados da operação industrial permitiram a redução da granulometria padrão da moagem para P75 75  $\mu\text{m}$  e otimizações operacionais para elevação gradual da taxa de moagem de 80,45 para 94,96 t/h (18,04%), reduzindo as horas efetivas de operação do moinho e redução de 7,87% do consumo de corpo moedor que equivale a R\$1 milhão no período.

Os resultados de GRG apontaram que os corpos minerais de Pilar possuem potencial de recuperação máxima de ouro de até 70% e ensaios de concentração gravítica em única etapa e granulometria indicaram valores entre 58% e 65%. As adequações realizadas em campo elevaram a recuperação gravítica de 47,64% (2018 a 2020) para 51,25% (2021 a 2023), um ganho de 3,61%. Foi identificada a oportunidade de incremento de 20% da recuperação gravítica global com a implantação de um concentrador na alimentação da flotação (overflow da ciclonegem) que possibilitaria alcançar a máxima recuperação determinada

pelo GRG. Já os resultados de ensaios de flotação indicaram forte interferência da qualidade da água de reuso industrial na recuperação de ouro e a possibilidade de sua elevação com a utilização de blends de reagentes coletores diferentes.

Os ensaios de lixiviação e adsorção dos concentrados de flotação confirmaram que o pré-condicionamento da polpa com oxigênio é fundamental para melhores eficiências de dissolução do ouro, assim como faixas restritas de pH, menor tempo de cianetação associado a maior tempo de adsorção.

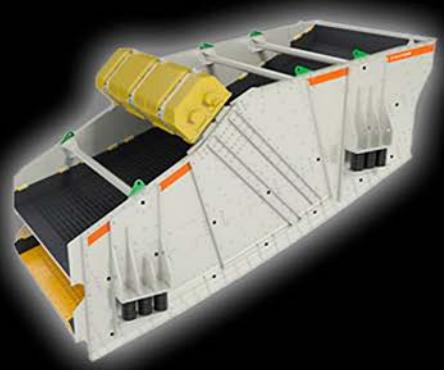
As adequações do processo industrial com base no estudo de caracterização resultaram em: redução de 34,75% do consumo de cianeto de sódio entre os anos de 2021 e 2023 (738 g/t) em comparação ao período de 2018 a 2021 (1131 g/t), economia equivalente a R\$ 7,54 milhões; diminuição gradual e total de 37,22% do teor de ouro no rejeito de lixiviação/CIP, passando de 3,52 g/t entre os anos de 2018 e 2020 para 2,21 g/t a partir de junho de 2022; elevação gradual e total de 1,24% da recuperação de ouro na lixiviação, passando de 86,71% entre os anos de 2018 e 2020 para 87,95% a partir de junho de 2022; reestruturação das condições e tempos de residência de todas as etapas, alteração da forma de aplicação de oxigênio e do tipo de alcalinizante para suspensão de hidróxido de cálcio; e eliminação da utilização de nitrato de chumbo, economizando R\$ 350 mil/ano.

**AUTORES:** *Istelamares Alvarenga de Barros - Coordenadora de Processos da Jaguar Mining, Alberto Vilela da Costa - Analista de Processos da Jaguar Mining, Tiago Pedro de Souza - Coordenador de Geologia da Jaguar Mining e Jussara de Fátima Toffoli - Geóloga de modelo da Jaguar Mining*



## Adametr.IA

**Plataforma web em tempo real por sensores sem fio.**  
**Automação e AI para análise de vibração de peneiras com foco em diagnóstico preventivo e precoce de falhas.**



Sensores capturando e gerando alertas automáticos: órbitas, stroke, ângulo de fase e aceleração.

AI + data Science para evitar falhas, planejar a manutenção e evitar surpresas.



## CMOC atinge +3,93% de recuperação metalúrgica na planta de nióbio Boa Vista

A meta de recuperação metalúrgica de nióbio estabelecida pela CMOC para a planta Boa Vista, que fica na zona rural de Catalão (GO), estipulou o objetivo de aumentar em 1% a recuperação em 2023, quando comparada com o ano anterior.

Foi necessária a otimização das etapas unitárias dentro fluxo de processamento mineral, sendo fundamental obter maior remoção de contaminantes e menores perdas do mineral de interesse. Tendo em vista a capacidade em potencial da planta e a possibilidade de realização de algumas melhorias nas etapas unitárias, por meio do aproveitamento de alguns equipamentos disponíveis em área, foi traçado um plano de comissionamento dos mesmos.

As iniciativas implementadas na flotação de carbonato e na flotação de nióbio para aumento da recuperação metalúrgica global da planta BV trouxeram um ganho de R\$ 21.848.512, sendo listado entre os projetos com maior retorno financeiro para a CMOC Brasil unidade de nióbio no ano de 2023. A média da recuperação global foi 3,93 pontos percentuais maior do que a média alcançado no ano de 2022, superando o desafio proposto.

Foto Site UFC



Determinar a eficiência do processo em recuperar e concentrar minério é instrumento gerencial básico para qualquer unidade de produção mineral. Em uma planta de beneficiamento, as ferramentas principais para medida de eficiência dos processos são o balanço de massas e balanço metalúrgico, que consiste na aplicação do princípio de conservação de massas em um sistema, visando quantificá-las no processo e determinar parâmetros como taxas de produção, concentração, teores, recuperação mássica e metalúrgica, entre outros.

A planta de beneficiamento BV possui etapas unitárias que são essenciais para alcançar o concentrado final dentro da especificação de Nb2O5: moagem primária e secundária, deslamagem, flotação de sílica, flotação de carbonato, separação magnética, flotação de nióbio e flotação de sulfetos.

Foram levantados pontos de melhorias para as etapas unitárias. As principais etapas do trabalho foram a análise de perdas de Nb2O5 nas etapas de deslamagem, flotação de silicatos, flotação de carbonatos, separação magnética e flotação de nióbio. Além da redução de perdas, também foram implementadas melhorias operacionais para alcançar o resultado.

No decorrer de 2023 foram executadas algumas iniciativas para o

aumento da recuperação, uma na flotação de carbonato e outra na flotação de nióbio. Por meio de análises químicas realizadas no fluxo do afundado rougher, verificou-se que os teores de SiO2 são maiores que 30% e os teores de Nb2O5 menores de 0,25%. Com base nisso, alguns cenários foram avaliados pela equipe de processo. Com base nos resultados decidiu-se realizar um teste descartando o afundado rougher e direcionando o afundado do cleaner 1 para um banco com seis células de flotação (volume de 1,42m³ cada), divididas em três etapas de limpeza. Nesse novo cenário, o fluxo scavenger do rougher deixou de existir e o afundado do scavenger do cleaner 1 se tornou rejeito, juntamente com o afundado rougher.

Na flotação de carbonatos, o aumento de volume na etapa cleaner possibilitou o acréscimo da taxa de alimentação da planta em 15%, mantendo a remoção de carbonatos e barita no mesmo patamar, e a perda de Nb2O5 na etapa se manteve estável.

No mês de março de 2023 o circuito proposto na flotação de nióbio foi colocado em operação. Um teste ON/OFF foi realizado em uma mesma pilha de homogeneização de minério, o que possibilitou comprovar o ganho de produção em toneladas por hora de Nb2O5. Durante o período de teste, verificou-se que ao paralisar o novo circuito (período OFF) houve uma queda de produção na ordem de 20%.

Os dados de recuperação global da planta BV de antes e após a implementação das melhorias foram avaliados estatisticamente, utilizando o software Minitab. Um dos parâmetros avaliados foi a capacidade do processo. O relatório de capacidade indica que no ano de 2022 a probabilidade de ter pontos de recuperação metalúrgica fora do limite inferior de especificação (LIE) estabelecida era de 50,51%. Já no ano de 2023 a probabilidade diminuiu para 28,79%, mostrando uma evolução no processo e aumento da capacidade em atingir a meta.

A média da recuperação global no ano de 2023 foi 3,93 pontos percentuais maior do que a média alcançado no ano de 2022, superando o desafio proposto. As iniciativas implementadas na flotação de carbonato e na flotação de nióbio para aumento da recuperação metalúrgica global da planta BV, trouxeram um ganho de R\$ 21.848.512, sendo listado entre os projetos com maior retorno financeiro para a CMOC Brasil unidade de nióbio no ano de 2023.

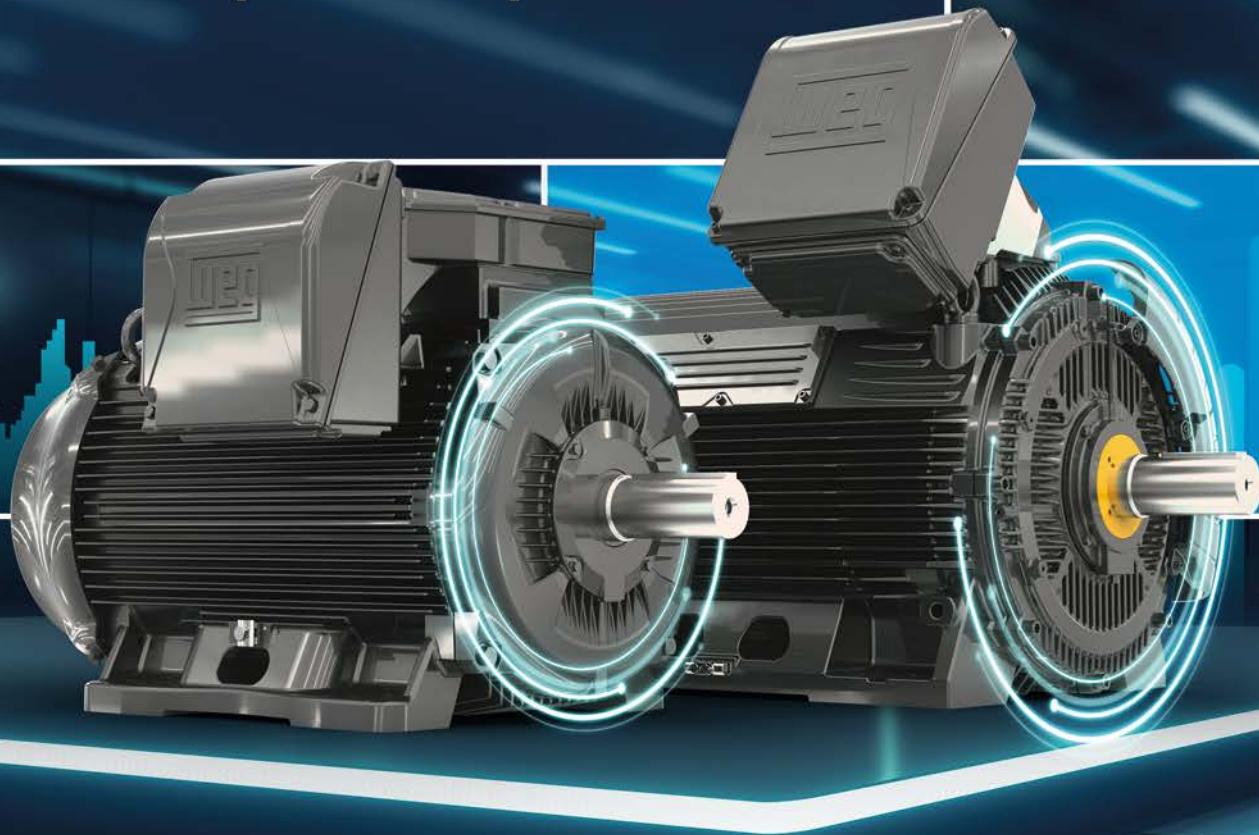
O objetivo de elevar a recuperação metalúrgica da planta BV foi alcançado, superando a expectativa da diretoria. As melhorias implementadas nas etapas unitárias do processo possibilitaram atingir essa marca. Mais importante do que alcançar o número de recuperação é mantê-lo no mesmo patamar, o que continua sendo um desafio diário na planta BV.

Programas de melhoria contínua e redução de custos praticados pela diretoria da CMOC incentivam as equipes a buscarem melhorias em seus setores e são fundamentais para torná-la competitiva no mercado. Para a planta BV, buscar novas oportunidades de melhoria é fundamental para que a CMOC continue colhendo bons resultados financeiros.

**AUTORES:** Pedro Paulo Machado Borges, engenheiro de Processos, Henrique Flávio Ferreira Torquato, engenheiro de Processos, Dafne Letícia Florêncio, engenheira de Processos e Alex Cassimiro Silva, coordenador de Produção

# W23 Sync+

Combinando tecnologias para um desempenho superior.



A busca pela **inovação sustentável**, bem como pela qualidade e confiança em tudo o que a WEG pensa e faz, resultou no W23 Sync+. É a maior linha de motores elétricos síncronos com **eficiência IR5** do mercado. Com a mesma relação potência por carcaça dos motores de indução, a nova solução é inovadora em todas as suas características e superior em todos os níveis.

Facilmente **intercambiável**, o W23 Sync+ foi desenvolvido para proporcionar máximo desempenho em todas as velocidades. É uma combinação perfeita entre **tecnologia e sustentabilidade** que consome menos energia, reduz a emissão de CO<sub>2</sub>, gerando um **saldo positivo para o meio ambiente**, com excelente custo-benefício.



Custo total de propriedade mais baixo



Redução da pegada de carbono



Até 1.250 kW



A maior gama do mercado



Flexibilidade



A maior eficiência do mercado

# Medidas para otimizar performance do peneiramento melhorou KPI em 5,19 pontos percentuais

A Ferro+ Mineração S/A pertence ao grupo J. Mendes e está instalada entre os municípios de Congonhas e Ouro Preto, em Minas Gerais, desde o ano de 2000. A mina possui capacidade produtiva atual de 5 milhões de toneladas de produtos com alto padrão de qualidade e tem, como principal produto, o pellet feed. A equipe responsável pelo trabalho apresentado foi o desenvolvimento e a implantação de um projeto de melhoria no setor de classificação em uma usina de beneficiamento utilizando a metodologia Lean Six Sigma.

Por meio do emprego de diversas ferramentas qualitativas e quantitativas e com a análise do processo de beneficiamento, foram traçadas ações de melhoria para alcance da meta, atingindo um aumento do KPI em 5,19 pontos percentuais.

A etapa de peneiramento, foco do estudo em questão, é responsável por realizar a classificação do material de acordo com as granulometrias especificadas. A fração retida na malha do peneiramento é relativamente pequena, porém, as malhas devem proteger para que partículas grosseiras não sigam o fluxo de polpa em direção à alimentação da separação magnética, podendo-se dizer que essa etapa é considerada o pilar da mesma.

Peneiramento ITM

Fornecedores Suppliers	Entradas Inputs	Processo Process	Saídas Outputs	Clientes Customers
1. Mineração	ROM	Planta de excel com controle de telas e gap do britador	Britagem	ROM britado
2. Britagem	Minério com granulometria abaixo de 37,0 mm	Balanças Análises granulométricas	Alimentação das peneiras 02 e 03	Over
3. Moagem	Minério acima de 15 mm	Planta de excel com controle de telas e gap do britador	HP-200	Britado
4. Classificação PN-09	Minério abaixo de 15 mm e acima de 2,4 mm	Planta de excel com controle de telas	Presa de rolos	Minério médio
5. Classificação PN-08	Minério abaixo de 13mm e acima de 2,4 mm	Balanças Análises químicas e físicas	Carregamento	Produto final - Oversize
6. Classificação PN-08	Polpa abaixo de 2,4 mm	Planta de excel com controle de telas	Alimentação PN-04	Polpa abaixo de 0,6 mm
7. Britagem	Minério com granulometria abaixo de 37,0 mm	Balanças Análises granulométricas	Alimentação das peneiras 02 e 03	Under
8. Moagem	Polpa do minério acima de 0,6 mm e abaixo de 2,4 mm	Densidade Análises químicas e físicas	Alimentação das peneiras 04	Under
9. Separação magnética	Polpa de minério com granulometria abaixo de 0,6 mm	Densidade Medidor de vazão Análises químicas e físicas	Alimentação da separação magnética	Concentrado, médio e rejeito

Apesar de já atender a meta estipulada em orçamento, foram identificadas a possibilidade de otimização e aperfeiçoamento das fases do processo de peneiramento. E, consequentemente, a necessidade de utilização de uma metodologia para melhoria de processo. Optou-se pela Seis Sigma, uma estratégia gerencial utilizada para o aprimoramento de processos, produtos e serviços, conduzida pela metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) que utiliza o levantamento de dados e a aplicação de ferramentas estatísticas aos processos com a finalidade de melhorá-los.

O Seis Sigma é definido em categorias de acordo com a complexidade do trabalho realizado, podendo ser White Belt, Yellow Belt, Green Belt e Black Belt, sendo que na Ferro+ o trabalho foi desenvolvido utilizando a categoria Green Belt.

O escopo do projeto definido inclui as etapas de beneficiamento mineral desde a alimentação da britagem até a alimentação da separação magnética e exclui as operações de lavra e expedição de produtos. Com os dados levantados, foram gerados gráficos que demonstraram o comportamento e a oportunidade de padronização do processo, bem como, a capacidade de otimização do processo de peneiramento, que é uma etapa de extrema importância para o beneficiamento mineral e reflete diretamente na qualidade do produto final ofertado pela empresa.

Como a separação magnética é a etapa cliente, que recebe todo material classificado no peneiramento, o KPI do projeto foi definido como a taxa de alimentação da separação magnética, com meta de aumento em 5,19%. Como o processo apresentou uma taxa de alimentação da separação magnética de 20.822 toneladas por dia, o desafio proposto foi de atingir uma média de 21.902. A capacidade do processo, que mede a capacidade do processo em ser executado sem falhas, apresentou nível sigma de 1,01, indicando oportunidade de aperfeiçoamento do processo.

Com a oportunidade de melhoria do processo de peneiramento certificada, meta definida e processo mapeado, seguiu-se para investigação das possíveis causas que interferem diretamente no resultado do processo. O diagrama de causa e efeito realizado em conjunto com toda equipe envolvida na operação da planta de beneficiamento levantou uma série de causas possíveis, assim como descartou a interferência de alguns agentes dentro do processo.

Foram levantados 26 X's (causas que interferem no processo) que foram correlacionados com o KPI do projeto (Y) no intuito de avaliar o grau de incidência destes na performance do peneiramento. Para priorizar a atuação, a utilização da matriz de esforço e impacto indicou os pontos onde seria possível atuar rapidamente e com maior eficácia, trazendo resultados satisfatórios com impacto direto no foco do projeto de melhoria.

Uma delas foi a troca dos bicos spray por aspersores de poliuretano, que possibilitou uma distribuição uniforme do material sobre as telas das peneiras, reduzindo o desgaste prematuro dos módulos centrais e otimizando a performance do peneiramento. Outro exemplo foi a instalação de dispositivos de retenção junto às telas proporcionou um melhor desempenho evitando falha no desaguamento e reduzindo a umidade dos rolos prensa. Houve, ainda, a alteração na estampa da furação dos módulos que refletiu em um ganho na área útil das peneiras, aumentando a área livre de peneiramento e representando um ganho de produtividade.

Além disso, foi feita a instalação de chapa de desgaste nos chutes das peneiras, que aumentou a durabilidade do módulo primário - reduzindo o intertício para troca de telas e contaminações

# Soluções avançadas para manter a mineração em movimento.

**Mobil**™



Possui as **especificações e aprovações** exigidas pelos fabricantes de motores a diesel fora de estrada.



**Abrangente portfólio** de óleos e graxas formulados para seu equipamento



Amplie sua produtividade e eficiência através dos nossos **serviços de engenharia**.



**Se tem movimento, tem Mobil™**

© 2024. Todos os direitos reservados a Cosan Lubrificantes e Especialidades S.A. (Moove). A Moove é a aliança estratégica da ExxonMobil para a produção e comercialização dos lubrificantes Mobil no Brasil. Proibida reprodução ou distribuição sem autorização. Todas as marcas utilizadas neste material são marcas ou marcas registradas da Exxon Mobil Corporation ou uma de suas subsidiárias, utilizadas por Cosan Lubrificantes e Especialidades S.A., ou uma de suas subsidiárias, sob licença.

Acesse o  
QR Code e  
**saiba mais**



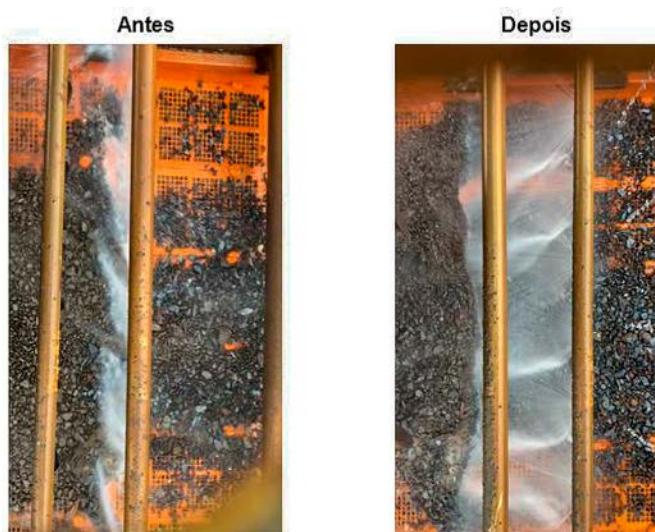
no processo - e de tela cega na posição A da peneira recebendo o impacto gerado pela alimentação aumentou a vida útil da tela de 30 para 90 dias, reduzindo a necessidade de trocas e aumentando a disponibilidade do equipamento.

Houve, também, o desenvolvimento e implementação de dispositivos para aferição do APF (Ajuste de Posição Fechada) dos britadores de mandíbula e cônicos, que possibilitou o acompanhamento de desgaste dos componentes dos equipamentos, aumentando a confiabilidade de operação e permitindo a atuação preventiva.

Foram criados controles de trocas de telas e de aferição de desgaste dos britadores, permitindo o monitoramento de vida útil dos itens sobressalentes e a criação de histórico para maior rastreabilidade do processo e apoio à tomada de decisão.

Decidiu-se pela inserção da manutenção preventiva das válvulas proporcionais e dos raspadores das correias no plano de manutenção semanal visando eliminar falhas nestes itens, reduziram as interferências no controle do fluxo de alimentação das peneiras, resultando em maior estabilidade processual.

Por fim, foi feita a instalação de grelha sobre o silo da britagem que reduziu a ocorrência de paradas do britador e consequentemente da planta, devido à incidência de blocos engaiolados no set do britador.



Com as ações já implementadas, foram revisados e criados novos procedimentos operacionais, no qual todos os colaboradores receberam treinamento para conhecimento e padronização das mudanças realizadas no processo.

Por meio da carta de controle foi possível visualizar o aumento da média do KPI, que antes possuía o valor de 20.822 toneladas por dia e passou a 21.915, atingindo a meta de alcançar uma média de alimentação na separação magnética de 21.902 toneladas por dia. Além disso, a capacidade do processo

apresentou um aumento de 0,5 nível sigma, comprovando a melhora da capacidade do processo em ser executado sem falhas.

Além do aprendizado técnico com a utilização da metodologia Seis Sigma, os participantes puderam vivenciar a força do trabalho em equipe e o desenvolvimento de um projeto prático que otimizou o processo produtivo e a rotina de trabalho dos funcionários.

**AUTORES:** Jennyfer Andrielly Xavier, analista de processos, Rodrigo José Lopes Pinto, especialista de operação, Naiara das Graças Vieira de Paula, assistente administrativo, Edson Geraldo Santos, coordenador de processos, Hader Henrique Souza de Oliveira, técnico de processos, Valdiney Chaves, especialista técnico e Isabela Teixeira Lima, analista de processos

## Estudos para elevar a recuperação metalúrgica de cobre e ouro na mina Chapada

A Lundin, empresa canadense de mineração diversificada em metais de base, com operações no Brasil, Chile, Portugal, Suécia e EUA, desenvolveu estudos de recuperação metalúrgica na mina Chapada, localizada em Alto Horizonte (GO), com o objetivo de aumentar e otimizar os processos, reduzindo custos. A iniciativa conseguiu mapear um aumento de 0,4% de recuperação metalúrgica para cobre e 0,6% para ouro.

A recuperação metalúrgica é uma fonte de pesquisa constante nos empreendimentos de mineração. O estudo desenvolvido pelos técnicos da Lundin buscou estruturar uma metodologia para implementar medidas de otimização do processo, aumentar o entendimento das variações nas recuperações de cobre e ouro e identificar as oportu-

nidades que possam melhorar os resultados obtidos na usina de processamento mineral no circuito de flotação.

Atualmente a operação da mina de Chapada consiste na lavra a céu aberto em diferentes cavas, planta de beneficiamento e

#	Ação	Responsável	Data	Status
1	Avaliar a aplicabilidade de concentradores centrífugos	Geraldo Santos	Agosto/2023	Concluído
2	Apresentar um estudo de viabilidade da mudança do sistema de descarga de overflow para grelha	Glauber Evangelista	Janeiro/2024	Concluído
3	Trocar o sistema de descarga do moinho de bolas de overflow para grelha	Glauber Evangelista	Outubro/2024	Em andamento
4	Atualizar os custos do Estudo de viabilidade de implantação de um circuito CIL para o fluxo de rejeito Scavenger-Cleaner	Geraldo Santos	Maio/2023	Em andamento
5	Teste em escala de bancada para investigar a aplicabilidade da Jameson-Cell no circuito de flotação ReScavenger da Mina Chapada	Geraldo Santos	Junho/2024	Em andamento



## MÉTODOLOGIA

## AMOSTRAGEM



Sondagem de 4000 metros em pilhas de oit. bt

## COMPOSIÇÃO QUÍMICA



Preparação de amostras e definição dos teores

## ENSAIO DE MOAGEM E FLOTAÇÃO



Definição das recuperações metalúrgicas para cobre e ouro

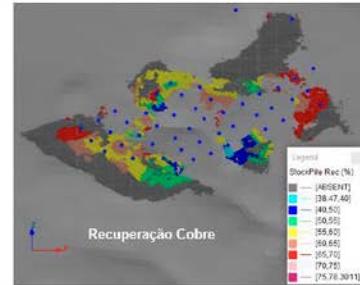
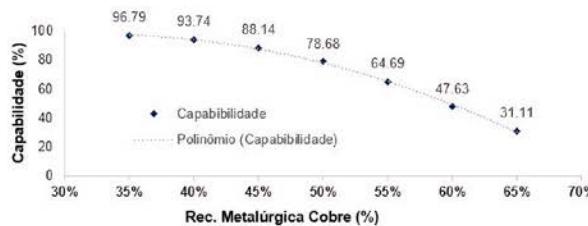
## ANÁLISE DE RISCO



Análise dos resultados e identificação de riscos e oportunidades

## RESULTADOS

## Capabilidade



barragem para disposição de rejeitos. A planta foi projetada para processar minério de sulfeto de cobre a uma taxa nominal de 65 mil toneladas por dia (tpd), totalizando 24 milhões de toneladas por ano (Mtpa). Chapada tem a expectativa de processar aproximadamente 40 milhões de toneladas de minérios provenientes de estoques, entre 2024 e 2028.

Na fase inicial do projeto, procedeu-se com uma ampla amostragem do circuito de flotação, envolvendo a coleta de amostras de alimentação, concentrado e rejeito em cada estágio do circuito. Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório de processos para preparação e, posteriormente, submetidas a análises químicas. O propósito central dessa amostragem foi identificar onde estão as perdas na recuperação para cobre e ouro, bem como avaliar as oportunidades presentes em cada etapa do processo, com foco especial nos fluxos de rejeitos.

Com base nos resultados das análises laboratoriais, foram identificados os pontos críticos de perda de cobre e ouro. Entre os que demandam atenção especial estão: maiores teores de cobre e ouro do rejeito final nas frações mais finas (+38 - 45); ouro associado a pirita no fluxo de rejeito da etapa de flotação Scavenger-Cleaner, com potencial de recuperação por meio de uma rota por lixiviação; e perda de recuperação de cobre e ouro por ineficiência de moagem (P80 de moagem superior ao indicado).

Segundo a empresa, essas observações forneceram uma base sólida para desenhar ações corretivas e estratégias de otimização direcionadas aos pontos críticos, visando aumentar a eficiência global do processo metalúrgico na mina Chapada.

A partir das perdas identificadas, algumas ações foram geradas. Entre elas, avaliar a aplicabilidade de concentradores centrífugos por meio de ensaios GRG para diferentes fluxos da planta de beneficiamento; reavaliar a implantação de um circuito CIL no rejeito da flotação Scavenger-Cleaner como forma de aumento da produção total de ouro; avaliar o impacto da aplicação de células Jameson-Cell no rejeito da etapa ReScavenger/Scavenger como forma de recuperar as partículas finais com alto teor que não são

recuperadas por meio de células tanque convencionais e poderiam ser concentradas e retornadas ao circuito; e aumento da eficiência de moagem por meio da mudança do sistema de descarga do moedor de bolas de overflow para grelha, com potencial de redução do P80 de moagem.

De acordo com a Lundin, o desempenho de um circuito de flotação pode ser afetado por vários fatores, incluindo a interação galvânica entre minerais sulfetados e o aço dos corpos moedores. A reação dos corpos moedores forjados pode aumentar os níveis de ferro na polpa e diminuir a concentração de oxigênio dissolvido, resultando na formação de hidróxidos de ferro, o que pode prejudicar a eficiência da flotação de cobre. Diante disso, a mina Chapada conduziu uma avaliação substituindo bolas forjadas por bolas de alto cromo em ensaios de flotação em bancada, revelando resultados exploratórios.

A partir do estudo de perdas e oportunidades analisados, desenhou-se um plano de desenvolvimento de projetos para área de engenharia de processos, com iniciativas que possuem potencial de aumentos consideráveis de recuperação metalúrgica. Segundo a empresa, com base nos resultados alcançados nos testes em escala de bancada com corpos moedores fundidos de alto cromo, optou-se por realizar testes industriais com os corpos moedores na planta industrial.

Com o estudo de geometalurgia, foi possível mapear os riscos ao alimentar minérios provenientes do estudo, bem como calcular a capacidade do processo para a variável de recuperação metalúrgica. Segundo os técnicos da Lundin, a próxima etapa do trabalho consistirá em incluir as variáveis metalúrgicas no modelo de blocos, visando obter um melhor aproveitamento econômico das pilhas de estoque.

**AUTORES:** Geraldo Antônio dos Santos Júnior - Engenheiro de Processos da Lundin, Glauber Evangelista - Coordenador de Processos da Lundin, Alderney Alexander Moreira - Gerente de Beneficiamento da Lundin, Flávio Silva de Moura - Gerente Sênior de Projetos e Águas da Lundin, Nayara Cristina de Azevedo Moraes - Analista de Processos da Lundin e Francisco Oliveira

## Apex com encaixe rápido de hidrociclone permite inspeção em 1 min

O desenvolvimento desse sistema teve origem da necessidade de aumento na frequência das inspeções dos componentes operacionais dos hidrociclos, visando aperfeiçoar a classificação e gerar maior volume de massa para alimentação dos circuitos de flotação.

De acordo com a Usiminas, o tempo para execução das inspeções gerou uma redução de custo de mão de obra de 199,64%, com a redução de tempo de inspeção e a eliminação da necessidade de mão de obra dupla. Se comparado ao apex, houve um ganho operacional, ou seja, uma redução de 24,27% no percentual de sólidos gerados para O.F. e em contrapartida um acréscimo de 22,22% de sólidos para U.F., o que gera maior volume de produção para alimentação da etapa de flotação.



Ainda segundo a empresa, a aplicação do apex com encaixe rápido foi desenvolvida com base nos prévios estudos realizados para aumento da eficiência do corte no hidrociclone, correlacionando o aumento da eficiência das operações, ganho na agilidade das inspeções, aumento da segurança física para realização das inspeções e maior segurança no controle de processo com a elevação da vida útil do componente, reduzindo falhas na classificação por desgaste, contribuindo também para a redução dos custos operacionais.

Com a necessidade de controle dos desgastes dos sobressalentes para manutenção de performance dos equipamentos, são realizados controles com base nos desgastes e na vida útil informada pelos fornecedores. Por meio desses dados são feitas planilhas de controle para inspeção e troca dos componentes, baseando-se no volume de desgaste aceitável tendo como premissa 15% da medida nova, já o tempo de vida útil é pré-definido em 90 dias operados.



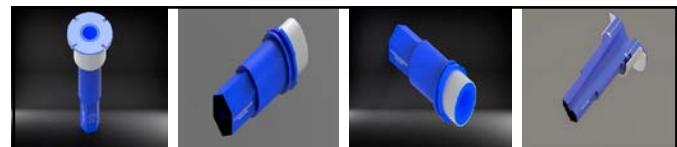
Por meio desses valores a empresa consegue se adequar para realização de inspeções conforme as datas de manutenções preventivas programadas, que habitualmente ocorrem de 15 em 15 dias, sendo possível a inspeção de uma bateria de hidrociclos por preventiva. No

método tradicional, após a programação das inspeções, são retirados os componentes e realizadas as inspeções em cada sobressalente.

Conforme o histórico de desgastes da planilha, são necessários para as inspeções dois colaboradores, sendo um deles com liberação para realização de manutenções com ferramentas (denominado operador mantenedor) e o outro para apoia-lo na retirada das peças. Após a retirada do componente, o colaborador deverá realizar a medição com o paquímetro digital e, se encontrado desgaste superior a 15%, deverá ser solicitado ao operador mantenedor que apoie o porta apex no suporte e realize a troca do componente.

Nesse método, o tempo médio de inspeção seria em torno de 20 a 25 minutos por ciclone. Se necessário realizar a troca do componente, o tempo médio é elevado para entre 25 e 30 minutos. Com a necessidade de aumento de desempenho da etapa de deslamagem, atrelada ao alto tempo de inspeção dos componentes de hidrociclos, tornou-se necessária a realização de estudos para aumento da performance do componente e redução do tempo de inspeções.

Para isso, segundo a Usiminas, foi criado um componente, até então inédito no mercado, que eliminasse a necessidade do porta apex, utilizando somente o apex com encaixe para fixação do componente, eliminando a necessidade de retirada e retorno de parafusos de fixação, mantendo a vida útil igual ou superior dos componentes fornecidos.



Foi então desenvolvido o sistema de rosca angular, levando em consideração o sentido do fluxo da polpa no ciclone (rotacional em sentido horário), de forma a não se desprender em trepidações ou paradas e retornos de operações, que são situações rotineiras nesse equipamento. No sistema de saída foi desenvolvido um instrumento hexagonal para encaixe de chave sextavada para retirada do componente.

Com a inovação, o tempo médio gasto nas inspeções para retirada, inspeção e recolocação do novo componente totalizou 1min 06s para a realização total da atividade, uma redução de 2.273% se comparado aos 25min no modelo tradicional para a execução da atividade.

Em componentes, eram necessários para a operação nessa etapa do hidrociclone o apex convencional, o porta apex e a saia de salpico, todos eles substituídos pelo novo componente. Com isso, houve uma redução de custo de sobressalentes anual em percentual por hidrociclo de 46,20%, gerando um impacto positivo no processo, tornando-o mais sustentável, segundo a Usiminas. Esse conceito inovador foi desenvolvido em conjunto com a Haver & Boecker.

**AUTORES:** Samuel W. de Souza - Técnico em processo mineral da Usiminas, Claudia M. dos Santos - Técnica em aplicação e vendas da Haver & Boecker e Marcelo Nilo Rodrigues - Engenheiro de desenvolvimentos da Haver & Boecker

# Rotinas otimizam coeficiente de variação dos produtos naturais tratados na mina Pau Branco

A equipe da Vallourec desenvolveu ações na Mina Pau Branco, em Nova Lima, Região Metropolitana de Belo Horizonte, em 2023 para diminuir a variabilidade do processo de controle de qualidade dos produtos naturais (produtos que passam somente pelo processo de classificação), NPO (maior que 19 mm), Hematitinha (menor que 19 mm e maior que 8 mm) e Sinter Feed (menor que 8 mm e maior que 1 mm).

Os resultados obtidos foram o maior aproveitamento de itabiritos pobres, assim como de aterros antigos, para a alimentação (ROM) das plantas de beneficiamento, reduzindo assim a remoção e disposição destes, que proporcionaram ganhos em diversos aspectos, como: redução da variabilidade dos produtos naturais, maior aproveitamento dos itabiritos que possuem maiores oscilações de teor e ganhos financeiros através da alimentação na planta sem impactos negativos na qualidade dos produtos.

A redução de teores de ferro no ROM do Quadrilátero Ferrífero ocorreu de forma gradual durante as últimas décadas e a sustentabilidade entrou como um dos principais temas na mineração atual. O uso consciente dos recursos naturais e a necessidade de fazer produtos que competem diretamente no mercado cada vez mais competitivo requer um controle de qualidade do minério cada vez mais apurado, de modo a evitar perdas dos recursos minerais e maximizar receitas das empresas.

A mina Pau Branco não possui métodos de homogeneização do minério e não possui amostradores automáticos de ROM, o que dificulta o controle das variações de teores na alimentação das plantas. O modelo de

bloco não é dividido por faixas granulométricas iguais aos dos produtos naturais, o que dificulta a assertividade da qualidade. Dentro deste cenário, as equipes da Gerência de Planejamento de Mina da Vallourec Mineração, Geologia, Controle de Qualidade e Laboratório, desenvolveram trabalhos e ações para mitigar as oscilações das qualidades dos produtos naturais.

Estas ações basearam-se principalmente na implementação da rotina de programações das amostras do turno, começando a considerar e unir a qualidade do modelo de blocos acima de 1mm (produtos naturais), na inserção de ferramentas de estatística descritiva e controle de qualidade, como resultados dos produtos de NPO parcial antes do fechamento do turno, possibilitando mudanças nas frentes de lavra de forma mais dinâmica e assertiva para obter os teores programados, além de maior amostragem das frentes que irão compor o blend para a planta ITM01.

No início de 2023 foi proposto para a equipe do controle de qualidade de mina a mudança da rotina, anteriormente baseada somente na prática operacional e avaliação constante das regiões já em operação de lavra, para uma rotina que integre melhor a prática operacional com o modelo geológico e planejamento de curto prazo. Nesta, foi estabelecido que todos os técnicos de mina programassem as amostras de qualidade do turno previamente à alimentação da planta e à formação das alíquotas para o laboratório dos amostradores de produto. Um dos principais fatores que proporcionou o começo desse processo foi a criação da planilha de acompanhamento de amostras/turno, onde

Reprodução Google



cada funcionário realiza simulações de alimentação da planta de acordo com as frentes de lavra disponíveis naquele turno e suas respectivas qualidades, conforme o modelo de blocos de curto prazo. As programações são realizadas de acordo com os fechamentos médios dos planos de lavra semanal e mensal, além da análise dos turnos anteriores.

Todas as programações são salvas em um diário de bordo do controle de qualidade automaticamente, formando um banco de dados robusto. Todas essas informações são compiladas em dashboards que são apresentados turno a turno para os gerentes. Desse modo, o acompanhamento do cumprimento das programações de massas e qualidade com o que está sendo realizado ficou mais intuitivo (programa x amostra).

Em função da maior variância do NPO, reflexo das características geológicas dos itabiritos da mina, não é incomum atingirmos as metas de qualidades no produto Hematitinha e Sinter, porém ficarmos fora da qualidade no produto NPO, em termos de sílica principalmente. Nesse sentido, foi criada uma rotina de amostragem em campo, por turno, no principal minério pobre que compõe a alimentação da planta. A amostragem é realizada no fim do turno, para o técnico que iniciará o próximo turno já saiba como é o comportamento químico do minério pobre que ele irá alimentar na fração NPO. Essa amostra se tornou muito importante para o controle de variação da qualidade dos turnos.

Os resultados e comparações foram dados através do banco de dados dos produtos referentes aos anos de 2022 e 2023 e uma análise da variabilidade do principal elemento dos produtos (%Fe). Para a avaliação desse trabalho foi utilizado o coeficiente de variação com intuito de mostrar a dispersão da média relativa dos resultados dos produtos. Em termos simples, o coeficiente de variação é calculado dividindo o



Figura 3: Gráfico das oscilações diárias das amostras dos produtos - %Fe



e análices prévias do NPO, ocorreu uma maior constância das amostras, ou seja, o gráfico tende a normalizar. Além disso, o coeficiente de variação diminuiu, ou seja, a variação relativa dos produtos no sistema abaiou, permitindo melhores condições para venda em termos comerciais.

Os trabalhos desenvolvidos na Mina Pau Branco visando à diminuição da variabilidade na qualidade dos produtos naturais (NPO, Hematitinha e Sinter Feed), integraram informações dos setores de planejamento de mina, geologia de curto prazo, controle de qualidade e laboratório de análises físicas e químicas, implementando a estes novas rotinas para minimizar as oscilações de teores do ROM alimentado na ITM1, além da inserção de ferramentas estatísticas, que resultaram em queda na variação média do %Fe e %SiO2 nos produtos, sendo esta queda avaliada de 2022 para 2023 em aproximadamente 11% na variação de ferro e 15% na de sílica.

**AUTORES:** Bruno Macedo de Souza Brandão, engenheiro sênior na Vallourec Mineração., Letícia dos Santos Barbosa, geóloga I na Vallourec Mineração, Marcos Vinicius Monteiro de Carvalho, área manager na Vallourec mineração e Crespo Ferreira Silva, coordenador de laboratório

## Vazante eleva recuperação de teor de Ag no concentrado

O processo de beneficiamento mineral da usina da Nexa em Vazante inclui as etapas de britagem, moagem, flotação de sulfetos, flotação de silicatos, espessamento, filtragem de concentrados e filtragem e empilhamento de rejeito. A etapa de flotação de sulfetos contempla a produção de um subproduto da usina, um concentrado de teor médio de 25 % de chumbo e 3000 g/t de prata. Apesar de menor teor no concentrado, a prata corresponde a aproximadamente 80% do faturamento médio da venda desse concentrado. Devido à grande relevância financeira, o aumento da recuperação de prata foi o principal objetivo do trabalho.

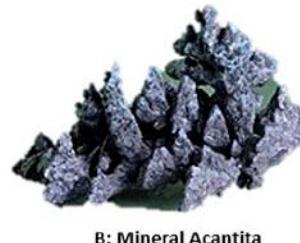
Após a realização de testes de flotação em laboratório, foi feita a escolha do reagente de melhor desempenho (ditiofosfato de sódio isobutilílico), da concentração ideal (10 g/L) e da melhor etapa para dosagem (alimentação da etapa cleaner). A realização de dosagem

em escala industrial evidenciou um aumento do teor médio de prata no concentrado em 18,5%, saindo de 2804 g/t para 3324 g/t. Em função disso e do aumento de massa de concentrado produzida, houve um aumento de 2,68% na recuperação de prata. O aumento de teor de prata no concentrado propiciou uma melhora na precificação do subproduto e redução da taxa de treatment cost (TC), o que gerou um ganho de abril a dezembro de 2023 da ordem de 16,07 MR\$.

Caracterizações mineralógicas realizadas demonstraram que existem dois principais minerais de prata no depósito mineral de Vazante: a jalpaíta, de fórmula química  $Ag_3CuS_2$ , e a acantita, de fórmula  $Ag_2S$ . Antes da implementação do trabalho, no ano de 2023, os reagentes utilizados na etapa de flotação de sulfetos eram o sulfeto de sódio, modulador de pH; o metil isobutilcarbinol, com a função de espumante, e o amil xantato de



A: Mineral Jalpaíta



B: Mineral Acantita



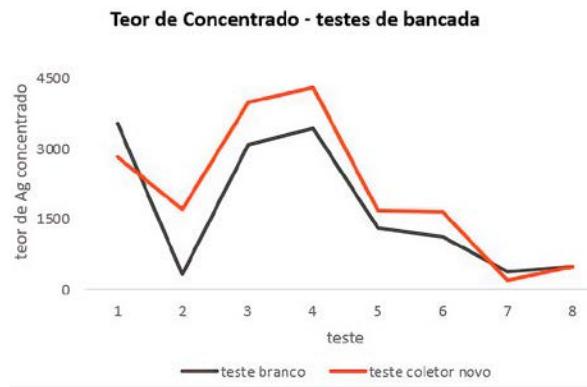
potássio, coletor aniônico sulfidrílico comumente utilizado na flotação de minerais sulfetados e metais nativos.

Após realizar a análise de composição mineralógica da alimentação da usina de beneficiamento de Vazante e pesquisa bibliográfica acerca da recuperação de minerais de prata sulfetados, concluiu-se que um potencial grupo de reagentes a ser empregado seriam os ditiofosfatos. Os ditiofosfatos são ésteres secundários do ácido ditiofosfórico com menor poder de coleta se comparados aos xantatos e muitas vezes são usados em misturas com xantatos.

A bibliografia aponta que melhores recuperações e teores de prata em concentrados sulfetados foram obtidas aplicando a combinação de coletores amil xantato e dialquil ditiofosfato de potássio. Após a avaliação de alguns tipos desses reagentes em testes de bancada, optou-se por seguir os testes com o ditiofosfato de sódio isobutilílico, por ter apresentado os melhores resultados em testes exploratórios.

A etapa de flotação de sulfetos é alimentada com teores de chumbo e prata em torno de 0,3% e 20 g/t, respectivamente. Em seguida, ocorrem de forma sequencial as etapas rougher, cleaner e recleaner de flotação, e por isso, após a seleção do reagente que obteve melhor desempenho nos testes em bancada (ditiofosfato de sódio isobutilílico), e de sua concentração ideal (10 g/L) foram realizados testes exploratórios com dosagem do ditiofosfato em cada uma das condições, que apontaram que a dosagem do reagente na alimentação da etapa de concentração cleaner propiciava os melhores resultados de recuperação e teores de prata no concentrado.

Após as definições do reagente de melhor desempenho, concentração ideal e melhor etapa para dosagem, foram realizados 16 testes com diferentes blends de minério de diferentes teores de prata para avaliar a confirmação dos resultados obtidos em relação à melhoria de desempenho com utilização do reagente. Em 8 dos testes não foi dosado o reagente de teste (branco), e em 8 dos testes com o mesmo blend foi feita a dosagem de 10g/t do reagente. Em média, a recuperação dos 8 testes realizados dosando o ditiofosfato foi 4,38% superior aos testes brancos. Além disso, observou-se que em 6 dos 8 testes o teor de concentrado obtido foi superior ao teste branco.



Após o compilado e análise dos resultados de bancada decidiu-se realizar um teste industrial implementando o novo reagente com concentração e dosagem definidos em teste de bancada. O gerenciamento de mudança foi realizado em conjunto pelas áreas de beneficiamento, processos, manutenção, SSO e meio ambiente, e todas as avaliações e adequações necessárias foram feitas.

Avaliando os resultados obtidos, é possível perceber que o teor de prata na alimentação se manteve estável entre os períodos antes/depois, sendo assim, elimina-se a interferência dessa variável na avaliação dos resultados do teste. Em relação ao teor de concentrado, observa-se um ganho médio de 18,5%, saindo de 2804 g/t para 3324 g/t. Em função disso e do aumento de 10% da massa de concentrado produzida, houve um aumento de 2,68% na recuperação de prata. O aumento de teor de prata no concentrado propiciou uma melhora na especificação do subproduto e também redução da taxa de treatment cost (TC), o que gerou um ganho de abril a dezembro de 2023 da ordem de 16,07 MR\$.

O desafio apresentado no ano de 2023 em função da queda na LME do zinco trouxe para toda a Nexa a necessidade de realização de projetos para redução de custos e aumento de receita. Diversos novos reagentes foram testados e mais de 30 testes realizados somente com o ditiofosfato de sódio isobutilílico para ajuste da dosagem, concentração e definição do melhor ponto para dosagem do reagente. A assertividade no planejamento dos testes em bancada, quantidade de cenários avaliados e o cuidado no planejamento do teste industrial, contemplando todos os riscos de processo, saúde, segurança e meio ambiente possibilitaram a realização de um teste industrial que obteve excelentes resultados e um enorme ganho para a Nexa e a unidade de Vazante em 2023.

**AUTORES:** Bruna Silveira - engenheira de Processos na Nexa Resources, Unidade Vazante, Lemyr Martins - gerente de processos nas unidades de Vazante e Morro Agudo em Minas Gerais na Nexa Resources, Warlei Rodrigues - engenheiro de processos na unidade de Vazante da Nexa, Arthur Garcia - engenheiro de beneficiamento mineral na unidade de Moro Agudo da Nexa e Iuri Cordeiro - engenheiro de beneficiamento mineral na unidade de Vazante da Nexa.

## Uso de matérias-primas secundárias na produção de grãos eletrofundidos para indústria refratária

A RHI Magnesita é uma das maiores fabricantes globais de produtos refratários para a indústria, que têm nos grãos eletrofundidos a matéria-prima de extrema relevância - uma vez que conferem a eles propriedades fundamentais para essas aplicações. Atualmente, devido às dificuldades impostas pela alta dependência de matérias-primas externas, diversas empresas do setor estão adotando medidas para o desenvolvimento de fontes locais para a produção de tais materiais.

Para a RHI Magnesita Brasil, esse movimento resultou no au-

mento da produção de magnésia eletrofundida (FM) e espinélio magnesiano (Spinel) na planta de eletrofusão localizada em Contagem (MG).

O processo de eletrofusão demanda grande quantidade de energia e apresenta alta pegada de carbono, associada, principalmente, às matérias-primas utilizadas. A equipe da RHI Magnesita avaliou soluções locais e sustentáveis para a produção de magnésia eletrofundida e espinélio magnesiano, utilizando-se matérias primas secundárias na composição. Os resultados se mostraram

promissores, com os materiais desenvolvidos apresentando propriedades físico-químicas compatíveis com as dos grãos eletrofundidos tradicionais. Além disso, o processo proposto apresentou vantagens em relação ao potencial para redução na pegada de carbono e de volumes de materiais a serem descartados.

Com o novo processo desenvolvido, aproximadamente 3,6 mil toneladas de carbono deixam de ser emitidas anualmente, e 1,7 mil toneladas de material tem a disposição em aterro evitada. Por fim, o recurso mineral utilizado nesta produção pode ser substituído, ajudando a estender a disponibilidade para outras aplicações ou o tempo de aproveitamento do depósito.

A China se destaca como o maior produtor global de matérias-primas para a indústria refratária e um dos maiores consumidores desses materiais para a indústria doméstica. Em relação aos grãos eletrofundidos, em 2021, o país era responsável por cerca de 90% da produção mundial de magnésia eletrofundida e 60% da alumina eletrofundida - cerca de 55% foram destinados ao mercado externo. A forte dependência do mercado chinês que tem causado impacto indesejado na indústria refratária, com fornecimento destes minerais sujeito a constantes flutuações de volume, preços e qualidade.

Os processos de produção de grãos eletrofundidos têm uma pegada de carbono relativamente alta, a qual está relacionada principalmente à extração e processamento das matérias-primas alimentadas nos fornos de arco elétrico e em menor proporção ao consumo extensivo de energia elétrica para a própria eletrofusão (principalmente porque a matriz energética brasileira é predominantemente verde).

Foi desenvolvido um estudo com o objetivo de se avaliar o impacto da utilização de refratários reciclados, minerais reprocessados e subprodutos de outras indústrias como matéria-prima para



fabricação de grãos refratários eletrofundidos. O trabalho foi, inicialmente, focado na incorporação de matérias-primas secundárias aluminosas em substituição à alumina calcinada para a produção de espinélio e de reciclados de refratários básicos e minerais reprocessados no lugar do sínter magnesiano para a obtenção da magnésia eletrofundida.

Os testes iniciais foram realizados no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da RHI Magnesita localizado em Contagem em um forno piloto de eletrofusão a arco. Posteriormente, para os sistemas mais promissores, foram realizados testes industriais na planta de eletrofusão da empresa, na mesma cidade.

Os grãos eletrofundidos produzidos com as matérias-primas secundárias foram avaliados de acordo com as propriedades físicas e químicas. Quando os resultados foram comparados com os

obtidos para os materiais de referência (produzidos a partir das matérias-primas virgens), observou-se que os parâmetros de densidade, a porosidade, o tamanho de cristal e a composição química mantiveram-se dentro das especificações, indicando que, nas proporções adicionadas, os minerais circulares não afetam a qualidade dos grãos eletrofundidos.

Produto	Redução potencial no <u>footprint</u> de carbono para as composições avaliadas no estudo (t CO <sub>2</sub> /ano)	Redução potencial no volume de material para disposição para as composições avaliadas no estudo (t/ano)
Magnésia eletrofundida	2.600	1.100
Espinélio magnesiano	1.000	600

Havia, também, uma dúvida sobre como os elementos diversos presentes nos reciclados poderiam afetar a estabilidade do banho no processo de eletrofusão. Nenhuma alteração significativa foi observada. De acordo com a equipe, há uma tendência de algumas dessas impurezas se volatilizarem durante o processo, enquanto outras tendem a se concentrar na casca do bloco eletrofundido.

Para as composições estudadas, foi avaliada a redução potencial da pegada de carbono pela substituição das matérias-primas virgens pelos minerais reproveitados, bem como a redução estimada no volume de material a ser disposto em aterros devido a seu reproveitamento. A equipe avaliou que existe potencial para incremento nesses valores à medida que maiores quantidades de matérias-primas secundárias possam ser incorporadas à produção de grãos eletrofundidos - tais estudos ainda se encontram em fase de desenvolvimento.

**AUTORES:** Tamara Mariana Guilherme Ribeiro, raw material & minerals technology expert; Gustavo Geraldo Rezende Nogueira, raw material & minerals technology expert; Aziz Munayer Netto, process refractories professional; Breno Almeida Moraes, electrofusion professional; Fernanda Teixeira Silveira, head of South America end-to-end recycling; Gustavo Oliveira Mendonça, South America end-to-end recycling professional e Matheus Naves Moraes, head of raw material & minerals technology



## Sossego optimiza eficiência da moagem SAG

A Vale desenvolveu estudo focado na otimização da eficiência de moagem em um moinho SAG. Por meio de simulações no Molycop Tools, para diferentes cenários de troca de revestimento e velocidade de rotação, foi possível identificar que a condição ideal de revestimento, combinada com a velocidade de rotação máxima padrão, proporciona uma ótima trajetória dos corpos moedores dentro do moinho.

Esse trabalho foi realizado na usina de beneficiamento do Sossego, localizada em Canaã dos Carajás (PA). A usina de beneficiamento possui estágio único de britagem primária e um circuito SABC, composto de moinho SAG, britador de pebbles e moinhos de bolas, que reduzem o tamanho da partícula, liberando o mineral de interesse (calcopirita, principalmente) para a concentração nas etapas subsequentes.

Uma das etapas mais importantes do processo de cominuição da mina do Sossego é a moagem SAG, por possuir o maior grau de redução entre as demais etapas de fragmentação da usina e determinar a taxa horária do circuito de moagem. A fragmentação das partículas dentro do moinho ocorre devido à transferência de energia do equipamento para a carga moedora (bolas) e, subsequentemente, desta para as partículas. O grau de enchimento de bolas, a velocidade de rotação do equipamento e a geometria do revestimento são as principais variáveis que influenciam a dinâmica da carga do moinho, determinando a intensidade e a frequência do contato entre bola e partícula.

O moinho SAG da usina do Sossego (modelo Metso 38x23) possui taxa de alimentação da ordem de 1.841 t/h e a sua descarga é realizada por grelhas de 3" e 3 1/2". A velocidade de rotação do moinho é de até 81% da velocidade crítica (12,42 rpm). Já o cilindro é revestido por 60 placas altas e 60 placas baixas, distribuídas igualmente em dois anéis.

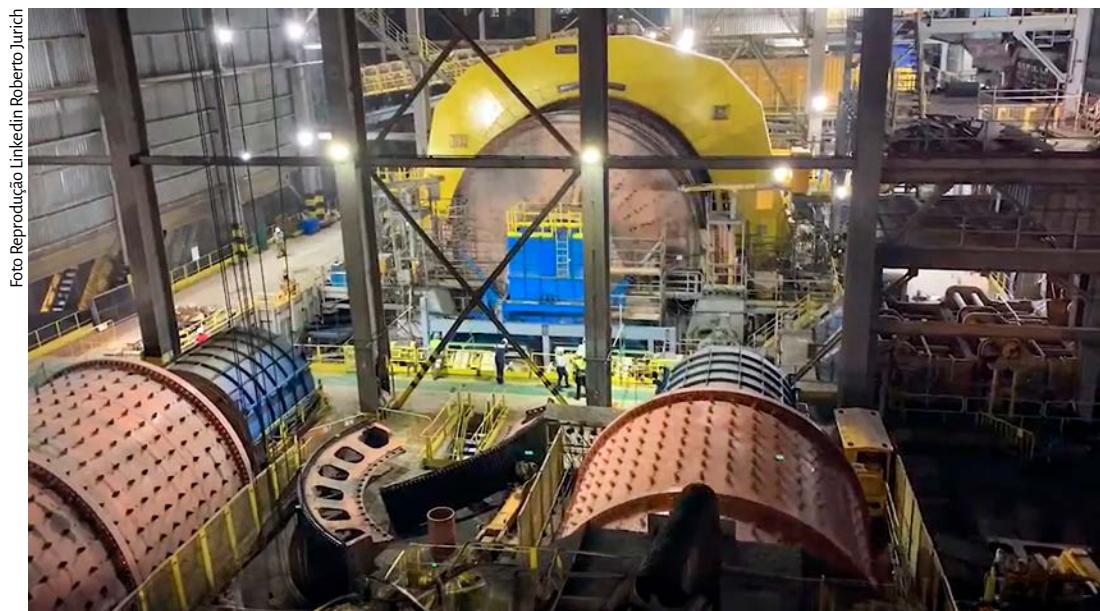
De acordo com os autores, a otimização da velocidade de rotação do moinho SAG mostrou-se uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência de moagem, aumentar a produção da usina e potencialmente aumentar os lucros da operação. Esses resultados reforçam a importância da análise e ajuste de parâmetros operacionais em plantas de beneficiamento, visando aprimorar o desempenho e a rentabilidade das operações.

O estudo aborda um desvio na estratégia de troca de revestimento do cilindro do moinho, que reduziu a amplitude entre placas e impactou na eficiência de moagem. Uma das principais variáveis estudadas foi a velocidade de rotação do moinho, que se mostrou

promissora na otimização da fragmentação durante as simulações realizadas no Molycop Tools.

Conforme os técnicos da Vale, o estudo contribuiu para o aumento de produtividade da usina e redução do consumo específico de energia após a implementação dos resultados obtidos pelas simulações realizadas. O ganho se deu a partir da aplicação do estudo de ponto ótimo da trajetória da carga moedora para compensar a baixa eficiência de levantamento da carga, causado pela antecipação de troca de revestimento do moinho SAG.

Ao considerar a condição atual de menor amplitude entre placas altas e baixas devido a uma troca prematura de revestimento, a rotação máxima padrão não proporcionou uma trajetória eficiente, resultando em uma moagem por impacto reduzida e favorecendo a moagem por atrito. A partir das simulações do Cenário 3, em que foi realizado um aumento controlado da rotação do moinho SAG, até 80% da velocidade crítica, observou-se uma trajetória otimizada dos corpos moedores. Isso resultou em um aumento significativo na energia de impacto, proporcionando uma melhoria de 9,8% na eficiência energética de moagem em comparação com a condição anterior.



Os testes industriais realizados com o aumento da rotação do moinho para até 10,1 rpm confirmaram os resultados das simulações, não apresentando ruídos característicos de bolas projetadas contra o revestimento do moinho. Além disso, foi observado um aumento médio de 28 t/h na taxa de alimentação da usina, resultando em um aumento estimado de lucro de aproximadamente R\$ 314 mil durante o período de estudo (137 horas no mês de novembro).

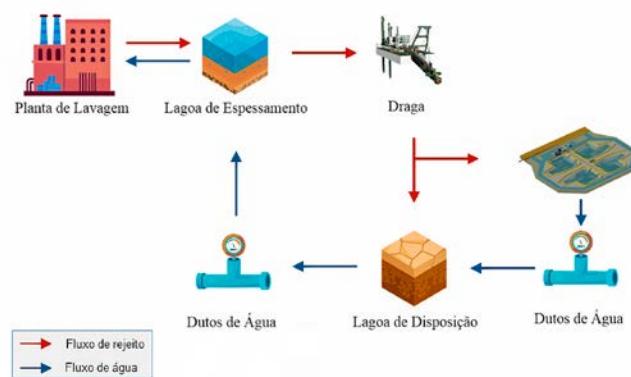
**AUTORES:** Carolina Formentini Araújo Souza - Coordenação de Operação da usina da Vale, George Guimarães Aragão - Coordenação de Processo da usina da Vale, Deivison Carlos Souza da Silva - Coordenação de Processo da usina da Vale, Geovan Olavo Damásio de Oliveira - Coordenação de Operação da usina da Vale, Marlon Gonçalves de Souza - Coordenação de Processo da usina da Vale e Enoque Gomes de Faria - Supervisão de usina tratamento da Vale

Foto Reprodução LinkedIn Roberto Jurich

## Como melhorar o ciclo de secagem de rejeitos de bauxita

Projeto desenvolvido pelos técnicos da Alcoa visa determinar o melhor ciclo de secagem e remoção de rejeitos desaguados de bauxita. O estudo apresentado foi implantado em uma mina de bauxita na região Norte, onde é aplicado o método de lavra em tiras.

Uma das vantagens do método de lavra em tiras é permitir o armazenamento de rejeitos de mineração em fundo de cava de mina, podendo reduzir o footprint do projeto de mineração, visto que a disposição de rejeitos úmidos necessita de instalações que ocupam grandes áreas. Assim, a técnica de disposição de rejeitos de mineração em cavas é vista como uma alternativa positiva do ponto de vista socioambiental.



A disposição em cavas envolve o lançamento de rejeitos no interior de tiras exauridas após a remoção do minério, havendo em seguida a movimentação de material estéril sobre o rejeito desaguado disposto no fundo da tira. Esse método, conhecido como Tailings Dry Backfill, elimina a necessidade de construir novas barragens e permite que os rejeitos da mineração de bauxita sejam reintegrados às tiras exauridas anteriormente ao processo de reabilitação ambiental, ao invés de serem depositados em locais permanentes separados de armazenamento.



O projeto consiste na disposição de rejeito em polpa em células de secagem, para permitir o desaguamento natural, havendo posterior remoção com o auxílio de escavadeiras e transporte para áreas de mina exauridas com uso de caminhões basculantes. O objetivo é determinar o melhor ciclo de secagem e remoção de rejeitos e obter dados para modelar uma equação que represente a curva de secagem do rejeito.

Segundo os técnicos, a determinação desse ciclo ótimo de secagem é feita por meio da (i) avaliação da eficiência de secagem considerando a disposição em camadas de 3 m e 0,6 m; (ii) da elaboração de uma equação que represente a curva de secagem e (iii) da

avaliação da porcentagem de sólidos mínima que torna praticável a etapa de remoção e transporte.

No processo de disposição, o rejeito proveniente da usina de beneficiamento é transportado por meio de dutos e direcionado pela ação da gravidade para a lagoa de espessamento com percentual de sólidos médio de 7%. Essa lagoa opera como um grande espessador natural, em que ocorre a sedimentação parcial do rejeito separando os sólidos da fração líquida.

Após o tempo de retenção apropriado, o rejeito é dragado, por meio de dragas de sucção e recalque, para as lagoas de disposição, local de descarte final dos rejeitos. Toda a água liberada a partir da sedimentação e adensamento nas lagoas é reaproveitada no processo de beneficiamento da bauxita, trazendo sustentabilidade para a operação.

Para a disposição de rejeito nas células teste foi realizado a instalação de um by-pass na linha de rejeito, havendo assim a possibilidade de direcionar o fluxo para a planta piloto do projeto Tailings Dry Backfill.

Considerando a curva de secagem das células teste, verificou-se maior eficiência no método de disposição do rejeito com camada de 0,6 m, visto que foi obtido maior porcentagem de sólidos em menos tempo. Foi possível modelar a equação da curva de secagem, sendo obtidas as equações representativas para ambos os métodos de disposição. Os testes realizados no estudo foram conduzidos no período de seca da região, sendo assim representativos para esta estação do ano.

Em termos comparativos, para 30 dias de ciclo, lançamentos em camadas de 3 m podem alcançar um valor de 34% de porcentagem de sólidos enquanto lançamento em camadas fixas de 0,6 m podem alcançar 55%. Em se tratando de condição para remoção do rejeito, é verificado que porcentagem de sólidos abaixo de 55% traz nuances operacionais, o que em escala industrial poderia inviabilizar a operação de transporte de rejeito. Dessa forma, conclui-se que, para as condições físicas e geotécnicas do rejeito estudado, a porcentagem de sólidos mínima para



remoção e transporte, ponderando a otimização do ciclo de secagem, é de 55%.

**AUTORES:** Leonardo Sobral de Oliveira - Engenheiro de Processos da Alcoa World Alumina, Feliph de Sousa Rocha - Engenheiro de Processos Jr da Alcoa World Alumina, Karolyne Ernesto Neimaier da Silva - Engenheira de Minas da Lyon Engenharia Comercial, Girimias Moura - Supervisor de Processo e Produção da Alcoa World Alumina e Heloísa Ruggeri - Gerente de Desenvolvimento no Centro de Excelência de Mineração da Alcoa World Alumina

# Preparo automatizado de floculante melhora espessamento e filtragem

A mineradora brasileira Itaminas, especializada na extração de minério de ferro e localizada em Sarzedo (MG), realizou estudo de otimização no sistema de preparo de floculante e espessamento de rejeitos. A solução encontrada incluiu a automatização do sistema de

preparo de floculante e a redução do seu consumo, bem como maior recuperação de água, aumento da capacidade de espessamento e da capacidade de filtragem, além da redução de riscos ergonômicos e ganhos com segurança.



De acordo com a empresa, o trabalho realizado obteve resultados com extensas vantagens ecológicas, sociais e econômicas. O resíduo gerado após a produção de Sínter Feed concentrado, Sínter Feed Silicoso, Hematita e Pellet Feed é chamado rejeito e o descarte seguro desses materiais é um dos maiores desafios ambientais da indústria de mineração.

Lidar com os resíduos da produção é um desafio para as mineradoras. Armazenar a lama mineral frequentemente tóxica em grandes lagoas protegidas por barragens é uma solução com riscos potenciais. Barragens que romperam no Brasil e na Hungria já causaram enormes desastres no passado. Sendo assim, a disposição de rejeitos a seco cresce continuamente na indústria, evitando os riscos oriundos da barragem.

Para tanto, a Itaminas se concentrou na implementação de um sistema de filtração sob medida, seguido pelo armazenamento seguro de rejeitos secos. Ela usa filtros prensa especiais equipados com um sistema de controle automatizado. Alinhado a essas necessidades, a etapa de espessamento e



automatização do sistema de preparo de floculante se torna crucial para uma eficiente performance no processo de filtragem e na recuperação de água.

No projeto, realizou-se a automatização de todo o sistema de preparo e aplicação de floculante nos espessadores. Segundo a empresa, a estação de preparo de floculante conta com uma estrutura que atende todos os pré-requisitos para a etapa de preparação. Os dois complexos de preparação de floculante contém sete tanques de preparo (sendo três no complexo I e quatro no complexo II), totalmente automatizados e com tempo de abertura de cadeia polimérica conforme especificação de preparo de floculante.

O sistema de dosagem conta com uma estrutura composta por dois tanques pulmões de solução de floculante e um conjunto 12 bombas dosadoras (sendo seis em cada complexo de preparação). Já o controle de todo o sistema inicia-se na etapa de preparo, na qual o operador tem a primeira função, que é o abastecimento do silo de floculante.

Após o abastecimento, todas as etapas são totalmente automatizadas, com sensores nível no silo, sensor de nível nos tanques de preparo, controle de vazão das bombas de água, controle de velocidade da rosca dosadora de acordo com a programação desejada e controle da abertura e fechamento das válvulas pneumáticas. Toda a etapa de preparação é monitorada via supervisória em uma sala de controle operacional.

Com a automatização, são controlados o consumo de floculante,



a densidade da polpa de alimentação do espessador, a densidade de underflow do espessador, a turbidez da água clarificada do espessador (overflow), o tempo de ciclo da filtragem e a taxa de filtragem.

Após a implementação do trabalho de automatização de preparo de floculante e monitoramento do sistema de espessamento, conseguiu-se obter resultados em diversos aspectos: operacionais, de processo, sustentabilidade e segurança. Assim, houve diminuição do consumo específico de floculante, redução de paradas de produção, aumento da capacidade de espessamento, da elevação da densidade de underflow e da capacidade de filtragem e ganhos de segurança.

**AUTORES:** Jonathan Izidro - Gerente da filtragem da Itaminas, Antonio Faustino dos Santos Junior - Supervisor de Espessamento da Itaminas, Douglas Fortunado Diniz - Líder de Filtração da Itaminas e Leandro Romão Ribeiro - Supervisor de Produção da Itaminas

# Otimização do transporte de rejeito *underflow* para construção de barragem

A equipe da Lundin Mining trabalhou em um projeto para otimizar o transporte do rejeito *underflow* para construção do talude de jusante da Barragem de Rejeitos da Mina de Chapada, localizada em Alto Horizonte, no norte de Goiás, e cuja operação consiste na lavra a céu aberto das cavas Norte, Central, Sul, SW, planta de beneficiamento e barragem para disposição de rejeitos. Foi realizada avaliação de opções com uso de caminhão basculante e rampas revestidas com geomembrana de PEAD.

A planta de Chapada foi projetada para processar minério de sulfeto de cobre a uma taxa nominal de 65.000 toneladas por dia (tpd), totalizando 24,0 milhões de toneladas por ano (Mtpa). A Barragem de Rejeitos do Córrego Baco Pari armazena cerca de 340 Mt, e mede em extensão de crista 11,7 km e 50m de altura. A barragem é composta por três barramentos, sendo dois desses (maciço principal e dique 3) alteados por linha de centro com *underflow* compactado construídos e Dique 2, alteado a jusante construído em solo compactado.



No último projeto de alteamento da barragem, o talude de jusante da região central do maciço principal foi suavizado da inclinação 3,5H:1V para 6H:1V, o que gerou o aumento do comprimento do talude de jusante de 160m para 310m. Até o fim de 2025, cerca de 3 x 106 m<sup>3</sup> de *underflow* devem ser compactados, o que representa expressivo desafio operacional.

O rejeito gerado pela planta de beneficiamento é bombeado para a crista da barragem por cerca de 6 km, em uma concentração de sólidos de 35%. Ao longo da crista, são posicionados hidrociclones de 20", responsáveis pela produção de *underflow* e *overflow*. O *underflow* apresenta tipicamente concentração de sólidos de 75%, numa proporção de 45%, limitado a 20% passante na peneira com abertura de 75µm. O *overflow* do ciclone, material mais leve, consequentemente, com granulometria mais fina, é gerado em uma proporção de 55%, sendo disposto a montante do ciclone, no reservatório da barragem.

O *underflow* é, então, espalhado ao longo do talude da barragem, com utilização de trator de esteira, em camadas de 40 cm de espessura. Após espalhamento, espera-se cerca de 24h para perda de umidade, e posterior compactação com rolo compactador. E após a compactação, são realizados testes para verificação do grau de compactação e liberação da camada, caso atingido 98% da densidade seca máxima. A densidade seca foi calculada utilizando cilindro de cravação (NBR9813/2016).

Com objetivo de aumentar progressivamente a segurança da estrutura de disposição de rejeitos e suportar todo material gerado pela planta de beneficiamento, foi incluído no projeto a suavização dos taludes da barragem de 3,5H:1V para 6H:1V. Tal fato proporciona taludes de jusante com maior comprimento (>200m), reduzindo a produção de *underflow* compactado pela frota de equipamentos da barragem. Nesta região da barragem, é necessário compactar cerca de 700.000 m<sup>3</sup> de rejeito. Entende-se que o transporte do *underflow* até o pé da barragem utilizando apenas o trator de esteira reduziria muito a produção de *underflow* compactado. Portanto, foi necessário avaliar outras metodologias executivas.

No intuito de melhorar a produção diária de *underflow* compactado, foram incluídos na frota de equipamentos da barragem, caminhões basculantes, caminhão pipa e motoniveladoras. Desse modo, o *underflow* começou a ser gerado em uma área de estoque, sendo carregado por escavadeira e transportado por caminhões até a área de interesse. Na área de interesse, ainda era necessário realizar o espalhamento em camadas de 40 cm, com trator de esteira, umectação, por caminhão pipa e compactação com rolo compactador. A frota total utilizada neste tipo de construção na barragem foi de 19 equipamentos ao longo de 2023, de junho a agosto. Foram executados cer-

ca de 68.000 m<sup>3</sup> de *underflow* compactado.

Na busca de soluções que pudessem reduzir a quantidade de equipamentos utilizados nesse processo, foi avaliada a disposição de rejeito com o uso de geomembranas de PEAD instalada como revestimento do talude do barramento. O *underflow* foi disposto sob as rampas revestidas com geomembrana com teor de sólidos de 75%. O material foi espalhado por trator de esteira em camadas horizontais de 40 cm e, após 24h, compactados. Os ensaios de controle de compactação realizados comprovaram que o grau de compactação mínimo foi de 98% da densidade máxima obtida no ensaio de compactação Proctor Normal.

As duas opções foram capazes de produzir aterros compactados de *underflow* atendendo o grau de compactação mínimo requerido. Os ensaios de densidade seca demonstram densidades seca muito semelhantes, acima de 1,7 g/cm<sup>3</sup>. A partir desse resultado pode ser observado que o aterro produzido com *underflow* transportado com uso de

geomembrana (Aterro - GM) apresentou densidade seca compatível com o método convencionalmente utilizado em obras de terraplanagem (Aterro - CB). A maior variabilidade dos resultados de densidade seca da obra com uso de caminhão basculante pode ser atribuída ao maior período de operação (junho a agosto). As obras foram acompanhadas pelo Engenheiro de Registro da Barragem, sendo que tecnicamente, ambos os métodos foram aprovados pelo responsável técnico.

O custo da obra que contou com a utilização de caminhão basculante foi calculado considerando as tarifas estabelecidas em contrato de locação de equipamentos com mão de obra. Para a obra que considera a utilização de rampas de geomembrana para transporte do underflow, foram considerados os equipamentos da frota interna, adquiridos e operados pela mineradora para obras na barragem. Em ambas as obras, o gerenciamento é de responsabilidade da mina de Chapada.

A obra de aterro compactado foi executada com utilização de caminhão basculante (transporte estoque até a obra) e teve duração de junho a agosto, sendo compactados cerca de 68.000 m<sup>3</sup> de underflow. O custo médio de underflow compactado dessa obra foi de aproximadamente R\$ 26.

A obra de aterro compactado construído com underflow transportado pela rampa de geomembrana teve duração de 32 dias e volume



final de 16.400 m<sup>3</sup>. O custo médio do metro cúbico deste aterro compactado foi de R\$ 6,2. A utilização de escavadeira hidráulica ocorreu esporadicamente para instalação e manutenção da rampa de geomembrana. O rolo compactador foi considerado em 15 dias, pois a atividade foi compartilhada com outras regiões da barragem onde estavam sendo executadas compactações de underflow no talude.

Estima-se que com a utilização do método de transporte de underflow através de rampas de geomembrana seria possível alcançar um custo evitado de cerca de MR\$ 13,8 até o final de 2025. Esse método seria empregado nas áreas em que seria inviável a utilização de apenas trator de esteira para transportar e espalhar o underflow até o pé do talude com comprimento igual ou maior que 200 m.

**AUTORES:** Henrique Oliveira Alves - engenheiro especialista e responsável técnico (RTFE) pela Barragem da mina de Chapada, Kalynne Marques Cavalcante - analista da barragem da mina de Chapada, Marcus Vinnicius dos Reis - supervisor da barragem da mina de Chapada, Rodrigo Pereira da Silva - técnico da barragem da mina de Chapada, Márcio José Rodrigues - gerente e responsável técnico (RTFE) da barragem, além de gerente de Infraestrutura e Bombeamento da mina de Chapada, Muriell Igor Marques Santos - engenheiro de barragem na mina de Chapada e Darliely Aparecida Sá - engenheira master de barragem na mina de Chapada

Conheça a **Yellow Solutions** um dos fornecedores mais inovadores da Mineração! Veja algumas de nossas soluções:

○ **Yellow Connect** é uma inovação proporcionada pela **Yellow Solutions** para seus clientes. O objetivo deste serviço é estar presente no momento em que nossos clientes **mais precisam, de forma efetiva, sem burocracia**.

Com o atendimento por meio da **Realidade Aumentada** não é necessário a via sacra do call center e muito menos a mobilização de um profissional para atendimento em campo, **poupando tempo e recursos valiosos** de nossos clientes.

### Smartcys

O melhor analisador de **concretação de sólidos** para os processos da planta de mineração! Garanta que sua **campanha de amostragem de densidade** para o Balanço de Massa tenha realmente **dados confiáveis e assertivos**.



### Sonartrac

O Medidor de vazão **não intrusivo** para polpa de minério mais robusto do mercado. A única tecnologia não intrusiva existente para medir **Polpa de Minério**. Aplicada nas **principais e mais difíceis etapas do beneficiamento Mineral** no Brasil.



### Acesse:

[www.yellsolutions.com.br](http://www.yellsolutions.com.br)  
ou fale conosco: +55 19 98205 5251

## Uso da metodologia Kaizen na manutenção de equipamentos de lavra

A CSN Mineração lançou mão da metodologia Kaizen para melhorar a qualidade dos processos de manutenção de equipamentos de médio e grande porte na mina Casa de Pedra. A filosofia Kaizen (em japonês, 'mudança para melhor') está centrada na melhoria das práticas dos processos de trabalho e na busca da melhoria contínua baseada na eliminação sensata de desperdícios, na utilização de soluções de baixo custo que dependem da motivação e criatividade dos colaboradores.

Um dos principais processos encontrados na mineração é a manutenção dos equipamentos de mina, responsáveis por realizar a extração, transporte e carregamento do material (minério), manutenção das vias, praças e estoques da mina e preparação para áreas de desmonte mecânico. A manutenção desses equipamentos evita a degradação causada pelo uso contínuo e desgaste natural, mantendo a disponibilidade física dentro dos parâmetros exigidos pela empresa, possibilitando assim elevar a produtividade pela operação.

Segundo a empresa, a aplicação da metodologia Kaizen na mineração pode ser considerada um processo simples e introdutório para a prática da melhoria contínua. Isso porque é possível trabalhar em todas as áreas da empresa por meio de conceitos básicos como organização, disciplina e redução de desperdícios sem fazer um grande investimento, além de buscar melhorar o desempenho trabalhando com os equipamentos que a empresa já possui e com as ferramentas básicas da gestão da qualidade.

No caso específico da CSN, a filosofia foi implantada nas gerências de manutenção de equipamentos de mina de médio (GMMP) e grande porte (GMGP), com objetivo de aumentar a eficiência do processo por meio da eliminação de desperdícios. A unidade Casa de Pedra possui área de 30 km<sup>2</sup>, compreendendo barragem, usina e mina. Nesta última,



atuam cerca de 600 equipamentos, que são responsáveis pela extração, carregamento e transporte de minério e rejeito, bem como manutenção de vias, praças e áreas de desmonte. Atualmente, há aproximadamente 1.330 colaboradores na área de manutenção de médio e grande porte, focados em garantirem o acompanhamento e entrega com confiabilidade desses bens para a operação.

A aplicação da metodologia Kaizen na mineração trouxe vários ganhos para o setor, segundo a CSN. Foram mapeadas e implantadas diversas melhorias nas categorias de sustentabilidade (saúde, segurança e meio ambiente), produtividade, qualidade e custos. Elas apresentaram resultados extremamente positivos, como redução do tempo de atividade, reaproveitamento de água, melhoria na ergonomia, redução do número de pessoas expostas ao risco, aumento da segurança dos colaboradores, redução de custos validados pela gestão orçamentária, aumento da disponibilidade física dos equipamentos e maior organização das oficinas.

Ainda de acordo com a empresa, "ficou evidente a evolução do programa dentro do setor, uma vez que as pessoas se mostram cada vez mais motivadas e determinadas a realizarem diferentes trabalhos, dos mais simples aos mais robustos, que quando somados trazem resultados gigantescos. Os resultados alcançados comprovam a importância da ferramenta e a compreensão do valor da sua implantação, identificando de forma rápida e decisiva oportunidades para melhorar o desempenho das atividades".

**AUTORES:** Luana Maria Oliveira Mendes - Agente de excelência operacional na Gerência de Manutenção de Equipamentos de Grande Porte da CSN Mineração e Wallace Alexandre Junior da Silva - Agente de excelência operacional na Gerência de Manutenção de Médio Porte da CSN Mineração

## Braço articulável previne incidentes com caixa de tração do minerador contínuo

Na extração de carvão mineral em subsolo, o minerador contínuo é utilizado para o desmonte do minério. O equipamento de grande porte reduz o uso de explosivos e gera mais segurança às minas. Na Unidade de Extração Mina 101, da Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda., localizada no município de Içara (SC), foi desenvolvido um braço articulável para a remoção e inserção do conjunto 'tampa e engrenagem' da caixa de tração do minerador contínuo.

O dispositivo facilitou o manuseio da caixa de tração do minerador contínuo, tornando o processo de remoção e inserção mais eficiente e seguro. O braço articulável garante a realização da tarefa de forma

ergonômica, reduz o risco de lesões ocupacionais e aumenta a produtividade da equipe.

O projeto proporcionou melhorias significativas nas operações de montagem e desmontagem, com impactos positivos na ergonomia dos colaboradores e, por consequência, no atendimento à Norma Regulamentadora 17 (NR 17), que trata sobre a ergonomia no ambiente de trabalho – em especial relacionado ao levantamento de peso. Contribuindo, assim, para a redução de incidentes e o risco de queda das peças, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro e eficaz.

O dispositivo foi desenvolvido levando em consideração as caracte-

rísticas específicas do ambiente de trabalho em subsolo, como espaços reduzidos e condições adversas. Foram considerados também os aspectos de segurança operacional, garantindo o atendimento aos padrões de segurança estabelecidos pela empresa.

## SOBRE O MINERADOR CONTÍNUO

Atualmente, havendo condições geológicas favoráveis, a extração de carvão mineral em subsolo se dá por meio de uma máquina denominada minerador contínuo, controlado por controle remoto, sendo sempre operado por um técnico capacitado e treinado. O equipamento de grande porte reduz o uso de explosivos e gera mais segurança às minas.

O minerador contínuo é responsável por realizar o desmonte do minério por meio de "garras", chamadas de bits. Ao cair sobre o minerador, o carvão é encaminhado por esteira para a parte de trás do equipamento, onde acontece o carregamento do shuttle car. O shuttle car leva o minério extraído até a correia transportadora, que finaliza o processo de extração, levando o carvão para a superfície.

A oportunidade de melhoria identificada no procedimento de remoção e inserção do conjunto tampa e engrenagem da caixa de tração do minerador contínuo, consiste na criação de um dispositivo auxiliar. Antes da implantação eram necessários dois colaboradores para realizar a operação, devido ao peso do conjunto tampa e engrenagem, que chega a 60kg, e à posição baixa da caixa de tração, de aproximadamente 150mm do solo. Posicionamento que gerava grande esforço aos colaboradores, tornando a operação desconfortável e aumentando o risco de lesões.



Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um dispositivo para ser acoplado à máquina. Esse dispositivo conta com um mecanismo de elevação que permite posicionar a caixa de tração em uma altura mais confortável para os colaboradores, reduzindo o esforço necessário para a operação. Além disso, tem um sistema de suporte que mantém a caixa de tração estável durante todo o procedimento, garantindo a segurança dos colaboradores e a integridade da máquina.

A melhoria levou em conta a necessidade de tornar o procedimento

de remoção e inserção da caixa de tração do minerador contínuo mais seguro, eficiente e confortável para os colaboradores envolvidos, além de eliminar o risco de queda do conjunto.

A proposta incluiu a fabricação de um braço articulável que se fixa na tampa (engrenagem e rolamento) e na caixa de tração, garantindo que a peça não tenha contato com o solo.

Durante o desenvolvimento do projeto, identificou-se a necessidade de encontrar uma posição padrão para fixar o braço articulável, que

fosse aplicável a todas as caixas de tração, independentemente do lado (direito ou esquerdo), e que utilizasse o mesmo suporte para todos os mineradores contínuos em operação. Para tanto, foram realizados diversos testes e melhorias nas condições de fixação do braço.

Após a definição de como seria a estrutura, o departamento

interno de projetos, elaborou um esboço em 3D do equipamento. Para a fabricação do braço articulável, foram adotadas medidas para reduzir os custos do projeto, como o uso de materiais reutilizados (pinos fusíveis e olhais, por exemplo).

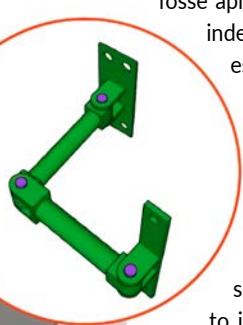
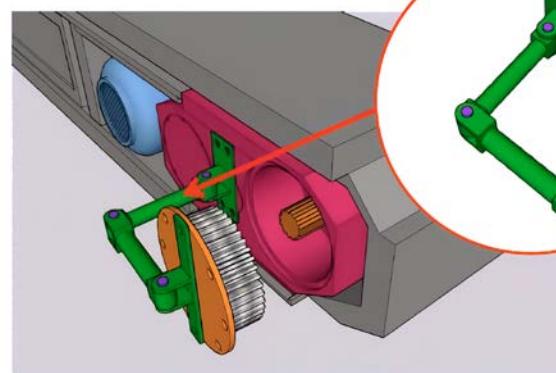
Além disso, para fixar o braço na caixa de tração, foram utilizadas peças de fixação com rosca (batox), que proporcionam uma fixação segura e confiável. O investimento total no projeto foi de R\$ 240,73.

O projeto do braço articulável para remoção e inserção do conjunto tampa e engrenagem da caixa de tração do minerador contínuo resultou em melhorias significativas nas operações de montagem e desmontagem, com impactos positivos tanto em ergonomia quanto no atendimento à NR 17. Além disso, a utilização do braço articulável reduziu consideravelmente o esforço dos colaboradores, contribuindo para a diminuição de incidentes e o risco de queda das peças, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro e ergonômico.

Outra vantagem proporcionada pelo braço articulável foi a padronização do equipamento, que pode ser utilizado em todos os mineradores contínuos em operação, independentemente do lado (direito ou esquerdo). Essa padronização resultou em ampla facilidade de uso e manutenção do dispositivo.

A possibilidade de trabalhar com o equipamento em uma altura mais elevada do chão também foi um resultado positivo da instalação do braço articulável. Essa elevação contribuiu significativamente para a redução da contaminação do solo ao redor da máquina, uma vez que as peças ficam suspensas durante a operação. Além disso, a altura elevada do equipamento permite a redução no consumo de óleo, pois a caixa de tração e outras partes móveis ficam em uma posição mais favorável, exigindo menos lubrificação.

**AUTORES:** Anderson Feltrin Schneider - mecânico de conjunto mecanizado do subsolo, Claidson Cardoso de Oliveira - supervisor de manutenção mecânica e Guilherme do Nascimento Galindro - supervisor de manutenção mecânica



## Ferramenta para aferir desgaste de mandíbulas de britador evita trocas prematuras

A Usiminas desenvolveu estudo cujo objetivo foi viabilizar um sistema de monitoramento constante do desgaste das mandíbulas na britagem primária da instalação de tratamento mineral (ITM) Sambaia, localizada em Itatiaiuçu (MG). O propósito foi criar uma ferramenta de processo que possibilite a aferição regular do desgaste das mandíbulas sem afetar a produtividade, possibilitando monitorar as consequências do elevado grau de abrasividade do Run Of Mine (ROM).

Em uma atividade de mineração, a redução do tamanho das rochas é essencial para o processo de tratamento mineral, seja na liberação física das partículas ou no aumento da superfície de contato, para utilização de reagentes quando necessário. Sendo assim, monitorar o desgaste das mandíbulas é essencial para manter a qualidade da britagem.

Os britadores de mandíbulas são dotados de regulagem que compensam o desgaste dos revestimentos. Assim, à medida que ocorre o desgaste das mandíbulas e aumento da abertura da posição fechada (APF), realiza-se o fechamento do britador para garantir a APF ideal. Vale observar que a mandíbula móvel de um britador de um eixo executa um movimento circular com componentes de velocidade na direção do fechamento e abertura das mandíbulas e componentes de velocidade ao longo do plano das mandíbulas. Isso favorece o aparecimento de forças de atrito entre mandíbula e partículas.

O objetivo do estudo da Usiminas concentrou-se em criar um sistema capaz de monitorar o desgaste, gerando uma curva de desgaste e previsão de fim de vida útil dos revestimentos, uma vez que o histórico de durabilidade das mandíbulas não é constante, variando de 150 a 1.300 horas de alimentação do britador.

De acordo com a empresa, os resultados obtidos comprehendem a redução de custos devido ao maior aproveitamento das mandíbulas, a eliminação de paradas operacionais por desgaste excessivo, associado a maior produtividade do circuito e a criação de uma ferramenta de controle de processo eficiente.

Vale observar que, em 2023, houve mais de 21 horas de paradas operacionais devido ao desgaste excessivo das mandíbulas, gerando uma perda de produtividade superior a 7.400 toneladas. Frente à necessidade de recursos e mão de obra especializada e do elevado

tempo de execução, a substituição dos revestimentos ocorre apenas nas manutenções programadas quinzenais.

O não monitoramento se dava em função da forma de medição existente, que consistia em acessar o fosso de descarga do britador e medir com uma escala, dente por dente da mandíbula, verificando qual foi a redução do tamanho desde a sua instalação. Todo o aparato necessário para realizar a medição do desgaste tornou, segundo a empresa, inviável a execução periódica da atividade, favorecendo o descontrole de processo.

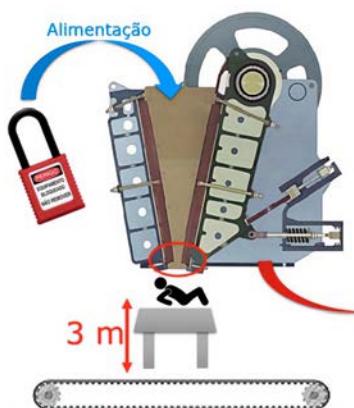
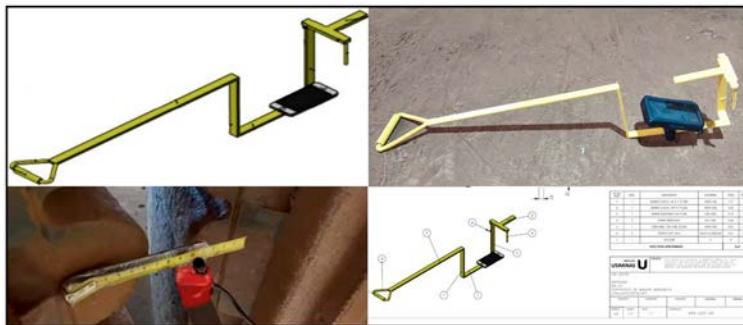
As ocorrências de entupimentos de silos e chutes de transferência, rompimento de telas de peneiramento, rasgo de correias transportadoras e obstrução de câmara de alimentação de britadores cônicos paralisavam as operações, sendo necessária a substituição não programada dos revestimentos.

Como forma de eliminar as ocorrências de paradas por falta de monitoramento do desgaste e elevar a utilização do equipamento foi desenvolvido um dispositivo capaz de realizar as medições sem a necessidade de paralisação prolongada do britador e também do procedimento necessário para acessar o local de risco. Possibilitando, assim, acompanhar o desgaste e monitorar o comportamento dos revestimentos correlacionando com as variáveis operacionais existentes.

O monitoramento trazido pela criação do dispositivo trouxe a possibilidade de manter em operação revestimentos que seriam substituídos precocemente. Tais revestimentos substituídos com menos de 50% de desgaste elevaram o custo com aquisição e mão de obra e recursos necessários para troca. Somente em 2023, duas mandíbulas foram economizadas, uma vez que no momento de sua utilização já havia acompanhamento do novo sistema de controle, o que embasou a decisão de manter a operação devido à confiança nos dados do monitoramento do desgaste.

Para 2024, projeta-se uma redução de custo de 16% com o monitoramento e maior utilização dos recursos. Pelo histórico de 2023, seriam retiradas precocemente 11 mandíbulas neste ano, com mais de 50% de vida útil. O novo sistema aumentou a utilização dos revestimentos durante a sua implementação, o que corresponderá a uma economia de 4,5 mandíbulas em 2024.

**AUTORES:** Lucas Foseca Calixto Mariano – Técnico em Processos e Ramon de Souza Pimenta – Técnico em Processos



# Plano de Preparação Operacional traz mais produtividade a complexo mineral de ouro

Apesar da aplicação de novas tecnologias resultar em avanços na mineração, a gestão e o planejamento em equipe ainda são fundamentais. Exemplo dessa influência é um projeto desenvolvido pela Minadora Aura Almas, em Tocantins, onde um plano multidisciplinar aumentou a produtividade no complexo industrial de extração de ouro.

A Aura Almas consiste em uma planta de beneficiamento de ouro com capacidade aproximada de 50.000 onças por ano, por meio de lixiviação e adsorção. O minério utilizado como matéria-prima é extraído das minas Paiol, Vira Saia e Cata Funda, com projeção de movimentação

em um plano integrado. Esse planejamento passou por várias etapas, incluindo identificação de lacunas, análise de riscos, estratégia de comunicação, definição de responsabilidades e apoio ao comissionamento. Foram estabelecidos indicadores-chave de desempenho para monitorizar o progresso durante a fase de aceleração. Ao mesmo tempo, a equipe foi treinada para garantir a segurança e a qualidade operacional.

O comissionamento foi coordenado com um plano de comunicação entre lideranças, que possibilitou mitigar riscos e pontos críticos, acelerando a tomada de decisões para correção de desvios. Essa abordagem, juntamente com um gerenciamento eficaz do projeto, garantiu a segurança e a integridade do plano.

Esta metodologia, em conformidade com as melhores práticas de gestão de projetos e planejamento integrado, garantiu o sucesso do Plano de Preparação Operacional, avaliado com base em parâmetros como quantidade processada, recuperação metalúrgica e onças recuperadas.

A rápida estabilização da moagem resultou em uma alimentação de minério 17% superior ao projeto de ramp-up. Além disso, a taxa horária de alimentação aumentou 119% entre a semana 1 e a semana 8 de operação. Olhando para a massa total processada, esse aumento foi de aproximadamente 72%.

A partir dos resultados, ficou claro que o Plano de Preparação Pré-Operacional não apenas direcionou a estratégia, mitigou riscos e alocou recursos de forma eficiente, mas também estabeleceu uma base sólida para a operação.

**AUTORES:** Gabriel S. dos Santos - Diretor de Operações, Mineração Aura Almas, Handerson Alves Silva - Coordenador de Operação, Mineração Aura Almas, Thiago Rocha Souza - Engenheiro de Processo, Mineração Aura Almas, Weydster D. V. Pereira - Engenheiro de Processo, Mineração Aura Almas, Railon Lima de Susa - Analista de Operação e Processo, Mineração Aura Almas. e Marina Silveira Del Mestre - Trainee Processo, Mineração Aura Almas.

total prevista de 1,10 milhão de toneladas por mês e capacidade combinada de processamento de 1,3 milhão de toneladas por ano, com vida útil estimada de 17 anos e possibilidade de se dilatar esse prazo.

Para alcançar a prontidão operacional em uma planta tão ampla, a Aura Almas adotou um plano dividido em oito disciplinas principais: Segurança, Mão de Obra, Comissionamento, Partida e Aceleração, Pontos de Atenção, Gestão da Qualidade, Gestão da Manutenção e Barragens de Rejeitos.

O mapeamento foi realizado por meio de sessões de brainstorming colaborativo, com auxílio de mapas mentais e fluxogramas, resultando

## Processos de Business Intelligence elevam desempenho da frota de transporte em 13,7%

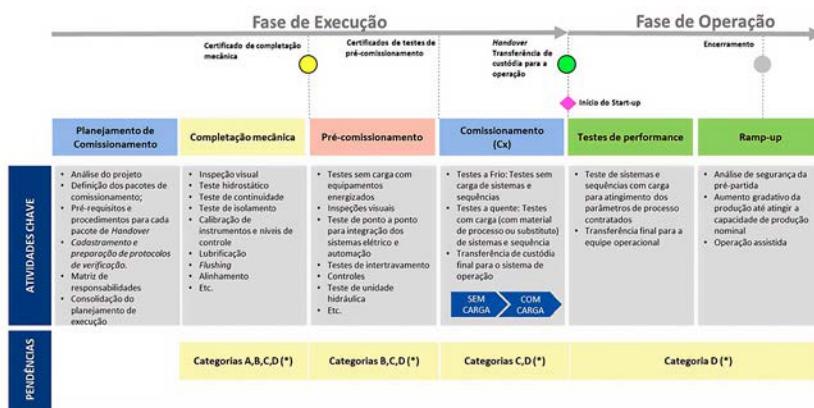
Os processos de produção estão sendo otimizados constantemente com o auxílio da eletrônica embarcada, de sistemas de comunicação e principalmente por sistemas inteligentes, como sistemas de Business Intelligence (BI). Os sistemas de BI têm o poder de compilar dados, como elementos de produção e índices de equipamentos, de variadas fontes, e podem ser transformados em informações confiáveis para serem utilizados na identificação de desvios e aprimorar a gestão da operação.

A equipe da Ciplan Cimentos, com sede em Brasília (DF), desenvolveu ferramentas e dashboards para otimizar o controle operacional, possibilitando o mapeamento e atuação em campo de problemas referentes ao desempenho da equipe e blendagem do material. Os resultados do trabalho mostraram um aumento de produtividade acima de

13,7% para a frota de transporte e aprimoramento da gestão operacional como pilar da empresa.

O Business Intelligence na mineração refere-se à aplicação de tecnologias e metodologias analíticas para coleta, processamento e interpretação de dados relevantes, transformando-os em informações valiosas para a tomada de decisões assertivas. Ao adotar sistemas de BI, pode-se obter insights cruciais sobre o desempenho de suas operações, identificar padrões, antecipar tendências e, consequentemente, aprimorar a eficiência operacional.

A gestão eficaz do controle operacional na mineração implica o monitoramento em tempo real de diversos aspectos, desde a extração e transporte de minerais até a logística de distribuição. O BI permite a

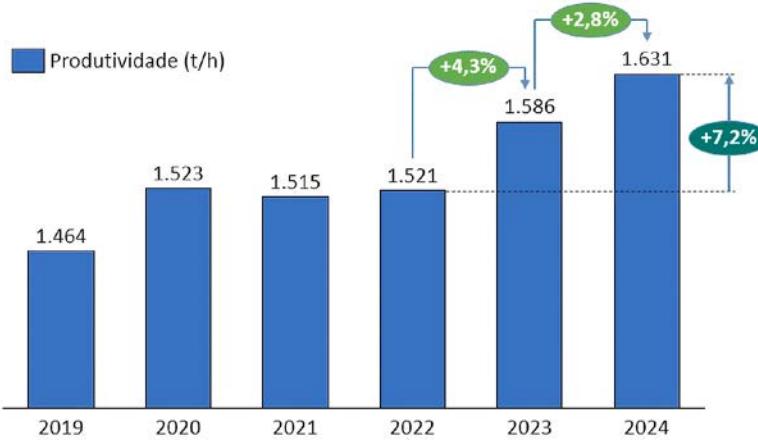


análise integrada de dados provenientes de sensores e sistemas de gestão, proporcionando uma visão holística e precisa de toda a cadeia produtiva. Dessa forma, as empresas podem identificar gargalos, otimizar fluxos de trabalho e, até mesmo, prever eventuais falhas, contribuindo para a redução de custos e a maximização da eficiência.

O trabalho desenvolvido na Ciplan Cimentos contou com o apoio da empresa de consultoria WF Mining Analytics. O sistema de BI utilizado para o desenvolvimento desse trabalho foi o Microsoft PowerBI®. Os dados alimentados no sistema foram originados do sistema de gerenciamento de frotas Easymine, desenvolvido pela empresa Instale Tecnologia, que auxilia na automação do gerenciamento de equipamentos de mina.

Visando levar o controle de produção gerencial para a liderança foi desenvolvido um dashboard que mostra os principais indicadores operacionais ao longo do dia e turno operacional. A ferramenta possibilitou o acompanhamento da evolução da produção no mês corrente, bem como o desempenho das equipes.

Além do acompanhamento dos indicadores de produção gerenciais, foram desenvolvidos dashboards que possibilitam o acompanhamento dos índices dos equipamentos, como Produtividade (t/h) e Disponibilidade Física (DF). Com essa informação pode-se comparar o desempenho de cada equipamento em variadas condições operacionais.



As atividades de equipamentos auxiliares também possuem grande importância nas operações da empresa. Um grande gargalo identificado foram as informações de perfuração, etapa que nem sempre possui agilidade no processamento dos dados. Assim, foi criado um dashboard específico para acompanhamento dos principais indicadores referentes às atividades de perfuração.

## MONITORAMENTO REFORÇA CONDUÇÃO SEGURA DOS CAMINHÕES

O Safe Driver é um sistema de monitoramento de condução segura que utiliza câmeras instaladas na cabine do caminhão, algoritmos de reconhecimento de padrões e um algoritmo de Machine Learning e Redes Neurais com o reconhecimento de imagem assistido por com-

putador, com alertas por voz. O sistema foi instalado nos caminhões da Ciplan e exerce um papel fundamental para a segurança dos motoristas e equipe operacional.

Foi analisada a variação da produtividade de transporte durante o ano de 2023. Os resultados do trabalho mostraram o aumento de 13,7% na produtividade de transporte, passando de 106 t/h entre Janeiro e junho para 120 t/h no período de julho a dezembro – período que se refere à implementação da ferramenta de BI.

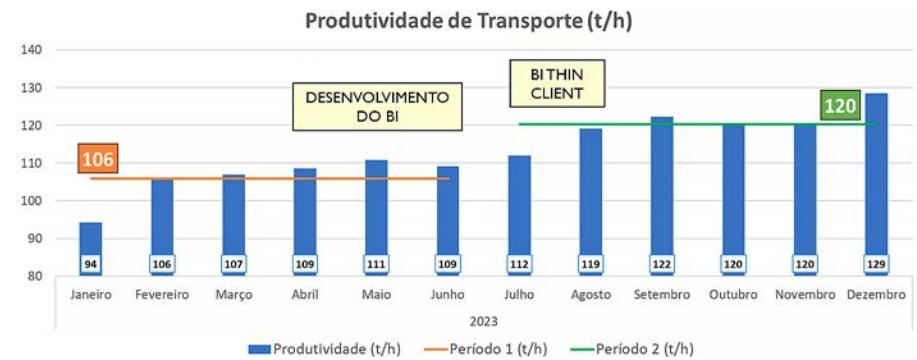


O acompanhamento operacional oriundo da utilização dos sistemas de BI, possibilitou a otimização do fluxo de materiais, minimizando os tempos de fila nas atividades de carregamento e básculo. Como resultado, os índices foram reduzidos de 14,8% para 6,7% comparando os mesmos cenários utilizados no tópico anterior. Esse resultado aumentou o tempo de operação da frota de transporte em 626 horas mensais, contribuindo para o aumento da produtividade da frota.

O aumento da produtividade de transporte, associado ao melhor controle das pilhas blend, contribuíram para o aumento da produtividade da britagem primária, com ganhos de 7,2% na produtividade (110 t/h), comparando janeiro de 2024 com o de 2022.

Além dos ganhos nos indicadores de performance, as ferramentas implantadas no trabalho possibilitaram maior assertividade na execução do blend das pilhas de minério, eliminação da subjetividade no direcionamento dos recursos operacionais, padronização da gestão e acompanhamento operacional e satisfação dos funcionários.

**AUTORES:** Frederico Reis - Gerente Geral de Mineração e Britagem - Cimento Planalto., Walter Felsch - Engenheiro Especialista em Gerenciamento de Frotas - Fundador WF Mining Analytics., Márcia Freitas - Analista de Dados e Leonardo Bergmann - Diretor de Operações - Instale Tecnologia.





## Programa de produtividade buscou novo modelo mental e agilidade

O Programa Bootcamp Produtividade da Vale foi uma resposta estratégica da companhia para melhorar a alocação de recursos diante do cenário incerto e competitivo global, demonstrando compromisso com a gestão eficiente da produção. Ao adotar o conceito do 'ágil' na perspectiva de assertividade, facilitou, segundo a empresa, a adoção de um novo modelo mental pelos participantes.

Somado a isso, a governança do programa garantiu a colaboração entre equipes e diretorias, resultando no alcance de uma série de resultados, incluindo a prospecção de mais de 300 iniciativas de redução de custos. Além disso, a criação de um portfólio de ideias para futuras implementações, evidenciando o compromisso com a inovação e melhoria contínua.

De acordo com a Vale, para se adaptar à competitividade e volatilidade do mercado da mineração, áreas focadas em produtividade se tornaram essenciais para redução de custo, otimização da alocação de recursos e eliminação de desperdício.



Esse é o cenário em que foi criado o Programa de Produtividade Vale que, após o segundo ano de vigência, demandou iniciativas de captura mais inovadoras. O programa foi realizado em 11 ciclos com todas as unidades operacionais da companhia, capturando iniciativas valoradas na ordem de R\$ 800 milhões, em um horizonte de 18 meses.

A popularização da agilidade no século XXI decorreu da globalização dos mercados, do boom das startups e da necessidade de serviços on demand. Segundo os técnicos envolvidos no projeto, a adoção de metodologias ágeis cresceu exponencialmente, expandindo-se para além da indústria de software.

No programa da Vale, foi considerado o termo 'ágil' como fruto daquilo que é assertivo, reconhecendo que é na assertividade que se encontra maneiras mais eficazes de implementar inovações tecnológicas ou de processos. Para sustentar a ideia de agilidade como assertividade foi incorporada ao programa a abordagem do Design de Serviços, termo cunhado na década de 1980 que oferece uma forma metódica de estruturar processos além da ótica dos negócios, considerando a experiência do usuário. Além disso, outras ferramentas do Lean Manufacturing foram adaptadas, buscando integrar com as práticas já estabelecidas na companhia e facilitar a adoção do novo modelo mental pelos participantes.

O envolvimento de dezenas de interfaces, somado ao prazo de dois

meses para a execução com todas as diretorias operacionais, exigiu uma gestão de tempo precisa e entrega de resultados em formatos pragmáticos. A aplicação dos métodos ao programa foi estruturada em ciclos por Ótimo Local, selecionando as temáticas/squads com maior relevância orçamentária. O produto final de cada ciclo consistiu em iniciativas priorizadas e valoradas, com foco de captura em 2023 e 2024. Cada ciclo contemplou entre quatro e 11 squads. O escopo foi estruturado em quatro etapas: pré-imersão, imersão, pós-imersão e resultados/reconhecimentos.

Conforme os ciclos iam sendo executados, as iniciativas eram disponibilizadas como repertório para replicação das soluções bem-sucedidas. Aquelas iniciativas não priorizadas formaram um backlog para projetos futuros. Após a imersão, ocorreu o momento de handoff, no qual as squads dispuseram de duas semanas para revisar as valorações e aprimorar o plano de ação, visando o cadastro na ferramenta de governança do programa e o acompanhamento em ritos mensais. Posteriormente, foram realizados fóruns específicos com as diretorias executivas para apresentar resultados e reconhecer iniciativas que já haviam gerado valor. Além disso, foram promovidos momentos de reconhecimento com as áreas envolvidas.

Segundo a Vale, como resultados tangíveis, mais de 300 iniciativas foram criadas, validadas e valoradas com as lideranças executivas, aumentando o portfólio de possibilidades de eliminação de desperdícios. Essas iniciativas totalizaram um potencial de R\$ 800 milhões de redução de custos no horizonte de captura até final de 2024.

A cada ciclo, foram aplicadas pesquisas de satisfação Net Promoter Score (NPS) com nota geral de 78, considerada zona de excelência, marco relevante de satisfação, levando em consideração o envolvimento de cerca de 1.000 colaboradores. Sobre os resultados intangíveis, o programa trouxe, segundo a Vale, uma nova abordagem de solução de problemas e capacitação em métodos ágeis e métricas de valoração.

De acordo com a empresa, houve ainda aumento da conexão e engajamento entre as squads e Ótimos Locais, estabelecendo uma visão integrada, incentivando à prática do trabalho colaborativo e compartilhamento de aprendizado entre as unidades operacionais. Finalmente, durante o processo de ideação, algumas ideias disruptivas, porém com baixa maturidade e dificuldade de valoração, não foram priorizadas, mas agrupadas em um portfólio rico para amadurecimento e futura captura, afirma a companhia.

**AUTORES:** Gabriela do Prado Castro - Gerente Geral de Performance e Competitividade da Vale, Alessandro da Silva Ng - Diretor da femto.design, Fernando Henrique Costa e Borges - Diretor de Performance e Competitividade da Vale, Marcelo Ferreira de Sousa - Gestor de Projetos da femto.design, Rafael Borges Carvalho - Engenheiro Sênior da Vale, Heitor Dias Murbach - Diretor da femto.design e Marcella Beatriz Freitas Brito - Analista de Inovação da femto.design

## Dinâmicas de “jogo” engajam as equipes operacionais a prevenir situações de risco

A Companhia Mineradora do Pirocloro de Araxá (Comipa) tem o compromisso de melhorar a saúde e a segurança dos trabalhadores por meio da melhoria de processos e analisando resultados anteriores. E foi em um destes trabalhos que detectou, em 2022, um índice de incidentes relacionados a eventos com alto potencial de gravidade que poderiam ter sido evitados com ações preventivas.

Para trabalhar a prevenção de riscos, foi avaliada que a melhor estratégia para engajar o time e melhorar a percepção de risco dos colaboradores seria por meio da ferramenta de comunicação de segurança Relato de Ocorrência de Segurança (ROS), combinada com uma metodologia de gamificação que utiliza recursos e dinâmicas de jogos em ambientes lúdicos para motivar pessoas. A dinâmica se baseia em elementos como pontuações, conquistas, recompensas e competições para engajar os participantes e incentivá-los a se envolver com a causa apresentada.

Para gerar engajamento e conseguirmos alcançar os objetivos propostos, a equipe utilizou o método de gamificação: foi idealizado um jogo no qual os times seriam pontuados de acordo com os relatos e soluções implementadas por eles na tratativa dos desvios observados e tratados. A estrutura do projeto foi definida em um modelo ágil, seguindo as etapas (planejamento, definição de tarefas, execução das tarefas, reuniões de acom-

Os investimentos de segurança podem parecer, inicialmente, um custo adicional. Mas a longo prazo, o retorno é garantido, pois a prevenção de incidentes e acidentes de segurança, muitas vezes, evita custos mais elevados associados a tratamento médico, violações como multas e encargos, pagamentos de encargos sobre a folha de pagamento (Seguro Obrigatório – RAT), danos aos ativos empresariais, paralisações na produção, e redução de ações judiciais. Portanto, equilibrar investimentos em segurança com os custos associados aos riscos potenciais é crucial para uma abordagem eficaz trazendo ganhos na manutenção da



produtividade, aumento da motivação, preservação da imagem da empresa, entre outros.

Com a dinâmica proposta aos colaboradores, a Comipa objetivou aumentar a identificação de riscos através do ROS e o índice (%) de tratativa dos desvios de segurança, além de reduzir o número de registro de comunicação de acidente (RCA).

O jogo premiou a equipe que mais contribuiu para identificação e eliminação de situações de risco, com troféus e medalhas personalizadas. A equipe responsável pelo projeto avaliou ter garantido que a percepção de riscos do time fosse aprimorada e que as ações corretivas fossem eficazes para que incidentes e acidentes sejam cada vez menores, reforçando o compromisso da empresa com o bem-estar dos colaboradores.

A ideia da utilização do jogo como forma de engajamento veio da replicação de projetos anteriores que também tiveram êxito nos resultados, avaliados como importantes para organização.



panhamento, e apuração dos resultados e revisões) onde a estrutura foi acompanhada em sprints semanais. As regras foram divulgadas para todo o time de operação de mina.

Além disso, foram distribuídos brindes de incentivos aos colaboradores, como chaveiros personalizados, adesivos de equipamentos que cada um utiliza para os capacetes, e brasão dos times para estampar os coletes, para que todos se sentissem dentro de uma competição em busca de um ambiente de mineração mais seguro.

**AUTORES:** Geraldo Magela Monteze Caneschi – gerente de Mineração na Companhia Mineradora do Pirocloro de Araxá (Comipa), André Ferreira Toscano Silva – coordenador de Operação de Mina na Comipa, Emerson Machado Silva – analista de Gestão de Operações na Comipa, Vívia de Oliveira Reis – analista Sistema de Gestão na Comipa, Amanda Borges Freitas – engenheira de Segurança do Trabalho na Comipa e Gustavo Augusto dos Santos – analista de Comunicação na Comipa

# Avaliação Ambiental Integrada é adotada no licenciamento para extração de bauxita a longo prazo

É sabido que, conforme o mineral que será explorado, o Licenciamento Ambiental para mineração pode exigir diferentes etapas e processos. Como então proceder o licenciamento ambiental de um extenso jazimento de bauxita, mas a longo prazo? Essa é uma solução que a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA) buscou por meio da Avaliação Ambiental Integrada (AAI), um instrumento de planejamento e de gestão ambiental de forma conjunta, que faz parte da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA.

A CBA é detentora de cerca de 150 (cento e cinquenta) processos minerários na região da Zona da Mata Mineira, os quais fazem parte de projeto único de extração de bauxita, que será executado em um prazo médio de 50 anos ou mais. A quantidade de processos minerários se justifica pelo marco regulatório que limita a extensão da área por processo minerário. O projeto compreende uma faixa de cerca de 200 km de extensão que abrangem 27 municípios da Zona da Mata Mineira, desde São João Nepomuceno até Manhuaçu-MG.

Para esse tipo de mineração em específico, a abertura de um processo de licenciamento ambiental único para o projeto como um todo seria inviável, na medida em que o cenário produzido no estudo para subsidiar o processo de licenciamento seria alterado ao longo do tempo, antes de se iniciar a exploração da maior parte dos direitos minerários.

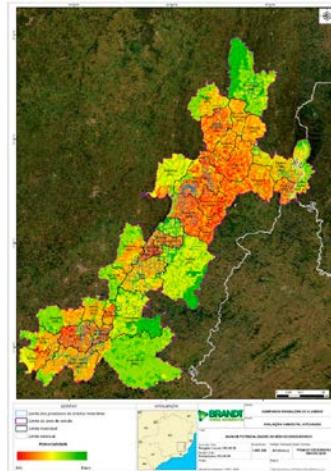
Por um lado, a Agência Nacional de Mineração (ANM) exige que a empresa comprove que deu entrada no pedido de licenciamento ambiental e, ainda, comprove o andamento deste processo até a obtenção de uma licença, para que se obtenha a Portaria de Lavra e a manutenção do direito minerário.

Por outro lado, o órgão ambiental tem exigências específicas para o procedimento de licenciamento, que levam a empresa a ter de definir desde já o projeto de lavra, inclusive acessos, realização de acordos com proprietários, inventários florestais etc. Além disso, as licenças ambientais têm validade, portanto, seria necessário que todas as áreas licenciadas tivessem a operação dentro desta validade.

Diante desta situação não convencional, a CBA elaborou a Avaliação Ambiental Integrada - AAI para os direitos minerários na Zona da Mata, visando disponibilizar uma análise conjunta e integrada dos impactos socioambientais, frente à sensibilidade e potencialidades dos meios físico (água, solo e ar), biótico (fauna e flora) e socioeconômico (social e econômico) da região, levando-se em consideração a cumulatividade e sinergia.

A AAI é uma modalidade de "Estudo Ambiental" adotada oficialmente no Ministério das Minas e Energia para o macro estudo de bacias hidrográficas, e tem uma importância fundamental para auxiliar o processo de tomada de decisão pelos órgãos ambientais, agências licenciadoras e fiscalizadoras.

Mantendo então uma visão integrada e sistêmica baseada na AAI, a CBA desenvolveu o seu Planejamento Estratégico, estabelecendo metas para os próximos 5 a 10 anos, definindo assim os títulos minerários que serão objetos de aprofundamento dos estudos geológicos (para transformar os recursos dos mesmos em reservas, através de sondagens de detalhe), do Planejamento de Lavra, dos Estudos Ambientais (para o licen-



ciamento ambiental das áreas, através da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental) e da realização de acordos com os proprietários rurais.

Foi considerada a localização dos Direitos Minerários (cerca de 150 direitos no total), levando em conta as características da paisagem, em especial a hidrografia e os aspectos referentes à variedade das fitofisionomias (aspectos da vegetação) presentes na área.

Também foram considerados ainda os remanescentes florestais, a conectividade destes com outros fragmentos, a delimitação das microbacias hidrográficas, unidades de conservação (UCs) e áreas prioritárias para conservação. No total, a área estudada englobou 31 (trinta e um) municípios mineiros inseridos e 01 (um) município do Estado do Espírito Santo.

## SOBRE OS RESULTADOS E BENEFÍCIOS

Os resultados do estudo pela AAI indicaram que a maior sensibilidade ocorre no interior do Parque Estadual do Brigadeiro (PESB), assim como no Parque Nacional do Caparaó. Nesse sentido, observou-se na zona de amortecimento do PESB sensibilidade majoritariamente moderada, aderente ao contexto global da área de estudo, sendo fortemente influenciada pela ocupação de pastagens e precariedade de conservação das Áreas de Preservação Permanente.

No contexto da AAI, as potencialidades socioambientais são obtidas pela avaliação integrada dos indicadores de impacto positivos (alta, média e baixa), e no caso das fragilidades socioambientais são obtidas pelo cruzamento do mapeamento de sensibilidade com a espacialização dos impactos cumulativos e sinergéticos decorrentes do conjunto de direitos minerários presentes na região do projeto.

Já considerando os aspectos do meio biótico, espera-se a ocorrência dos impactos positivos de ampliação da cobertura vegetal nativa, formações de corredores na região a partir de compensações diversas, aquisições de áreas em Unidades de Conservação para realização de regularização fundiária com posterior doação ao poder público (modalidade de compensação ambiental) e programas ambientais correlatos. Estes impactos serão provenientes das ações ligadas às características de atuação da CBA propostas nas fases de planejamento, implantação/operação e fechamento.

Sendo assim, a AAI ajusta-se às características das jazidas da CBA na Zona da Mata Mineira, como etapa estratégica de planejamento e avaliação ambiental, e é o formato adequado para o processo de licenciamento ambiental. Segundo o órgão licenciador de Minas Gerais, a AAI avaliou todos os cerca de 150 títulos minerários do jazimento da CBA, e foram integralmente relacionados no Formulário de Caracterização do Empreendimento – FCE, protocolados no processo de licenciamento ambiental.

**AUTORES:** Jonas Machado Pires - Consultor de Licenciamento Ambiental da CBA, Oiti Vieira Júnior - Engenheiro de Meio Ambiente da CBA, Christian Fonseca de Andrade - Gerente das Unidades da Zona da Mata da CBA e Michele Vieira Jardim - Analista Ambiental da CBA

# Usina de compostagem promove renda a catadores e sustentabilidade na Bahia

Um dos grandes problemas ambientais para o solo e água no mundo é o tratamento dado ao lixo produzido pelas populações que, em boa parte das cidades brasileiras, tem como destinação os leitos dos rios. Embora de todo lixo produzido no Brasil, 30% tenha potencial para ser reciclado, apenas 3% deste total tem esse destino.

Pensando em mudar esse cenário, a Jacobina Mineração desenvolveu um Projeto de Compostagem com o objetivo de transformar resíduos orgânicos em composto (adubo) de alta qualidade, promovendo a sustentabilidade ambiental e reduzindo a disposição de resíduos em aterros através da inclusão social de uma Cooperativa de Catadores.



Foi criada então, em 2012, a Cooperativa Recicla Jacobina, a fim de realizar a compostagem de resíduos orgânicos da mineradora, e também de parte daqueles gerados em toda a cidade de Jacobina, na Bahia. A partir daí, a cooperativa passou a contribuir para a sustentabilidade ambiental em todo o município. Em 2021, por exemplo, conforme dados da cooperativa, a Recicla Jacobina foi responsável pela coleta de 1.157 toneladas de resíduos sólidos, obtendo uma média de 96,42 toneladas por mês.

Como alternativa, a Jacobina Mineração decidiu então construir uma usina de Compostagem dentro da cooperativa, para que os cooperados também pudessem reciclar o resíduo orgânico gerado em Jacobina e assim ter mais renda para os cooperados e reduzir ainda mais o impacto ambiental dos aterros. Não obstante, a companhia também poderia fazer um descarte ambientalmente sustentável de seus resíduos, que eram encaminhados para aterro sanitário licenciado.

## A USINA

A construção e operação da Usina de Compostagem teve um investimento de aproximadamente R\$ 400 mil reais, com capacidade para processar cerca de 300 toneladas de resíduos mensalmente. A estrutura da usina foi impermeabilizada e dotada de captação e drenagem de efluentes que são destinados ao respectivo sistema de tratamento.

As águas pluviais também são captadas e desviadas para o seu sistema correspondente. Dessa forma os efluentes provenientes da compostagem, que têm características similares ao chorume originado em aterros sanitários, porém mais diluídos, são reutilizados para contínua umidificação das pilhas de composto em um circuito fechado. Portanto 100% dos efluentes gerados são reutilizados.

A iniciativa não apenas permitiu uma destinação adequada para todos os resíduos orgânicos da Jacobina Mineração, que totalizam 11 toneladas por mês, mas também possibilitou que os cooperados processassem aproximadamente 40% do resíduo orgânico gerado no município de Jacobina. Após o procedimento, os cooperados passaram a comercializar o adubo produzido, o que começou a gerar uma renda adicional para suas famílias e contribuir para o desenvolvimento econômico local.

## IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

Após o início do Projeto de Compostagem, os catadores, que viviam no antigo lixão da cidade de Jacobina, abaixo da linha da pobreza, passaram a obter renda de até 1.400,00 (mil e quatrocentos reais) mensais para os 41 (quarenta e um) cooperados e 9 funcionários contratados.

Atualmente, são tratadas cerca de 35 toneladas de resíduos orgânicos por mês, 28 toneladas de restos de alimentos e 7 toneladas de poda de árvores e pó de serra de madeireira, com produção média de 5 mil quilos de composto por mês. Além disso, o projeto também já está processando os resíduos orgânicos de outras indústrias, alguns bairros da cidade e dos hospitais públicos e particulares de Jacobina.

A Usina de Compostagem em Jacobina representa uma inovação para a região. Até o momento, apenas três cidades no estado foram identificadas com essa estrutura. Atualmente, o projeto possui autonomia para processar até 300 toneladas de resíduos mensalmente e já se mantém sem o apoio da Jacobina Mineração, engajando outros atores e parcerias.

Já para a mineradora que iniciou o projeto, houve impacto em sua gestão ambiental e econômica, com uma redução de aproximadamente 48 viagens por ano de caminhões movidos a diesel, para o transporte dos resíduos da Jacobina Mineração. Isso equivale a uma diminuição de cerca de 6.000 km rodados por mês para apenas 220 km por mês, além de uma redução de aproximadamente R\$ 120 mil reais por ano, com transporte e destinação do resíduo orgânico. A iniciativa também fez a mineradora alcançar a meta de "Resíduo orgânico 0".



**AUTORA:** Isadora Cerqueira Souza - Coordenadora de Comunicação e Comunidade da Jacobina Mineração

# Módulos habitacionais fornecem conforto e segurança a colaboradores na mina

Como oferecer instalações provisórias nas operações de uma mina, com conforto e segurança? Essa foi uma das soluções que a Mineração Paragominas, da Hydro, pensou ao optar por utilizar módulos habitacionais para suportar áreas remotas e/ou locais que precisam de banheiros, vestiários, escritórios e almoxarifados.

Desde um incêndio ocorrido na cidade do Rio de Janeiro, em 2019, em um alojamento projetado de containers, e que causou a morte de 10 adolescentes de um grande time de futebol, a gerência de área da MPSA, a GAINF, da Mineração Paragominas se preocupou com as condições dos containers que estavam instalados na unidade, e começou um novo processo de procurar um fornecedor para substituir essas estruturas. O objetivo era encontrar novos módulos habitacionais com mais tecnologia e material mais resistente à corrosão e incêndio.

Após encontrar um fornecedor desses módulos, no início do ano de 2022, foram iniciadas as substituições dos containers, sendo então mobilizados mais novos módulos nas áreas, servindo de escritórios, almoxarifados, banheiros e vestiários, e trazendo maior conforto e segurança para os colaboradores. Todos os módulos são confeccionados de materiais de novas tecnologias antirruído, anti-incêndio e térmico.

Algumas áreas, como por exemplo as de manutenção, estão localizadas dentro da área de mina, longe das oficinas, e com esses



módulos instalados dentro da mina facilitaram sua manutenção, trazendo maior condição de trabalho, segurança e também um espaço para armazenar ferramentas e materiais da operação.

Sobre os resultados, a Mineração Paragominas destacou a redução de custo, levando em consideração a construção de novos escritórios, almoxarifado, banheiros e vestiários; maior versatilidade e mobilidade em diferentes locais; fácil e rápida instalação nas áreas; fácil limpeza; e maior segurança à equipe. Segundo a mineradora, todos os módulos adotados estão dentro das normas NBR-5410 e NBR-5419.

**AUTORES:** Rafael Narde - Técnico de serviços da Hydro, Maria Lira - Analista de Processos da Hydro e Karla Barbosa - Coordenadora da Hydro



# Construção da primeira mina digital do mundo, no Peru, conta com sistema automatizado

A Innomotics, uma empresa do grupo Siemens, em parceria com a Anglo American, uma das principais empresas de mineração do mundo, desenvolveu uma solução de digitalização para a mina de cobre Quellaveco, no Peru. Neste contexto, a Innomotics forneceu um conjunto de tecnologias da Siemens para ajudar a Anglo American a projetar, monitorar, gerenciar e executar as operações de mineração desde os estágios iniciais de projeto, passando pelo comissionamento e produção.

Inaugurada em 2022, a mina de cobre Quellaveco é o maior projeto de mina de cobre desenvolvido pela Anglo American. Ao implantar novas tecnologias, como caminhões autônomos, perfuração automatizada e operação remota, a Anglo American colocou em ação sua abordagem Future Smart Mining™.

engenharia para criar uma base de dados exclusiva de desenhos técnicos, desde diagramas de tubulação, instrumentação e folhas de dados até modelos 3D. Usando conceitos como smart data e smart documentation os dados das diferentes fases da engenharia são combinados, interligados, contextualizados e disponibilizados para a fase de operação.

“Temos o orgulho de ser o principal parceiro da Anglo American no desenvolvimento de sua primeira mina digital. A criação de uma representação digital de toda operação de mineração nos permitiu explorar virtualmente diferentes cenários e antecipar possíveis problemas antes que eles acontecessem no mundo real”, afirma Oliver Beck, vice-presidente sênior de soluções da Innomotics.

Michael Reichle, CEO da Innomotics, acrescenta: “Estamos muito satisfeitos em participar deste projeto inovador com a Anglo American e ajudar a moldar o futuro das operações de mineração. A fusão do mundo real e do mundo digital é fundamental para aumentar a produtividade e a eficiência. Ao fazer isso, a Anglo American e a Innomotics contribuirão de forma relevante com o tema sustentabilidade no negócio de mineração. Além disso, este projeto destaca mais uma vez a nossa posição como pioneiros e líderes no campo da tecnologia e soluções digitais, bem como, com nossa ambição de redefinir soluções de movimento confiáveis para um amanhã melhor.”

Além das soluções de última geração em digitalização e automação, a Innomotics também forneceu, em Quellaveco, acionamentos sem engrenagens para quatro moinhos, o sistema de transporte terrestre e 22 motores de média e baixa tensão para a planta de flutuação, tornando-se o principal fornecedor de equipamentos, soluções e serviços para os setores elétrico, de automação e digitalização.

Construída com um custo aproximado de 5,5 bilhões de dólares, Quellaveco deverá produzir uma média de 300 mil toneladas de cobre por ano, durante os seus primeiros dez anos de operações. A mina é uma joint venture entre a Anglo American e a Mitsubishi Corporation.



A mina digital Quellaveco da Anglo American é baseada nas plataformas de gerenciamento do ciclo da planta da Siemens e garante a colaboração, continuidade e consistência ideais de todas as disciplinas envolvidas na engenharia e operação da planta. O sistema faz isso consolidando dados de diversas fontes. Os dados de automação podem ser lidos do sistema de controle de processo e importados no COMOS para serem exibidos graficamente, consolidados e disponibilizados a engenharia e vice-versa.

O COMOS utiliza esses dados para apoiar a criação da representação digital da planta, para uma migração rápida e confiável e para atualizações do sistema de controle de processos PCS7 – tudo por meio de uma única solução. A solução singular da mina ao porto permite que a Anglo American acompanhe toda a operação em tempo real, desde a mina, passando pelo processamento mineral, logística e até o porto onde o concentrado de cobre é armazenado, carregado e enviado.

Trabalhando a partir de um centro de operações remoto integrado, os operadores podem detectar rapidamente problemas ou ineficiências e implementar medidas corretivas imediatamente. Usando a plataforma de gerenciamento do ciclo da planta, a Innomotics integrou dados de



# Modelos de vedação de correia garantem redução de manutenção e eficiência nas operações

Em um cenário dinâmico tal qual o da mineração, em que a eficiência operacional é crucial para o sucesso da operação, cada aspecto do processo desempenha um papel vital. Desde a extração até o transporte dos materiais, qualquer falha pode resultar em perda de produtividade, desgaste excessivo dos equipamentos e riscos à segurança dos trabalhadores. É nesse contexto desafiador que as vedações de correia desempenham um papel fundamental.

Projetadas para conter efetivamente os materiais transportados e proteger os sistemas de transporte contra perda, derrame e/ou contaminação de material. Na vanguarda dessas soluções estão os modelos de Vedação BOCO da Martin Engineering, reconhecida por sua eficiência, durabilidade e baixa necessidade de manutenção.

As Vedações BOCO representam uma evolução significativa referente à tecnologia aplicada em vedações de correias. Projetadas para se autoajustar ao longo da correia, oferecem uma instalação simplificada, além de uma vedação eficaz sem a necessidade de ajustes frequentes. Ademais, sua construção robusta e revestimentos anti-desgaste garantem uma vida útil prolongada, mesmo em ambientes operacionais desafiadores ou materiais abrasivos.

Sua capacidade de proporcionar vedação eficiente, baixa manutenção e maior vida útil, colaboram diretamente para a maximização da eficiência operacional, a redução dos custos de manutenção e a melhoria da segurança no local de trabalho.



## SOBRE MODELOS DE VEDAÇÃO

**Martin® BOCO™ HD:** Projetada para aplicações que requerem alta performance e resistência, oferece autoajuste para máxima vedação e instalação simplificada, reduzindo a frequência de paradas para manutenção. Ideal para transportadores reversíveis com a velocidade da correia de até 3,5m/s, pois sua estrutura articulada se ajusta ao sentido do fluxo. Seu sistema de fixação com contrapinos que facilita a substituição da tira de vedação desgastada e não requer ferramentas especiais.

**Martin® BOCO™ UMHD:** Para operações lidando com materiais abrasivos, oferece resistência excepcional e maior flexibilidade de instalação, adaptando-se a uma variedade de ambientes operacionais. Desenvolvida para aplicação pesada e de espaço reduzido, é a vedação voltada para transportadores reversíveis, com sua estrutura articulada que se ajusta ao sentido de fluxo da correia. O perfil da lâmina possui um rebaixo na parte traseira, possibilitando a fixação em calhas com revestimento, evitando a interferência com os elementos de fixação.

**Martin® BOCO™ XHD:** Para aplicações que exigem máxima durabilidade, oferece resistência ao desgaste extremo e operação em alta velocidade, garantindo uma vedação confiável em todas as condições. Pode ser utilizada em correias com velocidades de até 6,5m/s e temperaturas de trabalho de até 70 °C. Sua fabricação em poliuretano com 250 mm de altura permite uma longa vida útil.

# Expansão com mais soluções em tecidos filtrantes, automação, válvulas e bombas

Líder global em desenvolvimento e fornecimento de tecnologias, automação e serviços para a mineração, a Valmet oferece soluções para o setor como tecidos filtrantes, sistema de automação, válvulas de controle de fluxo e bombas.

No segmento da automação de válvulas, a multinacional finlandesa se estende desde atuadores até chaves de fim de curso e posicionadores inteligentes, que coletam dados de processo para melhor parametrização e operação de bombas, válvulas e outros instrumentos. Isso possibilita a otimização de processos e economia em matéria-prima e energia. Essa tecnologia também auxilia no gerenciamento de manutenção, pois é capaz de antecipar falhas com base em dados precisos, garantindo assim o melhor desempenho das válvulas.

Já a tecnologia de filtros é empregada há muito tempo na filtração de concentrados e, atualmente, o setor vem aplicando essa tecnologia também na filtração de rejeitos para empilhagem a seco - esse processo consiste em separar sólidos de líquidos, permitindo o empilhamento seguro a seco (dry stacking)



dos rejeitos. Neste sentido, a Valmet apresenta soluções de tecidos filtrantes para diversos processos em plantas de concentração nas indústrias de mineração e química. Esses tecidos são feitos sob medida para os processos e equipamentos específicos do cliente, garantindo confiabilidade na produção, economia de energia e redução dos custos de manutenção.

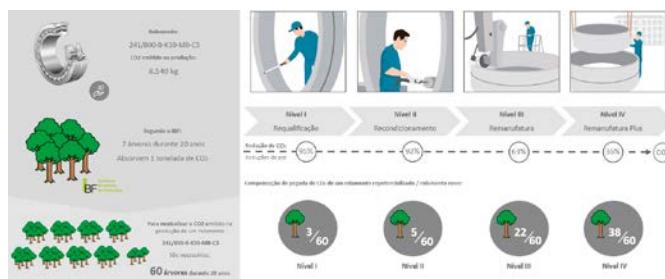
Além disso, eles são projetados para suportar altas temperaturas de processo, ambientes químicos complexos e uma ampla variedade de polpas. Dentre os produtos oferecidos, a empresa destaca os tecidos filtrantes para filtros de disco, filtros tambor, filtros de esteira, filtros

prensa verticais e horizontais, entre outros, além de uma linha completa de soluções avançadas de filtragem para todas as aplicações nas indústrias de mineração, minerais e química. "Ao aprofundarmos nosso conhecimento no tratamento de rejeitos, alinhamos nossa empresa com as preocupações de nossos clientes e da comunidade, buscando elevar os padrões e segurança na atividade mineradora", comenta o gerente de vendas, Cleber Mattar.

# Como reduzir impactos ambientais a partir dos rolamentos

Rolamentos são elementos essenciais de um maquinário, para garantir a correta operação e disponibilidade das máquinas na produção industrial. O processo de fabricação de rolamentos tem relação direta com seu dimensional, o que afeta justamente em sua produção e disponibilidade no mercado. Dessa forma, em um contexto de processo de manutenção industrial, as equipes necessitam de um bom planejamento de manutenção e compras, para que as peças em questão estejam sempre disponíveis.

Entretanto, geralmente, a sistemática de manutenção atua de forma corretiva e não preditiva, ou seja, troca-se um rolamento falhado por outro novo para não ocorrer paradas nas operações. Mas, quando se trata de manutenção preventiva, o que acontece com o rolamento que estava operando e não teve falhas? Por vezes, observamos o descarte destes por simples desconhecimento dos processos, como, por exemplo, o de repotencialização de rolamentos. Além disso, existe a insegurança de mantê-los operando e ocorrer uma falha, levando à necessidade de paradas não programadas.



Com o crescimento das políticas de conscientização ambiental, as empresas estão buscando a cada dia mais soluções para manter suas operações mais verdes. Nesse contexto, uma pergunta que surge é: E como podemos reduzir impactos ambientais a partir dos rolamentos? Bom, ao realizar o descarte do rolamento ainda em boas condições, estamos gerando a necessidade de consumo de uma peça nova e, com isso, produzindo mais carbono. O processo de repotencialização de rolamentos vem ao encontro da necessidade de redução da emissão de CO<sub>2</sub>, promovendo a manutenção ao invés do descarte, recuperando-os e levando-os de volta à operação.

A repotencialização de rolamentos pode ser realizada em modelos com diâmetro externo de 100 mm a 4.500 mm, a depender de suas condições. Uma vez iniciada a parada da máquina, é feita uma inspeção nos rolamentos após sua desmontagem e limpeza, seja no cliente ou na planta da Schaeffler. A partir disso, o profissional identifica a viabilidade da manutenção, assim como o nível de recondicionamento necessário. Vale lembrar que rolamentos armazenados por longos períodos, e até aqueles que sofreram algum dano por condições inadequadas de armazenagem, como oxidações, também passam pelo mesmo processo de inspeção e revalidação da embalagem. A repotencialização é possível

devido ao altíssimo nível de conhecimento técnico da Schaeffler nesse segmento, a partir de reduções sustentáveis nos custos operacionais, alcançando-se maior eficiência e competitividade.

São quatro níveis de repotencialização, que vão desde a simples inspeção e requalificação da embalagem (I) até a troca de componentes (IV). A Schaeffler Brasil conta com um centro de repotencialização de rolamentos em Sorocaba-SP e possui técnicos e estrutura para níveis I e II.

Como benefícios principais, a repotencialização de rolamentos traz para sua operação: Reduções nos custos do ciclo de vida; Aumento da vida útil; Economia nos custos de material e energia; Redução dos custos de estoque; Alta flexibilidade por meio de curtos prazos de entrega; Feedback sobre as características e a frequência dos danos; Documentação abrangente do recondicionamento e dos exames realizados; Marcação específica do cliente para o rolamento e etiquetagem da embalagem.

Os custos da repotencialização dependem das inspeções realizadas, do nível identificado e da quantidade e tamanho dos rolamentos. Quanto maiores essas medidas, maior o custo-benefício da repotencialização. Já os prazos de entrega das repotencializações vão depender do nível identificado. A decisão a favor do recondicionamento de rolamentos permite que as empresas de manufatura façam uma contribuição considerável e contínua para o uso econômico de recursos, além da proteção do meio ambiente.

Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), em 20 anos, são necessárias sete árvores para absorver, aproximadamente, uma tonelada de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Citando um exemplo prático, um rolamento autocompensador de rolos esféricos 241/800-B-K30-MB-C3 (aplicado em HPGR's) emite um total de 8,54 toneladas de CO<sub>2</sub> durante sua fabricação. Assim, para neutralizar esta quantidade de emissões, seriam necessárias em torno de 70 árvores, durante 20 anos. Com a repotencialização, é possível reduzir drasticamente esse número, e dessa forma, trazer uma visão de sustentabilidade ambiental nas operações de britagem e moagem, por exemplo.

A seguir, podemos ver um comparativo em cada nível de repotencialização de rolamentos. Note que a redução pode chegar em até 95% nas emissões de CO<sub>2</sub> no nível I e de até 92% no nível II comparado a um novo rolamento.

No desenvolvimento de produtos, em compras, na fabricação ou no descarte, a proteção ativa ao meio-ambiente está firmemente ancorada em todas as divisões de negócios da Schaeffler e o gerenciamento ambiental bem-sucedido é baseado em uma política uniforme em todo o mundo. O reflexo disso é que todas as nossas instalações de fabricação e repotencialização são certificadas conforme os padrões ambientais do segmento, onde cada fábrica é validada conforme a rigorosa diretriz ambiental europeia EMAS, mesmo em casos em que ela não é exigida pelas leis pertinentes, o que traduz na constante preocupação e compromisso da Schaeffler com o meio ambiente.

## Sensores triaxiais IoT para monitoramento e manutenção preditiva de Peneiras Vibratórias

Visando aumentar a confiabilidade das peneiras vibratórias nas áreas de manutenção e operação, a Anglo American buscou uma solução de como identificar anomalias operacionais e integrar dados

reais da alimentação das peneiras para automação de diagnósticos na Mina Minas Rio. As peneiras de órbita elíptica classificam o ROM (run of mine) pré-britado que vem da mina em correia transportadora. Os

principais problemas das áreas de manutenção e operação das peneiras eram as trincas na super estrutura, deformação das molas, falhas na caixa excitadora e danos na tela.

Sendo assim, a empresa buscou uma solução que usasse as tecnologias de sensores IoT (sem fio) para monitoramento de padrões de acelerometria, deslocamento e vibração das peneiras e integração com dados reais da taxa de alimentação e distribuição do material. Sobre a taxa de alimentação das peneiras, a única informação disponível no sistema supervisório é a amperagem do motor da correia.

Foram instalados 18 sensores tri-axiais IoT (Modelo H.2 da Hedro) da AdamaNT para hiperamostragem e decisão de sensores prioritários para conformação de um kit básico para monitoramento e manutenção preditiva no sistema peneira, motor, mancais. Foi então desenvolvida uma plataforma web, de consumo dos dados dos sensores, arquitetura de banco de dados e desenvolvimento de front-end para data Science dos dados, monitoramento em tempo real e automatização de alertas e alarmes.

Ao longo da PoC (prova de conceito) demonstrou-se a viabilidade de integração de sensores RGBD para detecção em tempo real da volumetria do minério disposto sobre a peneira pela esteira. A criação de um sistema de monitoramento em tempo e a detecção automática, via comparação do ângulo de fase, stroke e aceleração dos pontos monitorados mostrou-se uma promissora ferramenta de realidade assistida, para a detecção e correção de desvios operacionais. Assimetria

e oscilação da distribuição de massa foram detectados com os principais padrões que provocam a operação fora dos limites, aumentando o desgaste dos ativos. A possibilidade que se abre para o uso da série histórica associada ao histórico de falhas e ocorrências e todo o potencial do aprendizado de máquina e inteligência artificial poderá reduzir drasticamente as falhas não previstas, melhorar o planejamento da manutenção, aumentando a disponibilidade e previsibilidade dos ativos.

## SOBRE A SOLUÇÃO

Neste caso da Anglo American, foi utilizado o ADAMETRIA, primeiro sistema da admaNT com sensores triaxiais (acelerometria) IoT para detecção precoce de desvios operacionais e sugestão de manutenção preventiva para peneiras vibratórias, combinados com sensores de volumetria da alimentação em tempo-real. Ou seja automação de diagnóstico do funcionamento de peneiras vibratórias em tempo real, trazendo sugestões baseadas em dados para o planejamento da manutenção, amplificando exponencialmente a capacidade humana de detecção de desvios operacionais.

A proposta da adametria é integrar dados de acelerometria (aceleração, deslocamento, stroke e fase angular) entre 4 sensores na estrutura da peneira com dados de sensor rgbd (red, green, blue and depth) capaz de mapear em tempo real a volumetria do minério despejado e peneirado na peneira.

## Novo revestimento reforça britadores de minas e protege centrífuga com mais rapidez

A empresa Henkel desenvolveu uma solução de revestimento capaz de lidar com o impacto e a abrasão das rochas nos britadores durante o trabalho nas minas. Ela forneceu o novo LOCTITE® PC 9593™ no britador primário de uma mina de cobre, onde os revestimentos de aço endurecido enfrentavam desafios de desgaste e manutenção. A solução de revestimento protetora resistiu ao impacto e à abrasão, ao mesmo tempo que reduziu o tempo de inatividade e a necessidade de mão de obra.

De acordo com a empresa, a solução anterior utilizava muito tempo de mão de obra na soldagem de placas de aço, e o novo revestimento precisava suportar a rocha dura constantemente canalizada através do revestimento do aro para o britador primário.

O produto foi então misturado usando um misturador móvel LOCTITE®, seguido pela aplicação de uma camada de raspagem no revestimento do aro e uma camada mais pesada de até 1" de espessura. A solução superou com sucesso as placas de aço endurecido, ao mesmo tempo em que atendeu às expectativas do cliente, como fornecer proteção sem soldagem, tempos de cura rápidos de 8 a 10 horas, proteção até a próxima manutenção programada e resistência a condições severas de impacto e abrasão.

A partir daí, foi constatado que o LOCTITE® PC 9593TM teve rápido tempo de cura da aplicação, garantindo que o britador primário pudesse retornar ao serviço mais rapidamente. A nova solução também proporcionou um serviço confiável por mais tempo do que a solução com revestimento de aço – até 2 meses antes da necessidade de rea-

plicação. Além disso, a solução não exigiu mão de obra altamente técnica, sendo mais fácil e rápida de aplicar, reduzindo assim o tempo de inatividade. Por fim, através da resistência do revestimento, a Henkel conseguiu por meio da solução, blindar os britadores de minas de cobre contra o desgaste.

### LOCTITE® PC 9313™ PARA PROTEÇÃO RÁPIDA DE CANAIS DE DESCARGA

Outro caso, em que a Henkel forneceu a nova solução, foi em uma centrífuga. Pensando nos desafios dos chutes de drena-

gem, revestidos com o composto de desgaste de alto impacto LOCTITE® PC 9313™, os clientes buscavam uma alternativa de cura mais rápida, e que pudesse fornecer o mesmo nível de resistência ao desgaste das partículas e atender ou exceder os intervalos atuais de repintura, do LOCTITE® pré-existente em uso.

Sendo assim, foi feita uma comparação lado a lado, uma centrífuga foi revestida com LOCTITE® PC 9593™ e a outra com LOCTITE® PC 9313™. O cliente procurava uma versão de cura mais rápida e o teste mostrou que o novo LOCTITE® PC 9593™ era igualmente durável e oferecia um tempo de cura mais curto.

Os resultados do estudo forneceram ao cliente um produto de backup confiável para emergências ou janelas de manutenção limitadas. A nova solução LOCTITE® mostrou o tempo de cura de apenas 4 horas, e que poderia ser usada em momentos em que o tempo era de importância crítica.



# A Engenharia Digital como elemento-chave para revolucionar o setor de mineração

A Engenharia Digital no setor de mineração vem experimentando uma transformação significativa, impulsionada pela rápida evolução tecnológica e necessidade crescente de garantir maior eficiência operacional, produtividade e sustentabilidade. Com o avanço da automação, da Indústria 4.0 e da Inteligência Artificial (IA), as operações de mineração estão se tornando cada vez mais digitalizadas e conectadas. Este movimento segue sendo impulsionado, também, pela constante busca por segurança e integridade dos processos.

Para entender as principais tendências tecnológicas no setor de mineração que tem impulsionado a inovação nas empresas, confira uma entrevista exclusiva com as renomadas executivas da PARS, Amanda Thomaz e Carolina Bicalho. As especialistas apresentaram insights valiosos e estratégias inovadoras que estão moldando o futuro da mineração.



## Quais são as principais dores das empresas do setor de mineração?

Empresas deste segmento geralmente enfrentam dores relacionadas a pessoas, processos e sistemas. Com relação ao primeiro tópico, à medida que a tecnologia avança, é preciso que as companhias se certifiquem em promover capacitação as equipes e isto pode demandar de treinamentos, os quais podem ser dispendiosos.

Outro aspecto importante é que a melhoria de processos envolve toda uma reavaliação interna e externa, objetivando a identificação de gargalos, eliminação de redundâncias e implementação de soluções e tecnologias. Por fim, conforme as empresas crescem, muitas vezes há o desafio de integrar diferentes sistemas e plataformas. A falta de integração, portanto pode levar a problemas de compatibilidade, dificuldades na troca de dados e aumento da complexidade geral da infraestrutura de TI.

## Como a tecnologia pode apoiar na resolução desses desafios?

A tecnologia e a inovação podem fornecer um suporte significativo na resolução de desafios no setor de mineração, especialmente quanto a implantação de projetos de alta complexidade. Por meio de diferentes soluções disponíveis atualmente no mercado, é possível desenvolver modelos 3D detalhados de infraestruturas, realizar simulações e análises de cronogramas e logística, bem como criar um ambiente comum de dados. Além disso, existem tecnologias que permitem capturar imagens contínuas dos sites de mineração, permitindo o registro visual do progresso da obra, a fim de facilitar a comparação com o planejamento inicial.

Há ainda soluções capazes de criar modelos digitais precisos dos ambientes de mineração, assegurando uma inspeção detalhada e planejamento virtual. Algumas ferramentas também permitem a possibilidade de realizar uma análise espacial detalhada e o mapeamento dos terrenos de mineração, crucial para a exploração geológica.

Outras plataformas cujo o objetivo é facilitar todo o gerenciamento eficiente dos recursos naturais, ajudam a localizar reservas minerais e a planejar operações de extração sustentáveis, essenciais para promover

sustentabilidade. Por fim, já estão disponíveis no mercado ferramentas de análise de riscos e segurança, as quais identificam áreas críticas, a fim de apoiar no planejamento quanto as medidas de mitigação.

**Como a PARS, por meio de seus parceiros tecnológicos, pode apoiar o setor de mineração?**

A PARS possui um papel crucial na disseminação e impulsionamento do uso da tecnologia por meio das principais tecnologias disponíveis no mercado. Atuamos colaborando com a implantação e adoção das melhores práticas, proporcionando um fluxo contínuo de conhecimento e interação, sempre apoiado por uma rede de parceiros tecnológicos altamente reconhecidos. Estamos focados em ajudar empresas do setor de mineração a abraçar e maximizar o potencial da tecnologia em suas operações. Isso significa não apenas identificar as soluções tecnológicas mais adequadas para suas necessidades específicas, mas também em fornecer suporte contínuo aos nossos clientes e atualização com as últimas ferramentas e tendências tecnológicas.

## Quem são os parceiros e quais as frentes de atuação da PARS?

Atuamos em diferentes frentes, com soluções e serviços para estudos de viabilidade, passando por elaboração de projetos, planejamento, construção, manutenção, operação e descomissionamento dos empreendimentos. Por meio de parceiros como a Autodesk, oferecemos às empresas design generativo, análise preditiva e manutenção. Já a aliança com Matterport, nos permite fornecer ao mercado a captura e o processamento de imagens, além da análise de espaços, crucial para o funcionamento efetivo do segmento.

Por fim, nossa parceria com a Openspace oferece toda a documentação e monitoramento, insights e relatórios às empresas do setor, enquanto a tecnologia da Esri permite que as companhias façam toda a análise geoespacial, gestão e monitoramento ambiental, bem como integração de dados e visualização.

**Quais são os ganhos que as empresas de mineração podem ter ao adotarem essas tecnologias?**

A curto prazo, podemos observar melhorias reais como uma identificação mais precisa das alternativas de viabilidade dos projetos, detecção precoce de interferências, e redução substancial de retrabalhos. No médio prazo, podemos incluir a padronização dos processos, o que significa que há uma maneira consistente e eficiente de realizar as atividades. Além disso, há uma otimização da gestão de riscos, ou seja, uma capacidade aprimorada de lidar com potenciais problemas e incertezas. A longo prazo, os benefícios incluem a alavancagem da produtividade e a redução de retrabalhos. Há ainda o cumprimento consistente dos cronogramas estipulados, garantindo que os projetos sejam entregues dentro do prazo previsto, além de uma redução significativa nos custos dos serviços, quando comparados com a não utilização das metodologias e sistemas operacionais dentro do conceito de Engenharia Digital.

# SE É MINERAÇÃO, ESTÁ AQUI

## ENTRE NO FUTURO DA MINERAÇÃO.

Somente a MINExpo INTERNATIONAL® 2024 conecta você às inovações que transformarão a forma como seu trabalho é realizado. Com foco na mineração (e somente na mineração), você encontrará produtos, soluções e conexões para preparar sua empresa para o futuro no maior evento global de mineração do mundo.



**Registre-se agora  
em [MINExpo.com](https://MINExpo.com)**



**MINEXPO**  
INTERNATIONAL®

**20  
24 | 24 A 26 DE SETEMBRO DE 2024**  
LAS VEGAS, NEVADA, EUA

# A melhor distribuidora de valor agregado do Brasil.

Há mais de 40 anos inovando em tecnologia para o mercado da construção. Uma empresa que inspira e conecta ENGENHARIA DIGITAL estudando e entendendo os desafios dos nossos clientes. Criando fluxos que integram e sistematizam processos construtivos conectando fabricantes, indústrias e empresas.

**Conexão Digital é o elo,  
a força da PARS.**

Conecte-se com a PARS, juntos  
vamos encontrar soluções para uma  
jornada tecnológica inovadora.



Apoiamos nossos clientes na evolução da tecnologia e inovação para alcançar a tão desejada conexão digital, integrando as melhores soluções do mercado de construção com os principais fabricantes.

