

A Codelco utiliza **veículos de carga autônomos** para minério de cobre desde 2005, como mostrado aqui na mina El Teniente, nos Andes chilenos.

O Vale da Morte parece quase agradável comparado ao Deserto do Atacama, localizado na região de Antofagasta, no Chile, o lugar mais árido do mundo, que pode ficar sem uma gota de chuva por décadas, com temperaturas que variam de 30°C durante o dia, chegando a -15°C durante a noite. Esse também é um lugar cheio de crateras enormes, e a mina Gabriela Mistral está localizada em uma delas.

Nessa mina, não é possível encontrar motoristas nos caminhões Komatsu de 30 toneladas. Os veículos amarelos da série 930E4 AT são guiados por um software de inteligência ao longo dos 4,6 quilômetros quadrados da vala de 289 metros. Dia após dia, eles transportam 210 mil toneladas métricas de rochas com minério de cobre. Graças à sua frota de 17 veículos autônomos, essa mina da Codelco aberta em 2008 é uma das mais modernas do mundo em sua categoria. Nela, também se utiliza robôs para inspecionar os equipamentos de perfuração e carga antes da manutenção programada a fim de determinar a real necessidade de reparos, o que permite aos funcionários mais tempo para se dedicarem a atividades importantes de alto valor.

Outras minas da Codelco possuem processos tecnológicos semelhantes. Na Ministro Hales, próximo à cidade de Calama, aberta em 2010, os funcionários fazem controle remoto em todas as principais operações. Na mina de cobre El Teniente, cerca de 1.500 quilômetros ao sul, a inteligência artificial ajuda as poderosas LHDs (máquinas que carregam, transportam e descarregam) a realizarem operações subterrâneas de forma semiautônoma que, de outra forma, precisariam ser realizadas por pessoas. A empresa já está testando a realização de operações totalmente automáticas, que apenas necessitariam da intervenção de funcionários em caso de problemas. "A automação e o uso de equipamentos autônomos e semiautônomos não apenas irá aumentar a nossa produtividade, como também a sustentabilidade de nossas operações altamente complexas, bem como a segurança dos que trabalham neste segmento extremamente arriscado", afirma José Robles, Vice-Presidente de Cadeia de Suprimentos na Codelco.

Mineração de Dados no Deserto

Surge Uma Nova Era

A mineradora chilena de cobre Codelco e seu laboratório de inovação estão mostrando como uma indústria tradicional pode estar à frente da transformação digital.

Texto Steffan Heuer Fotos Codelco

A grande variedade de soluções tecnológicas da Codelco faz parte de uma ambiciosa estratégia da maior produtora de cobre do mundo, que visa preparar uma indústria tradicional para o futuro por meio de extensa digitalização. Com sede em Santiago, capital do Chile, a empresa foi fundada em 1976 quando diversas minas estatais de cobre se fundiram. Seu nome é derivado de “Corporación Nacional del Cobre de Chile”. A Codelco desenvolveu uma agenda corporativa composta por oito pilares para transformar sua produtividade, tendo a Porsche Consulting envolvida no desenvolvimento e na implementação dessa agenda.

A Codelco começou a modernizar a gestão da cadeia de suprimentos em 2016, que, de acordo com Ingo Glawe, Sócio da Porsche Consulting na América de Sul e responsável pelo projeto, é a parte mais avançada da agenda. “Acreditávamos que tínhamos uma organização de cadeia de suprimentos. Porém, agora, nós realmente temos”, afirma Robles. “Agora adotamos uma abordagem estratégica que compreende a compra de suprimentos por categorias. Isso nos permite reduzir os custos de forma significativa”. Ao converter suas operações de compra, logística e armazenamento, a produtora chilena de cobre busca economizar mais de US\$500 milhões até 2020, dinheiro que precisa ser investido em novas tecnologias.

A empresa está reagindo a mudanças essenciais que afetam todo o setor. Para acessar recursos cada vez mais escassos, as minas precisam atingir maiores níveis de profundidades e se tornar mais sofisticadas do ponto de vista técnico. El Teniente, por exemplo, pro-



A mina El Teniente, que é explorada há séculos, representa agora a maior operação de mineração de cobre do mundo, com aproximadamente 100 mega toneladas de cobre e mais de 3 mil quilômetros de túneis subterrâneos.



duz cobre há centenas de anos. Com mais de 3 mil quilômetros de túneis subterrâneos, ela representa agora a maior operação de mineração de cobre do mundo em sua categoria. "A indústria mundial de cobre testemunhou poucos avanços tecnológicos", diz Robles. "O processo químico de flotação foi introduzido cerca de 60 anos atrás. Trinta anos mais tarde, a extração por solventes provocou uma mudança estrutural, pois tornou a extração de cobre econômica mesmo em locais com menor concentração. Agora chegamos a um ponto no qual a inovação irá permitir que nos tornemos mais econômicos ainda".

Para alcançar níveis maiores de desempenho, as mineradoras começaram a testar e a investir em novas tecnologias. A Codelco não fez diferente: em 2016, ela abriu uma subsidiária chamada Codelco Tech, um ágil laboratório de inovação cujos funcionários trabalham exclusivamente em projetos de transformação. A Codelco Tech busca parcerias com fornecedores, institutos de pesquisa e start-ups para criar soluções abertas que beneficiem toda a indústria. Além das LHDs autônomas e diagnóstico por robôs, essas soluções incluem um centro de processamento integrado na sede da empresa que coleta e analisa dados históricos de diferentes minas para otimizar processos e fundamentar decisões.

Inovações técnicas são necessárias para contrabalancear a queda na produtividade e no teor de minério que está assolando o setor. De acordo com especialistas, o teor de cobre nas rochas exploradas em todo o mundo hoje está apenas acima da metade do nível de 1990. Desta forma, operadoras como a Codelco precisam lidar com o aumento do custo por tonelada métrica de material em uma época na qual os preços dos minerais como o cobre passam por enormes flutuações nos mercados mundiais. O cobre perdeu um terço de seu valor em 2015, por exemplo, antes de começar a se recuperar no início de 2016.

Investimentos em equipamentos e processos modernos são necessários, pois a demanda por minerais continuará crescendo e as reservas conhecidas de muitas matérias-primas podem se esgotar já no fim deste século. Como um condutor maleável de calor e eletricidade, o cobre é especialmente valioso. Ele é utilizado na fabricação de itens como cabos, motores elétricos e circuitos eletrônicos, bem como revestimentos antimicrobianos. Especialistas acreditam que a demanda por este metal ultrapasse a produção mundial já em 2030. E os governos, agências regulatórias e cidades estão impondo restrições mais rigorosas às operações de mineração em termos de segurança e sustentabilidade, tanto para os recursos humanos quanto para os ambientais.

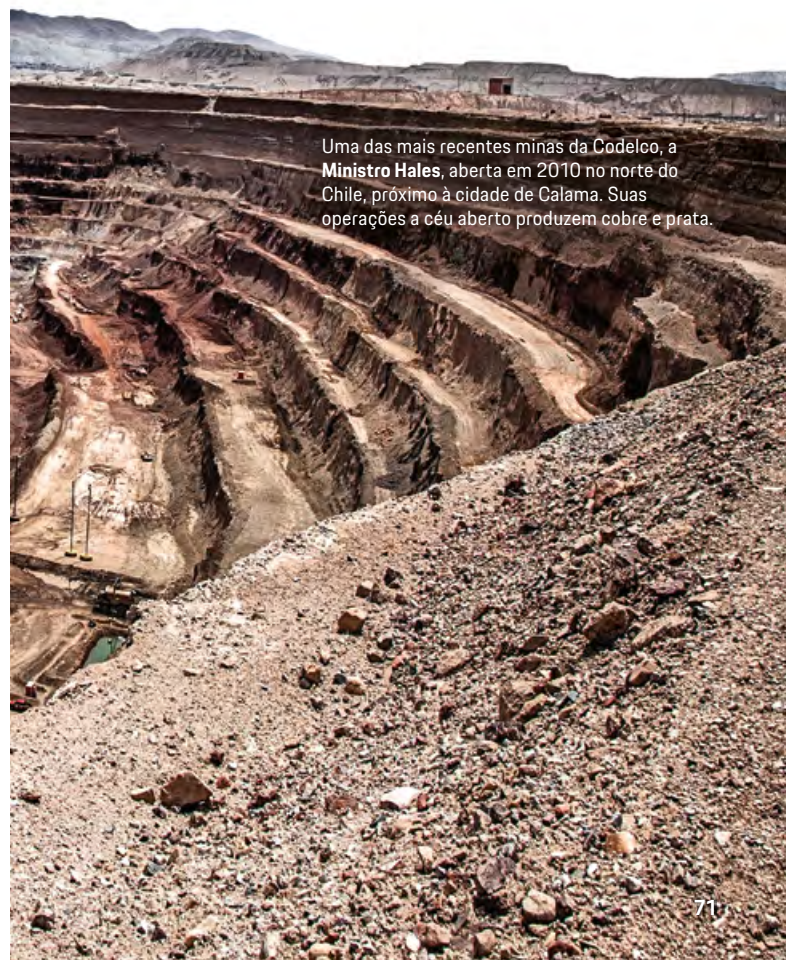
"Os problemas enfrentados pela mineração em todo o mundo são bem conhecidos. Eles têm como origem o aumento dos custos operacionais e a redução dos níveis de produção. Desta forma, maior produtividade se tornará uma vantagem competitiva crucial", afirma Glawe. "As respostas para todos esses desafios estão na digitalização e na automação, o que significa integrar fluxos de dados e otimizar processos em tempo real".

A digitalização pode criar potencial, especialmente em robótica, tecnologias de materiais, inteligência artificial, aprendizado de máquina, fábricas progressivas e impressão 3D. De acordo com estimativas do Fórum Econômico Mundial, a digitalização poderia aju-

dar a indústria da mineração a economizar cerca de US\$190 bilhões ao longo da próxima década, o que representa quase 3% do total de vendas do setor.

As áreas nas quais as tecnologias digitais podem ser empregadas incluem otimização da cadeia de suprimentos por meio de maior contato entre fornecedores e clientes, processos digitais de compras para garantir transparência nos preços e custos, e uso mais sustentável de recursos como água e energia elétrica. A exploração e a produção de minerais também podem ser realizadas de forma mais eficiente e econômica com a ajuda de drones e dados geológicos precisos, capazes de produzir mapas de alta resolução dos depósitos de recursos e utilizar big data para monitorar uma recuperação mais favorável.

Desta forma, as principais mineradoras, como a Codelco, incorporaram uma grande variedade de novas tecnologias ao seu planejamento estratégico. Além de veículos autônomos trabalhando acima e abaixo da terra e o programa de manutenção preditiva, essas tecnologias incluem soluções portáteis, como sensores, realidade aumentada e realidade virtual (RA/RV), que aumentam a eficiência e a segurança dos treinamentos e das atividades dos funcionários. Capacetes inteligentes em algumas minas já conseguem medir a fadiga dos mineradores e emitir alertas automáticos se necessário. Os dados coletados em operações de rotina ajudam os engenheiros a melhorarem o projeto de estradas, rampas e poços, bem como a marcar esses locais para alcançarem os maiores níveis possíveis de segurança e eficiência.



Uma das mais recentes minas da Codelco, a **Ministro Hales**, aberta em 2010 no norte do Chile, próximo à cidade de Calama. Suas operações a céu aberto produzem cobre e prata.