

DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE RASGOS EM CORREIAS TRANSPORTADORAS VIA VISÃO COMPUTACIONAL: UM CASE DE INOVAÇÃO ABERTA ENTRE VALE E LLK

Daniel Luiz Souza¹; Filipe Resende²; Geraldo Lucas Pugiali de Paiva³; Julio Cesar Barbosa⁴; Lucas Ribeiro⁵

RESUMO

As operações de mineração demandam elevada confiabilidade dos sistemas de transporte interno, sendo as correias transportadoras componentes críticos para a continuidade produtiva. Danos estruturais como rasgos longitudinais geram paradas não programadas, altos custos de manutenção e riscos operacionais, agravados pela limitação dos métodos tradicionais de inspeção visual. Em resposta a esse desafio, a Vale recorreu à *open innovation*, promovendo uma parceria com a startup LLK por meio do *Mining Hub*. O resultado foi o desenvolvimento de um sistema automatizado de detecção de rasgos baseado em visão computacional, capaz de identificar anomalias em tempo real e acionar automaticamente o sistema de parada da correia. A solução passou por etapas de prova de conceito, piloto e validação em ambiente industrial, sendo posteriormente expandida para outras unidades. Os resultados demonstraram benefícios expressivos em termos de redução de custos, aumento da vida útil dos equipamentos, melhoria da segurança do trabalho e reforço à cultura de inovação. A experiência evidencia o potencial de colaborações entre grandes empresas e startups para enfrentar desafios operacionais complexos com soluções tecnológicas escaláveis e adaptáveis.

PALAVRAS-CHAVE: mineração, correia transportadora, visão computacional, manutenção preditiva, *open innovation*.

NOME DO ATOR	PAPEL NO ECOSISTEMA
Vale	Corporação
LLK	Startup
<i>Mining Hub</i>	Hub de Inovação

Nota: caso seja necessário ocultar algum nome de instituição, sugerimos que seja colocado somente a área da instituição. Exemplo: Empresa do Agronegócio

1. Vale. Daniel Souza - daniel.luiz.souza@vale.com
2. LLK. Filipe Resende - felipe.resende@llk.com.br
3. LLK. Geraldo Lucas Pugiali de Paiva - luiz.henrique@llk.com.br
- 4 Vale. Júlio Barbosa - julio.barbosa@vale.com
- 5 Vale. Lucas Ribeiro - lucas.ribeiro.souza@vale.com

1. SITUAÇÃO PROBLEMA DE *OPEN INNOVATION*

Nas operações de mineração, a movimentação constante de grandes volumes de materiais impõe demandas elevadas sobre os sistemas de transporte interno, em especial sobre as correias transportadoras. Esses equipamentos exercem função essencial na logística produtiva, interligando as frentes de lavra às unidades de beneficiamento e, posteriormente, aos pontos de estocagem ou embarque. A integridade dessas correias é determinante para assegurar a continuidade das atividades, a segurança do trabalho e a eficiência dos processos.

As correias, porém, operam sob condições adversas que aceleram seu desgaste. A abrasividade dos materiais transportados, as variações térmicas, a umidade, as vibrações e os impactos recorrentes favorecem o surgimento de danos estruturais, sendo os rasgos longitudinais os mais críticos. Quando não identificados a tempo, esses rasgos podem levar à paralisação completa do sistema e à necessidade de substituição integral da correia, com consequente aumento dos custos operacionais e dos riscos envolvidos.

Historicamente, a inspeção desses equipamentos é feita por meio de rondas visuais realizadas por técnicos. Esse modelo, no entanto, apresenta limitações relevantes: trata-se de uma prática intermitente, subjetiva e muitas vezes inadequada para detectar anomalias em estágios iniciais. A frequência reduzida das inspeções, aliada à dinâmica acelerada da produção, compromete a efetividade do monitoramento.

A ausência de um mecanismo automatizado e preciso de detecção de anomalias foi identificada como um entrave à previsibilidade e à continuidade operacional. Em resposta, a Vale optou por uma estratégia de *open innovation*, buscando colaboração com atores externos para o desenvolvimento de uma solução tecnológica voltada ao monitoramento automatizado das correias. O desafio foi formalizado no *Mining Hub*, plataforma de inovação colaborativa do setor mineral.

O objetivo era identificar uma alternativa às limitações do modelo tradicional, por meio de uma solução capaz de operar de forma contínua, com alto grau de precisão e plenamente integrada à lógica de operação das correias transportadoras. A decisão por envolver startups com competências técnicas em tecnologias emergentes foi pautada na busca por agilidade, flexibilidade e foco em resultados aplicáveis ao ambiente industrial.

Assim, a situação-problema que deu origem à prática de *open innovation* envolveu a necessidade de substituir um modelo de inspeção reativo por uma abordagem automatizada e preditiva, que elevasse os padrões de segurança, confiabilidade e eficiência nas operações logísticas da mineração.

2. INTERVENÇÃO

A partir do desafio estruturado no *Mining Hub*, a Vale selecionou a startup LLK para desenvolver uma tecnologia voltada à detecção automatizada de rasgos em correias transportadoras. A proposta consistia em conceber um sistema com capacidade de identificar anomalias em tempo real e acionar, de forma integrada, o mecanismo de parada da correia, minimizando danos e evitando paradas prolongadas.

A solução desenvolvida baseia-se no uso de visão computacional aplicada ao ambiente industrial. Por meio de câmeras estrategicamente posicionadas, sensores e algoritmos de processamento de imagem, o sistema realiza o monitoramento contínuo da superfície da correia. Quando identifica padrões visuais indicativos de rasgos, executa imediatamente a parada do equipamento, evitando a propagação do dano.

O desenvolvimento ocorreu de forma progressiva, com etapas de validação e ajustes. A primeira fase consistiu em uma prova de conceito (*proof of concept*) em bancada, voltada à verificação da viabilidade técnica do modelo. Na sequência, a tecnologia foi testada em ambiente real, durante um piloto implementado em 2020 na Mina de Cauê. A aprovação dos testes permitiu avançar para a instalação definitiva do sistema.

Em 2024, a tecnologia passou por uma operação assistida que envolveu melhorias como a substituição de sensores, câmeras e a estabilização do desempenho geral. Essa etapa foi essencial para garantir a robustez da solução frente às demandas do ambiente industrial. Atualmente, a tecnologia encontra-se em expansão, com instalação em três novas unidades: Serra Sul, Porto de Vitória e Mina do Pico (MG).

A intervenção ilustra como a articulação entre grandes empresas e startups, em um ecossistema de *open innovation*, pode gerar soluções tecnológicas eficientes, com capacidade de adaptação a diferentes contextos operacionais e potencial para padronização em larga escala.

3. RESULTADOS

A adoção do sistema automatizado de detecção de rasgos em correias transportadoras resultou em impactos mensuráveis e relevantes para a Vale. A solução desenvolvida demonstrou capacidade real de mitigar um dos principais pontos de vulnerabilidade do sistema logístico da mineração: a falha inesperada das correias.

Em 31 de outubro de 2024, o sistema detectou um rasgo em estágio inicial e acionou automaticamente a parada emergencial da correia. Essa resposta imediata permitiu a preservação de cerca de 70% da estrutura da correia, evitando sua substituição completa. Há indicativos de que, em condições ideais de resposta sem tempo de inércia, a economia poderia atingir até 95% do custo total de reposição. Além da economia direta, o sistema contribuiu para a extensão da vida útil dos equipamentos e para a redução das paradas não planejadas, elevando a previsibilidade e a eficiência operacional.

Do ponto de vista qualitativo, a solução fortaleceu a segurança das operações ao eliminar a necessidade de inspeções manuais em situações emergenciais. Ao operar de forma autônoma e integrada, o sistema reduz a exposição de operadores a ambientes de risco, contribuindo para a prevenção de acidentes e para o cumprimento das diretrizes internas de segurança.

A solução também elevou a confiabilidade da logística interna. A capacidade de detecção em até três segundos e o acionamento imediato do sistema de parada aumentaram a previsibilidade das operações, facilitando o alinhamento entre equipes técnicas e ampliando a integração entre as áreas de manutenção e produção.

Outro resultado relevante foi o fortalecimento da cultura de inovação. A parceria entre a Vale e a LLK serviu como exemplo bem-sucedido de cocriação com startups, promovendo maior abertura interna a soluções tecnológicas desenvolvidas externamente e impulsionando a agenda de digitalização industrial.

Atualmente, com a expansão para unidades operacionais com diferentes perfis, a solução demonstra elevada capacidade de adaptação e potencial de padronização ao longo da cadeia logística, consolidando-se como referência de aplicação tecnológica no setor mineral.

4. CONTRIBUIÇÕES

A solução desenvolvida em parceria entre a Vale e a startup LLK trouxe contribuições expressivas em diferentes dimensões. Sob a perspectiva econômica, destacou-se a redução de custos com manutenção corretiva e substituição de correias. A capacidade de identificação precoce de rasgos e o acionamento automático do sistema de parada permitiram evitar, em ao menos um caso registrado, a perda completa do tapete, com estimativas de economia potencial de até 95% em condições ideais.

No campo tecnológico, a solução representa um avanço na integração entre visão computacional e operações industriais. A combinação de câmeras, sensores e algoritmos de análise de imagem demonstrou viabilidade para monitoramento contínuo e intervenção automatizada em sistemas críticos. A tecnologia mostrou-se flexível, adaptando-se a diferentes realidades operacionais, como evidenciado pela expansão para outras unidades da empresa.

Em termos práticos e gerenciais, a implementação do sistema viabilizou uma mudança no modelo de manutenção, que passou a ser mais preditivo e orientado por dados. O tempo entre a ocorrência do problema e a resposta técnica foi reduzido, melhorando o planejamento de recursos e diminuindo a ocorrência de falhas graves. A centralização dos registros também possibilita a análise de tendências e a elaboração de planos mais eficazes de prevenção.

Sob a ótica social, a solução contribui para a segurança dos trabalhadores ao reduzir a necessidade de ações manuais em ambientes de risco. Com a possibilidade de monitoramento remoto, os técnicos têm sua exposição reduzida, alinhando-se às melhores práticas de segurança e saúde ocupacional.

Embora a questão ambiental não tenha sido o foco do projeto, os efeitos indiretos são notáveis. A diminuição de descarte de correias danificadas e a extensão de sua vida útil contribuem para uma gestão mais racional de recursos e reduzem o volume de resíduos industriais.

De forma integrada, essas contribuições demonstram o potencial de soluções desenvolvidas por meio de *open innovation* para transformar desafios operacionais complexos em oportunidades de ganho sustentável, com reflexos positivos para a eficiência, a segurança e a sustentabilidade das operações minerais.