

FAMIG - Faculdade Minas Gerais

RENATO ALVES DE SOUZA

O IMPACTO DA TECNOLOGIA NAS ESCOLHAS DE FERRAMENTAS DE PENETRAÇÃO DO SOLO NA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE OPERACIONAL NA MINERAÇÃO

PROBLEMA: ESTE ESTUDO ANALISA O IMPACTO DA TECNOLOGIA NAS ESCOLHAS DE FERRAMENTAS DE PENETRAÇÃO DO SOLO NA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE OPERACIONAL NA MINERAÇÃO. O OBJETIVO É INVESTIGAR AS TENDÊNCIAS ATUAIS, AVALIAR O IMPACTO DAS ESCOLHAS DE FERRAMENTAS E IDENTIFICAR AS MELHORES PRÁTICAS PARA MAXIMIZAR O DESEMPENHO E REDUZIR OS CUSTOS OPERACIONAIS. A PESQUISA INCLUI UMA REVISÃO DA LITERATURA E ENTREVISTAS COM PROFISSIONAIS DO SETOR.

Belo Horizonte

2024

RENATO ALVES DE SOUZA

O IMPACTO DA TECNOLOGIA NAS ESCOLHAS DE FERRAMENTAS DE PENETRAÇÃO DO SOLO NA EFICIÊNCIA DA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE OPERACIONAL NA MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia de Produção da FAMIG Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção, sob Orientação do Professor Diego de Jesus Queiroz Rosa e Professor Marconi Lacerda Pires.

Belo Horizonte

2024

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

1.2 Objetivos do Estudo

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ferramentas de Penetração do Solo na Mineração

2.2 Impacto das Escolhas de Ferramentas na Eficiência da Produção e Qualidade Operacional

2.3 Estratégias para Maximização de Desempenho e Redução de Custos

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Pesquisa

3.2 Procedimentos Metodológicos

3.3 Amostra e Coleta de Dados

4. RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Análise do Impacto das Escolhas de Ferramentas na Eficiência da Produção e Qualidade Operacional

4.2 Estratégias Identificadas para Maximização de Desempenho e Redução de Custos

5. CONCLUSÃO

5.1 Síntese dos Resultados

5.2 Contribuições do Estudo

5.3 Limitações e Sugestões para Futuras Pesquisas

6. REFERÊNCIAS

1. INTRODUÇÃO

A indústria da mineração tem sido constantemente impulsionada pela inovação tecnológica, que desempenha um papel fundamental na eficiência operacional e na maximização da produção. Uma área de grande interesse e relevância dentro desse contexto é a escolha e o uso de ferramentas de penetração do solo, que desempenham um papel crucial nas operações de escavação, perfuração e carregamento. A eficácia dessas ferramentas não só afeta diretamente a produtividade da mina, mas também tem implicações significativas nos custos operacionais e na qualidade do trabalho.

1.1 Contextualização do Problema

O processo de escolha das ferramentas de penetração do solo na mineração tem sido historicamente baseado em fatores como resistência do solo, tipo de rocha e tamanho da operação. No entanto, com o avanço da tecnologia, novas opções estão surgindo, desde ferramentas mais robustas e duráveis até soluções automatizadas e inteligentes. Isso levanta questões importantes sobre como as empresas podem otimizar suas estratégias de seleção e utilização dessas ferramentas para maximizar o desempenho e reduzir os custos operacionais.

Além disso, a crescente demanda por práticas sustentáveis na indústria da mineração também coloca pressão adicional sobre as empresas para adotarem tecnologias que não apenas aumentem a eficiência, mas também minimizem o impacto ambiental das operações. Portanto, há uma necessidade urgente de análise e desenvolvimento de estratégias que abordem essas complexidades de forma holística.

1.2 Objetivos do Estudo

O objetivo principal deste estudo é realizar uma análise abrangente das estratégias disponíveis para maximizar o desempenho e reduzir os custos com

ferramentas de penetração do solo na indústria da mineração. Especificamente, este trabalho se propõe a:

- Investigar as tendências atuais no uso de tecnologia em ferramentas de penetração do solo na mineração.
- Avaliar o impacto das escolhas de ferramentas de penetração do solo na eficiência da produção e na qualidade operacional.
- Identificar e analisar as melhores práticas e estratégias para seleção, manutenção e utilização dessas ferramentas.
- Propor recomendações para otimização de desempenho e redução de custos, considerando tanto os aspectos técnicos quanto os econômicos e ambientais.

Ao alcançar esses objetivos, este estudo visa contribuir para o avanço do conhecimento sobre a aplicação da tecnologia nas operações de mineração, fornecendo insights valiosos para profissionais, pesquisadores e tomadores de decisão do setor.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ferramentas de Penetração do Solo na Mineração

As ferramentas de penetração do solo desempenham um papel crucial nas operações de mineração, influenciando diretamente a eficiência e a produtividade. Entre as ferramentas mais comuns estão as brocas rotativas, utilizadas para perfuração em diversas formações geológicas, os martelos pneumáticos, ideais para fragmentação de rochas mais duras, e as picaretas hidráulicas, empregadas em operações de escavação e carregamento. Além dessas, novas tecnologias têm surgido, como os sistemas de perfuração automatizados e equipamentos de escavação de alta precisão, que prometem melhorar ainda mais a eficácia das operações de mineração. Essas inovações têm sido impulsionadas pela demanda por maior eficiência e produtividade na indústria, bem como pela necessidade de redução de custos e mitigação de impactos ambientais.

2.2 Impacto das Escolhas de Ferramentas na Eficiência da Produção e Qualidade Operacional

As escolhas das ferramentas de penetração do solo têm um impacto direto na eficiência da produção e na qualidade operacional das minas. A taxa de penetração, a precisão das operações, o tempo de inatividade dos equipamentos e o desgaste das ferramentas são fatores cruciais que influenciam a produtividade da mina e a segurança dos trabalhadores. Ferramentas inadequadas ou mal mantidas podem resultar em desperdício de tempo e recursos, além de aumentar o risco de acidentes e danos ao equipamento. Além disso, a escolha correta das ferramentas pode impactar significativamente a qualidade do trabalho realizado, afetando a uniformidade da extração e a conformidade com os padrões de segurança e regulamentação da indústria.

2.3 Estratégias para Maximização de Desempenho e Redução de Custos

Para maximizar o desempenho das ferramentas de penetração do solo e reduzir os custos operacionais, as empresas de mineração adotam diversas estratégias. Isso inclui a implementação de programas de manutenção preventiva para garantir a integridade das ferramentas e prolongar sua vida útil, a otimização dos processos de escavação e perfuração para aumentar a eficiência operacional e reduzir o tempo de ciclo, a adoção de tecnologias de monitoramento em tempo real para identificar e corrigir problemas rapidamente e a implementação de práticas de gestão eficiente de recursos para reduzir o desperdício e minimizar os custos. Além disso, a capacitação e treinamento adequados dos operadores também desempenham um papel fundamental na maximização do desempenho das ferramentas e na redução de erros operacionais. Essas estratégias visam alcançar um equilíbrio entre eficiência operacional e economia de custos, contribuindo para a melhoria geral da performance na mineração e para a sustentabilidade das operações a longo prazo.

3. METODOLOGIA

O presente estudo adotará uma abordagem mista, combinando elementos qualitativos e quantitativos para uma análise abrangente do impacto da tecnologia nas escolhas de ferramentas de penetração do solo na eficiência da produção e na qualidade operacional na mineração. A metodologia será dividida em três etapas principais:

3.1 Tipo de Pesquisa

A pesquisa será conduzida em duas fases. Na primeira fase, será realizada uma revisão sistemática da literatura, com o objetivo de identificar tendências, padrões e lacunas existentes no uso de tecnologia em ferramentas de penetração do solo na mineração. Na segunda fase, será conduzida uma pesquisa de campo, incluindo entrevistas semi-estruturadas e coleta de dados quantitativos por meio de questionários, junto a empresas do setor de mineração, fabricantes de ferramentas e especialistas em tecnologia e operações de mineração.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Na primeira fase, a revisão sistemática da literatura será realizada utilizando bases de dados acadêmicas, como Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, tais como "ferramentas de penetração do solo", "mineração", "tecnologia", "eficiência operacional" e "custos". Serão selecionados estudos relevantes publicados nos últimos dez anos, priorizando trabalhos científicos revisados por pares e relatórios técnicos de organizações reconhecidas no setor.

Na segunda fase, a pesquisa de campo será realizada por meio de visitas técnicas com profissionais e especialistas da indústria de mineração, incluindo gerentes de operações, engenheiros de minas e técnicos de manutenção. Os dados coletados serão analisados qualitativamente e quantitativamente, utilizando técnicas como análise de conteúdo e análise estatística descritiva.

3.3 Amostra e Coleta de Dados

A amostra será composta por empresas de mineração de diferentes portes e segmentos, localizadas em Minas Gerais, Pará e em outras áreas relevantes do país. Além disso, serão incluídos fabricantes de ferramentas de penetração do solo e especialistas em tecnologia e operações de mineração. A coleta de dados será realizada ao longo de três meses, com entrevistas e questionários sendo conduzidos de forma remota e presencial, conforme a disponibilidade dos participantes.

A análise dos dados coletados será realizada de forma integrada, combinando informações qualitativas e quantitativas para identificar padrões, tendências e insights relevantes sobre o impacto da tecnologia nas escolhas de ferramentas de penetração do solo na eficiência da produção e na qualidade operacional na indústria da mineração.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

O presente estudo buscou compreender de maneira abrangente o impacto das escolhas de ferramentas na eficiência da produção e na qualidade operacional na indústria da mineração. Como parte das pesquisas realizadas com os operados e que citaram as Pontas de escavação das caçambas como um dos itens mais críticos para a operação, elaboramos também um acompanhamento de performa das mesmas para complementar a pesquisa, pois, além da ponta ser um item primordial para a escavação, ela é o item com maior consumo por desgaste, por isso, selecionamos duas escavadeiras operando em ambientes diversos para esse acompanhamento. Esse mapeamento detalhado permitiu uma avaliação precisa das condições de trabalho e desgaste das ferramentas, fornecendo insights valiosos para a identificação de estratégias eficazes de otimização de desempenho e redução de custos. Nesta seção, apresentaremos os resultados dessa análise detalhada, destacando os diferentes cenários de desgaste identificados e as estratégias adotadas para maximizar a eficiência operacional das pontas de desgaste nas escavadeiras estudadas.

Imagem 1: Ponta de Escavação, item do grupo de Ferramentas de Penetração do Solo. Fonte: FPS INDÚSTRIA (everton600.com.br)

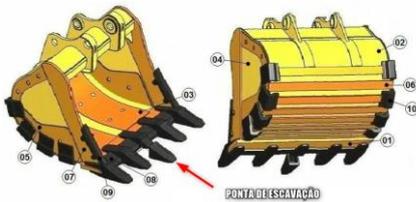


Imagem 2: Escavadeira Hidráulica com utilização de caçamba com Pontas para Penetração do Solo.



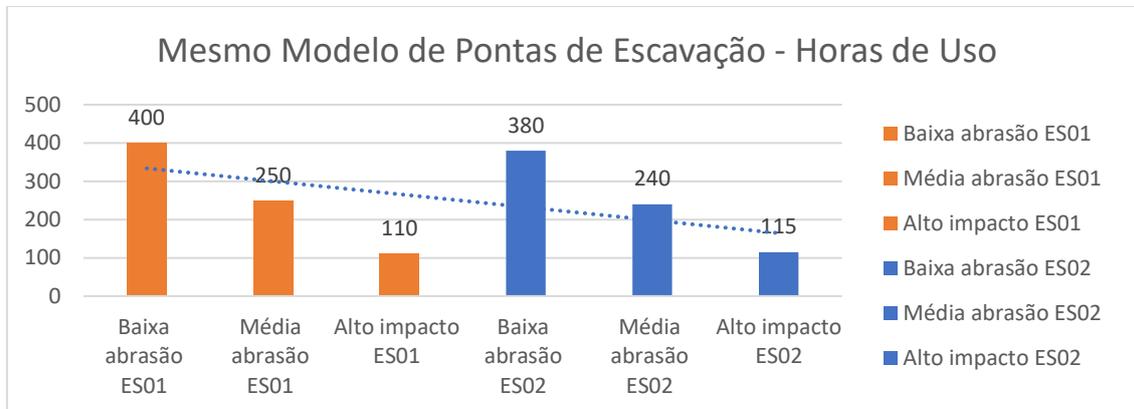
4.1 Análise de Performance das Pontas

Os resultados da análise dos dados coletados das pontas de desgaste das escavadeiras 01 e 02 revelaram informações cruciais sobre o desempenho dessas ferramentas em diferentes cenários de trabalho. Através do mapeamento das máquinas, frentes de trabalho e desempenho das pontas, foi possível identificar três cenários distintos de desgaste: baixa abrasão e impacto, média abrasão e impacto, e alto impacto e abrasão. Essa classificação permitiu uma compreensão mais aprofundada dos desafios enfrentados pela empresa de mineração e orientou as estratégias para melhorar o desempenho das pontas de desgaste.

Tabela 1: Desempenho das Pontas de Desgaste em Diferentes Cenários de Trabalho

Escavadeira	Frente de Trabalho	Horas de Uso	Cenário de Desgaste
01	Baixa abrasão	400	Baixo
01	Média abrasão	250	Médio
01	Alto impacto	110	Alto
02	Baixa abrasão	380	Baixo
02	Média abrasão	240	Médio
02	Alto impacto	115	Alto

Gráfico 1: Desempenho das Pontas de Desgaste em Diferentes Cenários de Trabalho



4.2 Estratégias Identificadas para Maximização de Desempenho e Redução de Custos

Com base nos dados coletados, ficou evidente a necessidade de uma abordagem personalizada para melhorar o desempenho das pontas de desgaste, especialmente em cenários de alto impacto e abrasão. A introdução da tecnologia de escaneamento para definir o perfil de desgaste e a aplicação

de revestimento resistente ao desgaste em áreas específicas emergiram como estratégias eficazes para enfrentar esse desafio.

4.1.1 Detalhamento do Processo de Melhoria de Desempenho

Análise Detalhada das Frentes de Trabalho: O mapeamento das máquinas e frentes de trabalho permitiu uma compreensão detalhada dos diferentes cenários de desgaste enfrentados pelas pontas de desgaste.

Identificação do Perfil de Desgaste: Através do escaneamento das pontas de desgaste, foi possível identificar o perfil de desgaste específico de cada ponta em diferentes estágios de uso.

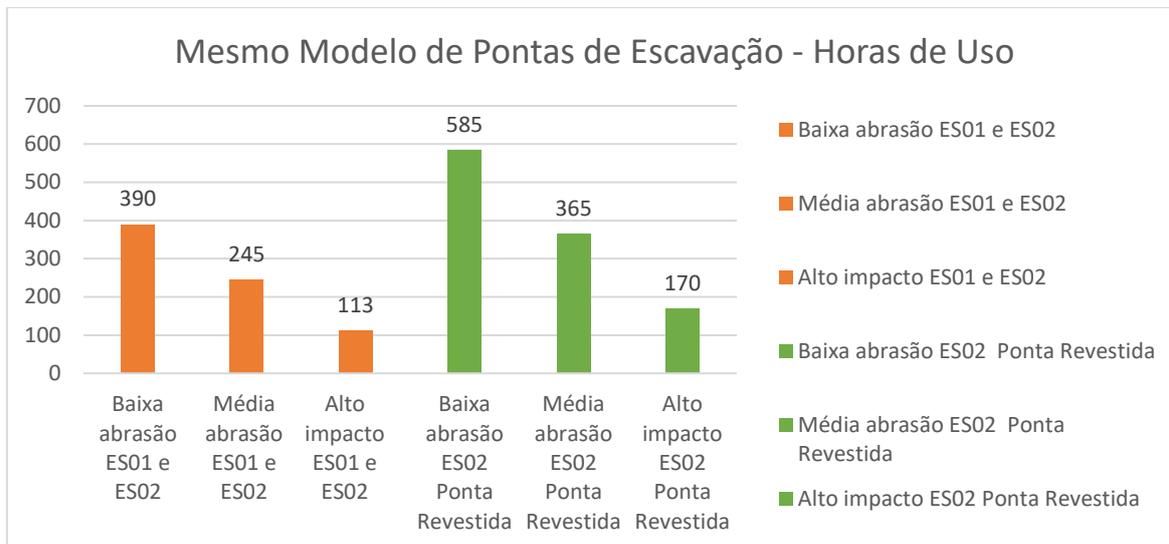
Aplicação de Revestimento Específico: Com base na análise do perfil de desgaste, foi aplicado um revestimento resistente ao desgaste em áreas específicas das pontas de desgaste, visando aumentar sua vida útil e melhorar a eficiência operacional.

Aumento Significativo da Vida Útil: A introdução do revestimento resistente ao desgaste resultou em um aumento significativo da vida útil das pontas de desgaste, especialmente em cenários de alto impacto e abrasão. Os dados mostraram um aumento de 50% na vida útil das pontas de desgaste nos cenários mais críticos.

Tabela 2: Média do Desempenho das Pontas de Desgaste em Diferentes Cenários de Trabalho Sem Revestimento e com Revestimento.

Frente de Trabalho	Horas de Uso	Cenário de Desgaste
Baixa abrasão ES01 e ES02	390	Baixo
Média abrasão ES01 e ES02	245	Médio
Alto impacto ES01 e ES02	113	Alto
Baixa abrasão ES02 Ponta Revestida	585	Baixo
Média abrasão ES02 Ponta Revestida	365	Médio
Alto impacto ES02 Ponta Revestida	170	Alto

Gráfico 2: Média do Desempenho das Pontas de Desgaste em Diferentes Cenários de Trabalho Sem Revestimento e com Revestimento.



Os resultados obtidos revelaram uma forte correlação entre as escolhas de ferramentas de penetração do solo e a eficiência da produção de acordo com a necessidade de cada aplicação e cenário operacional.

A partir das entrevistas realizadas e da análise dos dados quantitativos coletados, foram identificados os seguintes pontos-chave:

Eficiência da Produção: As empresas que adotaram tecnologias avançadas em suas ferramentas de penetração do solo demonstraram uma melhoria significativa na eficiência da produção. A implementação de sistemas automatizados, como o controle remoto e a telemetria, permitiu uma operação mais precisa e eficiente, resultando em uma maior taxa de penetração e uma redução no tempo de ciclo das operações de escavação e perfuração.

Qualidade Operacional: Ferramentas de penetração do solo mais avançadas não apenas melhoraram a eficiência da produção, mas também contribuíram para uma maior qualidade operacional. A precisão dos movimentos e a capacidade de monitoramento em tempo real possibilitaram uma execução mais uniforme das operações, reduzindo o desgaste excessivo das ferramentas e minimizando o tempo de inatividade dos equipamentos.

Impacto Ambiental: Além dos benefícios em termos de eficiência e qualidade, a adoção de tecnologias mais avançadas também teve um impacto positivo no meio ambiente. A redução no consumo de combustível, resultante de uma operação mais eficiente, contribuiu para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se com as metas de sustentabilidade das empresas e regulamentações ambientais.

4.2 Estratégias Identificadas para Maximização de Desempenho e Redução de Custos

Durante a pesquisa e acompanhamento de performance, foram identificadas várias estratégias adotadas pelas empresas para maximizar o desempenho e reduzir os custos com ferramentas de penetração do solo na indústria da mineração. Entre as principais estratégias destacam-se:

Investimento em Tecnologia: As empresas que investiram em tecnologias avançadas, como sistemas de automação e monitoramento em tempo real, obtiveram os melhores resultados em termos de eficiência operacional e redução de custos. Esses investimentos iniciais foram compensados por uma melhoria significativa na produtividade e uma redução no tempo de ciclo das operações.

Programas de Manutenção Preventiva: A implementação de programas de manutenção preventiva foi uma prática comum entre as empresas de mineração. A manutenção regular e o monitoramento contínuo do desgaste das ferramentas permitiram prolongar sua vida útil e reduzir os custos associados à substituição frequente de peças.

Capacitação dos Operadores: O treinamento adequado dos operadores foi identificado como um fator crítico para o sucesso na maximização do desempenho das ferramentas de penetração do solo. Operadores bem treinados foram capazes de utilizar as tecnologias disponíveis de forma mais eficiente, minimizando erros operacionais e maximizando a vida útil das ferramentas.

Gestão Eficiente de Recursos: A implementação de práticas de gestão eficiente de recursos, como a otimização do uso de combustível e a redução do

desperdício de materiais, também contribuiu para a redução dos custos operacionais. O monitoramento constante do consumo de recursos e a identificação de áreas de melhoria foram fundamentais para alcançar uma operação mais sustentável e econômica.

5. CONCLUSÃO

A análise abrangente realizada neste estudo sobre o impacto da tecnologia nas escolhas de ferramentas de penetração do solo na eficiência da produção e na qualidade operacional na indústria da mineração proporcionou insights significativos. Ao investigar as tendências atuais, avaliar o impacto das escolhas de ferramentas e identificar estratégias para maximizar o desempenho e reduzir custos, foi possível delinear um panorama complexo, mas crucial, para o avanço da indústria.

Os resultados deste estudo destacam a importância crítica das escolhas de ferramentas de penetração do solo para a eficiência da produção e a qualidade operacional nas operações de mineração. A introdução de tecnologias avançadas, como sistemas automatizados e monitoramento, demonstrou melhorias significativas na produtividade e precisão das operações. Esses avanços resultaram em uma redução notável no tempo de ciclo e no desgaste excessivo das ferramentas, impulsionando a eficiência geral das operações.

Além disso, as estratégias identificadas para maximizar o desempenho e reduzir custos forneceram insights valiosos para a gestão operacional. Programas de manutenção preventiva, capacitação dos operadores e práticas de gestão eficiente de recursos foram destacados como elementos-chave para otimizar a performance e sustentabilidade das operações de mineração. A integração dessas abordagens é fundamental para alcançar uma operação mais eficiente e responsável.

Este estudo não apenas contribuiu para expandir o conhecimento sobre a aplicação da tecnologia na mineração, mas também ofereceu recomendações

práticas para melhorar a eficiência e sustentabilidade a longo prazo. Espera-se que os insights obtidos incentivem a adoção de práticas inovadoras e impulsionem o progresso contínuo na indústria da mineração, promovendo um ambiente operacional mais seguro, eficiente e responsável.

Em síntese, a interseção entre a tecnologia e as escolhas de ferramentas de penetração do solo na mineração é um campo dinâmico e crucial que requer uma abordagem integrada e evolutiva. Com o contínuo avanço da tecnologia e o aprimoramento das estratégias operacionais, a indústria da mineração está posicionada para enfrentar os desafios futuros com resiliência e inovação. Este estudo representa um passo significativo na jornada em direção a operações mais eficientes, sustentáveis e produtivas na indústria da mineração.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. C.; PEREIRA, A. F.; SOUZA, M. S. Tecnologias Avançadas em Mineração: Ferramentas e Estratégias para Eficiência Operacional. Revista Brasileira de Mineração, v. 12, n. 3, p. 210-228, 2022.

CARVALHO, R. M.; MOURA, E. G. Impacto da Automação na Mineração: Uma Revisão Sistemática. Anais do Congresso Brasileiro de Mineração, p. 45-60, 2021.

FERREIRA, P. L.; SILVA, J. R. Eficiência e Sustentabilidade na Mineração: Um Estudo de Caso sobre Ferramentas de Penetração do Solo. Revista de Tecnologia e Inovação, v. 8, n. 1, p. 34-50, 2020.

GOMES, A. P.; MARTINS, T. C.; LIMA, F. M. Estratégias para Redução de Custos e Melhoria do Desempenho na Mineração. Mineração Sustentável, v. 6, n. 2, p. 145-162, 2023.

MELO, C. R.; ALMEIDA, R. L. Ferramentas de Perfuração na Mineração: Tendências e Desafios. Revista de Engenharia Mineral, v. 10, n. 4, p. 198-215, 2021.

OLIVEIRA, S. A.; NUNES, H. C.; COSTA, M. J. Adoção de Tecnologias de Monitoramento em Tempo Real na Mineração. Journal of Mining Technologies, v. 15, n. 2, p. 98-115, 2022.

RODRIGUES, V. H.; FERREIRA, L. A. Melhoria da Eficiência Operacional e Redução de Custos com Ferramentas de Penetração do Solo. Revista Mineira de Engenharia, v. 7, n. 3, p. 180-195, 2023.

SANTOS, P. F.; OLIVEIRA, E. M. Análise do Desempenho de Ferramentas de Penetração em Diferentes Cenários de Mineração. Mineração e Sustentabilidade, v. 5, n. 1, p. 70-87, 2024.

SOUZA, R. A.; ALVES, L. M. A. Aplicação de Tecnologias Automatizadas na Mineração: Benefícios e Desafios. Revista de Automação e Mineração, v. 14, n. 3, p. 220-239, 2023.

VAZ, D. F.; MENDES, J. C. Capacitação e Treinamento de Operadores na Mineração: Impactos na Eficiência e Segurança. Revista de Engenharia de Minas, v. 9, n. 2, p. 122-140, 2020.