



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Sociais Aplicadas
- ICSA -
Departamento de Ciências Econômicas



Thiago Henrique Marques Almeida Carmo

O Nível de Emprego e o Processo de Automação no Setor de Mineração de Ferro no Brasil

Monografia de Graduação

Mariana, 2023

Thiago Henrique Marques Almeida Carmo

O Nível de Emprego e o Processo de Automatização no Setor de Mineração de Ferro no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Bacharelado em Ciências Econômicas.

Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Andre Mourthe

Mariana

2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C287n Carmo, Thiago Henrique Marques Almeida.

O nível de emprego e o processo de automatização no setor de mineração de ferro no Brasil. [manuscrito] / Thiago Henrique Marques Almeida Carmo. - 2023.

47 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. André Mourthe Oliveira.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências Econômicas .

1. Trabalho - Análise. 2. Automação. 3. Minas e recursos minerais. I. Oliveira, André Mourthe. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 338.45

Bibliotecário(a) Responsável: Iury De Souza Batista - SIAPE: 1.134.746



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thiago Henrique Marques Almeida Carmo

O Nível de Emprego e o Processo de Automatização no Setor de Mineração de Ferro no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia

Aprovada em 28 de agosto de 2023

Membros da banca

Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
Prof. Dr. Francisco Horácio Pereira de Oliveira - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Prof. Dr. Daniel do Val Cosentino - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Prof. Dr. André Mourthé de Oliveira, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 29/08/2023



Documento assinado eletronicamente por **Andre Mourthe de Oliveira, VICE-COORDENADOR(A) DE CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**, em 29/08/2023, às 19:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0582789** e o código CRC **A49288E0**.

Agradecimentos

Ao final desta empolgante etapa da minha vida, onde números e teorias se entrelaçaram para formar a sólida base do meu conhecimento econômico, não posso deixar de expressar minha gratidão de maneira tão vibrante quanto as flutuações do mercado financeiro. Com um coração transbordante de alegria e reconhecimento, sinto-me compelido a dedicar este momento especial a todos que fizeram parte da minha caminhada acadêmica na Universidade Federal de Ouro Preto.

Começo minha jornada de agradecimento com um sincero obrigado ao Ser Supremo, aquele que, com sua infinita sabedoria, guiou meus passos e iluminou meu caminho durante cada desafio e vitória. Foi Sua mão que guiou minha caneta em cada prova e orientou minha mente na resolução dos complexos enigmas econômicos.

Aos meus incansáveis pais, Vera e José Carlos, o meu mais profundo agradecimento. Não somente pela herança genética que me dotou de determinação e paixão pelo conhecimento, mas também pela crença inabalável em meus sonhos. Se hoje alcanço este marco, é porque aprendi com vocês que os desafios são trampolins para o sucesso e que a perseverança é a chave para abrir portas antes consideradas intransponíveis.

Minha querida irmã, exemplo vivo de determinação e garra, você sempre me inspirou a buscar o melhor em mim mesmo. Cada vez que eu olhava para você, via um reflexo do que poderia me tornar – uma pessoa que enfrenta os obstáculos de frente e supera todas as adversidades com graça e firmeza.

À minha família, cujo amor e apoio não têm preço, expressei minha mais profunda gratidão. Minha esposa, Nadya, você é minha âncora, minha parceira de vida, e com você, cada desafio se transforma em uma aventura compartilhada. Henrique e Yasmin, meus filhos queridos, são as luzes que iluminam meus dias com risadas contagiantes e amor incondicional. Vocês são minha motivação constante para crescer e me superar.

Aos professores que moldaram meu intelecto e me guiaram com sua sabedoria, minha mais sincera gratidão. Ao professor André Mourthe, cuja forma divertida de ensinar transformou até mesmo as teorias mais complexas em experiências envolventes e memoráveis. Você não apenas compartilhou conhecimento, mas também alegria e entusiasmo, tornando o aprendizado uma jornada emocionante.

Ao professor e amigo Luiz Mateus, mestre das artes marciais e das lições de vida, sua orientação transcendia as fronteiras da sala de aula. Sua sabedoria e amizade são tesouros inestimáveis que levarei comigo ao longo da minha jornada.

E ao professor Paulo, cujas aulas sobre formação econômica brasileira e história

abriram janelas para as raízes e complexidades do nosso país. Sua inteligência e dedicação em compartilhar os intrincados detalhes da nossa história econômica foram verdadeiramente inspiradores.

Quero deixar claro o quanto sou grato aos meus amigos na Samarco, cujo apoio constante tem sido vital para o meu progresso tanto profissional quanto pessoal. Embora eu adoraria mencionar cada nome, há o risco de omitir alguém especial. Desejo expressar um genuíno agradecimento à Samarco por me proporcionar uma oportunidade contínua de crescimento desde 1989, quando cheguei à vila Samarco como filho de um funcionário. Hoje, sinto um profundo orgulho por estar contribuindo para essa história. Meu coração transborda de gratidão e tenho a esperança de continuarmos juntos, apoiando uns aos outros, enquanto trilhamos um caminho rumo a uma mineração diferente.

Ao olhar para trás e rever minha jornada ao longo deste período acadêmico, sinto uma gratidão sincera por todos que estiveram ao meu lado. Cada obstáculo vencido e cada meta alcançada foram frutos do apoio incansável de professores, colegas e familiares. Cada experiência vivida contribuiu para meu crescimento pessoal e conhecimento. Por isso, expresso minha profunda gratidão a todos que compartilharam essa trajetória comigo.

Que este momento marque apenas o início de muitas vitórias por vir, e que nossos vínculos de afeto, admiração e superação permaneçam intactos. Com alegria genuína e gratidão, estendo meus agradecimentos a todos que tornaram este dia de celebração e conquista uma realidade.

”O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão para existir. Uma pessoa não pode deixar de se sentir reverente ao contemplar os mistérios da eternidade, da vida, da maravilhosa estrutura da realidade. Basta que a pessoa tente apenas compreender um pouco mais desse mistério a cada dia. Nunca perca uma sagrada curiosidade”.

— Albert Einstein.

Resumo

Este estudo foca na influência de três fatores essenciais: emprego, automatização e segurança na indústria de mineração brasileira. A pesquisa considera a interconexão desses elementos e seu impacto na performance econômica do setor. O emprego é reconhecido como um indicador fundamental da saúde econômica de um país, influenciando investimentos e crescimento. A automação, embora potencialmente benéfica em termos de eficiência e produtividade, requer um equilíbrio sensato entre tecnologia e mão de obra qualificada. A análise da automação é crucial para entender suas implicações no nível de emprego. Além disso, a segurança desempenha um papel crucial na garantia da operação fluida e eficiente das indústrias de mineração, com potencial para estimular a inovação. Portanto, este estudo busca fornecer uma visão abrangente dos desafios e oportunidades enfrentados pela indústria de mineração brasileira, com o objetivo de informar políticas públicas e estratégias empresariais mais eficazes. (...)

Palavras-chaves: emprego. automatização. mineração.

Abstract

This study focuses on the influence of three essential factors: employment, automation, and security in the Brazilian mining industry. The research considers the interconnection of these elements and their impact on the economic performance of the sector. Employment is recognized as a key indicator of a country's economic health, influencing investments and growth. Automation, although potentially beneficial in terms of efficiency and productivity, requires a sensible balance between technology and skilled labor. Analyzing automation is crucial to understanding its implications on employment levels. Furthermore, security plays a crucial role in ensuring the smooth and efficient operation of mining industries, with the potential to stimulate innovation. Therefore, this study seeks to provide a comprehensive view of the challenges and opportunities faced by the Brazilian mining industry, with the aim of informing more effective public policies and business strategies.

Keywords: employment, automation, mining.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Indústria.	12
Figura 2 – Pilha de minério.	13
Figura 3 – Industrial Wireless Sensor Networks and Heat Trace.	14
Figura 4 – Foto da exploração da mina em Serra Pelada.	17
Figura 5 – PRINCIPAIS DADOS DA #MineraçãodoBrasil EM 2020.	23
Figura 6 – O minério de ferro responde por 70% do faturamento no primeiro trimestre de 2021.	26
Figura 7 – Faturamento do setor mineral 2019x2020.	26
Figura 8 – Como a tecnologia vai impactar o futuro do emprego.	27
Figura 9 – Número de artigos publicados sobre inovação na mineração.	29
Figura 10 – Assuntos citados entre os anos de 2009-2016.	30
Figura 11 – Quantidade de Acidentes no setor versus força de trabalho na Mineração.	33
Figura 12 – Valvula mangote manual.	38

Lista de tabelas

Tabela 1 – Nove razões para a aceitação do processo de automatização devido aos aspectos positivos. Fonte: **(Groover; 2010)**. 37

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PTF	Produtividade total dos fatores
ANM	Agência Nacional de Mineração
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PTF	Produtividade Total dos Fatores
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
MME	Ministério de Minas e Energia

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contexto	12
1.2	Materiais e Métodos	18
1.3	Objetivos	18
1.3.1	Objetivo geral	19
1.3.1.1	Objetivos Específicos	20
1.4	Organização e estrutura	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	Produtividade na mineração	21
2.2	Empregos	27
2.3	Pesquisa e desenvolvimento	28
2.3.1	Educação no Brasil	30
2.4	Segurança	32
2.5	Tecnologia Na Mineração	34
2.5.1	Equipamentos	36
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

1 Introdução

1.1 Contexto

Serão abordadas algumas análises e questões no campo da mineração que ilustram a necessidade de automatizar e sistematizar as atividades para aprimorar a eficiência, empregabilidade e a segurança tanto das pessoas envolvidas quanto do negócio nas operações diárias. De acordo com Wright e Czelusta (2002), a escassez de recursos minerais impulsiona investimentos em tecnologias que habilitem as empresas a realizar extrações minerais com custos reduzidos, conduzindo-as a um nível de complexidade tecnológica elevada e uma abordagem intensiva em conhecimento.



Figura 1 – Indústria. Crédito: (Emerson Process).

A automação está presente nas indústrias com o objetivo básico de facilitar os processos produtivos, isto é, produzir bens com menor custo, menor tempo, maior qualidade e maior quantidade. Estando, portanto, intimamente ligada aos controles de qualidade, uma vez que assegura uma produção com características uniformes e com preço competitivo (VILELA; VIDAL, 2003).

No entanto, visando a diminuição dos custos no setor de mineração no Brasil, é fundamental priorizar o desenvolvimento do capital intelectual necessário para operar essas tecnologias de forma eficaz. Embora os ganhos de produtividade obtidos com as máquinas no chão de fábrica sejam imediatos e evidentes, essa economia resultante é de natureza pontual e de curto prazo. Isso ocorre porque, frequentemente, os funcionários são treinados exclusivamente para operar os equipamentos, limitando sua capacitação a essa função específica. Na verdade, as mais importantes escolas de formação profissional, com algumas exceções de empresas brasileiras, estão instaladas nas grandes fábricas e escritórios das multinacionais (Lucena, Maria Diva da Salete, 2017).

Muitas empresas já adotaram tecnologias no chão de fábrica, como sensores e válvulas, para monitorar as linhas de produção e processos industriais em tempo real. Tipicamente, sensores incorporados são instalados para medir parâmetros como temperatura, pressão do fluxo, movimento de válvulas, vibração e outros indicadores que podem apontar a possibilidade de falhas em equipamentos. Tanto as indústrias de processo quanto as de manufatura têm feito investimentos substanciais em sistemas de alarme projetados para interromper as máquinas, reduzindo a probabilidade de falhas graves e minimizando períodos de inatividade prolongados.



Figura 2 – Pilha de minério. Crédito: (Ricardo Teles).

Um exemplo concreto da contínua evolução na indústria de mineração é a implementação de processos automatizados para a triagem e separação de minérios, além da necessidade atual de equipar as barragens e a qualidade da água no seu entorno, disponibilizando dados on-line para órgãos competentes. Nesse cenário, o emprego de algoritmos altamente avançados e sensores de última geração emerge como um impulsor fundamental da eficiência operacional. No entanto, é importante salientar que a operacionalização, compreensão e manutenção desses sistemas automatizados requerem um domínio profundo de diversas disciplinas.

A aplicação bem-sucedida desses sistemas demanda uma sinergia entre conhecimentos especializados em múltiplas áreas, como elétrica, instrumentação, automação e análise de dados que está em tendência ser inteligência artificial. Enquanto isso, especialistas em instrumentação e automação são essenciais para a seleção e implantação dos sensores sofisticados que garantem uma aquisição precisa e confiável dos dados.

As disciplinas que integram os processos no âmbito da mineração, com o propósito de efetuar escolhas embasadas em análise de dados, desempenham um papel de destaque ao transformar os dados obtidos em perspicazes discernimentos. Indivíduos especializados nessas esferas ainda carregam a responsabilidade de interpretar os padrões, identificar tendências e detectar anomalias nos dados originados por sensores e algoritmos, concedendo informações cruciais para otimizar as operações e tomar decisões fundamentadas.

No entanto, em um futuro próximo, a dinâmica dessas áreas está prestes a evoluir. Esses profissionais não apenas participarão do processo para executar manutenções nos sistemas de inteligência artificial, mas também para contribuir na aquisição e desenvolvimento de algoritmos mais refinados, essenciais para o avanço no aprendizado das máquinas.

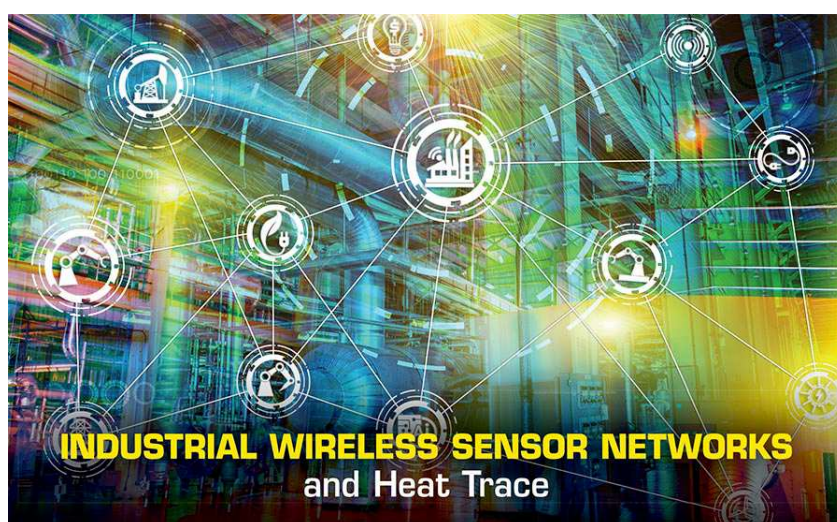


Figura 3 – Industrial Wireless Sensor Networks and Heat Trace. Crédito: (Chris Myers; Chromalox; Mark Crombie; 2019).

Toda essa convergência de especialidades culmina na criação de um capital intelectual notável dentro do setor de mineração. A necessidade de profissionais altamente qualificados em engenharia de software, eletrônica de precisão, análise de dados e outras disciplinas relevantes torna-se evidente. Esse capital intelectual bem desenvolvido não apenas impulsiona a eficiência operacional, mas também abre portas para inovações contínuas no campo da mineração automatizada. No entanto, o domínio da tecnologia nunca foi repassado, mas apenas as técnicas e os processos de trabalho para operacionalizar a tecnologia. (Lucena, Maria Diva da Salete, 2017)

Outro exemplo prático é a implementação de veículos autônomos para transporte de minérios dentro das minas. Embora isso possa otimizar os fluxos de logística e reduzir custos, a gestão e monitoramento desses veículos requerem profissionais capacitados em tecnologias de comunicação, programação e controle de máquinas autônomas.

Ademais, os custos de aquisição, que quase em sua totalidade derivam de importações, estão sujeitos à influência principalmente da variação cambial, fretes e outros fatores, o que acarreta um aumento dos custos a longo prazo. Este fato estabelece a diferença fundamental entre investimento de capital estrangeiro e transferência de tecnologia. A tecnologia não vem junto, apenas o seu uso. O segredo fica na matriz. (Lucena, Maria Diva da Salete, 2017)

Diante dessa situação, a reflexão que se impõe é: quais medidas podem ser adotadas para impulsionar o aumento do emprego no setor mineral brasileiro, especialmente considerando a forte dependência de tecnologia importada? Esse cenário é agravado pelo panorama educacional no Brasil, conforme observado por Lucena, Maria Diva da Salete (2017), onde questões aparentemente simples, como a capacitação contínua, a atualização e a adaptação dos trabalhadores às transformações tecnológicas, frequentemente se transformam em desafios árduos e, em muitos casos, inatingíveis.

Enquanto a mineração permanece como um dos pilares fundamentais da economia nacional, contribuindo substancialmente para as exportações do país, não se pode negligenciar a necessidade de revisitar as leis e a estrutura tributária que regem o setor. Nesse contexto, debates e críticas têm se concentrado nas políticas e regulamentações que impactam a indústria de mineração no Brasil.

Em relação ao marco legal, o Brasil conta com a Lei nº 13.575/2017, que institui a Política Nacional de Mineração e estabelece as diretrizes para a exploração mineral no país. A lei determina a necessidade de licenciamento ambiental e estabelece as regras para a concessão de lavra, além de prever a criação de um sistema de gestão da informação mineral.

Já em relação à estrutura tributária, o setor de mineração é bastante onerado. Segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), em 2020, as empresas de

mineração pagaram cerca de R\$29 bilhões em impostos e royalties ao governo brasileiro. Além disso, o setor também é afetado por tarifas de importação e exportação. Em 2021, a tarifa de exportação de minério de ferro foi reduzida de 2% para 0%, mas outras tarifas ainda se aplicam.

Essa estrutura tributária pode ter impactos no desenvolvimento tecnológico do setor de mineração, uma vez que parte dos recursos que poderiam ser investidos em pesquisa e inovação são destinados ao pagamento de impostos e tarifas.

O setor de mineração no Brasil tem investido em tecnologia e inovação para aprimorar seus processos e se tornar mais competitivo. Porém, é crucial equilibrar a arrecadação tributária com o estímulo ao desenvolvimento tecnológico e à inovação. Isso garantirá a sustentabilidade e competitividade a longo prazo.

É essencial promover incentivos fiscais e programas de apoio à pesquisa, estabelecer parcerias público-privadas e capacitar profissionais para lidar com as novas tecnologias. Assim, a modernização responsável da indústria mineradora impulsionará o crescimento sustentável do país.

Atualmente, perdura a realidade em que em algumas práticas de extração e processamento mineral ainda encontram-se ancoradas em métodos manuais, resultando na exposição dos trabalhadores a perigosas condições e a uma sobrecarga física extenuante. Os profissionais envolvidos enfrentam obstáculos consideráveis ao lidar com um ambiente adverso e as demandas exorbitantes inerentes à indústria mineradora. A ocorrência de acidentes e incidentes resultantes dessas condições de trabalho ainda representa uma inquietação latente, tanto para as empresas quanto para a sociedade em geral.

As empresas que desrespeitam as leis e ignoram os direitos fundamentais dos indivíduos agravam ainda mais esse cenário. As lesões graves e, ainda mais trágico, a perda de vidas humanas, emergem como um problema de extrema gravidade, afetando não somente os trabalhadores diretamente implicados, mas estendendo suas ramificações às famílias e comunidades a que pertencem. Este é um dilema que permanece, demandando atenção urgente e medidas eficazes para instaurar mudanças significativas e garantir a integridade e bem-estar daqueles que contribuem para essa atividade essencial.

No entanto, ao longo do tempo, a conscientização sobre a importância da segurança ocupacional na indústria mineradora aumentou significativamente. Com o avanço da tecnologia e a evolução dos processos, muitas empresas se voltaram para a automação e o uso de equipamentos mais seguros e eficientes.

A busca por maior segurança e eficiência motivou a implementação de medidas preventivas, como treinamentos específicos para os trabalhadores, uso de equipamentos de proteção individual adequados e aperfeiçoamento dos procedimentos de segurança no ambiente de trabalho.



Figura 4 – Foto da exploração da mina em Serra Pelada. Fonte: (Sebastio Salgado; 1944).

Hoje, é visível o esforço da indústria mineradora em mitigar os riscos e proporcionar um ambiente laboral mais seguro para seus funcionários. A adoção de tecnologias inovadoras, como a robótica e a automação, tem permitido a redução significativa da exposição humana a situações perigosas e tem contribuído para a preservação da integridade física dos trabalhadores.

Com uma abordagem cada vez mais focada na segurança e no bem-estar dos colaboradores, a indústria mineradora caminha para uma realidade mais promissora, na qual a modernização dos processos não apenas aumenta a eficiência e competitividade,

mas também protege e valoriza o elemento humano, tornando o setor mais sustentável e responsável em sua atuação.

Para Augusto Elias Lima, Gilmar Teixeira dos Santos e Pedro Xavier da Pena (2020), houve um aumento no número de falhas e óbitos devido ao acidente ocorrido na barragem de mineração em Brumadinho. Porém, desde 1970, o número de falhas e óbitos vem caindo, e esse fato se deve muito também à preocupação com a segurança que ainda está longe de ser ideal, mas que surtiu efeito ao longo dos anos, após substituição da força humana por máquinas.

1.2 Materiais e Métodos

Trata-se de um estudo composto por levantamento bibliográfico e observações das relações que o trabalho se propôs a estabelecer. O estudo em questão é de natureza comparativa, que se insere nos domínios da pesquisa qualitativa. Os instrumentos de análise das informações baseiam-se no método comparativo. Tal procedimento é conhecido como principal meio para captar informações e destacar as divergências teóricas, bem como as similaridades apresentadas entre os autores escolhidos, buscando algumas conclusões a partir dos autores pesquisados. Para composição dos dados foram feitos também uma pesquisa bibliográfica e documental.

1.3 Objetivos

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise aprofundada dos dados qualitativos e quantitativos relacionados ao processo de automatização na indústria de mineração do Brasil. Essa análise visa entender e discutir as implicações desse processo na empregabilidade e na capacidade competitiva no mercado.

A automatização, enquanto um fenômeno crescente nesta indústria, pode afetar significativamente as oportunidades de emprego e a dinâmica de mercado, fazendo deste um tema de estudo de extrema relevância.

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2012) destacou que a indústria de mineração tem um notável "efeito multiplicador de empregos". Especificamente, a proporção é de 1:13, significando que para cada emprego criado na mineração, são geradas treze vagas adicionais ao longo da cadeia produtiva. Isso demonstra o impacto substancial que a mineração tem na geração de empregos, não apenas dentro do setor, mas também em setores associados. Este efeito multiplicador e suas potenciais transformações estão relacionados ao avanço da automatização e constituem aspectos centrais desta pesquisa.

De acordo com o IBRAM (2020), em 2019 o número de minas/unidades produtoras em operação no Brasil era de 18.040 unidades, extraindo 51 substâncias principais. Minas

gerais é o estado com o maior número, totalizando 3399 minas em operação no ano de 2019, sendo 36 substâncias principais, mas 53 substâncias geradoras da CFEM.

De acordo com os dados do Ministério da Economia, Secretaria Especial de Previdência e Trabalho, em dezembro de 2019 o setor extrativo Mineral possuía 174.719 empregos diretos. Os dados foram obtidos através do sistema de Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) para a divisão de atividades econômicas da CNAE 2.0, sendo elas: divisão 5 – extração de carvão mineral; divisão 7 – extração de minerais metálicos; divisão 8 – extração de minerais não metálicos; e divisão 9 – atividades de apoio a extração de minerais (IBRAM,2020).

Serão apresentadas evidências que enfatizam a crescente necessidade da indústria de mineração de investir de forma consistente em pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico. De acordo com Moura (2008, p. 2), "um dos determinantes decisivos da competitividade é o desenvolvimento da tecnologia, e, neste contexto, a Pesquisa e Desenvolvimento de uma organização podem conferir uma vantagem competitiva".

Ainda conforme o estudo, esses investimentos são fundamentais para a sustentabilidade e a permanência em um mercado que é caracterizado por expressivas barreiras à entrada e alta competitividade. Pfitzner (2014) descreve a indústria de mineração como um ambiente de oligopólios concentrados, com intensa competição e a presença de players de alcance global.

Além disso, o trabalho discutirá os dados relativos ao investimento voltado à segurança e ao bem-estar dos trabalhadores, assim como o impacto desses investimentos na comunidade que se encontra na área de influência da mineração. Farias (2002) ressalta que a mineração é uma atividade de grande relevância para o desenvolvimento econômico e social. Não só contribui para o crescimento econômico, mas também tem implicações significativas para o bem-estar da força de trabalho e das comunidades circundantes. Assim, é essencial que os investimentos no setor considerem esses fatores de múltiplas dimensões.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo central desta pesquisa é ressaltar os dados recolhidos em estudos que sublinham a imperatividade de investir em educação focada em tecnologia. Tal investimento tem por finalidade a preparação de profissionais altamente capacitados. Estes, por sua vez, desempenharão um papel crucial na criação de um ambiente no Brasil que promova o aumento do emprego no setor de mineração de ferro. Importante notar que esse impulso na geração de empregos é um resultado intrínseco ao progresso contínuo em tecnologia, inovação, segurança e sustentabilidade.

1.3.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar os dados de empregabilidade no setor de mineração de ferro comparando com a implantação de processos de automação;
- Analisar os dados de segurança e apontar como a tecnologia pode ser eficiente no processo;
- Apontar possíveis ações para aumentar o nível de emprego no setor.

1.4 Organização e estrutura

A estrutura deste trabalho segue o seguinte esquema: o capítulo 1, intitulado Introdução, abrange uma análise aprofundada dos principais estudos dentro do escopo desta pesquisa. Esses estudos fornecem insights fundamentais para a compreensão dos aspectos-chave, como empregabilidade, deficiências na educação e o processo de automatização em constante evolução na indústria do minério de ferro. No capítulo 2, denominado Revisão de Literatura, ocorre uma minuciosa análise dos pontos mencionados, que servem como base para fundamentar a pesquisa atual. O capítulo abrange várias seções, incluindo Produtividade na mineração, Empregos, Pesquisa e desenvolvimento, Segurança e Tecnologia na Mineração.

Essas seções desempenham um papel crucial ao aprofundar as discussões e ao reunir dados relevantes para oferecer uma compreensão mais precisa da situação econômica do Brasil. O objetivo é não apenas proporcionar clareza, mas também estimular discussões significativas, a fim de garantir que as transformações pelas quais o Brasil está atravessando, em relação à automatização, emprego, produtividade, crescimento e desenvolvimento, ocorram de maneira eficaz e agreguem valor à sociedade. Por fim, os objetivos geral e específicos são estabelecidos para servir como alicerces integrais que sustentam toda a estrutura do trabalho.

2 Revisão de literatura

Neste capítulo, concentramos nossa análise nos princípios e teorias que sustentam os elementos fundamentais deste estudo: automação, emprego e mineração no cenário brasileiro. São esses alicerces que moldam as avaliações e a pesquisa realizada ao longo deste trabalho.

2.1 Produtividade na mineração

A produtividade constitui um alicerce essencial para o sucesso e o crescimento em todas as esferas da vida, tanto no domínio profissional quanto no pessoal. Essa noção diz respeito à habilidade de executar um maior número de tarefas, atingir metas e gerar resultados de forma eficaz e eficiente. Nas palavras de Marcelo Soares (2022), a eficiência consiste em correlacionar os meios e os métodos, medindo a proporção dos recursos empregados para a consecução dos objetivos. Esse conceito também pode ser associado à aptidão para seguir rotinas e procedimentos manuais (realizar as ações da maneira correta). Exemplos de indicadores de eficiência incluem o custo do trabalho, o retorno sobre o capital investido e a produtividade.

A produtividade emerge como um indicador de suma importância ao avaliar a eficácia com que uma economia aproveita seus recursos na produção de bens e serviços de consumo. A diversidade de abordagens na definição do termo "recursos" dá origem a uma variedade de medidas de produtividade. Uma das medidas mais essenciais é a produtividade do trabalho, que quantifica a produção gerada por cada unidade de tempo dedicada ao trabalho, seja uma hora ou outra métrica de insumo laboral. Essa medida é particularmente relevante para analisar mudanças nos padrões de vida dos trabalhadores e realizar comparações entre diferentes economias.

Entretanto, a compreensão da dinâmica da produtividade do trabalho é complexa, uma vez que várias influências afetam suas flutuações ao longo do tempo. Por outro lado, a produtividade total dos fatores (PTF) reflete a eficácia com que uma economia combina todos os seus recursos para gerar produção. Essa medida busca espelhar o progresso tecnológico da economia. Contudo, ao contrário da produtividade do trabalho, a interpretação da dinâmica da PTF, embora aparentemente mais direta, apresenta o desafio de seu cálculo. Identificar, mensurar e combinar todos os recursos econômicos constituem tarefas complexas e sensíveis a diversas abordagens metodológicas.

Aumentar a produtividade implica encontrar formas inteligentes de usar os recursos disponíveis, seja o tempo, a energia ou os materiais, para maximizar os resultados obtidos.

No contexto profissional, a produtividade é essencial para a competitividade das empresas e o avanço das economias. Organizações que conseguem otimizar seus processos, promover a inovação e manter seus colaboradores engajados geralmente se destacam em seus respectivos setores. Isso não apenas leva ao crescimento econômico, mas também à criação de empregos e à melhoria da qualidade de vida.

A produtividade é influenciada por uma série de variáveis que interagem para determinar a eficiência e a eficácia de uma atividade, processo ou sistema. Algumas das principais variáveis que compõem a produtividade incluem:

Trabalho Humano: A eficiência e a habilidade dos trabalhadores em realizar tarefas de maneira eficaz têm um impacto direto na produtividade. Isso inclui fatores como competências, motivação, treinamento e bem-estar.

Tecnologia: A disponibilidade e o uso adequado de tecnologias, ferramentas e equipamentos podem aumentar significativamente a produtividade. Automatização, digitalização e inovações tecnológicas podem agilizar processos e reduzir erros.

Recursos: A utilização eficiente de recursos como matéria-prima, energia e capital é crucial para a produtividade. O uso adequado desses recursos pode reduzir desperdícios e aumentar a eficiência.

Processos: A otimização dos processos de trabalho é fundamental para a produtividade. Processos bem definidos e fluxos de trabalho eficientes podem acelerar a realização de tarefas e reduzir gargalos.

Gestão: Uma boa gestão envolve o planejamento, organização, coordenação e controle das atividades. Uma liderança eficaz pode influenciar positivamente a produtividade ao estabelecer metas claras, motivar a equipe e alocar recursos de forma adequada.

Qualidade: A qualidade dos produtos ou serviços produzidos afeta diretamente a produtividade. Produtos de alta qualidade geralmente requerem menos retrabalho e têm um impacto positivo na satisfação do cliente.

Inovação: A busca contínua por melhorias e inovações pode impulsionar a produtividade ao introduzir novas abordagens, tecnologias e ideias que otimizam processos e criam eficiência.

Tempo: O tempo é um fator crítico na produtividade. A gestão adequada do tempo, a minimização de atrasos e a redução de tempos ociosos podem melhorar a eficiência global.

Motivação e Engajamento: A motivação e o engajamento dos indivíduos em suas tarefas afetam diretamente a produtividade. Colaboradores motivados tendem a ser mais produtivos e inovadores.

Ambiente de Trabalho: Um ambiente de trabalho saudável e bem organizado pode

ter um impacto significativo na produtividade. Condições adequadas e uma cultura de colaboração podem aumentar a eficiência.

Essas variáveis se encontram entrelaçadas e, coletivamente, são responsáveis por moldar a produtividade de um sistema ou atividade. A gestão eficaz dessas variáveis é imperativa para atingir patamares mais elevados de produtividade e eficiência. Esses avanços são tangíveis através de dados que evidenciam a competência acumulada ao longo dos anos, destacando a experiência do Brasil no setor de mineração.

	2019	2020	2020 X 2019	4° TRIM 2020	4° Trim 20 X 3° Trim 19
Produção Comercializada	985 milhões ton.	1 bilhão ton. estimadas	+2,5%	265 milhões ton.	ND
Faturamento do setor mineral	R\$ 153 Bilhões	R\$ 209 Bilhões	+36%	R\$ 83 Bilhões	+63,6%
COMÉRCIO EXTERIOR					
Importações minerais	US\$ 8 Bilhões 41 milhões ton.	US\$ 4 Bilhões (3% das importações brasileiras) 28 milhões ton.	- 50% - 30%	US\$ 1,4 Bilhão 10 milhões ton.	+ 6,3% + 5,4%
Exportações minerais	US\$ 33 Bilhões 362 milhões de ton.	US\$ 37 Bilhões (17% das exportações brasileiras) 371 milhões de ton.	+ 11% + 2,4%	US\$ 11,5 Bilhões 96 milhões de ton.	+ 8% - 9%
Saldo mineral	US\$ 25 Bilhões (contribuição de 51,6% ao saldo Brasil)	US\$ 32 Bilhões (contribuição de 64% ao saldo Brasil)	+ 31%	US\$ 10 Bilhões (contribuição de 113% ao saldo Brasil)	+ 8,5%
RECOLHIMENTO TRIBUTOS/ROYALTY					
TRIBUTOS TOTAIS	R\$ 53 Bilhões	R\$ 72 Bilhões	+ 36%	R\$ 29 Bilhões	+ 65%
CFEM	R\$ 4,5 Bilhões	R\$ 6 Bilhões	+ 35%	R\$ 2,5 Bilhões	+ 75%
Investimentos	2019 - 2023 US\$ 27,5 Bilhões	2020 - 2024 US\$ 38 Bilhões*	* ao longo de 2020 esta previsão já tinha evoluído para US\$ 34,5 bilhões e depois para US\$ 37 bilhões. Valores incluem mais de US\$ 2 bilhões para estruturas de disposição de rejeitos.		

Figura 5 – PRINCIPAIS DADOS DA #MineraçãodoBrasil EM 2020. Fonte: (Instituto Minere; 2021).

Explorando mais a fundo os fatores que contribuem de forma positiva para a produtividade, é essencial destacar o impacto significativo do engajamento na implementação de um planejamento abrangente. Esse planejamento busca coordenar de maneira eficiente todas as disciplinas que compõem um sistema específico, um exemplo concreto disso é evidenciado durante uma parada geral em uma usina de mineração.

Uma parada geral em uma usina de mineração é um processo complexo que demanda a participação e expertise de profissionais envolvidos. Nesse cenário, uma série de detalhes precisa ser meticulosamente coordenada para assegurar que todas as "engrenagens" desse sistema operem de forma harmoniosa, com o objetivo maior em mente.

Conforme apontado por Diogo Mendonça em seu estudo de 2016, a parada de manutenção assume uma significativa importância no contexto do processo produtivo, impulsionada por dois fatores principais. Primeiramente, visa assegurar que os equipa-

mentos operem com ampliada eficiência e confiabilidade até a subsequente interrupção programada. Adicionalmente, busca minimizar ao máximo o período de indisponibilidade da planta, otimizando sua eficácia global.

O objetivo principal durante uma parada de usina reside na salvaguarda da segurança dos colaboradores, além da subsequente manutenção dos equipamentos para garantir a eficiência operacional máxima. Cada etapa, desde a interrupção das atividades até a retomada da operação, requer um planejamento minucioso para minimizar os riscos e maximizar o tempo de inatividade para realizar a manutenção essencial.

Nesse contexto, o alinhamento das atividades, o treinamento adequado, a coordenação precisa e o foco na segurança convergem para permitir que essa operação delicada seja bem-sucedida. A colaboração entre as diferentes disciplinas e a expertise dos profissionais desempenham um papel crucial para garantir que os procedimentos ocorram de maneira eficaz, resultando em um reinício operacional suave e na otimização da produtividade global da usina.

Dentro desse escopo de manutenções, é crucial considerar as atividades desempenhadas pelas equipes da área de automação e instrumentação. No contexto de uma parada geral de usina, esses profissionais desempenham um papel de extrema importância para assegurar a continuidade e aprimoramento dos processos. Suas atividades têm um impacto direto na manutenção dos dados e no funcionamento das operações.

Os dados representam informações vitais que desempenham um papel de extrema relevância em todas as etapas das operações industriais. Tanto em processos automatizados quanto em ações manuais, essas informações têm um impacto substancial nas decisões tomadas por operadores, técnicos, engenheiros e equipes de gestão.

Por meio da coleta, análise e interpretação dos dados, os profissionais envolvidos ganham insights essenciais sobre o desempenho dos sistemas, a eficiência operacional e a qualidade do produto. Essa base de informações permite que os operadores ajam rapidamente para corrigir eventuais desvios, os técnicos executem manutenções preventivas ou corretivas no momento adequado e os engenheiros planejem melhorias para otimizar os processos.

Tanto em uma abordagem automatizada quanto manual, a qualidade e a disponibilidade dos dados são determinantes para a precisão das decisões tomadas. A automação, especialmente, depende de dados precisos e atualizados para funcionar de forma eficiente e assertiva, permitindo que sistemas programados executem tarefas complexas com mínima intervenção humana. Da mesma forma, nas ações manuais, os dados informam os profissionais sobre o estado atual das operações, possibilitando respostas rápidas e informadas.

Assim, os dados constituem uma peça central para a operação eficaz e o avanço

contínuo das indústrias. Eles capacitam as equipes a tomar decisões informadas, melhorar a produtividade e a qualidade e, em última análise, alcançar os objetivos operacionais e estratégicos estabelecidos.

No âmbito de uma parada de usina, a equipe de automação e instrumentação exerce um papel multifacetado. Suas ações se concentram em realizar atividades planejadas previamente para aprimorar o funcionamento dos sistemas automatizados.

As atividades executadas por essas equipes têm um viés preventivo, visando evitar possíveis falhas e disfunções nos sistemas automatizados. Isso é alcançado por meio de inspeções meticulosas, testes de diagnóstico e manutenções programadas. Essas medidas prévias são fundamentais para minimizar riscos durante a operação após a parada, garantindo que os sistemas estejam preparados para operar sem interrupções indesejadas.

Com isso, durante uma parada de usina, a atuação das equipes de automação e instrumentação vai além de meras tarefas técnicas. Elas desempenham um papel estratégico, assegurando que a automação esteja em perfeitas condições, preparando o terreno para o retorno das operações e contribuindo diretamente para a eficiência global e a confiabilidade do sistema de produção.

Conforme dados fornecidos pelo Ministério de Minas e Energia, a produção mineral no Brasil registrou um crescimento de 15% durante o primeiro trimestre de 2021, em comparação ao mesmo período do ano anterior. Essa ascensão posiciona o setor de mineração como um protagonista de destaque ao contribuir de maneira positiva para a sustentação dos indicadores econômicos do país.

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), órgão vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), estima que a produção mineral teve crescimento de 15% em toneladas, na comparação do 1º trimestre de 2021 com o de 2020.

De acordo com os registros do IBRAM, o superávit da balança comercial de minérios (no valor de US\$ 10,7 bilhões) teve um papel crucial no desempenho favorável da balança comercial do Brasil, resultando em um saldo positivo de aproximadamente US\$ 8 bilhões. Isso significa que, no primeiro trimestre, a contribuição do setor mineral para o saldo do país correspondeu a 135%. O Instituto também relata um aumento expressivo de 102% nas exportações.

Segundo a entidade, devido à flutuação cambial e ao aumento nos valores dos minérios no mercado global, entre outros fatores, o faturamento com a negociação/exportação da produção chegou a R\$ 70 bilhões (exceto óleo e gás). Isso significa um crescimento de 95% nesse 1º trimestre de 2021. O minério de ferro responde por 70% desse faturamento, o ouro por 11%, o cobre por 5% e a bauxita por 2%.



Figura 6 – O minério de ferro responde por 70% do faturamento no primeiro trimestre de 2021. Fonte: (Ricardo Teles/Vale).

Para o secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, do MME, Alexandre Vidigal, "os números revelam a expressão do setor mineral brasileiro e o compromisso dos profissionais e empresas no desenvolvimento econômico. Tudo aliado a uma agenda do Governo com diretrizes consistentes, bem definidas e claras, no caminho do crescimento quantitativo e qualitativo da nossa mineração. Além de ações robustas e transparentes na condução das políticas públicas para a geração de riqueza com responsabilidade sócio-econômica-ambiental".

No último período, conforme informação do MME, o setor experimentou um notável crescimento, resultando em realizações significativas para a economia. Os tributos arrecadados pelo setor duplicaram em comparação ao período anterior, demonstrando um impacto financeiro substancial. Além disso, a criação de mais de 11 mil novos empregos diretos é uma prova sólida do vigor do setor, superando em 6% o número de empregos criados no primeiro trimestre do ano passado. Esse crescimento é um indicador claro da vitalidade contínua do setor, refletindo em seu impacto tanto no aspecto econômico quanto no mercado de trabalho.



Figura 7 – Faturamento do setor mineral 2019x2020. Fonte: (Instituto Minere; 2021).

2.2 Empregos



Figura 8 – Como a tecnologia vai impactar o futuro do emprego. Fonte: (Marildo Matta; 2018).

No presente momento, o Brasil se destaca como um país predominantemente orientado para a extração de recursos naturais, o que resulta na dependência da importação de uma considerável quantidade de equipamentos destinados à indústria doméstica. Essa atual conjuntura suscita a ponderação sobre a possibilidade de que a criação de empregos efetivamente aconteça em outras nações, o que, por sua vez, acarreta uma limitação na geração de receita e na disponibilidade de postos de trabalho dentro do território brasileiro.

Conforme indicado por dados extraídos da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) relativos ao ano de 2020, a força de trabalho brasileira emprega aproximadamente 1,5 milhão de indivíduos no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), representando cerca de 2,7% do total de empregos no país. Em contrapartida, na Alemanha, a área de TIC absorve cerca de 4,2 milhões de profissionais, correspondendo a aproximadamente 11,8% do conjunto total de ocupações. Em termos absolutos, a Alemanha emprega quase três vezes mais pessoas no campo tecnológico em comparação com o Brasil. E, em uma análise relativa, a participação do setor de TIC nos empregos totais é consideravelmente mais expressiva na nação germânica do que no cenário brasileiro.

De acordo com os comunicados oficiais do IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração), no período entre janeiro e setembro de 2020, o setor de mineração engajou aproximadamente 5 mil trabalhadores. Esse número apresenta uma notável relevância, especialmente quando consideramos que a indústria demonstrava um fator multiplicador de empregos na proporção de 1:11 durante esse intervalo. Ao final de setembro, mais de 180 mil indivíduos estavam diretamente empregados nesse setor.

No contexto do emprego no segmento da indústria de mineração, torna-se notável uma redução significativa. Entretanto, essa transição trouxe consigo uma dinâmica fasci-

nante: a crescente demanda por componentes eletrônicos abriu portas para a emergência de oportunidades de trabalho em setores correlacionados. Essa transformação tem se revelado particularmente evidente nas esferas industriais que estão intrinsecamente interligadas à fabricação de equipamentos essenciais para a automação dos processos industriais.

Como resultado, testemunha-se um visível incremento nas admissões nos setores de produção desses dispositivos cruciais para a automação industrial. Esse aumento na procura por dispositivos eletrônicos e tecnológicos tem viabilizado a relocação de muitos profissionais que antes ocupavam predominantemente funções manuais. Esses indivíduos agora estão sendo direcionados para cargos que demandam proficiência tecnológica, uma vez que se tornou imperativo programar e operar máquinas encarregadas de executar tarefas previamente realizadas manualmente.

Assim, à medida que o setor de mineração experimentou uma remodelação na esfera do emprego, observou-se não apenas uma migração para setores relacionados à manufatura de componentes eletrônicos, mas também uma crescente ênfase nas aptidões tecnológicas, a fim de acompanhar a evolução dos processos automatizados e impulsionar a eficiência global da indústria.

Contudo, essa mudança de paradigma demanda um substancial investimento em pesquisa e inovação por parte destas empresas, destacando-se a importância crucial de nutrir uma cultura de inovação desde os estabelecimentos educacionais. Neste momento, nos deparamos com uma lacuna notável em termos de iniciativas que estimulem e capacitem os alunos com sólidos conhecimentos tecnológicos. Em diversas nações, já se vislumbram esforços governamentais para fomentar a inclusão de disciplinas como robótica e programação no currículo escolar, especialmente nas economias mais desenvolvidas.

2.3 Pesquisa e desenvolvimento

Nos últimos anos, a interação entre a indústria de mineração e a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) tem ganhado maior relevância devido à crescente necessidade de encontrar soluções tecnológicas inovadoras capazes de enfrentar desafios cada vez mais complexos. A busca por avanços no setor é impulsionada pela demanda por métodos mais eficientes, sustentáveis e seguros de extração, processamento e gestão de recursos minerais.

No entanto, é interessante observar que, mesmo com essa crescente importância da inovação, um estudo realizado por Gruenhagen e Parker (2020) identificou apenas 27 artigos relevantes que abordavam especificamente a interseção entre mineração e inovação nos últimos anos. Essa constatação não sugere uma falta de inovação no setor, mas pode indicar uma lacuna na pesquisa acadêmica e nas discussões que abordam essa conexão crucial.

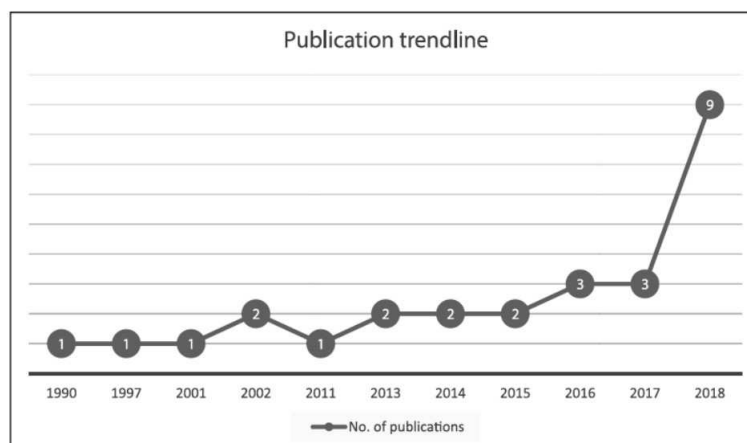


Figura 9 – Número de artigos publicados sobre inovação na mineração. Fonte: (**Parker; 2019**).

Nesse contexto, os pesquisadores ressaltam a importância de aprofundar a compreensão sobre como a inovação está ocorrendo na indústria de mineração. Eles recomendam que futuras investigações adotem uma abordagem mais contextualizada e aprofundada ao explorar as práticas inovadoras e os desafios específicos enfrentados pelas empresas mineradoras. Isso permitiria capturar uma visão mais completa e precisa do papel da inovação na transformação desse setor fundamental para a economia global.

Como mencionado no documento publicado pela WEDEV SOFTWARE (2021), o termo P&D, abreviação para Pesquisa e Desenvolvimento, define a tecnologia como um conjunto abrangente de conhecimentos, métodos e ferramentas. É precisamente quando se contemplam ideias inovadoras que o conceito de P&D emerge, desempenhando um papel fundamental tanto na geração de novas ideias como no aperfeiçoamento de produtos já estabelecidos.

O processo de Pesquisa e Desenvolvimento, conhecido como P&D, transforma em realidade as ideias inovadoras que anteriormente eram apenas conceitos. Essa esfera tem como objetivo concretizar, através de pesquisas e experimentos, as concepções que foram documentadas. Isso ocorre tanto para criar uma vantagem competitiva no mercado quanto para introduzir novos produtos no cenário.

O setor de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) desempenha um papel crucial no sucesso das principais empresas que alocam recursos nessa área. Isso viabiliza o progresso da empresa, a ampliação de sua presença no mercado e a busca pela otimização do produto com os custos mais eficientes. Por meio da aplicação do conceito de pesquisa e desenvolvimento, empresas do ramo da mineração têm procurado estabelecer colaborações com instituições acadêmicas e centros de pesquisa. Essa abordagem visa a exploração de tecnologias inovadoras nas áreas de exploração, processamento e gestão ambiental. Além disso, recursos têm sido direcionados para investimentos em automação, análise de dados

e sustentabilidade, com o intuito de aprimorar tanto a eficiência operacional quanto a responsabilidade social das atividades realizadas.

O estudo realizado por Karakaya e Nuur (2018) reforça a constatação de que o tema da inovação não ocupa uma posição proeminente dentro da literatura sobre o setor de mineração. Entre os anos de 2009 e 2016, a análise revelou que os tópicos mais frequentemente abordados nesse contexto estão relacionados à licença social de operação, responsabilidade social empresarial, a crítica situação dos minérios de terras raras e os impactos ambientais. Em contrapartida, a inovação, compreendendo o desenvolvimento tecnológico, automação e pesquisa e desenvolvimento (P&D), figura entre os temas menos abordados e citados. Essa tendência ressalta a necessidade de ampliar o foco da pesquisa e discussão para incorporar a importância da inovação no progresso sustentável da indústria de mineração.

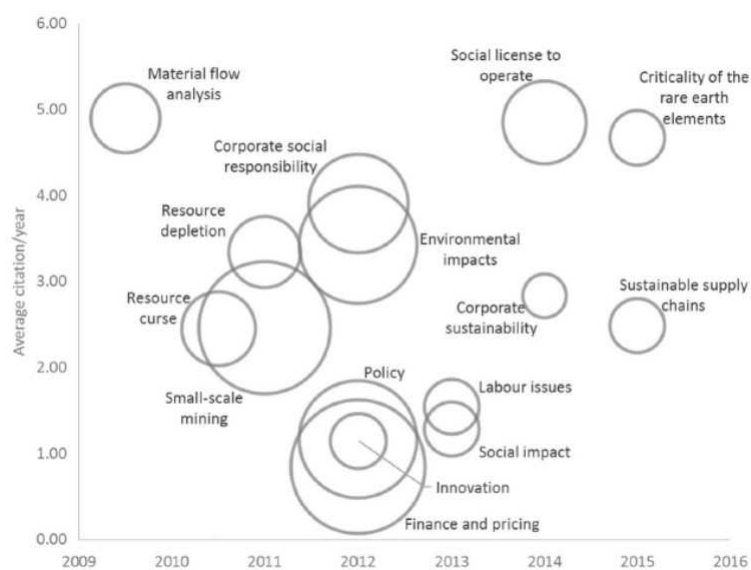


Figura 10 – Assuntos citados entre os anos de 2009-2016. Fonte: (Karakaya & Nuur; 2018).

2.3.1 Educação no Brasil

O campo da educação no Brasil apresenta lacunas consideráveis e confronta um desafio significativo no que diz respeito ao progresso dos estudantes. De acordo com BRUM, Carla (2014), a OCDE - Organização para a cooperação e Desenvolvimento Econômico aponta que o Brasil ocupa a penúltima posição em seu ranking que reflete a qualidade da educação.

Surge como imperativa a cooperação entre as esferas pública e privada, unindo esforços para endereçar as questões concernentes ao ensino técnico no país. A reformulação do sistema de ensino fundamental precisa englobar aprimoramentos que abarquem tópicos associados à tecnologia e à inovação.

Recentemente, percebemos um crescimento expressivo no número de instituições educacionais que incorporam ensinamentos focados em tecnologia em seus currículos. Estas instituições estão pro-ativamente se adaptando às exigências dinâmicas do mercado de trabalho, com o intuito de equipar seus alunos com as habilidades necessárias para prosperar nas carreiras emergentes do futuro.

No terceiro capítulo intitulado "Tecnologias também servem para fazer educação", presente na obra de Kenski (2012), a autora tem como propósito estabelecer uma relação sólida entre educação e tecnologias. O foco recai sobre a socialização da inovação, e Kenski destaca que "a presença de uma determinada tecnologia pode provocar mudanças profundas na organização do ensino" (KENSKI, 2012, p. 44). Um exemplo ilustrativo é a associação entre mídias e educação, onde as tecnologias como a televisão e o computador instigaram novas formas de mediação entre a abordagem do professor, a compreensão do aluno e o conteúdo transmitido. A imagem, o som e o movimento agregam realismo à informação transmitida.

Kenski também enfatiza que, além das tecnologias e procedimentos pedagógicos modernos, a capacidade de adaptar o processo educacional aos objetivos de aprendizagem é de suma importância. A autora exemplifica esse direcionamento ao introduzir novas maneiras de aprendizado apoiadas nas redes digitais. A dinâmica e a estrutura dessas redes conectam os participantes de um momento educacional específico, permitindo um aprendizado e debate colaborativos e igualitários. Esse enfoque ressalta a relevância de uma abordagem flexível e contextualizada para a educação em meio às tecnologias emergentes.

Em seu estudo "A Educação em Tempos de Tecnologia: Reflexões sobre as Possibilidades de Aprendizagem para o Século XXI" (2018), publicado na revista Educação e Tecnologia, Rodrigo Capistrano evidencia um acréscimo de 30% no número de estudantes ingressando em escolas com foco no ensino de tecnologias, comparado às instituições que não disponibilizam tal ênfase em seu currículo. O autor também relata que as escolas dedicadas ao ensino de tecnologias tendem a apresentar uma taxa de conclusão superior em cursos relacionados a esta área, com um incremento médio de 20% em relação às instituições que não oferecem esse tipo de formação.

À luz da crescente proliferação de escolas que promovem aprendizados voltados para as tecnologias, essas instituições estão se consolidando como pilares fundamentais para a geração do conhecimento indispensável nesse campo. Como afirmado por Mark Warschauer, renomado pesquisador e educador americano, em sua obra "Tecnologias e Ferramentas Linguísticas para o Ensino e Aprendizagem" (2011), "o número de escolas

focadas em tecnologia está em expansão globalmente, espelhando a necessidade urgente de preparar a próxima geração para as profissões futuras”.

Além disso, ao instigar o interesse dos estudantes na área tecnológica, essas escolas desempenham um papel crucial na construção de uma nova geração de profissionais aptos a enfrentar os desafios do mercado tecnológico. Essa evolução na formação é vital para a capacidade do país de competir no setor de exportação de tecnologia, transcendendo a dependência do setor extrativista. Desse modo, fortalece-se a economia e a competitividade nacional em escala global.

2.4 Segurança

A medida que a tecnologia se desenvolve, é esperado que os números de acidentes diminuam proporcionalmente. Em outras palavras, à medida que a tecnologia melhora, a segurança tende a aumentar, resultando em menos acidentes.

Segundo informações da OIT, o Brasil desempenha um papel importante nessa estatística, registrando anualmente mais de 700 mil acidentes e doenças relacionadas ao trabalho. No cenário global, o país figura na quarta posição no que diz respeito a acidentes fatais no ambiente de trabalho, ficando atrás da China, Estados Unidos e Rússia, conforme apontado por CATTABRIGA e CASTRO (2013).

De acordo com os dados disponibilizados no portal do Ministério da Fazenda (2015), a atividade de extração mineral apresenta uma tendência de acidentes de trabalho semelhante àquela observada nos números gerais de acidentes em todo o país.

Para Soranso et al. (2017), juntamente com a exigência dos procedimentos, a legislação referente à segurança do trabalho vem constantemente sendo atualizada, e a fiscalização no setor da mineração está cada vez mais rigorosa, contribuindo para uma melhora significativa na saúde ocupacional dos trabalhadores. Porém ainda há muito para se melhorar nesse quesito, pois o número de acidentes e sua gravidade ainda são elevados, comparando a atividade da mineração com outros tipos de atividades.

No ano de 2014, a atividade de extração mineral registrou um total de 5.997 incidentes de acidentes de trabalho, contabilizados para uma força de trabalho composta por 341.846 indivíduos, o que resultou em uma taxa de 1.754 acidentes por cada 100 mil trabalhadores. No ano subsequente, em 2015, houve uma redução nesse indicador para 1.524 acidentes por 100 mil trabalhadores, correspondendo a 4.842 acidentes de trabalho em uma população vinculada à atividade mineradora, conforme dados abaixo:

Esses incidentes traumáticos realçam a urgente necessidade de aprimorar medidas de segurança na indústria de mineração e reforçam a relevância de decisões preventivas

ANO	TRABALHADORES EMPREGADOS NA MINERAÇÃO	ACIDENTES DO TRABALHO NA MINERAÇÃO	ACIDENTES / 100 MIL TRABALHADORES
2014	341.846	5.997	1.754
2015	317.681	4.842	1.524

Fonte: Anuário Estatístico da Previdência Social 2015

Figura 11 – Quantidade de Acidentes no setor versus força de trabalho na Mineração.
Fonte: (AEPS; 2015).

para evitar tais eventos no futuro.

À medida que a automação na indústria continua a progredir, a necessidade de assegurar um monitoramento preciso das variáveis físicas em todos os setores da mineração - incluindo extração, britagem, peneiramento, moagem, flotação, filtragem e transporte de minério - torna-se absolutamente crucial. No entanto, as estruturas remanescentes conhecidas como barragens, hoje, são alvo de uma atenção intensificada devido a acidentes recentes.

O monitoramento meticuloso das barragens é de suma importância para eliminar completamente a possibilidade de ocorrência de acidentes. No setor específico dedicado à "Tecnologia na Mineração", uma ampla variedade de métodos tecnológicos é minuciosamente investigada, visando garantir a segurança das operações e a eficiente gestão dos dados de maneira concisa e precisa. Essas informações não só atuam como fundamentais para embasar decisões automatizadas, mas também são cruciais para permitir intervenções manuais quando necessário, a serem executadas por profissionais capacitados, com o propósito de assegurar a integridade das operações e evitar eventuais problemas.

De acordo com Junior, Moreira e Heineck (2018), o monitoramento e o controle periódico das barragens são de imperiosa necessidade para antever possíveis comportamentos de deformação. No cenário atual, tal monitoramento é executado por meio de uma rede de sensores, a qual reduz substancialmente a demanda por intervenções humanas diretas e prolongadas nas estruturas geotécnicas. Isso possibilita a detecção precoce de anomalias e potenciais riscos, permitindo a adoção de medidas proativas antes que situações críticas se manifestem.

O progresso tecnológico e a crescente automação na indústria de mineração desempenham um papel crucial no aprimoramento das medidas de segurança. Através das inovações tecnológicas em desenvolvimento, é viável monitorar em tempo real as condições dos processos produtivos nas instalações industriais. Isso possibilita a detecção antecipada de indícios de falhas iminentes, capacitando a implementação de medidas corretivas e preventivas antes que qualquer situação adversa se transforme em uma crise de grandes proporções.

Contudo, a implementação bem-sucedida dessas tecnologias depende crucialmente

da presença de profissionais competentes e habilitados. O domínio das tecnologias avançadas demanda habilidades técnicas especializadas e um profundo entendimento das operações mineradoras. Assim, é fundamental concentrar esforços na capacitação da equipe de trabalho, para que eles possam adotar e utilizar essas tecnologias de maneira eficaz e proveitosa.

Assim, este estudo evidencia a necessidade de investimentos contínuos em treinamento e desenvolvimento de habilidades dos trabalhadores, bem como em tecnologia avançada, para garantir a segurança na indústria de mineração. Afinal, a segurança dos trabalhadores e das comunidades próximas às operações de mineração deve ser uma prioridade absoluta.

2.5 Tecnologia Na Mineração

A tecnologia é o resultado da aplicação do conhecimento científico para criar ferramentas, sistemas e processos que buscam melhorar e facilitar as atividades humanas. Ela engloba um amplo espectro de inovações, desde dispositivos físicos até softwares avançados, que têm o objetivo de resolver problemas, otimizar tarefas e impulsionar o progresso em diversas áreas. Através da tecnologia, a sociedade alcançou feitos impressionantes, revolucionando a maneira como nos comunicamos, trabalhamos, nos deslocamos e acessamos informações. Para Bravo (2010, p. 11), a tecnologia não é boa nem má, depende do uso que fazemos dela:

É a utilização que dela se faz a que determinará a natureza e a extensão de seus benefícios. Ademais, deve-se considerar que os ditos benefícios não serão simétricos para todos os cidadãos, já que os benefícios e os custos serão desigualmente repartidos. Enquanto determinados cidadãos ou grupos podem perceber grandes benefícios, outros podem ser seriamente prejudicados. (...)

Segundo Bravo (2010), não dá para separar as partes sociais das partes técnicas, industriais e econômicas. No cerne disso, é fundamental ter em mente que as pessoas desempenham um papel central no início do progresso técnico, sendo essencial que tal avanço seja direcionado para o bem-estar de toda a sociedade.

A evolução incessante da tecnologia impulsiona descobertas e transformações que modelam o nosso presente e influenciarão o nosso porvir. As raízes das palavras "técnica" e "tecnologia" remontam ao verbo grego "tictēin", que carrega consigo a essência de criar e produzir, como debatido por vários autores (KLINGE, 2013; FEENBERG, 2005; SANCHO, 1998). A tecnologia transcende sua função como mera ferramenta, erigindo-se como um propulsor de mudanças que redefine a forma como nos relacionamos com o mundo que nos cerca.

A evolução contínua e as demandas em constante mudança do mercado deram origem à implementação do controle e automatização de processos. Atualmente, a utilização das técnicas desenvolvidas nesse campo tornou-se essencial para todas as indústrias de grande porte.

De acordo com Ediney Drummond (2023), vice-presidente do Conselho Diretor do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) e diretor-presidente da Lundin Mining, é de suma importância que o Brasil estabeleça condições específicas para viabilizar a atividade econômica relacionada a esses minerais. O autor enfatiza a necessidade de investimentos em pesquisa e infraestrutura, além da relevância das políticas públicas que estimulem a produção sustentável desses recursos. Drummond também sublinha a importância de atrair investimentos provenientes de empresas comprometidas com tecnologias verdes e renováveis. Segundo ele, as decisões e medidas adotadas devem ser norteadas pela preocupação com a preservação ambiental, o respeito pelas comunidades locais e a promoção do desenvolvimento sustentável no setor mineral do país.

Durante muitos anos, não houve muito interesse em olhar de perto como a indústria de mineração adota e compartilha tecnologias. Um estudo realizado por Gruenhagen e Parker (2020) encontrou apenas 27 artigos relevantes sobre esse assunto nos últimos tempos. Isso não quer dizer que não houve inovação. Por essa razão, eles sugerem que futuras pesquisas precisam analisar a inovação na indústria de mineração considerando o contexto em que ela acontece. Por outro lado, muitos estudos abordam as partes negativas desse setor, como os problemas relacionados à exploração excessiva de recursos naturais, as más condições de trabalho e os impactos negativos das atividades (Figueiredo & Piana, 2016).

Dentro das indústrias mencionadas, como a mineração de ferro, a automação desempenha um papel integral e sofisticado, revolucionando a forma como as operações são conduzidas. A aplicação da automação nesse contexto engloba a incorporação meticulosa de uma ampla gama de máquinas de ponta e tecnologias inovadoras, todas projetadas com a finalidade de supervisionar, otimizar e aprimorar cada faceta do complexo processo de produção. Essa metamorfose industrial não apenas reduz a dependência da intervenção humana, mas também capacita de maneira excepcional equipamentos e sistemas a se engajarem em uma comunicação intrincada e a executarem uma diversidade de tarefas de maneira autônoma e eficiente.

Na mineração de ferro, a presença onipresente da automação assume um papel de destaque que permeia e influencia positivamente várias etapas do processo, demonstrando sua utilidade desde a extração inicial até o processamento final do minério. Nesse cenário altamente complexo, uma rede estratégica de sensores e dispositivos de alta precisão é habilmente implantada em pontos estratégicos ao longo das operações. Esses dispositivos são meticulosamente sintonizados para capturar não apenas os aspectos básicos, como a

qualidade do minério, mas também parâmetros mais intrincados, incluindo temperatura, pressão e outros fatores relevantes que contribuem para a eficácia geral das operações.

Tais sensores, fiéis sentinelas da atividade industrial, coletam uma riqueza de informações que transcende a capacidade humana de observação. Esses dados valiosos são então transmitidos através de um intrincado emaranhado de sistemas computadorizados interconectados. Essas maravilhas da engenharia moderna, com sua inteligência computacional, têm a habilidade de processar dados em tempo real, permitindo que tomem decisões instantâneas e perspicazes com base nas informações recém-coletadas. Assim, a automação não apenas otimiza a produção, mas também eleva a eficiência, a segurança e a precisão do processo de mineração de ferro a patamares anteriormente inatingíveis.

Em resumo, a automação não só traz melhorias tangíveis, como aumento da produtividade e redução de custos, mas também impulsiona melhorias na segurança, qualidade do produto, tempo de produção e capacidade de realizar operações complexas. Ela também apresenta vantagens intangíveis, como o fortalecimento das relações de trabalho e a melhoria da imagem da empresa.

2.5.1 Equipamentos

Na extração, máquinas controladas por automação podem ser programadas para escavar o minério com precisão, evitando desperdícios e garantindo uma operação eficiente. Durante o transporte, veículos autônomos podem ser usados para mover o minério de forma segura e eficaz. No processamento, os equipamentos automatizados podem separar o minério de materiais indesejados de maneira mais precisa, resultando em um produto final de maior qualidade.

A automação não apenas melhora a eficiência, mas também contribui para a segurança dos trabalhadores, uma vez que tarefas perigosas podem ser realizadas por máquinas. Além disso, a automação pode ajudar a reduzir o impacto ambiental, ao otimizar o consumo de energia e água, por exemplo.

Dentro de um contexto de mineração, a configuração do processo que envolve múltiplas manobras em equipamentos robustos, os quais demandam considerável força mecânica é extremamente necessária que seja automatizada. Um exemplo paradigmático são as válvulas, que desempenham uma série de funções, dentre as quais se destaca o controle automático do nível em caixas de polpa.

A válvula em foco desempenha um papel crucial ao regular a passagem de materiais. No entanto, suas características apresentam certos aspectos que requerem maior atenção. Especificamente, essa válvula possui um atuador manual como meio de operação, uma abordagem que, infelizmente, traz consigo um ônus considerável. O ponto de preocupação reside na força excessiva necessária por parte do operador para executar a manobra dessa

Tabela 1 – Nove razões para a aceitação do processo de automatização devido aos aspectos positivos. Fonte: (Groover; 2010).

MÉTODOS	DESCRIÇÃO
Aumentar a produtividade	A automação de operações de produção costuma aumentar a taxa de produção e produtividade. Isto significa uma produção maior por horas de trabalho.
Reduzir os custos de trabalho	A justificativa da automação reduzir o custo do trabalho por que um investimento em automação substitui as operações manuais. Substituem-se seres humanos por máquinas.
Minimizar os efeitos pela falta de trabalhadores	Existe uma diminuição geral da mão de obra qualificada o que estimula o desenvolvimento de operações automatizadas como forma de substituir trabalhadores.
Substituir ou eliminar rotinas manuais e ou das tarefas administrativas	Pode-se argumentar que existe um valor social na automação das operações que são rotinas, tediosas, desgastantes e possivelmente, irritantes. A automação de tais tarefas aumenta o nível geral das condições de trabalho.
Aumentar a segurança do trabalhador	A automação de determinada operação e a transferência do trabalhador do papel ativo no processo para a tarefa de monitoramento ou até mesmo a eliminação total do trabalhador em toda a operação torna o trabalho mais seguro.
Melhorar a qualidade do produto	A automação não só resulta em taxas de produção mais altas que a operação manual como também realiza o processo de produção com maior uniformidade e conformidade às especificações de qualidade.
Diminuir o tempo de produção	A automação ajuda a reduzir o tempo de espera entre a encomenda do cliente e a entrega do produto, oferecendo vantagem competitiva ao fabricante nas encomendas futuras. Reduzindo o tempo de produção do fabricante e também reduz o estoque de materiais.
Realizar processos que não podem ser executados manualmente	Algumas operações não podem ser executadas sem a ajuda de máquinas como: operações de precisão, miniaturização ou complexidades geométricas.
Evitar o alto custo de não automação	Existem significativa vantagem competitiva na automação de uma planta de produção. A não vantagem pode ser facilmente demonstrada sob a forma de autorização de um projeto, e os benefícios da automação geralmente surgem de maneiras inesperadas e intangíveis, tais como na melhoria da qualidade, no aumento das vendas, em melhores relações de trabalho e na melhoria da imagem da empresa.

válvula. Tal demanda de esforço pode se transformar em um desafio físico, potencialmente afetando a saúde e a eficiência do operador.

Outro aspecto digno de análise é a inadequação dessa válvula para integração em processos automatizados. No cenário de automação industrial, a operação da válvula é inseparável de sua interdependência com outras variáveis no processo. Essa interconexão resulta em uma operação não independente da válvula, o que pode se traduzir em um



Figura 12 – Valvula mangote manual. Site: (www.omel.com.br).

obstáculo para a eficiência do processo. Qualquer alteração em variáveis relacionadas tem o potencial de desencadear uma resposta inadequada da válvula, levando a um ritmo de processo mais lento e, em alguns casos, até a situações problemáticas, como transbordos ou cavitação na bomba.

A cavitação é um fenômeno complexo que ocorre em sistemas de bombeamento quando o nível do material no reservatório ou caixa diminui a um ponto crítico. Isso resulta na entrada de ar na bomba, causando uma série de problemas operacionais e de desgaste.

Quando a bomba está funcionando normalmente, ela é projetada para puxar líquido do reservatório e impulsioná-lo pelo sistema. No entanto, quando o nível de líquido na caixa diminui significativamente, a bomba é forçada a lidar com uma quantidade insuficiente de líquido para operar eficazmente. À medida que a bomba tenta puxar mais líquido, ela acaba puxando ar em vez disso, criando bolhas de ar no interior do líquido que está sendo bombeado.

Essas bolhas de ar, ou cavidades, são transportadas para áreas de maior pressão na bomba. Quando essas bolhas se movem para regiões de pressão mais alta, elas colapsam violentamente devido à mudança repentina de pressão. Esse colapso gera ondas de choque que criam uma série de microexplosões dentro da bomba. Esse processo de colapso das bolhas de ar cria uma força de impacto localizada intensa, que é capaz de erodir as superfícies internas da bomba ao longo do tempo.

O resultado final da cavitação é um desgaste acelerado das partes internas da bomba, incluindo as pás do rotor, a carcaça e outros componentes críticos. Além disso, o ruído gerado pelo colapso das bolhas de ar pode ser audível e indicativo do problema em andamento.

A cavitação não apenas prejudica a eficiência da bomba, reduzindo sua capacidade de movimentar líquidos de maneira eficaz, mas também pode levar a danos permanentes e avarias prematuras do equipamento. Portanto, é crucial evitar a ocorrência de cavitação, seja mantendo níveis adequados de líquido no reservatório, projetando sistemas de bombeamento com as capacidades apropriadas ou utilizando dispositivos de controle que monitorem e protejam contra essa situação, garantindo assim a operação eficaz e a vida útil prolongada das bombas.

Entretanto, mesmo quando a válvula utilizada é a avançada válvula mangote automatizada, especialmente adequada para as caixas de flotação no processo de beneficiamento de minério, algumas falhas nos sensores ainda podem ocorrer. Para enfrentar esse desafio, uma abordagem para mitigar o risco consiste em empregar redundância nas informações coletadas.

Nesse cenário específico, uma solução tecnológica é empregada para monitorar a integridade da operação. Essa solução baseia-se na análise da vibração em pontos estratégicos da bomba. Ao analisar as vibrações, a tecnologia é capaz de identificar efeitos adversos que podem afetar o funcionamento da bomba, tais como cavitação, desbalanceamento ou falhas nos rolamentos, entre outros.

A ideia central é adicionar uma camada adicional de detecção e diagnóstico, utilizando os padrões de vibração como um indicador de problemas iminentes. Isso permite uma intervenção mais proativa, possibilitando a manutenção preventiva ou ação corretiva antes que uma falha grave ocorra. Dessa forma, a redundância nas informações, aliada à análise avançada de vibração, contribui para aumentar a confiabilidade e a eficiência do processo de beneficiamento de minério, garantindo operações mais estáveis e reduzindo os riscos associados a falhas não detectadas.

Examinar o estado operacional das bombas é de importância crucial, uma vez que essa avaliação acrescenta valor substancial ao processo. Isso torna-se particularmente evidente quando essas bombas são operadas por meio de inversores de frequência e estão integradas às malhas de controle (PID) no contexto da automação do processo. Para além de assegurar o controle dos níveis das caixas, essas bombas também desempenham um papel fundamental na melhoria global da qualidade do processo.

Ao se aprofundar na operação dessa válvula, é possível compreender que ela atua ao comprimir um mangote de borracha, regulando de forma precisa o fluxo de minério. Essa precisa regulação do fluxo é crucial para manter os níveis ideais nas caixas dentro do contexto do processo de flotação. Entretanto, é imperativo salientar que essa operação automatizada requer uma considerável força mecânica.

Se essa mesma tarefa fosse realizada manualmente por um indivíduo, a fadiga decorrente desse esforço contínuo ao longo do ciclo produtivo seria extremamente exaustiva.

A ação repetitiva e intensa poderia impactar profundamente a saúde dos operadores, resultando em fadiga extrema e potenciais complicações de saúde devido à exposição prolongada a essa carga física.

A implementação de um sistema automatizado transfere essa tarefa fisicamente exigente das mãos dos trabalhadores para a esfera da tecnologia. Essa automação não somente alivia os trabalhadores do fardo físico, mas também os protege contra exaustão e possíveis problemas de saúde provenientes da prolongada exposição a essa demanda física intensa. Ademais, a introdução da automação impulsiona significativamente a produtividade, pois os operadores podem agora concentrar-se em tarefas mais complexas e intelectuais, enquanto a máquina executa a tarefa mecânica. Isso não apenas incrementa a eficiência do processo, mas também preserva a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, promovendo um ambiente mais seguro e produtivo.

A operação minuciosamente detalhada dessa válvula é orquestrada por meio de uma intrincada rede de instrumentação e automação, que operam em conjunto para garantir um processo de flotação eficiente e controlado em uma usina de mineração.

Para alcançar essa comunicação fluída e precisa entre os domínios elétrico e mecânico, essa válvula funciona em conjunto com um posicionador engenhosamente acoplado à válvula e à tubulação que fornece ar de instrumentação ao próprio posicionador. O posicionador desempenha um papel crucial como intermediário nesse processo altamente sincronizado.

Equipado com tecnologia avançada, o posicionador desempenha um papel crucial como elo vital nessa operação automatizada. De forma contínua, monitora e comunica a posição da válvula, assegurando que a informação esteja sempre atualizada. Paralelamente, recebe informações precisas sobre a posição alvo que a válvula deve atingir. Esse constante intercâmbio de informações é o cerne da automação desse sistema, possibilitando ajustes precisos em tempo real.

A complexidade dessa automação se justifica por seu objetivo central: manter o nível da caixa operando dentro dos limites pré-definidos pelo operador. Esse controle preciso é vital para o processo de flotação, uma vez que garante a manutenção dos parâmetros ideais para a eficácia global do processo.

Em um cenário de usina de mineração, onde eficiência e precisão são primordiais, a integração dessa válvula com um sistema de instrumentação e automação avançado é essencial. Essa abordagem não apenas eleva a qualidade do processo de flotação, mas também alivia os operadores das tarefas mecânicas repetitivas e suscetíveis a erros, ao mesmo tempo que permite ajustes instantâneos para otimizar o desempenho do sistema como um todo.

Além das operações das válvulas, é preciso considerar o intrincado cenário de interação entre vários ativos dentro de uma malha de controle, todos operando de maneira

automatizada e executando uma ampla variedade de tarefas. Nesse contexto, merece destaque a presença e o papel desempenhado pelos controladores lógicos programáveis e pelos inversores de frequência.

Esses ativos desempenham um papel crítico na manutenção do funcionamento otimizado do sistema. Quando um sensor de nível detecta variações, esses dispositivos respondem de maneira ágil e precisa, ajustando automaticamente a velocidade operacional dos componentes relevantes para garantir que o nível da caixa permaneça exatamente no valor pré-definido, conhecido como "setpoint". É notável como essas ações ocorrem em um intervalo de tempo extremamente curto, contrastando de maneira marcante com a duração que seria necessária para executar essas operações manualmente.

Essa rapidez e eficiência são possíveis graças à automação. Se a operação desses equipamentos fosse conduzida manualmente, requereria um esforço mecânico substancial e um tempo consideravelmente maior. A capacidade dos ativos automatizados de responder instantaneamente a mudanças nos sensores, realizar cálculos complexos e tomar decisões precisas em segundos ilustra vividamente os benefícios da automação em um ambiente de processo industrial.

No âmbito desse processo, estão envolvidas atividades críticas que abrangem desde a manipulação contínua de válvulas para o controle dos níveis em tanques até a precisa dosagem de reagentes. Essas tarefas, além de demandarem esforço físico considerável, também expõem os operadores a produtos químicos. Adicionalmente, há os complexos procedimentos de abastecimento de corpos moedores em moinhos. Se essas atividades fossem conduzidas manualmente, haveria a necessidade frequente de afastamentos devido a preocupações com a saúde ergonômica dos trabalhadores.

Nesse cenário, a introdução de tecnologias voltadas para o transporte de cargas suspensas por meio de pontes rolantes, talhas e outros equipamentos emerge como um alicerce crucial para otimizar e agilizar o processo. Essas soluções tecnológicas eliminam a necessidade de operações manuais exaustivas e propensas a riscos. Além disso, elas contrapõem condições ergonômicas prejudiciais, contribuindo para a preservação da saúde dos trabalhadores.

A implantação de sistemas de transporte de cargas por meio de mecanismos automatizados como pontes rolantes e talhas traz consigo um aprimoramento significativo. Essas tecnologias não apenas aumentam a eficiência das operações, mas também atuam como um fator determinante na garantia de ambientes de trabalho mais seguros e na redução das preocupações relacionadas à saúde ocupacional dos operadores.

Outras responsabilidades incluíam a limpeza do chão utilizando mangotes, devido às perdas de material que ocorriam quando os processos, sejam manuais ou automáticos, falhavam por qualquer motivo. Os operadores também eram encarregados da inspeção,

contínua, dos equipamentos e de monitorar o funcionamento global do processo, tudo isso visando garantir a qualidade do produto final conforme as especificações. Na operação de uma usina de mineração, todos esses procedimentos frequentemente requeriam subir e descer vários lances de escada, especialmente quando os processos precisavam de ajustes.

Contudo, essas ações demandavam a presença física dos operadores, principalmente para minimizar grandes perdas de material quando ocorriam falhas no processo. Com o avanço da tecnologia e a identificação das possibilidades de falhas, surgiu a necessidade de estabelecer um monitoramento por meio de uma sala de controle, na qual diversos equipamentos informam automaticamente o status do processo. Esse avanço permitiu que os operadores pudessem gerenciar o processo em vez de realizar ações mecânicas que exigiam tempo e esforço físico.

No entanto, essa transformação teve um impacto direto na composição das equipes envolvidas. Nos dias atuais, a indústria de mineração não necessita de um grande número de operadores para conduzir seus processos, mas houve um aumento substancial na demanda por profissionais que possuam conhecimentos em tecnologia. Esses especialistas são técnicos e engenheiros com formação em campos como automação, eletroeletrônica, mecatrônica, elétrica e até mesmo mineração e metalurgia. Eles estão sendo cada vez mais requisitados para compreender e lidar com abordagens inovadoras e processos tecnológicos avançados.

Atualmente, o Brasil se caracteriza como um país majoritariamente extrativista, que necessita importar muitos equipamentos para a indústria nacional. Esse cenário leva a considerar a possibilidade de que a geração de empregos, citada anteriormente, seja efetuada em outra nação, o que, conseqüentemente, limita a geração de receita e a criação de empregos no Brasil. De acordo com dados da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) de 2020, o Brasil emprega aproximadamente 1,5 milhão de pessoas no setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), o que representa cerca de 2,7% do total de empregos no país. Em contraste, a Alemanha emprega cerca de 4,2 milhões de pessoas no setor de TIC, representando aproximadamente 11,8% do total de empregos no país. Portanto, em termos absolutos, a Alemanha emprega aproximadamente 2,8 vezes mais pessoas no setor tecnológico do que o Brasil. Em termos relativos, a participação do setor de TIC no total de empregos é significativamente maior na Alemanha do que no Brasil.

3 Considerações finais

Este artigo se propôs a examinar a interação entre três fatores essenciais: nível de emprego, crescimento da automatização e segurança nas indústrias de mineração no contexto brasileiro, a fim de compreender suas implicações na performance econômica do setor. A análise desses elementos permitiu uma visão mais abrangente dos desafios e oportunidades que o Brasil enfrenta nesse cenário.

A relação direta entre emprego e automatização foi reiterada ao longo deste estudo no qual apresentou que o nível de emprego exerce um impacto significativo na saúde econômica de uma nação, demonstrando sua capacidade de atrair investimentos e promover o crescimento sustentável. Ainda que a automatização tenha se estabelecido como um vetor de progresso, sua implementação requer uma abordagem equilibrada que valorize tanto os avanços tecnológicos quanto a manutenção de empregos qualificados. Esse equilíbrio é essencial para preservar a estabilidade social e econômica.

A crescente automação nas indústrias de mineração também foi identificada como uma variável crucial. À medida que a tecnologia transforma o cenário de trabalho, é necessário compreender suas implicações para a produtividade total dos fatores. A automação, quando aplicada estrategicamente, pode otimizar procedimentos, melhorar a eficácia e aumentar a produtividade. Isso reforça a importância da busca contínua pela eficiência e inovação.

No âmbito essencial, a segurança humana e operacional sustenta as bases das indústrias de mineração. Para além da salvaguarda dos trabalhadores e dos recursos naturais, um ambiente seguro nutre a cultura da inovação, ao criar um espaço propício para o desenvolvimento de soluções mais eficazes e sustentáveis. O investimento em segurança não apenas preserva vidas e ativos, mas também eleva a competitividade das organizações no mercado global.

Por fim, este estudo oferece uma perspectiva holística dos desafios e oportunidades que envolvem o setor de mineração no Brasil. As conclusões aqui apresentadas podem servir de alicerce para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais embasadas em dados concretos. Ao compreender a interligação entre emprego, automatização e segurança, os tomadores de decisão podem agir com maior discernimento na busca por um desenvolvimento econômico sustentável e equitativo.

Como toda pesquisa, este trabalho possui limitações. A análise não contemplou aspectos mais aprofundados das diferentes tecnologias de automatização nem considerou plenamente os impactos sociais e ambientais das atividades de mineração. Essas áreas podem ser alvo de pesquisas futuras, a fim de enriquecer a compreensão das complexidades

envolvidas.

Em síntese, este estudo contribui para a compreensão das complexas interações entre emprego, automatização e segurança nas indústrias de mineração do Brasil. Ao explorar esses elementos, esperamos que nossas conclusões forneçam uma base sólida para a tomada de decisões informadas, impulsionando o crescimento econômico sustentável e aprimorando a competitividade da nação no cenário internacional.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 22: Norma Regulamentadora 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=128236>. Acesso em: 05/04/2023.

BRASIL. Ministério da Previdência Social. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho. 2015. Disponível em: https://www.gov.br/previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/acidente_trabalho_incapacidade/arquivos/aeat-2017.pdf. Acesso em 30.08.2023.

BRUM, Carla. A qualidade da educação brasileira: Realidade e preceitos constitucionais. Disponível em: <https://uniesp.edu.br/sites/biblioteca/revistas/2>. Acesso em 25/08/2023.

Capistrano, R. (2018) - A educação em tempos de tecnologia: reflexões sobre as possibilidades de aprendizagem para o século XXI. Revista Educação e Tecnologia, v. 3, n. 2, p. 7-20.

CATTABRIGA, Leonardo; CASTRO, Nuria F. Tecnologia de Rochas Ornamentais: Pesquisas, Lavra e Beneficiamento. 1º ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014.

Diogo Mendonça (2016). Planejamento e controle de paradas de manutenção. Disponível em: <http://invalv.com.br/noticias/artigos/106-planejamento-e-controle-de-paradas-de-manutencao>. Acesso em 26/08/2023.

Emerson Process. Desbloqueando o desempenho. Disponível em: <https://partners.wsj.com/emerson-iiot-business-case-tech/>. Acesso em 12.08.2023.

FARIAS, E. D. (2002) - Mineração e desenvolvimento econômico e social. Revista de Economia Política, v. 22, n. 4, p. 138-148.

FEENBERG, Andrew. Teoria Crítica da Tecnologia. Tradução da Equipe de Tradutores do Colóquio Internacional “Teoria Crítica e Educação”. Texto originalmente publicado em: Tailor-Made BioTechnologies, vol.1, no.1, p. 1-17, abr./maio, 2005. Disponível em: <https://www.sfu.ca/~andrewf/critport.pdf>. Acesso em: 26/08/2023.

Fuks, Rebeca. ”Sebastião Salgado: 13 fotos impactantes que resumem a obra do fotógrafo.” Cultura Genial, [2023]. Disponível em: <https://www.culturagenial.com/fotos-sebastiao-salgado/>. Acesso em 26/08/2023.

GROOVER, Michell P. Automação industrial e sistemas de manufatura. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2010. p. 55-68.

Gruenhagen, J. H., & Parker, R. (2020). Factors driving or impeding the diffusion and adoption of innovation in mining: A systematic review of the literature. *Resources Policy*, 65, 10154.

IBRAM (2012) Investimento em inovação e tecnologia no setor da mineração: Instituto Brasileiro de Mineração. Investimentos em Mineração: Previsões para o período de 2012-2016. Brasília.

IBRAM (2023). Minerais estratégicos: atrair investimentos por meio de políticas públicas é essencial para a transição energética. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/minerais-estrategicos-atrair-investimentos-por-meio-de-politicas-publicas-e-essencial-para-a-transicao-energetica/>. Acesso em: 27/08/2023.

Instituto Minere (2021). Mineração industrial brasileira fecha 2020 com desempenho positivo. Disponível em: <https://institutominere.com.br/blog/mineracao-2020-desempenho-positivo>. Acesso em 26/08/2023.

Junior, T. F. S., Moreira, E.B., e Heineck, K. S., (2018) Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração no Brasil. *HOLOS*, Ano 34, Volume 05.

Karakaya, E., & Nuur, C. (2018). Social sciences and the mining sector: Some insights into recent research trends. *Resources Policy*, 58, 257-267.

KENSKI, V. M.. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. Campinas: Editora Papirus. 2012. 141p.

Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017. Institui a Política Nacional de Mineração e cria o Conselho Nacional de Política Mineral. Brasília, 2017. Agência Nacional de Mineração (ANM). Relatório Anual da Mineração 2020. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/base-juridica-da-estrutura-organizacional-e-das-competencias/legislacao-base>. Acesso em: 30/08/2023.

LIMA, A. E.; SANTOS, G. T.; PENHA, P. X. Tecnologias aplicadas à mineração: uma análise histórica e perspectivas futuras. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABEPRO, p. 1-12.

Marcelo Soares (2022). Conceito de eficiência, eficácia e efetividade. Disponível em: <https://www.direcaoconcursos.com.br/artigos/conceito-de-eficiencia-eficacia-e-efetividade>. Acesso em 26/08/2023.

Matta, M. (2018). O Impacto da Inteligência Artificial no Mercado de Trabalho: Perspectivas de Geração de Empregos. *Revista de Tecnologia e Inovação*, 15(2), 45-60.

MICHAEL MARQUES (2020). Inovação no Setor de Mineração e suas Implicações para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/> Acesso em: 26/08/2023.

Ministério de Minas e Energia. Produção mineral gera milhares de empregos no 1º trimestre de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/04/producao-mineral-gera-milhares-de-empregos-no-1o-trimestre-de-2021>. Acesso em 25/08/2023.

PFITZNER, R. (2014) - Competição, concentração e oligopólios no setor mineral. Cadernos EBAPE.BR, v. 12, n. 4, p. 853-872.

Planejamento estratégico de recursos humanos: Maria Diva da Salette Lucena - 2. ed. - São Paulo : Atlas, 2017. p. 44-56

RECIT (2017) Técnica e tecnologia: uma abordagem histórico-conceitual. R. Eletr. Cient. Inov. Tecnol, Medianeira, v. 8, n. 15, 2017. E – 4363. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br>. Acesso em 30/08/2023

Sancho, Juana M. A Tecnologia: um modo de transformar o mundo carregado de ambivalência. In: (Org.) Para uma tecnologia educacional. Porto Alegre: ArtMed, 1998, p. 21-49.

SORANSO, Denise; MINETTE, Luciano e SANTOS, Bismark. Avaliação dos riscos ocupacionais em áreas de mineração subterrânea. Tópicos em Gestão da Produção - Volume 1º ed. Belo Horizonte: Editora Poisson. 2017.

Vaz, Gabriella Lorrany Rodrigues (2022). Análise de acidente de trabalho na mineração. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/710/o/GABRIELLA_LORRANY_RODRIGUES. Acesso em 26/08/2023.

WRIGHT, G.; CZELUSTA, J. Economic Geology: Minerals and Mining in the United States. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 2002, p. 47 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267402762_RESOURCE-BASED_ECONOMIC_GROWTH_PAST_AND_PRESENT. Acesso em: 30/08/2023.