

Gestão de Indicadores de Desempenho KPIs para a Tomada de Decisões Estratégicas: Estudo de caso na Produção de Minério de Ferro a seco

Alessandra Augusta Ferreira¹,
alessandra_ferreira_cl@hotmail.com

Professor orientador: Dr. Júlio César Ferreira

Coordenação de curso de Engenharia de Produção

Resumo

Este artigo tem como objetivo analisar os indicadores *KPI* (*Key Performance Indicator*) e as ferramentas de qualidade, compreender sua aplicabilidade e a importância desse conjunto na tomada de decisões estratégicas para a produção de minério de ferro a seco em uma empresa multinacional. Trata-se de um estudo de caso que visa medir o desempenho do processo, identificar e solucionar problemas que afetam a produção de minério de ferro a seco, propondo soluções e otimizações do lead time. Os principais indicadores e ferramentas abordados incluem DF (disponibilidade física), UT (utilização), RO (rendimento operacional), MTBF (*Mean Time Between Failures*), MTTR (*Mean Time To Repair*), Diagrama de Pareto e fluxograma. Os resultados evidenciam a importância da gestão por indicadores como ferramenta essencial para tomada de decisão, permitindo maior visibilidade dos resultados e contribuindo para a sustentabilidade e competitividade da mineração a seco. Conclui-se que a implementação eficaz dos *KPIs* promove ganhos significativos na gestão operacional e no desempenho global da produção mineral.

Palavras-chave: *KPI*, Minério de Ferro, Qualidade, Eficiência Operacional, Beneficiamento a seco.

1. INTRODUÇÃO

A mineração tem sido crucial para o desenvolvimento das civilizações, vinculada à prosperidade de diversos povos ao longo da história. Impérios europeus expandiram seus domínios explorando minerais essenciais. O minério de ferro, fundamental para a produção de aço, é vital para indústrias, construção, transportes e tecnologia. No Brasil, sua extração impulsiona a economia nacional. A eficiência operacional e melhoria contínua são essenciais para empresas mineradoras, influenciando diretamente os custos, produtividade e qualidade do minério. Segundo Izidoro (2016), indicadores de desempenho orientam decisões estratégicas. Avaliar processos produtivos garante competitividade por meio da gestão eficiente dos *KPIs* (*Key Performance Indicators*). Ferramentas da qualidade são cruciais nesse contexto.

A mineração de ferro envolve operações complexas desde a fase da extração e beneficiamento do *ROM* e necessita de monitoramento e decisões estratégicas. Indicadores de desempenho são fundamentais para gerenciar estas ferramentas eficientemente. Conforme destacam Silva e Andrade (2021), a ausência de uma abordagem sistemática para o uso das ferramentas da qualidade junto aos indicadores de desempenho dificulta a tomada de decisão estratégica e afeta diretamente os resultados operacionais. Neste estudo será abordado um estudo de caso aplicado a uma mineradora que utiliza Indicadores de Desempenho (*KPIs* – *Key Performance Indicators*) como instrumento essencial para a tomada de decisões estratégicas.

¹ Graduação em Engenharia de Produção – UNA Conselheiro Lafaiete.

O objetivo principal é coletar e analisar dados, compreendendo a aplicabilidade dos *KPIs* no contexto organizacional na produção de minério de ferro, demonstrando como essas métricas ajudam no monitoramento dos processos e na melhoria da performance operacional. Por meio da análise de dados e fatos, este estudo guia os gestores em decisões estratégicas para interpretar os indicadores e agir proativamente diante dos resultados, propondo recomendações durante as análises.

A relevância deste estudo está na necessidade crescente das empresas mineradoras de aprimorarem seus processos, garantindo sustentabilidade, eficiência e competitividade global. O trabalho contribui com informações valiosas para gestores e profissionais do setor, auxiliando na implementação de uma gestão de *KPIs* mais eficiente e estratégica.

Este trabalho inclui introdução, referencial teórico, procedimentos metodológicos, análise dos resultados e conclusão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mineração e o Setor Mineral no Brasil

“A mineração permanece como uma atividade essencial para o desenvolvimento econômico e social, sendo responsável pelo fornecimento de matérias-primas fundamentais para as indústrias e infraestrutura, além de promover transformações territoriais e tecnológicas significativas.” (IBRAM, 2021).

A mineração é um dos pilares da economia brasileira, sendo responsável por uma parcela significativa das exportações do país. O minério de ferro se destaca como o principal bem mineral com investimentos no Brasil, com forte presença nos estados de Minas Gerais e Pará (IBRAM, 2024), o Brasil está entre os cinco maiores produtores de minério de ferro do mundo.



Figura 1 – Mineral Hematita Fe₂O₃.

(Fonte: IBRAM,2025).

Na figura 1, temos o mineral que é a principal fonte de ferro, o mais comum, mais barato e mais importante dos metais e é usado em vários produtos, principalmente ao ser transformado em aço (IBRAM, 2025).

2.2 O Minério de Ferro e o Processo Produtivo

Nem sempre os minerais estão prontos para uso industrial em sua forma natural, sendo comum encontrá-los com granulometria inadequada ou misturados a impurezas. Por esse motivo, os processos de beneficiamento são aplicados com o objetivo de ajustar o tamanho das partículas e aumentar a concentração do mineral de interesse, sem modificar sua composição química (BAETA et al., 2015).

Conforme estabelece a Norma Reguladora de Mineração n.º 18.1.2 – Beneficiamento (NRM 18), da Agência Nacional de Mineração (ANM):

“Todo projeto de beneficiamento de minérios deve:

- a) otimizar o processo para obter o máximo aproveitamento do minério e dos insumos, observadas as condições de economicidade e de mercado;
- b) desenvolver a atividade com a observância dos aspectos de segurança, saúde ocupacional e proteção ao meio ambiente” (AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO, 2025).

Diante dos acontecimentos dos rompimentos de barragens em Brumadinho e Mariana, o setor mineral brasileiro tem buscado alternativas mais seguras e sustentáveis para a lavra e processamento de minérios. Entre as soluções consideradas está o beneficiamento a seco, que elimina a necessidade de uso de água, reduz o impacto ambiental e evita a geração de rejeitos, possibilitando o aproveitamento integral do minério e a dispensa de barragens.

O beneficiamento a úmido utiliza água em várias fases do processo, com o objetivo de remover as impurezas presentes no minério. Como consequência, há a geração de rejeitos resíduos com aparência lamacenta, nesse processo a úmido são necessárias as seguintes etapas: britagem, peneiramento, flotação e concentração. No processamento a seco, há somente britagem e peneiramento (USINA JR., 2023).



Figura 2 – Mapa IBRAM, visão Estratégica de Mercado Mineral.

(Fonte: ibram.org.br/mapa-ibram/. Acesso em 21 de abril de 2025).

2.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade surgiram da necessidade de aprimorar o controle e a eficiência nos processos produtivos, especialmente com o avanço da industrialização no século XX. Inicialmente, a qualidade era vista apenas como um atributo do produto, mas evoluiu para se tornar um elemento estratégico dentro das organizações. Walter A. Shewhart, na década de 1920, introduziu o controle estatístico de processos por meio da Carta de Controle, estabelecendo as bases para o controle estatístico moderno. Posteriormente, estudiosos como W. Edwards Deming, Joseph Juran e Kaoru Ishikawa ampliaram e sistematizaram esse conhecimento, tornando as ferramentas da qualidade acessíveis e aplicáveis em diversos setores. As chamadas Sete Ferramentas da Qualidade, propostas por Ishikawa, destacam-se por sua simplicidade e eficácia: Diagrama de Causa e Efeito, Folha de Verificação, Histograma, Diagrama de Pareto, Carta de Controle, Diagrama de Dispersão e Fluxograma. Essas ferramentas foram inicialmente aplicadas em indústrias japonesas do pós-guerra e contribuíram significativamente para o renascimento econômico do Japão, sendo posteriormente adotadas

em empresas de todo o mundo. Com o tempo, essas ferramentas passaram a ser amplamente utilizadas para promover a melhoria contínua, reduzir desperdícios, identificar causas de não conformidades e embasar decisões com base em dados concretos, consolidando-se como instrumentos essenciais da gestão da qualidade moderna.

Segundo (Da Cruz Lima et al. 2023), as ferramentas da qualidade foram desenvolvidas para apoiar gestores e equipes na análise, controle e melhoria dos processos, promovendo um ciclo de melhoria contínua. Essas ferramentas são amplamente utilizadas em programas como o Six Sigma, Lean Manufacturing e a ISO 9001, destacando-se por sua eficácia na identificação, redução ou eliminação de situações problemáticas que dificultam ou impedem o crescimento de um empreendimento. Com o emprego dessas ferramentas, é possível definir, mensurar, analisar e propor soluções aos problemas e às não conformidades dos processos, elaborando planos de ações visando o incremento de qualidade de bens e serviços.

Segundo (Silva e Andrade 2021), o fluxograma é uma ferramenta essencial para mapear visualmente os processos, permitindo identificar etapas, decisões e fluxos de informações, o que contribui tanto para o planejamento quanto para a melhoria contínua, promovendo uma comunicação mais clara entre os envolvidos. O conceito de fluxograma teve origem com os engenheiros Frank e Lillian Gilbreth, que introduziram o "*Flow Process Chart*" em 1921, com o objetivo de melhorar a eficiência dos processos industriais. Desde então, a ferramenta se expandiu para outras áreas, como administração, produção e tecnologia, sendo amplamente utilizada para padronizar processos, identificar falhas e promover a melhoria contínua (ZEEV, 2025).

O Diagrama de Pareto, originalmente desenvolvido pelo economista italiano Vilfredo Pareto e posteriormente adaptado por Juran para a área da qualidade, é uma ferramenta fundamental para a identificação das causas mais relevantes de problemas organizacionais. Conforme ressaltam (Costa e Ribeiro 2019), o Diagrama de Pareto é amplamente utilizado na indústria por sua capacidade de destacar as principais causas de problemas, permitindo que os gestores concentrem esforços nas ocorrências mais impactantes, o que favorece a melhoria contínua e a tomada de decisões mais eficazes. É uma ferramenta que permite a priorização das causas mais relevantes de um problema, auxiliando na identificação dos fatores que mais impactam os processos organizacionais. Baseado no princípio 80/20, esse método é utilizado para orientar decisões estratégicas com foco na melhoria contínua e na eficiência operacional. De acordo com (Martins e Oliveira 2020), o Diagrama de Pareto organiza graficamente os fatores de um processo por ordem de impacto, permitindo identificar as causas mais significativas de um problema. Essa abordagem facilita a priorização de medidas corretivas e é amplamente aplicada na gestão da qualidade para apoiar melhorias contínuas.

Segundo (Lima e Torres 2018), a Carta de Controle é uma ferramenta estatística fundamental para o monitoramento da estabilidade dos processos ao longo do tempo. Por meio dela, é possível identificar variações e diferenciar causas comuns de causas especiais, o que possibilita a tomada de decisões mais assertivas e a aplicação de melhorias contínuas, essenciais para manter a qualidade e competitividade no ambiente industrial. Conforme (Machado et al. 2018) as cartas de controle mostram a tendência dos pontos avaliados em um intervalo de tempo determinado, onde são calculados os limites de controle, para descobrir se o processo está sob controle estatístico. Caso os dados estejam sob controle estatístico, é possível calcular o índice de capacidade do mesmo.

2.4 Introdução aos KPIs e OKRs

De acordo com a (Vila Branding 2025), os *KPIs*, ou indicadores-chave de desempenho, representam métricas quantitativas utilizadas para mensurar a eficácia de processos, setores ou da organização como um todo, em relação a metas estabelecidas. Esses indicadores são

fundamentais para o monitoramento contínuo do desempenho operacional, identificando pontos fortes e áreas que demandam melhorias. Já os *OKRs*, acrônimo de (*Objectives and Key Results*) objetivos e resultados-chave, combinam metas qualitativas com resultados mensuráveis que orientam o progresso em direção a conquistas estratégicas mais amplas. Enquanto os objetivos são ambiciosos e inspiradores, os resultados-chave funcionam como métricas de avaliação do avanço em direção a esses objetivos. Os *OKRs* são normalmente definidos para ciclos curtos, como trimestres, com foco em promover o alinhamento das equipes e estimular o desenvolvimento organizacional. Em contraste, os *KPIs* visam assegurar que os processos rotineiros estejam em conformidade com os direcionamentos estratégicos da empresa, sendo constantemente acompanhados por sua natureza mais operacional e realista.



Figura 3 – OKRs VS. KPI's.
(Fonte: *HMV Actis*, 2025).

Enquanto *OKRs* ajudam a definir e alcançar grandes objetivos estratégicos, *KPIs* são usados para monitorar o desempenho diário e operacional da organização. Ambos são fundamentais para uma gestão eficaz, complementando-se na busca pelo sucesso organizacional. A seguir veremos a comparação:

- *KPIs* medem o desempenho atual e operacional, enquanto *OKRs* focam no alcance de objetivos estratégicos.
- *KPIs* são frequentemente usados para monitorar a eficácia dos processos existentes, enquanto *OKRs* ajudam a impulsionar mudanças e melhorias significativas.
- *KPIs* são mais específicos e podem ser estáveis ao longo do tempo, enquanto *OKRs* são dinâmicos e podem ser ajustados de acordo com os resultados e o contexto da organização.
- *OKRs* são mais focados em resultados ambiciosos e desafiadores, enquanto *KPIs* medem a eficiência de processos ou resultados já existentes (Vila Branding, 2025).

2.5 Como criar KPIs

Para que os *KPIs* sejam eficazes, é necessário que sigam critérios como especificidade, mensurabilidade, realismo e temporalidade, conforme o modelo SMART. Esses elementos garantem que os indicadores estejam alinhados aos objetivos organizacionais e possam ser acompanhados adequadamente. Além disso, é fundamental planejar de forma clara como os dados serão coletados, identificando fontes confiáveis e métodos apropriados. Embora metas desafiadoras sejam importantes para o crescimento, elas devem considerar os recursos disponíveis e ser realistas dentro do contexto da equipe ou do projeto (ASANA, 2024; PROMO DIGITAL 2023).

Termo	Definição	Exemplo	Finalidade
Métrica	Dado quantitativo simples, sem interpretação isolada	Horas paradas por falha	Medir uma atividade ou resultado bruto
Indicador	Métrica contextualizada que permite avaliar um aspecto de desempenho	MTBF (Tempo médio entre falhas)	Avaliar o desempenho de um processo
KPI	Indicador estratégico que mede o sucesso em atingir um objetivo crítico	Disponibilidade física dos equipamentos \geq 95%	Monitorar metas e orientar decisões

Tabela 1 – Exemplos práticos de Métrica, Indicador e KPI.

(Fonte: Autor).

Conforme a tabela 1, métrica é qualquer número que você pode medir. Indicador é uma métrica interpretada com base em contexto. *KPI (Key Performance Indicator)* é um indicador crítico para o sucesso da estratégia da empresa. Ou seja, todo *KPI* é um indicador, mas nem todo indicador é um *KPI*.

A seguir, um passo a passo detalhado e ferramentas recomendadas para a criação de KPIs.

Passos para implementação dos KPI's	
1 -	Identificar os processos chave de uma organização ou setor
2 -	Definir a cadeia do processo de cada um dos processos chave: fornecedor/atividades/cliente
3 -	Evidenciar os produtos/serviços finais do processo
4 -	Levantar as necessidades e expectativas de seus clientes(requisitos)
5 -	Levantar os pontos relevantes da elaboração das atividades que devem ser controlados(produividade e capacidade)
6 -	Listar os indicadores a serem coletados com base nos passos 4 e 5
7 -	Estabelecer a medição a ser feita (método de coleta) em cada um deles (umidade, relação ou fórmula)
8 -	Elaborar um formulário de registro de coleta para cada um dos indicadores
9 -	Definir a meta a ser alcançada (dados históricos, outras organizações, empresas benchmarks, etc.)
10 -	Elaborar um formulário resumo dos indicadores a serem coletados
11 -	Iniciar a coleta no formulário de registro
12 -	Preencher o formulário resumo para propiciar a análise em relação a meta traçada
13 -	Divulgar os indicadores

Tabela 2 – Passos para implementação dos KPI's.

Fonte: RODRIGUES; CANELADA (2015, p. 46).

Indicador de Produção	
Nome do indicador	Produtividade (t/h)
Descrição	Avalia a eficiência operacional da planta ao relacionar a produção efetiva ao tempo de operação.
Objetivo	Acompanhar o desempenho da planta, permitindo identificar se a produção está dentro da capacidade planejada. Além disso, ele auxilia na detecção de gargalos, desperdícios de tempo e oportunidades para otimização do processo.
Fórmula	Toneladas processadas ÷ Horas trabalhadas
Periodicidade	Diário
Origem dos dados	Sistemas MES (<i>Manufacturing Execution System</i>), balanças integradoras nas correias.

Tabela 3 – Exemplo de formulário Indicador de Produção.

Fonte: Autor.

Na tabela 3, por si só, é uma métrica ou um indicador operacional. Ela se torna um *KPI (Key Performance Indicator)* quando está diretamente ligada ao alcance de metas estratégicas, como aumentar a eficiência, reduzir custos, ou cumprir metas de produção mensal.

Métrica: Foram produzidas 420 toneladas/hora. Indicador: A planta está operando a 84% da capacidade nominal (500 t/h). *KPI*: Manter produtividade ≥ 480 t/h para cumprir o plano de produção de 300.000 toneladas no mês.

“Após implementar, monitore os *KPIs* regularmente para avaliar o progresso, definindo uma periodicidade para atualização e um responsável para acompanhar cada *KPI*. Crie um sistema de feedbacks para ajustar os processos conforme necessário. Combinando essas ferramentas de análise de dados, metodologias para definir indicadores e ferramentas de gestão de projetos, você pode criar um sistema eficiente para garantir que seus *KPIs* sejam eficazes, eficientes e alinhados com os objetivos estratégicos da empresa.” VILA BRANDING, 2025.

A seguir estão algumas ferramentas recomendadas para a criação, monitoramento e gestão de *KPIs*.

Ferramentas de Análise de Dados e Business Intelligence (BI):

- Microsoft Power BI: Amplamente utilizado para visualização de dados e criação de dashboards interativos.
- Zoho Analytics: Ferramenta eficaz para análise de dados e geração de relatórios.
- Tableau: Reconhecida por suas capacidades avançadas de visualização de dados.
- Klipfolio: Utilizada para criação de dashboards em tempo real.
- Databox: Conhecida por sua facilidade de uso e excelente visualização de dados.
- Looker: Ferramenta de BI que permite a criação de relatórios personalizados.
- Domo: Plataforma de BI que integra dados de diversas fontes para análise em tempo real.

Ferramentas de Gestão de Projetos:

- Asana: Amplamente utilizada para planejamento e acompanhamento de projetos.
- Monday.com: Oferece recursos para gestão de projetos e colaboração em equipe.
- Trello: Popular por sua interface baseada em Kanban, facilitando o gerenciamento de tarefas.
- MS Project: Auxilia indiretamente no acompanhamento de *KPIs* ligados a cronogramas, prazos e produtividade.
- ClickUp: Plataformas integradas de gestão de projetos e acompanhamento de *KPIs*, oferecendo uma solução completa para equipes que buscam centralizar tarefas, metas e indicadores de desempenho em um único ambiente.

Ferramentas de Monitoramento e Criação de Relatórios:

- Google Data Studio: Ferramenta gratuita do Google para criação de relatórios e dashboards interativos.
- Qualtrics: Plataforma de experiência do cliente que também oferece recursos de análise de dados.
- Solvace: Uma plataforma especializada em gestão de desempenho operacional (*Operational Excellence*), posicionando-se como uma ferramenta abrangente para o monitoramento e análise de *KPIs* em ambientes industriais.
- Excel: Ideal para projetos individuais ou protótipos de dashboards. Com fórmulas, Tabelas Dinâmicas e Power Query, ele pode ajudar muito na manipulação de dados. Popular pela sua ampla adoção e curva de aprendizado mais acessível.
- PowerPoint: Apresentar os resultados dos *KPIs* de forma clara e visual para lideranças e stakeholders. Exibir dashboards exportados de ferramentas como Power BI, Tableau ou Excel. Criar relatórios executivos com gráficos, metas, desvios e planos de ação.

2.6 Principais KPIs utilizados na produção do minério de ferro no processo a seco

Os *KPIs* implicam em uma cultura organizacional de melhoria de desempenho e permitem que os gestores de uma organização se comuniquem aos seus liderados o quão ágil um processo é e como seu desempenho está sendo realizado ao longo de um tempo estabelecido. (RODRIGUES; CANELADA, 2015, p. 31). Na tabela 4, temos os principais indicadores utilizados na produção de minério de ferro a seco. Exemplo de cálculo do ritmo de produção: uma planta de beneficiamento a seco de minério de ferro, no dia 20 de um mês de 30 dias:

- A produção acumulada até o dia 20 foi de 300.000 toneladas.
- O mês tem 30 dias.

Aplicando a fórmula:

Ritmo de Produção = $(300.000 \text{ t} \div 20 \text{ dias}) \times 30 \text{ dias} = 450.000 \text{ toneladas}$. Se o ritmo de produção continuar constante, a planta deve produzir 450.000 toneladas até o final do mês. Esse valor pode ser comparado à meta mensal para avaliar o desempenho da produção.

Indicador	Descrição	Fórmula
Produtividade (t/h)	Mede a quantidade de minério de ferro processado por hora. Avalia o ritmo de produção real da planta em relação ao tempo de operação.	Toneladas processadas ÷ Horas trabalhadas.
Ritmo de Produção	Avalia o ritmo de produção real da planta em relação ao mês.	$(\text{Produção realizada} \div \text{N}^\circ \text{ de dias passados no mês}) \times \text{último dia do mês}$.
Rendimento operacional (%)	Representa a proporção do tempo efetivo de produção em relação ao tempo total disponível. Ajuda a identificar perdas operacionais (ex.: setup, falhas, paradas curtas).	$(\text{Tempo de operação efetiva} \div \text{Tempo total disponível}) \times 100$.
Eficiência de britagem (%)	Compara a produção real do britador com sua capacidade nominal. Indica se o equipamento está operando de forma eficiente ou abaixo do esperado.	$(\text{Produção real} \div \text{Capacidade nominal da britagem}) \times 100$.
Utilização (%)	Mede quanto do tempo disponível o equipamento ou sistema foi realmente utilizado. Baixos índices apontam ociosidade ou problemas no planejamento.	$(\text{Tempo operacional} \div \text{Tempo disponível}) \times 100$.
Custo por tonelada (R\$/t)	Calcula o custo total do processo dividido pela quantidade de minério produzido. Permite comparar a eficiência econômica de diferentes turnos, áreas ou períodos.	Custo total do processo ÷ Toneladas produzidas.
Consumo energético específico	Refere-se à quantidade de energia elétrica consumida (kWh) por tonelada de minério beneficiado. É usado para monitorar a eficiência energética do processo.	$\text{Energia consumida (kWh)} \div \text{Toneladas de minério processadas}$.
Capacidade instalada utilizada	Mostra o quanto da capacidade máxima da planta está sendo aproveitada. Um valor baixo pode indicar subutilização de ativos ou problemas no fluxo de produção.	$(\text{Produção realizada} \div \text{Capacidade total instalada}) \times 100$.

Disponibilidade Física (%)	Mede o tempo que os equipamentos estão realmente disponíveis para operar.	$(\text{Tempo disponível} - \text{Tempo de falha}) / \text{Tempo total} \times 100$.
MTBF (Mean Time Between Failures)	Tempo médio entre falhas de um equipamento. Avalia confiabilidade.	Tempo total de operação \div N° de falhas.
MTTR (Mean Time To Repair)	Tempo médio para reparo após uma falha. Indica eficiência da manutenção corretiva.	Tempo total de reparos \div N° de intervenções.
Taxa de Manutenção Corretiva (%)	Percentual de intervenções corretivas em relação ao total.	$(\text{Intervenções corretivas} \div \text{Total de intervenções}) \times 100$.
Taxa de Manutenção Preventiva (%)	Mede a efetividade do plano de manutenção preventiva.	$(\text{Intervenções preventivas} \div \text{Total de intervenções}) \times 100$
Backlog de Manutenção	Quantidade de ordens de serviço em atraso. Reflete acúmulo de tarefas não realizadas.	Soma de OSs pendentes.
Índice de Confiabilidade (%)	Mede o percentual de tempo que os equipamentos operam sem falha dentro do esperado.	$(\text{Tempo sem falhas} \div \text{Tempo total de operação}) \times 100$.
OEE - Eficiência Global dos Equipamentos (%)	Indicador composto que resume a efetividade da planta.	Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade.
Teor de Ferro (%)	Mede a concentração de ferro no produto final. Reflete a qualidade e valor de mercado.	$(\text{Massa de ferro do produto} \div \text{Massa total da amostra}) \times 100$.
Umidade (%)	Indica o teor de água no minério. Importante para comercialização, transporte e processo. Excesso de água no beneficiamento a seco impacta a produtividade da planta.	$(\text{Massa úmida} - \text{massa seca}) \div \text{Massa úmida} \times 100$.
Granulometria ou P80 (mm)	Mede o tamanho médio das partículas. Impacta diretamente no desempenho do alto-forno ou pelotização.	Determinação por peneiramento ou análise a laser.

Tabela 4 – Principais KPIs utilizados na Produção de Minério de Ferro.

Fonte: Dados da Empresa.

2.7 Trabalhos correlatados

2.7.1 Metodologias para determinação de KPIs

Silva & Spala (2024) realizaram uma revisão bibliográfica com 11 artigos, utilizando o método multicritério Methodi Ordinatio para analisar conceitos, metas e aplicações dos KPIs. Eles destacam o valor estratégico dessas métricas na gestão e no alinhamento com os objetivos organizacionais, enfatizando a necessidade de metas ambiciosas, porém realistas, e sua adoção em todos os níveis da empresa. “Esse trabalho embasa teoricamente a importância de adotar KPIs com metas estruturadas e alinhadas estrategicamente – abordagem que é aplicada aqui na análise dos indicadores de produção, manutenção e qualidade, ressaltando a seleção consciente das métricas mais relevantes para a usina a seco.”

2.7.2 KPI “Km cheio / Km vazio” em transporte de minério

Santos (2021), na Universidade Federal de Ouro Preto, investigou o KPI “Km Cheio/Km Vazio” em caminhões de uma mineradora. O estudo revelou forte correlação entre esse KPI e a produtividade, com ganhos de até 29,6% em períodos com desempenho acima da meta. “Este trabalho reforça a relevância de métricas específicas de transporte na eficiência operacional e complementa o presente estudo que considera indicadores de utilização, rendimento e disponibilidade. A adoção de KPIs voltados ao ciclo logístico reforça a abordagem integrada do referencial, contemplando não só a usina, mas também fluxos internos de transporte.”

3. METODOLOGIA

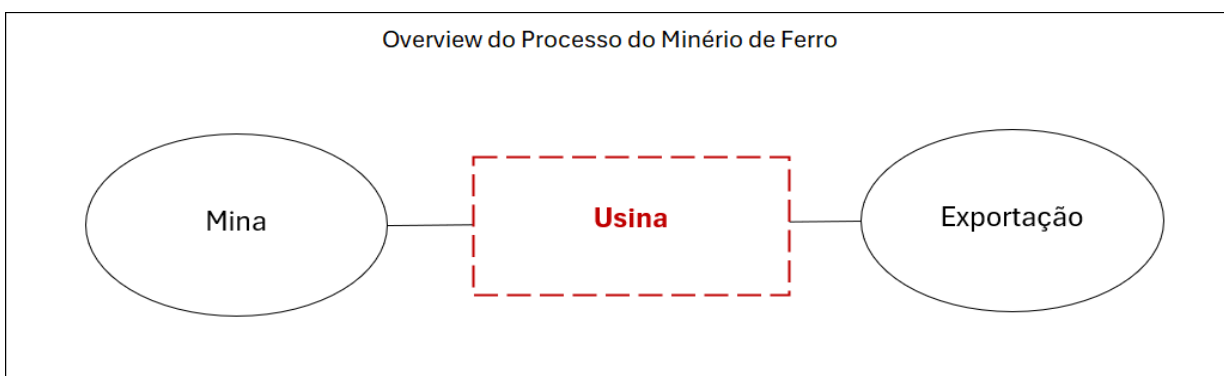


Figura 4 – Overview com ênfase nos KPI's da Usina.

Fonte: Autor.

Conforme apresentado na Figura 4, este estudo tem como objetivo analisar a gestão dos *KPIs* da usina de beneficiamento a seco de minério de ferro, com foco na tomada de decisões estratégicas. A utilização de indicadores de desempenho permite a mensuração objetiva de resultados, substituindo avaliações subjetivas por análises baseadas em dados reais e consistentes, conforme destacado por (Heberle 2020).

3.1 Tipo de pesquisa

Esta pesquisa, de natureza descritiva aplicada, analisa o uso de *KPIs* na tomada de decisões estratégicas da produção de minério de ferro. São abordadas práticas atuais e possíveis melhorias na gestão dos indicadores, combinando dados quantitativos — provenientes de indicadores operacionais e relatórios técnicos — com dados qualitativos obtidos por meio de análise documental e entrevistas. Conforme (Marconi e Lakatos 2017), essa metodologia proporciona uma visão ampla e integrada, favorecendo a triangulação dos dados.

A presente pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimento com finalidade prática, voltado à solução de problemas operacionais e ao aperfeiçoamento da gestão industrial (GIL, 2017). Realiza-se uma análise aplicada dos principais *KPIs* no processo de beneficiamento a seco, englobando os setores de tecnologia, manutenção e operação/processos de uma empresa mineradora situada no município de Ouro Preto/MG. A amostra inclui dados do setor de usina de beneficiamento da organização. Adicionalmente, trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório, tendo como objetivo compreender as práticas vigentes e identificar oportunidades de melhoria na gestão dos indicadores de desempenho da produção de minério de ferro.

3.1 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa aborda uma visão geral do processo produtivo de minério de ferro, com o objetivo de compreender as inter-relações entre os diversos setores envolvidos, desde a extração na mina, passando pelas etapas de transporte interno, britagem, peneiramento e classificação, até o armazenamento e expedição do produto final. Com ênfase na usina, ao considerar esse fluxo produtivo de forma integrada, busca-se identificar os pontos críticos que influenciam diretamente a eficiência operacional e a qualidade do produto, permitindo uma análise dos indicadores-chave de desempenho (*KPIs*) adotados na planta industrial. Essa abordagem possibilita avaliar como os dados operacionais podem subsidiar a tomada de decisão estratégica, promovendo ganhos em produtividade, redução de custos e melhoria contínua dos processos.

A metodologia é baseada em um estudo de caso em uma planta de beneficiamento a seco de minério de ferro, usando documentos técnicos, relatórios operacionais, entrevistas com gestores e dados históricos. O método de estudo de caso de (Yin 2015) foi adotado para investigar fenômenos contemporâneos em contextos reais com múltiplas variáveis. A seguir teremos a visão macro das etapas do minério de ferro:

1. O minério de ferro é lavrado a céu aberto na mina. O trabalho é feito por equipamentos de carga - o minério de ferro é extraído por escavadeira e transportado por caminhões fora de estrada até a formação do estoque de *ROM* (*run of mine*).



Figura 5 – Extração e Carregamento do Minério de Ferro.

Fonte: Mineração Brasil (2024).

2. Após a formação de estoque de *ROM*, o minério de ferro é então transportado para usinas de beneficiamento por caminhões basculantes, onde é processado o minério. Na usina é realizado o tratamento do minério, este processo pode incluir britagem e peneiramento.



Figura 6 – Planta Móvel de Peneiramento Warrior 2400.

Fonte: Christophel (2025).

3. Depois do beneficiamento, o minério é estocado e preparado para envio para as siderúrgicas, onde será utilizado para a produção de aço. O envio do minério de

ferro após o beneficiamento é realizado por uma cadeia logística estruturada para escoar grandes volumes de minério de ferro com eficiência.



Figura 7 – Minério de Ferro sendo movimentado no Porto de Tubarão.
Fonte: A Gazeta (2021).

3.2 Fonte de dados

Os dados utilizados são de origem primária, obtidos por meio de entrevistas com gestores e operadores da planta, e secundária, por meio de relatórios internos de produção, dashboards de indicadores e registros de manutenção. Também foram consultadas fontes bibliográficas como artigos, livros e normas técnicas.

3.3 Instrumentos de Coleta de Dados

Entrevistas semiestruturadas com profissionais da área de produção e planejamento. Análise documental de relatórios operacionais e dashboards de *KPIs*. Observação direta do processo produtivo. Questionários aplicados a gestores de performance industrial.

3.4 Análise dos Dados

Os dados coletados foram organizados em tabelas e gráficos, e analisados com o suporte de ferramentas como Excel, com foco na avaliação de *KPIs* como: produtividade (t/h), disponibilidade física, rendimento operacional, utilização, *MTBF/MTTR*, ritmo de produção, Pareto, teor de ferro e umidade. A análise considera a evolução dos *KPIs* ao longo do tempo, com base em registros internos e ferramentas de gestão adotadas pela empresa.

3.5 Limitações do Estudo

A pesquisa está limitada a uma planta específica de beneficiamento a seco de minério de ferro, podendo haver variações nos resultados caso outras unidades ou empresas fossem analisadas. A confidencialidade de alguns dados também restringiu o aprofundamento em determinados indicadores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho dos Principais KPIs

A partir da análise do Gráfico 1, Produção do Minério de Ferro (Kt) Ano 2023, observa-se que, de modo geral, a empresa obteve um desempenho positivo em relação ao plano de produção anual. Entretanto, é importante destacar que em três meses a meta estabelecida não foi alcançada: janeiro, abril e agosto.

Janeiro apresentou o pior resultado relativo do ano, com uma produção de 332 Kt frente à meta de 502 Kt, evidenciando um desvio de cerca de 33,9% abaixo do planejado. Abril registrou uma produção de 661 Kt, levemente inferior à meta de 670 Kt, representando uma diferença de apenas 1,3%. Agosto, embora tenha apresentado um volume expressivo de 897 Kt, não atingiu a meta estipulada de 905 Kt, configurando um déficit de 0,9%, o que pode sinalizar limitações de capacidade ou interrupções pontuais.

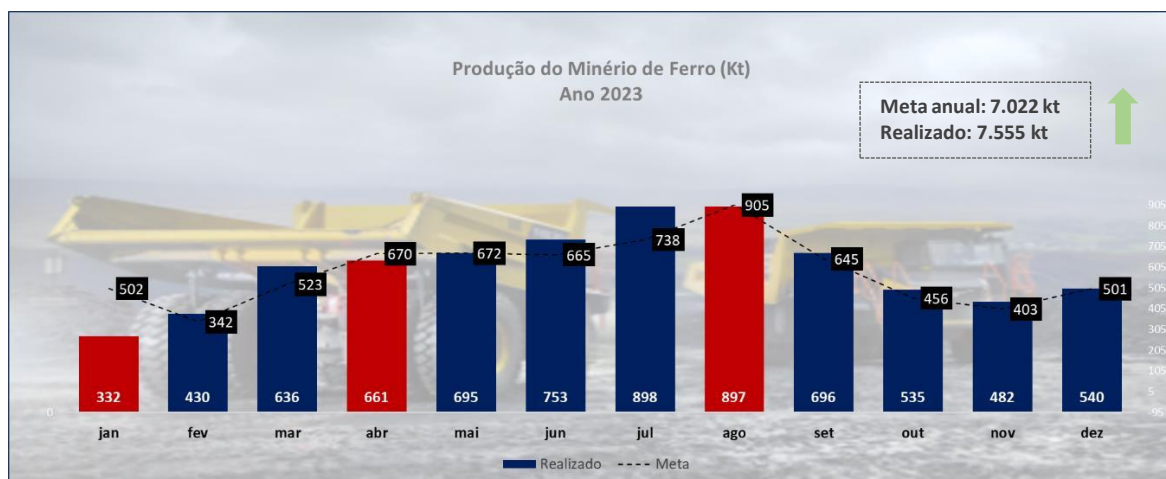


Gráfico 1 – Produção do Minério de Ferro (Kt) - Ano 2023.

Fonte: Autor.

Esses desvios sinalizam a necessidade de investigação estruturada das causas raízes, considerando aspectos como: baixa disponibilidade física de equipamentos DF, ineficiência na utilização dos ativos UT, problemas de manutenção corretiva frequente, refletida nos indicadores *MTBF* e *MTTR*;

Condições climáticas adversas, comuns em início e meio de ano, que afetam diretamente o transporte e o abastecimento de *ROM*.

Planta	DF	UT	RO
A	70%	28%	19%
B	74%	27%	20%
C	92%	34%	31%
D	90%	36%	32%
Y	91%	72%	65%
Média	83%	39%	34%

Tabela 5 – Indicador das Plantas de Beneficiamento – Acumulado Ano/23.

Fonte: Autor.

Segundo Dilworth (2016), a disponibilidade física ideal de um equipamento deve ser superior a 90%, sendo aceitáveis valores acima de 85%, desde que acompanhados de planos de manutenção preventiva e corretiva bem estruturados. Já os níveis de utilização operacional são considerados eficientes quando atingem valores superiores a 70%, refletindo uma gestão integrada entre planejamento de lavra e logística operacional (Camargos et al., 2018). Além disso, de acordo com Silva e Oliveira (2020), o rendimento operacional adequado deve manter-se em níveis superiores a 85% da capacidade nominal do equipamento, demonstrando alinhamento entre tempo produtivo, eficiência de carregamento, transporte e condições de pista, fatores essenciais para operações de mineração a seco.

A Tabela 5 apresenta os valores de três indicadores-chave de desempenho – Disponibilidade Física (DF), Utilização (UT) e Rendimento Operacional (RO) – de cinco plantas distintas da empresa analisada. A interpretação desses dados permite identificar oportunidades claras de melhoria e estratégias para padronização do desempenho entre as unidades. As plantas C, D e Y se destacam por apresentarem altos índices de DF (acima de 90%), evidenciando uma efetiva gestão de manutenção preventiva e boa confiabilidade dos ativos. Em contrapartida, as plantas A e B registram os menores valores de DF (70% e 74%, respectivamente), o que pode indicar excesso de paradas corretivas, falhas técnicas recorrentes ou baixa efetividade do plano de manutenção.

Quanto à UT, os resultados apontam fortes disparidades operacionais. A planta Y, com 72% de utilização, mostra-se significativamente mais eficiente que as demais, cuja média está abaixo de 35%. Este dado mostra que devido ao custo por tonelada, há uma estratégia interna de priorização de utilização, visto que é uma planta elétrica, já as plantas A, B, C e D possui um custo por tonelada maior por serem plantas a diesel. Na opção de qual planta operar sobre o ROM recebido segue essa esquemática

O RO segue padrão semelhante ao da utilização: planta Y com 65%, enquanto as demais variam entre 19% e 32%. Como o RO é uma métrica composta que considera o tempo efetivamente produtivo, seu baixo índice nas plantas A e B pode refletir ineficiência na operação, setups longos, falhas de processo ou paradas frequentes durante o turno produtivo.

A média geral dos indicadores, considerando as cinco plantas, foi de 83% para DF, 39% para UT e 34% para RO. Isso reforça que, embora a disponibilidade física esteja dentro de níveis aceitáveis, há expressivo ganho operacional se forem implementadas ações voltadas à melhoria da utilização dos ativos e ao aumento do rendimento real dos processos.

Diante desse cenário, recomenda-se à gestão:

1. Adoção de reuniões semanais de análise de desempenho entre plantas, promovendo benchmarking interno;
2. Aplicação da ferramenta de Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) nas unidades com baixo UT e RO, para identificação de causas-raiz;
3. Padronização de boas práticas operacionais da planta Y nas demais unidades;

Como observado por (Heberle 2020), o equilíbrio entre disponibilidade, utilização e rendimento é fundamental para o desempenho industrial sustentável, sendo essencial integrar esses *KPIs* à estratégia de decisão da empresa.

Por outro lado, os demais meses apresentaram desempenho superior ao planejado, com destaque para julho (898 Kt vs. 738 Kt) e março (636 Kt vs. 523 Kt). Essa recuperação comprova a resiliência do planejamento operacional, que foi capaz de compensar os déficits pontuais ao longo do ano, atingindo e superando o volume total acumulado de produção.

Diante desse cenário, é papel da gestão adotar ações corretivas e preventivas, tais como:

1. Uso de ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Pareto, para priorizar as principais causas de perdas;
2. Reforço nos planos de manutenção preventiva com foco em ativos críticos;
3. Integração entre os setores de operação, manutenção e planejamento, utilizando dashboards de *KPIs* em tempo real;
4. Reuniões de análise crítica mensais, com base em indicadores como utilização, rendimento operacional, custo por tonelada e *OEE*.

Como salientam (Silva e Andrade 2021), a gestão eficaz dos *KPIs* exige não apenas o monitoramento dos resultados, mas também a capacidade de transformar dados em decisões estratégicas que promovam melhoria contínua. Neste contexto, a empresa demonstrou maturidade ao equilibrar perdas pontuais com ganhos consistentes nos meses seguintes, garantindo assim o cumprimento do plano de produção anual.

4.2 Confiabilidade Operacional e Manutenção

Conforme apontado por (Heberle 2020), a melhoria simultânea dos indicadores *MTBF* e *MTTR* é crucial para garantir alta disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, maximizando a produtividade e reduzindo perdas operacionais.

Na tabela 6, a melhoria do *MTBF* ao longo dos meses indica que as estratégias de manutenção preventiva estão surtindo efeito, reduzindo a frequência de falhas.

No entanto, o aumento progressivo do *MTTR* é um sinal de alerta: mesmo com menos falhas, os tempos de resposta e reparo estão se alongando, o que pode impactar negativamente a DF e RO.

Planta	Janeiro		Abril		Agosto	
	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR	MTBF	MTTR
A	12,7	2,24	18,4	1,6	37,64	2,96
B	5,54	2,14	6,94	15,4	12,33	16,62
C	13,82	11,89	9,32	36,29	24,81	38,87
D	34,79	1,73	38,84	5,26	62,01	6,5
Y	13,45	3,37	27,03	2,45	47,77	7,92
Média	16,06	4,27	20,11	12,20	36,91	14,57

Tabela 6 – Indicadores das Plantas de Beneficiamento (h) – Meses Jan/abr/ago.

Fonte: Autor.

É fundamental que a gestão de manutenção reavalie sua estratégia corretiva, investindo em: Capacitação técnica das equipes, padronização de processos de reparo, redução do tempo de espera por peças, adoção de ferramentas de manutenção preditiva e adesão de contratos com parceiros para manutenções especializadas.

4.3 Qualidade do Produto Final



Gráfico 2 – Meses críticos em relação a umidade do Minério de Ferro (%).

Fonte: Autor.

O gráfico 2 apresenta a variação do teor de umidade (H₂O) no minério de ferro ao longo dos meses de janeiro a junho. A umidade no minério é um fator crítico na operação de usinas de beneficiamento a seco, uma vez que impacta diretamente a eficiência do peneiramento, o consumo energético e a qualidade do produto final.

Em janeiro, o teor de umidade foi o mais elevado, atingindo 11,98%, o que pode ter causado queda na eficiência de britagem e peneiramento, além, de contribuir para entupimentos em peneiras e canaletas. Houve uma redução gradual da umidade nos meses seguintes, com fevereiro 10,90%, março 10,59%, abril 10,38%, até alcançar o menor valor em junho 10,22%. Essa tendência de redução pode estar associada à diminuição das chuvas sazonais, melhora na drenagem das pilhas de ROM, ou ainda a ajustes operacionais no processo de estocagem e manuseio. A umidade elevada também pode influenciar o teor de ferro comercializável, o que impacta no valor do produto entregue ao cliente.

De acordo com (Baeta et al. 2015), em plantas a seco, o ideal é manter a umidade inferior a 10% para garantir eficiência operacional. Os valores observados no gráfico indicam que, em todos os meses analisados, a umidade esteve acima desse limite, o que reforça a necessidade de ações corretivas. Realizar melhoria como sistema de drenagem a vácuo pode ser uma sugestão, principalmente nos meses mais chuvosos.



Gráfico 3 – Teor de ferro (Fe) no Minério, campanha (52%).

Fonte: Dados da empresa.

Na mineração, uma campanha com 52% de ferro refere-se a um período ou lote de produção (campanha) no qual o minério de ferro extraído possui teor médio de 52% de ferro (Fe) em sua composição química. Esse teor é medido geralmente por análise de laboratório, com base em amostragens. Na lavra de minério de ferro a seco, campanhas com teor médio de 52% de ferro (Fe) são classificadas como de baixo teor, o que implica em maiores desafios no processo de beneficiamento e no controle da qualidade do produto final. Segundo o IBRAM (2023), minérios abaixo de 58% exigem práticas como o blend.

No gráfico 3 podemos observar o teor máximo registrado foi de 59,61% de Fe, valor considerado tecnicamente aceitável dentro dos padrões de comercialização.

A mediana da campanha foi de 52,95%, valor que serve como um indicador mais estável do comportamento geral do material, e pode ser utilizado como referência para processos de padronização. O teor mínimo detectado foi de 47,89%, sinalizando variações expressivas que podem impactar negativamente a qualidade global do lote, além de comprometer a eficiência dos clientes em processos como sinterização ou pelotização.

O desvio padrão amostral foi de 2,15, o que revela uma dispersão moderada, mas que exige atenção, especialmente se o objetivo for a homogeneização do produto para atender contratos com especificações rigorosas.

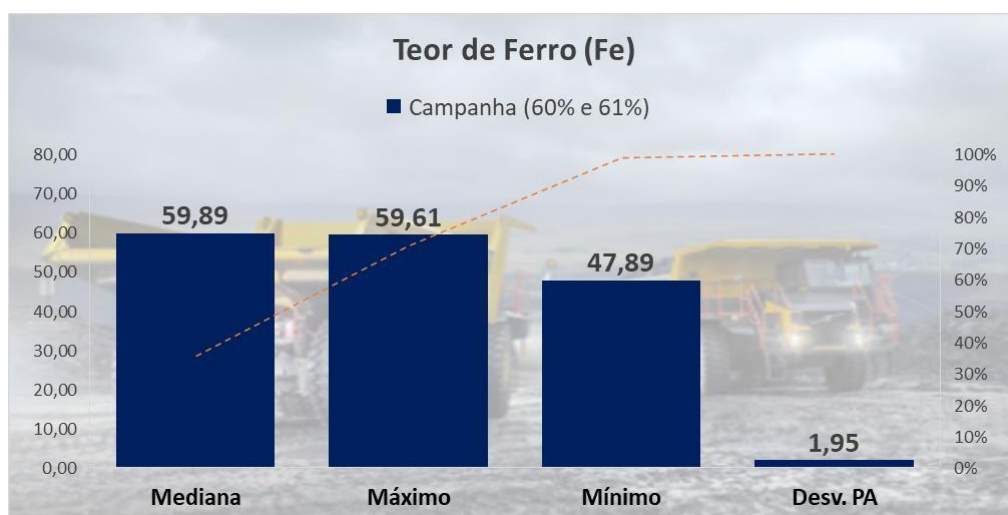


Gráfico 4 – Teor de ferro (Fe) no Minério, campanha (60 e 61%).

Fonte: Dados da empresa.

Campanhas com teor entre 60% e 61% de ferro (Fe) representam lotes de minério de qualidade intermediária. Conforme apontado pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2023), teores acima de 60% são considerados economicamente viáveis para venda direta ou com processamento mínimo, especialmente quando há estabilidade granulométrica e baixo teor de contaminantes como sílica e alumina.

O gráfico 4 apresenta os resultados estatísticos do teor de ferro em uma campanha com especificação alvo de 60% a 61%, refletindo a exigência do mercado por minérios de alta concentração metálica e menor impureza. Os dados coletados demonstram a seguinte distribuição: Mediana: 59,89%, máximo: 59,61%, mínimo: 47,89%, desvio Padrão Amostral: 1,95. Apesar da mediana estar muito próxima do valor alvo mínimo da campanha 60%, observa-se que o teor mínimo detectado 47,89% representam um desvio severo da especificação contratual, o que compromete a qualidade geral do lote e pode acarretar penalidades comerciais ou retrabalho.

Qualidade do Produto Final: A discrepância entre mínimo e máximo (~11,7%) indica falta de uniformidade, dificultando o controle do blend (mistura) e a constância do produto entregue.

4.4 Ferramentas da Qualidade aplicadas

Os dados abaixo constam o perfil de perdas da planta “A” que obteve o menor desempenho em relação as demais. O gráfico 5 ilustra o perfil de perdas na Disponibilidade Física (DF) do Equipamento “A” identificando os principais eventos que causaram indisponibilidade operacional ao longo do período analisado. O gráfico evidencia claramente que as principais causas de perda estão concentradas em poucos fatores, confirmando o Princípio de Pareto (80/20), no qual uma minoria das causas responde por uma maioria dos efeitos.

A alta concentração de tempo perdido no motor responsável por 375 horas e 38 minutos de parada, representando 86,6% das perdas totais de DF, revela a necessidade de aprofundar a análise de falhas recorrentes nesse componente, utilizando ferramentas como Diagrama de Ishikawa e *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)* para identificar causas raiz. A baixa frequência e impacto das demais ocorrências sugere que o sistema de manutenção preventiva e os procedimentos operacionais estão sendo bem aplicados nesses pontos, mas poderiam ser reaproveitados como modelo para abordagem do motor.

A tendência positiva da curva acumulada indica que, ao controlar os dois principais motivos motor e “manutenção preventiva”, a empresa pode recuperar até 93,1% da disponibilidade física perdida, o que representa um ganho expressivo na performance do ativo. Tendo em vista que a manutenção preventiva é uma parada programada, certamente não deveria entrar no perfil de perdas do equipamento, exceto atrasos de manutenções preventivas, fica essa sugestão.



Gráfico 5 – DF da Planta “A”, meses Jan/abr/ago.

Fonte: Dados da empresa.

Recomendações:

1. Implementar um plano de ação específico para falhas no motor, envolvendo revisão de especificações, treinamento de operadores e reprogramação de intervalos de manutenção.
2. Monitorar continuamente os indicadores *MTBF* e *MTTR* relacionados a esse equipamento, com foco na prevenção de falhas catastróficas.
3. Avaliar a possibilidade de substituição do motor, caso as análises técnicas apontem perda de confiabilidade estrutural.
4. Utilizar esse perfil como modelo de auditoria técnica para os demais equipamentos, buscando padronização da análise de perdas de DF em toda a frota.



Gráfico 6 – UT da Planta ‘A’, meses Jan/abr/ago.

Fonte: Dados da empresa.

No gráfico 6, o maior impacto foi causado pela "Falta de minério/aguardando carga na pilha pulmão", que totalizou 428 horas e 16 minutos de ociosidade, representando 51,9% do total das perdas de utilização. Em segundo lugar, a "Estratégia Operacional" causou 268 h e 58 min de parada, atingindo 84,5% do total acumulado, evidenciando decisões estratégicas que deixaram o equipamento improdutivo. Demais fatores relevantes incluem Troca de Turno (23 h), Limpeza Preventiva (21 h), Excesso de Umidade (20h) e Adequação de Segurança (11 h), reforçando que ações rotineiras de suporte operacional também consomem tempo produtivo significativo.

O perfil de perdas revela que a maior parte da ineficiência de utilização está relacionada não a falhas técnicas, mas a processos organizacionais, logísticos e operacionais mal ajustados. A curva acumulada (linha laranja) demonstra que apenas as duas primeiras causas (alimentação e estratégia) representam mais de 84% das perdas de UT, seguindo o princípio de Pareto, e devem, portanto, ser priorizadas nos planos de ação. Porém, como “estratégia operacional” é uma estratégia interna, o próximo a ser considerado seria a troca de turno.

4.5 Propostas de Melhoria e Otimização

A partir dos dados analisados, diversas oportunidades de melhoria foram identificadas nos aspectos operacionais, técnicos e estratégicos da planta estudada. As principais sugestões práticas incluem: Revisão do plano de manutenção preventiva, com foco em ativos de maior impacto no indicador *MTTR*, como motores e sistemas hidráulicos, reestruturação da rotina de coleta de dados, com uso de sensores embarcados e integração via sistemas de BI (como Power BI, Solvace ou ClickUp) para automatizar dashboards em tempo real, padronização de procedimentos de operação entre as plantas, com destaque para a replicação do modelo da planta Y, que apresentou melhores indicadores de DF, UT e RO, treinamento contínuo de operadores, focado na redução de paradas por falhas operacionais, setups e ajustes manuais, adoção de controle estatístico da umidade e teor de ferro, com monitoramento integrado entre as áreas de lavra, usina e qualidade, redesenho do fluxo de alimentação de *ROM* para ampliar o recebimento, seja no aumento de frotas ou capacidade dos caminhões basculantes reduzindo perdas por falta de carregamento e eliminando gargalos na operação, incluir nos controles o indicador *OEE*, eficiência de britagem e taxa de manutenção corretiva/preventiva devido à sua importância para controle do processo e tomada de decisões.

Além disso, a empresa pode se beneficiar da implantação de um comitê de *KPIs*, com reuniões mensais para avaliação de resultados, acompanhamento de planos de ação e integração entre áreas técnicas e gerenciais. O uso dessas ferramentas pode alinhar metas operacionais aos resultados esperados, encurtando o lead time e promovendo ganho real em produtividade e qualidade.

A gestão de desempenho baseada em dados tem se tornado um diferencial competitivo no setor mineral, especialmente em operações complexas como o beneficiamento de minério de ferro a seco. No entanto, como destaca (Heberle 2020), a ausência de padronização e a interpretação inconsistente dos indicadores de desempenho (*KPIs*) podem comprometer seriamente a eficácia da tomada de decisão, gerando ações baseadas em percepções subjetivas ao invés de fatos concretos.

Na empresa estudada, os *KPIs* são utilizados como base para monitoramento das operações e suporte à gestão estratégica. Indicadores como disponibilidade física (DF), utilização (UT), rendimento operacional (RO), *MTBF*, *MTTR*, teor de ferro e umidade são monitorados rotineiramente por meio de dashboards operacionais. No entanto, a transformação desses dados em decisões estratégicas ainda encontra barreiras, especialmente no que diz respeito à integração entre setores e ao uso analítico dos indicadores. Observou-se que a empresa apresenta um grau de maturidade intermediário em relação à cultura de dados, com estruturas e ferramentas disponíveis para coleta e visualização de indicadores, porém, limitada capacidade de análise crítica e tomada de decisão integrada. A ausência de um fluxo padronizado de comunicação entre setores (produção, manutenção e gestão) dificulta o compartilhamento de informações relevantes e o alinhamento de ações corretivas e preventivas. Entre os principais desafios identificados, destacam-se:

- Dificuldade em transformar dados operacionais em informações acionáveis;
- Baixa frequência de reuniões interdisciplinares para análise crítica de desempenho;
- Uso ainda incipiente de ferramentas de *Business Intelligence (BI)* para consolidar dados em tempo real.

Dessa forma, a integração dos *KPIs* à tomada de decisão depende não apenas da coleta e monitoramento dos dados, mas também da capacidade de interpretar esses indicadores com consistência, promover o alinhamento entre setores e agir de forma coordenada diante das variações de desempenho. A consolidação dessa cultura de dados é essencial para garantir agilidade, eficiência e competitividade na gestão industrial.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo cumpriu seu objetivo ao demonstrar, por meio de dados concretos e análises estruturadas, a aplicabilidade dos *KPIs* no contexto organizacional da produção de minério de ferro a seco. A análise detalhada dos principais indicadores como disponibilidade física, utilização, rendimento operacional, *MTBF*, *MTTR*, teor de ferro e umidade, evidenciou como essas métricas são fundamentais para o monitoramento preciso dos processos e para a identificação de gargalos operacionais.

A partir da coleta e interpretação dos dados, foi possível não apenas acompanhar a performance produtiva ao longo do tempo, mas também propor ações corretivas e preventivas que fortalecem a eficiência da operação. A integração de ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa, complementou a análise dos *KPIs* e orientou recomendações práticas voltadas à redução de perdas, padronização de processos e otimização da manutenção.

Verificou-se que, quando utilizados de forma estratégica, os *KPIs* se tornam aliados indispensáveis da gestão, permitindo decisões baseadas em fatos, e não apenas em percepções. No entanto, também se identificou a necessidade de amadurecimento na cultura analítica da organização estudada, com destaque para a importância da padronização de interpretações, da integração entre áreas e do uso de tecnologias como dashboards em tempo real e ferramentas de BI.

Dessa forma, conclui-se que a adoção estruturada e estratégica de *KPIs* na produção de minério de ferro a seco representa não apenas uma ferramenta de monitoramento, mas uma poderosa base para decisões gerenciais que impulsionam a melhoria contínua, a sustentabilidade operacional e a competitividade do setor mineral. A transformação dos dados em ações concretas é, portanto, o elo que conecta desempenho técnico à excelência organizacional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder forças, saúde e sabedoria ao longo dessa jornada acadêmica. Ao meu orientador, Dr. Júlio César Ferreira, pela orientação, paciência e dedicação durante a realização deste trabalho. Sua contribuição foi essencial para a construção e finalização desta pesquisa. À equipe técnica e aos colaboradores da empresa analisada, aos meus gestores que acreditaram no meu potencial e me deram oportunidade de me desenvolver na mineração, Felipe Lima, Wilson Oliveira, Jonathan Washington, Ângelo Gabriel, Ricardo Galo, Bruno Candido e ao meu irmão Paulo César que gentilmente disponibilizaram dados, informações e tempo, tornando possível o meu desenvolvimento e que contribuí de forma direta e indireta para esse estudo de caso. Aos meus professores e colegas do curso de Engenharia de Produção da UNA, que contribuíram para minha formação profissional e pessoal ao longo desses anos. Aos meus familiares, pelo apoio incondicional, incentivo diário e compreensão nos momentos mais difíceis. E, por fim, a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste Trabalho de Conclusão de Curso. Meu sincero agradecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Normas Reguladoras de Mineração*. Disponível em: https://anmlegis.datalegis.net/action/TematicaAction.php?acao=abrirVinculos&co_tematica=19178003&cod_menu=6783&cod_modulo=405. Acesso em: 22 abr. 2025.

ASANA. *Indicadores-chave de desempenho (KPIs): o que são e como usá-los*. 2024. Disponível em: <https://asana.com/pt/resources/key-performance-indicator-kpi>. Acesso em: 13 maio 2025.

BAETA, Éric José de Souza; SILVA, Cezar Gonçalves da; SILVA, Marcílio do Carmo. Estratégia de controle preferencial em plantas de beneficiamento de minério de ferro: aplicações práticas e benefícios. In: *ABM WEEK*, 19., 2015, Rio de Janeiro. São Paulo: ABM, 2015.

BRITTO, Eduardo. *Qualidade Total*. Porto Alegre: +A Educação – Cengage Learning Brasil, 2015. E-book. ISBN 9788522123551. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br>. Acesso em: 23 abr. 2025.

CAMARGOS, C. H.; ALMEIDA, L. F.; VASCONCELOS, C. H. Indicadores de desempenho na mineração: estudo de caso em mina de ferro a céu aberto. *Revista Escola de Minas*, v. 71, n. 2, p. 237–242, 2018.

CHAVES, Antônio Eduardo Clark Peres. *Tratamento de minérios: práticas e fundamentos*. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

CHRISTOPHEL. *Warrior 2400 – planta móvel de peneiramento*. 2025. Disponível em: <https://www.christophel.com/maschine/warrior-2400/>. Acesso em: 13 maio 2025.

COSTA, Ana Lúcia; RIBEIRO, Marcelo T. *Ferramentas da qualidade aplicadas à gestão industrial*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

DA CRUZ LIMA, A. et al. As 7 ferramentas da qualidade. *Geograficidade*, v. 1, n. 3, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/2675-4924.8>. Acesso em: 9 maio 2025.

DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. *Revista da Administração da PUC Minas – Poços de Caldas*, 2014. Disponível em: <http://www.pucpcaldas.br>. Acesso em: 24 abr. 2025.

DILWORTH, Ricardo S. *Gestão da Manutenção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

G1. Mais cara, mineração a seco é alternativa a barragens, apontam especialistas; entenda. *G1*, 1 fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/02/01/mais-cara-mineracao-a-seco-e-alternativa-a-barragens-apontam-especialistas-entenda.ghtml>. Acesso em: 21 abr. 2025.

HEBERLE, Juliana Marques Carneiro. Desenvolvimento de metodologia para consolidação de indicadores de desempenho para controle e gestão na mineração: um estudo de caso. 2020. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/215340>. Acesso em: 14 maio 2025.

IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. *Relatório Anual de Atividades 2024*. Brasília: IBRAM, 2025. Disponível em: <https://ibram.org.br>. Acesso em: 21 abr. 2025.

IZIDORO, Cleyton (org.). *Avaliação de desempenho de empresas*. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2016. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 20 abr. 2025.

LIMA, Rodrigo H.; TORRES, Aline M. *Controle estatístico de processos: fundamentos e aplicações industriais*. São Paulo: Pioneira, 2018.

MARTINS, Carlos A.; OLIVEIRA, Fernanda R. *Gestão da qualidade: fundamentos e aplicações práticas*. Curitiba: InterSaber, 2020.

MASSIMUS. Métrica, indicador e KPI, quais são as diferenças? 2023. Disponível em: <https://massimus.com/metrica-indicador-e-kpi-quais-sao-as-diferencas/>. Acesso em: 11 maio 2025.

MINERAÇÃO BRASIL. Minério de ferro: matéria-prima estratégica que permeia a história, economia e desenvolvimento da sociedade. 2024. Disponível em: <https://mineracao brasil.com/minerio-de-ferro-materia-prima-estrategica-que-permeia-a-historia-economia-e-desenvolvimento-da-sociedade/>. Acesso em: 13 maio 2025.

PARMENTER, David. *Key Performance Indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2015.

PROMO DIGITAL. SMART: como definir metas e KPIs eficientes? 2023. Disponível em: <https://promodigital.com.br/smart-como-definir-metas-e-kpis-eficientes>. Acesso em: 13 maio 2025.

RODRIGUES, Alessandra Candido; CANELADA, Mayale. Utilização de KPI – Indicadores de Desempenho na Cadeia de Suprimentos: um estudo de caso em indústria metalúrgica no setor da construção civil. Marília: UNIVEM, 2015. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) – Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”.

SANTOS, J. V. C. Análise e acompanhamento do desempenho dos equipamentos de transporte da mineradora Ferro+ Mineração com o KPI movimentando cheio/movimentando vazio. 2021. 96 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

SILVA, F. D. L. da; SPALA, S. T. Verificação e estudo de metodologias para a determinação de metas para indicadores produtivos. *Brazilian Journal of Production Engineering*, v. 10, n. 3, p. 142–152, 2024.

SILVA, João; ANDRADE, Mariana. *Gestão de processos: teoria e prática na melhoria contínua*. São Paulo: Atlas, 2021.

SILVA, Ricardo Augusto. *Mineração: fundamentos e práticas*. Belo Horizonte: UFMG, [s.d.].

SILVA, A. C.; OLIVEIRA, R. A. Indicadores de desempenho operacional na mineração. *Tecnologia em Metalurgia e Materiais*, v. 13, n. 4, p. 56–63, 2020.

TEIXEIRA, Edimara Aparecida Brito et al. Indicadores de desempenho que contribuem na otimização de processo produtivo de minério de ferro. In: *SIMPÓSIO DE ENGENHARIA GESTÃO E INOVAÇÃO*, 2019. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/sengi/143578-indicadores-de-desempenho-que-contribuem-na-otimizacao-de-processo-produtivo-de-minerio-de-ferro/>. Acesso em: 11 maio 2025.

USINA JR. Beneficiamento a seco do minério de ferro. *LinkedIn*, 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/beneficiamento-seco-min%C3%A9rio-de-ferro-usina-jr/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

VILA BRANDING. KPIs e OKRs: especialista em performance explica diferenças e como criar. Disponível em: <https://vilabranding.com/blog/kpis/>. Acesso em: 9 maio 2025.

YIN, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZEEV. Fluxograma de processo: como criar e dicas de ferramentas. Disponível em: <https://zeev.it/blog/fluxograma-de-processo/>. Acesso em: 24 abr. 2025.