

Geovanna Freitas Ramos

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE
SETUP EM TROCAS DE TURNO: UMA PESQUISA-AÇÃO APLICADA À
MINERAÇÃO**

João Monlevade

2026

Geovanna Freitas Ramos

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA OTIMIZAÇÃO DO TEMPO DE
SETUP EM TROCAS DE TURNO: UMA PESQUISA-AÇÃO APLICADA À
MINERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof. Dra. Clarissa Barros da Cruz

João Monlevade

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R175a Ramos, Geovanna Freitas.

Aplicação da metodologia SMED para otimização do tempo de setup em trocas de turno [manuscrito]: uma pesquisa-ação aplicada à mineração. / Geovanna Freitas Ramos. - 2026.

70 f.: il.: color., gráf., tab.. + Quadros.

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Cruz.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Administração do tempo. 2. Controle de processo - Qualidade. 3. Grupos de trabalho - Sistema de turnos de trabalho. 4. Produção enxuta. 5. Trabalhadores - Minas e mineração. I. Cruz, Clarissa. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.56

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6/2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Geovanna Freitas Ramos

Aplicação da metodologia SMED para otimização do tempo de setup em trocas de turno: Uma pesquisa-ação aplicada à mineração

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 09 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Dra. Clarissa Barros da Cruz - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Luciana Paula Reis (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Rafael Lucas Machado Pinto (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dra. Clarissa Barros da Cruz, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 19/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Barros da Cruz, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/02/2026, às 16:15, 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 **1060101** e o código CRC **3C97F77B**.

Dedico esta conquista aos meus pais, por
me ensinarem o valor do trabalho, a grandeza da
honestidade e o poder da persistência. Sob muito sol,
vocês me fizeram chegar até aqui na sombra.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é a materialização e a realização de um sonho e, apesar de carregar meu nome, só foi concluído com o suporte de muitas mãos que me sustentaram. Por bençãos e sorte, sempre tive com quem dividir a estrada enquanto trilhava o meu caminho. Agradeço, antes de qualquer coisa, a Deus, por ter aberto os caminhos e me guiado com fé e saúde para enfrentar as batalhas diárias que me trouxeram até aqui.

Aos meus pais, Lucélia e Joel, por todas as vezes que deixaram seus sonhos e desejos de lado para que eu pudesse realizar os meus. O amor e o apoio incondicional de vocês me deram coragem para sonhar alto e força para suportar todas as renúncias que minhas escolhas me trariam.

Ao meu irmão, Gustavo, por quem sempre me esforço para ser um bom exemplo. Ver você concretizar seus planos também faz parte dos meus sonhos.

Aos meus avós, Maria e Altamiro (*in memoriam*), a quem me esforço diariamente para honrar e me tornar alguém melhor. O amor de vocês me curou onde eu nem sabia que doía. Obrigada por serem a luz que guiou meus passos durante toda a minha vida e o lar para onde meu coração sempre esperou, ansioso, para voltar. Por acreditarem tanto em mim, aprendi a acreditar também. E, como diz a canção que dedico a vocês: *“se eu não os amasse tanto assim, talvez não visse flores por onde eu vim, dentro do meu coração.”* Por vocês e para vocês, eternamente.

Ao Diogo, por ter se tornado, com amor, parceria e cuidado, a família que eu precisava quando estive longe da minha. Obrigada por acreditar em mim.

A toda a minha família, que sempre torceu e apostou nos meus sonhos, muitas vezes mais do que eu mesma. Um agradecimento especial à minha tia, Sandra, uma das maiores incentivadoras dos meus sonhos e confidente em muitos momentos. Você é uma segunda mãe para mim.

Aos amigos de uma vida que, com amor e lealdade, compreenderam gentilmente todos esses anos de ausência e os tantos momentos importantes que perdi estando longe. E também aos que chegaram durante o percurso, vocês foram essenciais e tornaram tudo mais leve. Por ter vocês, sei que, em qualquer lugar do mundo, sempre terei para onde voltar.

À República Monastério, que abriu as portas de sua casa para que ela se tornasse minha também, acolhendo-me em momentos de angústia e proporcionando inúmeros momentos de alegria. Em um monastério sempre vou morar!

Aos professores que, ao longo da vida, me mostraram que a educação pode abrir portas inimagináveis. Ela é o passado, o presente e o futuro. Em especial, à minha orientadora Clarissa, que, com maestria e gentileza, me ajudou a conduzir esta reta final.

Por fim, à minha amada e incrível República Harém, grande palco de uma das fases mais especiais da minha vida. Algumas pessoas a gente esbarra, outras a gente encontra. O nosso encontro estava marcado, tinha de acontecer. Com vocês dividi as dores e as delícias da vida ao longo dos últimos anos. Hoje e sempre, a melhor que tem!

“Nada é tão nosso quanto os nossos sonhos!”

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar e otimizar o processo de troca de turno das equipes de manutenção de equipamentos pesados em uma mineradora localizada no Quadrilátero Ferrífero (MG), com foco na redução de tempos improdutivos e no aumento da disponibilidade das equipes para atividades de maior valor agregado. Para tanto, foi aplicada a metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), originalmente desenvolvida para a redução de tempos de setup em ambientes fabris, adaptada ao contexto operacional da mineração. O estudo caracterizou-se como uma pesquisa-ação, de abordagem qualitativa, com etapas exploratórias e descritivas. A partir de observações diretas em campo, entrevistas com os envolvidos, filmagens e cronometragens, realizou-se o mapeamento do fluxo de atividades da troca de turno, identificando desperdícios associados a atrasos na disponibilização de documentação, movimentações desnecessárias, esperas não planejadas e ausência de padronização das atividades. A aplicação do SMED possibilitou a classificação das atividades em internas e externas, a conversão de tarefas administrativas em atividades externas, a reorganização e padronização das rotinas operacionais, bem como a implantação de recursos de gestão visual e sinalização sonora. Como resultado, observou-se uma redução de 50% no tempo total diário destinado à troca de turno, passando de 4h20 para 2h10, considerando as duas trocas realizadas ao longo do dia. Adicionalmente, foram verificados ganhos relevantes em termos de disponibilidade operacional, previsibilidade do processo e segurança das operações. Conclui-se que a adaptação da metodologia SMED para processos de apoio mostrou-se viável e eficaz, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para a eliminação de desperdícios, o aumento da eficiência operacional e o fortalecimento da cultura *Lean* no setor mineral.

Palavras-chave: SMED; Troca de Turno; Lean Manufacturing; Mineração; Otimização de Processos.

ABSTRACT

This study aimed to analyze and optimize the shift change process of heavy equipment maintenance teams in a mining company located in the Quadrilátero Ferrífero region, Minas Gerais, Brazil, with a focus on reducing non-productive time and increasing team availability for higher value-added activities. To this end, the SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology—originally developed to reduce setup times in manufacturing environments—was applied and adapted to the operational context of mining. The research was characterized as action research, adopting a qualitative approach with exploratory and descriptive stages. Data collection was conducted through direct field observations, interviews with involved personnel, video recordings, and time measurements. This enabled the mapping of the shift change activity flow and the identification of waste related to delays in documentation availability, unnecessary movements, unplanned waiting times, and lack of activity standardization. The application of SMED allowed the classification of activities into internal and external, the conversion of administrative tasks into external activities, the reorganization and standardization of operational routines, as well as the implementation of visual management tools and audible signaling systems. As a result, a 50% reduction in the total daily shift change time was achieved, decreasing from 4 hours and 20 minutes to 2 hours and 10 minutes, considering the two shift changes occurring per day. Additionally, significant gains were observed in terms of operational availability, process predictability, and operational safety. It is concluded that the adaptation of the SMED methodology to support processes in mining operations proved to be both feasible and effective, consolidating itself as a strategic tool for waste elimination, operational efficiency improvement, and the strengthening of Lean culture within the mining sector.

Keywords: SMED; Shift Changeover; Lean Manufacturing; Mining Industry; Process Optimization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	14
1.2 Objetivo Geral	14
1.2.1 Objetivos específicos	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Lean Manufacturing	16
2.1.1 Os oito desperdícios do Lean	17
2.2 Metodologia SMED	18
2.2.1 Benefícios estratégicos do SMED para operações de mineração	21
2.3 Setup em diferentes contextos operacionais	22
2.4 Aplicações práticas do SMED	24
2.4.1 Setor metalúrgico	24
2.4.2 Setor automotivo	25
2.4.3 Setor de cuidados pessoais	25
2.4.4 Setor de alimentos e bebidas	25
2.4.5 Setor têxtil e impressão gráfica	25
2.4.6 Ganhos observados	26
2.4.7 Considerações finais	26
2.5 Desafios da implantação do SMED	26
2.6 Particularidades no setor de mineração	27
3. METODOLOGIA	30
3.1 Classificação da pesquisa	30
3.2 Procedimento metodológico	31
3.2.1 Caracterização do ambiente de estudo	31
3.2.2 Etapas da pesquisa	32
3.2.3 Instrumentos e técnicas de coleta de dados	34
3.2.4 Análise de dados	36
3.2.4.1 Indicadores analisados	37
3.3 Limitações do método	37

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Mapeamento do processo	40
4.2 Diagnóstico de desperdícios	46
4.2.1 Procedimentos de diagnóstico	46
4.2.2 Principais desperdícios identificados	46
4.2.3 Dificuldades enfrentadas durante o diagnóstico	48
4.2.4 Síntese do diagnóstico	49
4.3 Implantação da metodologia SMED	49
4.3.1 Classificação das atividades	50
4.3.2 Ações adotadas	51
4.4 Padronização da rotina	53
4.4.1 Definição da rotina padrão	53
4.4.2 Padronização da documentação	55
4.5 Análise dos resultados e ganhos obtidos	56
4.6 Proposta de indicadores para acompanhamento dos ganhos	62
4.6.1 Indicador Backlog de Oportunidade	63
4.6.2 Objetivo e relevância do indicador	64
4.6.3 Acompanhamento e interpretação	64
4.6.4 Considerações finais sobre os indicadores	65
5. CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

Em uma mineradora localizada na região do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, identificou-se que o processo de troca de turno das equipes da oficina de manutenção de equipamentos pesados representava uma parcela significativa de improdutividade, resultando em atrasos operacionais, ociosidade dos ativos e perda de disponibilidade física dos equipamentos. Tratava-se de um problema que, até então, não havia recebido uma abordagem estruturada, impactando diretamente a eficiência das operações de mina e usina.

A indisponibilidade de ativos é um dos fatores que mais comprometem o desempenho operacional em setores como a mineração, cuja produtividade depende da elevada confiabilidade dos processos e disponibilidade dos equipamentos (Nakajima, 1989). Em sistemas produtivos contínuos, qualquer interrupção, seja essa planejada ou não, reduz a capacidade operacional e gera perdas significativas, tanto em termos de tempo quanto de custos (Mobley, 2002). Nesse contexto, a gestão eficiente do tempo se torna determinante para o alcance de níveis de desempenho elevados. Pensando em organizações de modo geral, o tempo é o recurso mais escasso e a forma como ele é administrado influencia diretamente sua capacidade de gerar valor.

A utilização ineficiente do tempo disponível é, portanto, um dos principais entraves à performance em ambientes industriais de alta complexidade. Mesmo atividades rotineiras e aparentemente simples, como a transição entre turnos, podem se tornar importantes gargalos operacionais quando não são devidamente estruturadas ou padronizadas (Slack et al., 2009). Como reforça Liker (2005), variações desnecessárias em rotinas operacionais aumentam o risco de perdas, criam instabilidade nos processos e impedem o fluxo contínuo das operações.

De acordo com Falconi (2004), perdas recorrentes mas dispersas ao longo do tempo tendem a ser ignoradas, mas quando são empilhadas revelam grandes ineficiências no sistema produtivo. No caso das equipes da oficina de manutenção, a ausência de padronização na passagem de informações, na preparação para o início das atividades e até na execução dos rituais obrigatórios de segurança, que antecedem às atividades, prolongava o tempo em que os equipamentos ficam parados e, conseqüentemente, comprometendo o atendimento a ordens de serviço programadas para o dia. Shingo (1985), ao falar sobre perdas por setup em sistemas produtivos, reforça que a eliminação ou a redução dos tempos improdutivos é uma das formas mais efetivas de alavancar a eficiência operacional das organizações.

Ainda que se conheça a necessidade de otimização de rotinas operacionais em diversos setores como na mineração (Carvalho; Silva, 2021), a literatura ainda aborda poucos métodos direcionados exclusivamente à troca de turno. Quando se trata de equipes de manutenção, este cenário se torna ainda mais relevante e estratégico, uma vez que a indisponibilidade de equipamentos impacta diretamente no ritmo das atividades de lavra e beneficiamento do minério. Uma vez que o ritmo das operações é impactado negativamente, tem-se como consequência a elevação dos custos operacionais e quedas na produtividade de todo o sistema produtivo (Ohno, 1997).

A mineração é uma das atividades mais estratégicas para a economia brasileira, não apenas pelo seu peso no Produto Interno Bruto (PIB), mas também por seu papel na geração de empregos e desenvolvimento tecnológico no país. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 2025), o setor mineral representa cerca de 5% do PIB nacional, faturando cerca de R\$270 bilhões em 2024, um crescimento de quase 10% em relação ao ano anterior, com destaque de produção para os estados de Minas Gerais, Pará e Goiás. Além disso, esta cadeia produtiva possui efeitos relevantes sobre outros setores como a siderurgia, construção civil e logística.

Apesar de sua importância, a mineração enfrenta desafios cada vez mais intensos, como a competitividade global, o aumento da pressão voltada às questões ambientais, exigências regulatórias (Lima et al., 2020). Entre os principais desafios enfrentados pelas mineradoras brasileiras pode-se destacar os altos custos de operação, os riscos operacionais presentes em frentes de lavra, a vida útil dos ativos, a ociosidade dos equipamentos críticos e a falta de padronização em processos de apoio, como a manutenção.

Embora faça parte da rotina das operações, a transição entre os turnos consome uma parcela significativa do tempo disponível das equipes e, muitas vezes, ocorre de maneira inadequada. Observações em campo indicam que a produtividade na última hora do turno e a primeira hora do turno seguinte pode ser até 40% inferior ao restante do turno (Unisonsusanna, 2024). Esse tempo improdutivo compromete diretamente a eficiência operacional e acarreta perdas significativas ao longo do processo. De acordo com Falconi (2004), a eliminação de perdas em processos operacionais depende da capacidade de observar, medir e intervir nos pontos de ineficiência, mesmo em atividades secundárias.

Nesse sentido, uma abordagem promissora para lidar com essa situação é a aplicação da metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*), originalmente desenvolvida por Shigeo Shingo para reduzir tempos de setup em processos fabris. O método é baseado, principalmente, em converter atividades internas (que para serem executadas exigem que o equipamento esteja parado) em externas (que podem ser realizadas com a máquina e/ou equipamento em funcionamento), padronizando atividades, reduzindo os tempos de inatividade e eliminando desperdícios (Shingo, 1985).

Apesar de ser mais comum aplicada às indústrias de manufatura, para reduzir os tempos improdutivos de máquinas e equipamentos, a escolha do SMED como abordagem metodológica se justifica, para além de sua efetividade em reduzir tempos de setup e eliminar desperdícios, por sua aplicabilidade em diferentes setores, como hospitais, logística e, mais recentemente, na mineração. Esses ganhos em diferentes setores reforçam o seu potencial como ferramenta para o aumento de produtividade em diferentes tipos de setup. Ao adaptar essa ferramenta para a realidade das equipes da oficina de manutenção na empresa de mineração, foi possível promover ganhos significativos de desempenho, através de mudanças de baixo custo e alta poder de replicação.

É importante destacar que este estudo está delimitado à análise do processo de troca de turno das equipes de manutenção de equipamentos pesados de uma oficina de manutenção de mina, pertencente a uma mineradora localizada na região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. O trabalho não abrange processos operacionais de lavra ou beneficiamento do minério, tampouco atividades de manutenção realizadas fora do ambiente da oficina ou relacionadas a ativos de menor porte. A análise concentra-se exclusivamente nas rotinas associadas ao início e ao fim da jornada de trabalho das equipes de manutenção, considerando a troca de turno como um processo de apoio passível de otimização por meio da aplicação da metodologia SMED. Essa delimitação foi adotada para garantir profundidade analítica, viabilidade prática e aderência às condições reais do ambiente estudado.

Diante desse cenário, surge o questionamento: como a aplicação da metodologia SMED pode contribuir para a otimização do processo de troca de turno das equipes de manutenção em uma mineradora, visando à redução de tempos improdutivos e ao aumento da produtividade operacional?

1.1 Justificativa

A escolha do tema deste trabalho justifica-se por sua relevância tanto em termos práticos, ao se obter resultados positivos para a empresa a partir de melhorias nas trocas de turno, bem como sua relação com áreas da engenharia. Em operações de mineração, principalmente nas etapas de mina e usina, a gestão eficiente do tempo é decisiva para a produtividade. Atrasos decorrentes das trocas de turno podem gerar impactos diretos na utilização dos equipamentos e também na alocação da mão de obra, comprometendo o desempenho das operações. Em um setor caracterizado por altos custos, fixos e variáveis, cada minuto improdutivo representa perdas financeiras substanciais.

Além disso, o tema escolhido está diretamente relacionado ao curso de Engenharia de Produção, uma vez que aborda técnicas e conceitos de melhoria contínua, gestão da produção e eliminação de desperdícios. Essas abordagens fazem parte do pensamento enxuto, ou *Lean Thinking*, uma filosofia de gestão que surgiu com o Sistema Toyota de Produção, propondo agregar valor ao cliente a partir do uso mais eficiente dos recursos e minimizando as perdas. Para Womack e Jones (1998), os princípios do pensamento enxuto devem ser aplicados a qualquer sistema produtivo, com o objetivo de agregar valor e otimizar os fluxos de atividades.

Por fim, do ponto de vista acadêmico, este trabalho buscou contribuir com a literatura ao abordar a aplicação da metodologia SMED em operações de mineração, voltada especificamente para as atividades de apoio, nesse caso, a de troca de turno das equipes da oficina de manutenção. Embora o SMED seja amplamente aplicado em ambientes industriais e de manufatura, sua adaptação para otimizar processos de apoio, como a troca de turno da mineração, é pouco explorada na literatura.. A revisão bibliográfica realizada aponta a escassez de estudos voltados para a adaptação desta ferramenta em rotinas operacionais da mineração, especialmente em atividades administrativas ou de suporte, como a troca de turnos. Portanto, os resultados apresentados neste trabalho têm o potencial de exemplificar as diferentes possibilidades de aplicação do pensamento enxuto em contextos não fabris.

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo geral analisar e otimizar o processo de troca de turno das equipes de manutenção de uma oficina de equipamentos pesados em uma mineradora do Quadrilátero Ferrífero, por meio da aplicação da metodologia SMED.

1.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Mapear e mensurar o tempo atualmente empregado na troca de turno das equipes de manutenção, identificando o fluxo das atividades realizadas no início e no fim da jornada de trabalho;
- Diagnosticar os principais desperdícios, gargalos e fontes de variabilidade presentes no processo de troca de turno, sob o viés dos princípios do Lean Manufacturing;
- Classificar as atividades que compõem a troca de turno em atividades internas e externas, conforme os conceitos da metodologia SMED, identificando as oportunidades de conversão, simplificação ou eliminação;
- Propor e aplicar melhorias no processo de troca de turno a partir da adaptação das etapas da metodologia SMED à realidade da oficina de manutenção;
- Elaborar um plano de padronização das novas rotinas, com o objetivo de garantir a estabilidade do processo e a sustentabilidade dos ganhos obtidos;
- Propor indicadores de desempenho que permitam monitorar, ao longo do tempo, os resultados alcançados e apoiar a melhoria contínua do processo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O presente trabalho buscou estruturar sua revisão de literatura em diferentes seções temáticas, com o objetivo de apresentar os conceitos fundamentais que norteiam este estudo e facilitar a compreensão dos tópicos abordados. Ao abordar de forma segmentada temas como *Lean Manufacturing*, SMED e outros, buscou-se construir uma base teórica consistente que servisse de base para a análise do problema e a aplicação da metodologia proposta. Portanto, os conceitos aqui apresentados são indispensáveis para o entendimento do trabalho.

2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing*, ou Manufatura Enxuta em português, surgiu no Japão com o Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido por Taiichi Ohno. Assim como diversas ferramentas de melhoria contínua e qualidade, o *Lean* nasce para otimizar processos, reduzindo desperdícios e aumentando a eficiência operacional nas organizações, especialmente as industriais. A essência da manufatura enxuta é produzir apenas o necessário, quando for necessário e na quantidade exata (Ohno, 1997), ou seja, fazer mais com menos.

Segundo Ohno (1997), há sete tipos de desperdícios que devem ser eliminados nos processos produtivos: (1) superprodução, (2) tempo de espera, (3) transporte, (4) processamento excessivo, (5) estoque, (6) movimentação e (7) defeitos. De maneira geral, entende-se que desperdício representa tudo aquilo que não agrega valor ao produto ou serviço na perspectiva do cliente.

Para apoiar a eliminação sistemática desses desperdícios, o Lean se fundamenta em cinco princípios estruturais. Conforme definidos por Womack e Jones (1998), as organizações devem:

- Buscar a perfeição: promovendo a melhoria contínua em todos os níveis;
- Produção puxada: produzir somente o que for demandado;
- Fluxo de valor: garantir que o fluxo produtivo flua sem interrupções;
- Identificação da cadeia de valor: mapear com precisão todas as etapas envolvidas no processo;
- Especificação do valor: o valor (e não preço) de um produto ou serviço é definido pelo cliente final, e não pela empresa que o produz.

Esses princípios foram amplamente difundidos e aprofundados por outros autores fundamentais do pensamento enxuto. Liker (2005), ao apresentar os 14 princípios do Sistema Toyota de Produção, destaca que o Lean transcende um conjunto de ferramentas, configurando-se, na verdade, como uma filosofia organizacional que é baseada em estabilidade, respeito pelas pessoas, aprendizado contínuo, padronização dos processos e solução estruturada dos problemas. Partindo desse princípio, práticas como de trabalho padronizado, nivelamento da produção e gestão visual são essenciais para sustentar melhorias consistentes.

Seguindo esse raciocínio, Rother e Shook (2018) reforçam a importância do Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping – VSM*) como instrumento para identificar os desperdícios, gargalos e fluxos que não agregam valor ao produto ou serviço, permitindo visualizar a relação entre materiais e informações ao longo de todo o processo.

O *Lean Manufacturing* é, portanto, a combinação de uma filosofia de gestão com um conjunto de métodos e ferramentas que visam o melhor aproveitamento de recursos, a eliminação dos desperdícios e a entrega de valor ao cliente. Entre as ferramentas mais utilizadas no *Lean*, destacam-se o Kanban, para controle visual da produção; o 5S, voltado à organização e padronização do ambiente de trabalho; e o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), aplicado para reduzir os tempos de setup. Essas técnicas, quando são aplicadas de forma integrada, permitem otimizar processos, aumentar a produtividade e promover um ambiente mais estável, seguro e eficiente.

2.1.1 Os oito desperdícios do *Lean*

Tradicionalmente, o Sistema Toyota de Produção identificava sete desperdícios. Contudo, abordagens mais modernas do *Lean* passaram a considerar um oitavo tipo: o desperdício de potencial humano. A classificação moderna dos desperdícios inclui:

1. Superprodução – produzir antes do necessário ou quantidades superiores à demanda.
2. Tempo de espera – períodos de inatividade devido à falta de informações, materiais ou equipamentos.
3. Transporte – movimentações desnecessárias de materiais ou produtos.
4. Processamento excessivo – atividades são executadas além do necessário.
5. Estoque – Estoques intermediários ou finais acima do demandado pelo processo.

6. Movimentação – movimentos desnecessários de pessoas durante a execução das tarefas.
7. Defeitos – erros que geram correções, retrabalhos ou desperdício de materiais.
8. Desperdício de talento humano – subutilização das competências, criatividade e capacidade de resolução de problemas dos trabalhadores.

Para Liker (2005), compreender e eliminar esses desperdícios é fundamental para alcançar processos mais eficientes, estáveis e previsíveis. Em contextos como a manutenção na mineração — marcada por deslocamentos longos, atividades dispersas e dependência de recursos críticos — esses desperdícios tornam-se ainda mais evidentes, reforçando a necessidade de padronização, planejamento eficiente e melhoria contínua.

Assim, os princípios do *Lean Manufacturing* fornecem o arcabouço conceitual que sustenta este trabalho, orientando a identificação sistemática de desperdícios, a padronização de rotinas e a busca pela melhoria contínua dos processos. No contexto da troca de turno das equipes de manutenção, o *Lean* permite compreender essa atividade como um processo passível de análise sob a ótica do fluxo e da estabilidade operacional, e não apenas como uma rotina administrativa inevitável. Portanto, o *Lean* estabelece a base filosófica para a aplicação do SMED neste estudo, direcionando as ações de reorganização das atividades e apoiando a busca por maior eficiência, previsibilidade e disciplina operacional.

2.2 Metodologia SMED

O SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou Troca Rápida de Ferramentas, é uma metodologia do sistema *Lean*, que busca reduzir o tempo de setup de máquinas e processos, a partir da minimização dos tempos de inatividade entre trocas de produtos (ciclos produtivos). Criada pelo engenheiro Shigeo Shingo, inicialmente para atender as necessidades do Sistema Toyota de Produção, o objetivo original era garantir flexibilidade ao sistema fabril japonês, permitindo trocas rápidas entre modelos e reduzindo estoques intermediários. Para Shingo (1985), o objetivo ideal é sempre reduzir o tempo de setup para um dígito, ou seja, menos de dez minutos, justificativa direta para a denominação “*single minute*”.

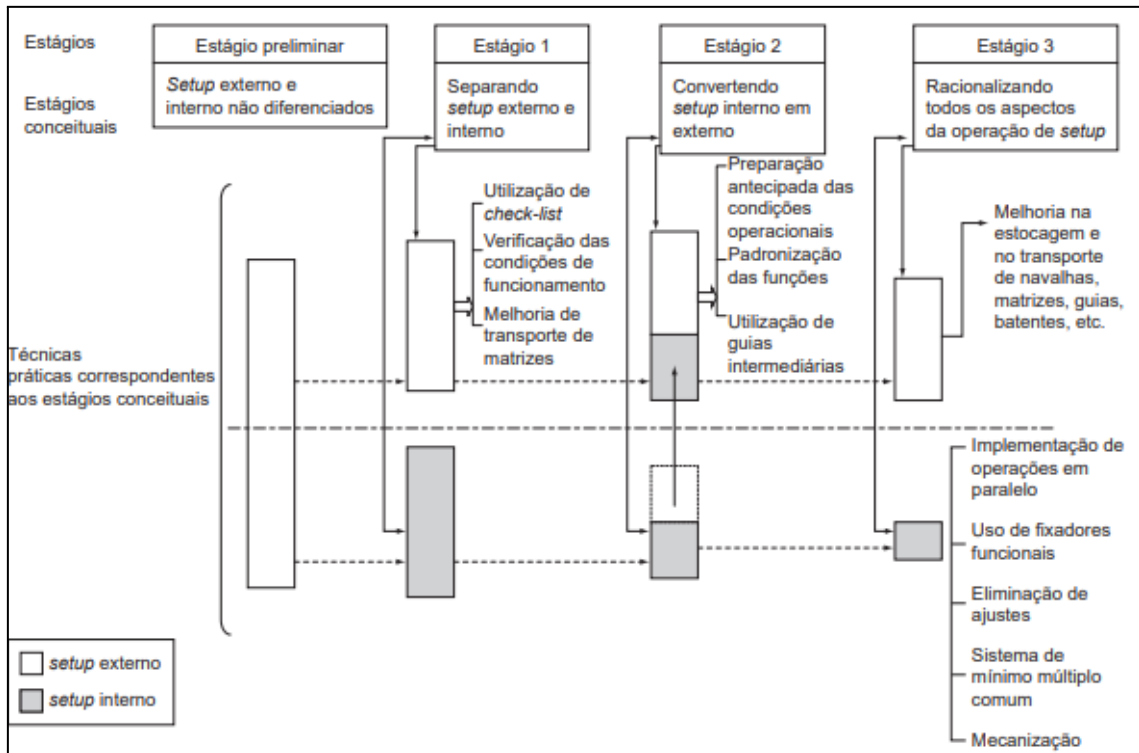
Setup, de acordo com Satolo e Calarge (2008), é o tempo utilizado para a realização de todas as atividades necessárias para preparar uma máquina ou um processo, a partir do momento em que se finalizou a produção de uma peça até o momento em que se inicia a produção da peça seguinte. Ainda, o setup pode ser classificado em dois grupos diferentes,

como define Reis e Alves (2010): (1) Setup interno: atividades que devem ser realizadas com a máquina ou equipamento parado; (2). Setup externo: corresponde a todas as atividades que podem ser realizadas com a máquina em operação.

Embora essa classificação seja tradicionalmente aplicada ao contexto de máquinas e equipamentos, seu princípio fundamental — a separação entre atividades que exigem a parada do ativo daquelas que podem ser realizadas em paralelo — é transferível para outros processos. Em atividades de suporte, como a troca de turno, o ‘ativo’ que não pode estar parado é a equipe e sua capacidade de execução de atividades que agregam valor. Portanto, para fins deste estudo, foi necessário adaptar os conceitos de setup no SMED: atividades internas passam a ser aquelas que necessariamente exigem a parada produtiva de uma ou ambas as equipes; já atividades externas são aquelas que podem ser realizadas de forma assíncrona, antecipadamente pelo turno que sai ou posteriormente pelo que entra, sem necessariamente paralisar o trabalho do outro.

A essência do SMED consiste em converter o máximo possível de atividades internas em externas, reorganizando tarefas para que possam ser realizadas antecipadamente, reduzindo significativamente o tempo de máquina parada. Essa lógica permite ganhos diretos de produtividade e estabilidade operacional. Para Shingo (1985), o SMED não é uma ferramenta imediata, na verdade, ela trabalha a melhoria do setup em etapas, passando por quatro estágios, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Estágios básicos do SMED



Fonte: Shingo (1985).

A partir da Figura 1, a aplicação do SMED ocorre por meio de quatro estágios principais, conforme descrito por Shingo (1985) e complementado por Fogliatto e Fagundes (2003). Esses estágios deixam claro que o SMED atua em duas frentes que se complementam: análise detalhada do processo atual e implementação sistemática das melhorias identificadas. Quando bem executado, o SMED proporciona resultados como aumento de disponibilidade dos equipamentos, maior flexibilidade para a produção em lotes menores, diminuição de estoques intermediários, menor lead time e maior flexibilidade operacional.

Além da literatura clássica, estudos contemporâneos reforçam a aplicabilidade ampliada do SMED. Cakmakci (2009), ao estudar setups em ambientes fabris complexos, destaca que essa metodologia não se limita a apenas linhas de produção contínuas, sendo igualmente eficaz em processos multiprodutos, células flexíveis e operações com alta variabilidade. Para McIntosh et al. (2000), o SMED também pode ser aplicado em serviços, desde hospitais até manutenção aeronáutica, demonstrando que o princípio de reorganizar atividades internas/externas é universal e adaptável a sistemas intensivos em tempo.

A metodologia apresenta ainda impactos diretos sobre indicadores produtivos mais amplos. Suri (2010), ao discutir sistemas POLCA (*Paired-cell Overlapping Loops of Cards*), enfatiza que a redução dos tempos de setup diminui o *lead time* total, reduz gargalos e

aumenta a responsividade organizacional, resultados relevantes para operações onde a disponibilidade dos ativos é crítica. Seu caráter adaptativo torna a ferramenta especialmente relevante em setores que dependem da alta disponibilidade de ativos, como é o caso da mineração, nos quais paradas não programadas geram perdas financeiras expressivas.

Assim, o SMED é uma importante estratégia para a competitividade organizacional, não somente em ambientes industriais, mas também em diversos outros contextos que dependem de trocas rápidas e eficientes.

2.2.1 Benefícios estratégicos do SMED para operações de mineração

Em setores que dependem fortemente da continuidade operacional, como siderurgia, petróleo, transporte e mineração, a redução de tempos improdutivos é essencial para manter os níveis de produtividade e, conseqüentemente, de competitividade. Na mineração, especificamente, a oficina de manutenção desempenha papel crítico na disponibilidade física dos ativos, influenciando diretamente a capacidade de produção da mina e da usina.

Nesse contexto, o SMED apresenta benefícios estratégicos relevantes:

1. Aumento da disponibilidade física dos equipamentos: ao reduzir o tempo improdutivo entre os turnos e entre intervenções, a metodologia contribui diretamente para que ativos críticos estejam mais tempo disponíveis para operação produtiva.

2. Redução de variabilidade operacional: ambientes com grande variabilidade de demanda, como manutenção corretiva de grandes equipamentos, se beneficiam da padronização proporcionada pelo SMED, que estabiliza rotinas e reduz atrasos decorrentes de processos informais.

3. Melhoria do planejamento e da previsibilidade: a redução e padronização dos tempos de troca permite que as equipes planejem, priorizem e programem ordens de serviço com maior confiabilidade, melhorando indicadores como backlog e cumprimento do plano de manutenção.

4. Flexibilidade operacional: setups reduzidos permitem que as equipes atendam um número maior de serviços em menor tempo, sendo vital em contextos onde a demanda é dinâmica.

5. Redução de custos operacionais: a diminuição das horas paradas impacta diretamente o custo por tonelada de minério produzida, especialmente em processos contínuos como os de lavra e beneficiamento do minério.

6. Base para melhoria contínua e cultura *Lean* na mineração: ao exigir padronização, revisão de fluxos e participação de diferentes áreas, o SMED se torna uma porta de entrada para a adoção das práticas previstas no *Lean* em setores tradicionalmente pouco explorados pela filosofia, como a mineração (Carvalho; Silva, 2021).

Diante do exposto, a metodologia SMED se consolida como uma ferramenta estratégica e consistente para a redução de tempos improdutivos, baseada na análise detalhada das atividades e na separação entre tarefas internas e externas. Embora tenha sido originalmente desenvolvida para ambientes fabris, sua lógica conceitual permite adaptações para processos de apoio e contextos operacionais complexos. Neste trabalho, o SMED constitui o método central de intervenção, sendo adaptado para analisar e otimizar o processo de troca de turno das equipes de manutenção, com foco na redução da inatividade, no aumento da disponibilidade operacional e na criação de uma base sólida para a padronização e melhoria contínua.

2.3 Setup em diferentes contextos operacionais

Embora seja tradicionalmente mais associado ao ambiente fabril, o conceito de setup pode ser estendido a qualquer processo onde há, necessariamente, períodos de preparação entre as atividades, resultando em períodos de inatividade e potenciais desperdícios. Em operações logísticas, por exemplo, atividades como a preparação de cargas, posicionamento de veículos, check de documentos e reorganização das docas, constituem etapas de setup que podem comprometer a fluidez operacional quando não são padronizadas (Dias, 2012). Essa perspectiva corrobora a premissa deste trabalho: o processo de troca de turno pode ser analisado como um setup cognitivo e operacional, onde a 'máquina' a ser preparada é o conhecimento do status das operações e a prontidão da equipe. A aplicação dos estágios do SMED a este contexto exige, portanto, a adaptação supracitada, focando na otimização do fluxo de informação e na redução do tempo em que a equipe fica em modo não produtivo.

No setor de serviços, especialmente na área da saúde, a literatura apresenta alguns estudos que evidenciam o impacto dos setups na capacidade produtiva e, até mesmo, sobre a segurança do paciente. Em hospitais, o intervalo entre procedimentos, que envolve a

higienização de salas, reposição de materiais, conferência de prontuários e ajuste de equipamentos, configura um setup complexo, principalmente por ser altamente sensível à variabilidade humana. McIntosh et al. (2000) mostram que a aplicação dos princípios do SMED em ambientes complexos, como centros cirúrgicos, pode reduzir o tempo não clínico (que não está diretamente ligado ao atendimento ao paciente) entre atendimentos, aumentando a rotatividade de salas e mitigando atrasos sistêmicos.

Além dos setups mais conhecidos, estudos mais recentes apresentam discussões sobre um novo tipo de setup, o setup cognitivo, especialmente relevante em contextos que envolvem trocas de turno. Esse tipo de setup está relacionado ao tempo e ao esforço necessários para que um profissional entenda o status da atividade, as pendências, riscos associados e prioridades antes de assumir e iniciar as atividades. Em *healthcare*, esse processo é estudado como *clinical handover*, e falhas nessa transição podem acarretar em perdas de informação, retrabalho e até mesmo erros operacionais (Alvarado et al., 2006). Uma troca de turno eficiente exige uma boa padronização do fluxo de comunicação, definição clara das informações relevantes e eliminação de etapas que não agregam valor, princípios que ligados diretamente com a lógica do SMED, ao diferenciar atividades internas (que dependem da interação direta entre profissionais) e externas (que podem ser realizadas antecipadamente).

Na mineração, que constitui o foco deste trabalho, setups também ocorrem em diferentes níveis, desde trocas de turno de operadores, até atividades de deslocamento, preparação de frentes de lavra ou mesmo organização de ferramentas e documentos. Essas atividades, muitas vezes não são formalmente reconhecidas como setups, mas caracterizam-se como períodos de inatividade, impactando indicadores críticos como disponibilidade física, cumprimento do plano de manutenção e ritmo das operações. Conforme destacam Carvalho e Silva (2021), setups mal gerenciados em atividades de apoio, podem comprometer significativamente o desempenho de toda a cadeia produtiva mineral.

Aplicar os princípios do SMED nesse tipo de ambiente permite reavaliar atividades rotineiras, como o alinhamento de turno, obtenção de ordens de serviço e organização de ferramentas, sob a ótica de atividades internas e externas, possibilitando antecipações estratégicas e padronização dos fluxos de atividades. Dessa forma, a metodologia contribui tanto para a eliminação de desperdícios quanto para um aumento da produtividade operacional, proporcionando ganhos contínuos em eficiência.

Portanto, compreender o setup como um conceito presente em diferentes contextos e setores amplia não apenas a visão sobre sua natureza, mas também o potencial de adaptação de práticas de melhoria contínua e *Lean*. Essa abordagem torna possível adaptar ferramentas originalmente desenvolvidas para a manufatura para contextos complexos, como o setor de serviços e a mineração. Diante desse conceito ampliado de setup, este trabalho propõe uma adaptação dos estágios do SMED para analisar e otimizar o processo de troca de turno em uma mineradora.

Dessa forma, a ampliação do conceito de setup para diferentes contextos operacionais reforça a premissa adotada neste estudo de que a troca de turno pode ser compreendida como um setup operacional. Períodos de preparação, alinhamento e transição entre atividades podem representar oportunidades relevantes de eliminação de desperdícios se analisados de forma estruturada. Ao reconhecer a troca de turno como um processo passível de classificação, conversão e padronização, estabelece-se a base conceitual necessária para a adaptação dos estágios do SMED ao contexto da mineração, como é o foco central desta pesquisa.

2.4 Aplicações práticas do SMED

A metodologia SMED tem sido amplamente aplicada em diferentes segmentos industriais, demonstrando elevado potencial de redução de tempos improdutivos, aumento de disponibilidade de ativos e aumento da eficiência operacional. Embora originalmente desenvolvida para o ambiente fabril, sua lógica, baseada no mapeamento, separação e conversão de atividades internas para externas, permite que a metodologia seja adaptada a diferentes contextos produtivos. Autores como Shingo (1985), Fogliatto e Fagundes (2003) e Womack e Jones (1998) destacam que o êxito do SMED depende da capacidade da organização de conseguir analisar, com detalhes, seu fluxo de atividades, padronizar operações e envolver as equipes na identificação dos desperdícios existentes.

A seguir, apresentam-se alguns estudos que evidenciam a aplicabilidade e os resultados alcançados em diferentes setores.

2.4.1 Setor metalúrgico

Em uma metalúrgica no interior de São Paulo, Rodrigues et al. (2018) aplicaram o SMED com o objetivo de reduzir o tempo de setup de máquinas operatrizes. A partir da

análise de tempos e identificação de oportunidades de melhoria, o tempo médio de setup caiu de 120 para 30 minutos, representando uma redução de 75%. Além dos ganhos operacionais, os autores destacam maior controle do processo e aumento do engajamento das equipes.

2.4.2 Setor automotivo

Em uma empresa automotiva fabricante de peças plásticas, Dorneles et al. (2020) aplicaram o SMED em uma máquina injetora (M44), cujo setup inicial era de aproximadamente 3 horas. Após o mapeamento detalhado das atividades e uso de ferramentas como brainstorming, o tempo de setup foi reduzido em 54%. Os autores sugerem a continuidade dos estudos na empresa para que alcancem futuramente o “*single-minute*” no setup da M44.

2.4.3 Setor de cuidados pessoais

Amaral et al. (2023) implementaram o SMED em uma empresa de serviços do setor de cuidados pessoais, localizada em Manaus-AM, analisando o tempo entre sessões de atendimento. Inicialmente, o setup correspondia a 43% do tempo de atendimento total. Após as melhorias implantadas, como rearranjo de layout, redistribuição de tarefas e padronização de rotinas, o tempo de setup foi padronizado em 12 minutos, representando redução média de 26%.

2.4.4 Setor de alimentos e bebidas

O setor alimentício brasileiro apresenta forte variabilidade de produção, o que exige setups frequentes associados a higienização, troca de moldes e ajustes de parâmetros de produção. Silva e Pacheco (2019), ao aplicarem o SMED em uma indústria de bebidas, reduziram o tempo de setup de 95 para 40 minutos, representando uma redução de 58%. Os autores destacam como fatores essenciais para o sucesso da implantação: a padronização do checklist de preparação, treinamento das equipes e readequação do layout de limpeza.

2.4.5 Setor têxtil e impressão gráfica

Na indústria têxtil, os setups estão associados a trocas de rolos, regulagens e ajustes nos padrões de estamparia. Souza e Ribeiro (2017) aplicaram o SMED em uma empresa gráfica de médio porte, reduzindo o tempo de setup nas máquinas de impressão de 46 para 18 minutos, uma redução de 61%. Os autores reforçam a importância de ter atividades externas

bem definidas e da criação de kits de preparação, para garantir a repetibilidade e estabilidade do processo.

2.4.6 Ganhos observados

Esses casos evidenciam que o SMED é adaptável a diferentes contextos e pode gerar ganhos significativos mesmo com ações simples, promovendo melhoria contínua, redução de desperdícios e engajamento das equipes. O Quadro 1 apresenta a síntese dos ganhos obtidos através do SMED, nos diferentes setores apresentados nesta seção.

Quadro 1 - Resultados da implantação do SMED em diferentes setores

Setor	Setup inicial	Setup final	% Redução
Metalúrgico	120 min	30 min	75%
Automotivo	180 min	83 min	54%
Cuidados pessoais	43% do atendimento	12 min/serviço	26%
Alimentos e bebidas	95 min	40 min	58%
Têxtil	46 min	18 min	61%

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.4.7 Considerações finais

Os estudos apresentados demonstram que a aplicação do SMED gera resultados consistentes em diferentes setores, independentemente do tipo de processo, grau de automação ou segmento. Observa-se que os principais ganhos estão associados à padronização das rotinas, à separação clara entre atividades internas e externas e ao envolvimento das equipes desde a identificação até a eliminação de desperdícios. Esses resultados reforçam a viabilidade da adaptação do SMED para processos de apoio, como a troca de turno, sustentando a escolha metodológica deste trabalho e evidenciando o potencial da ferramenta para gerar ganhos operacionais também nesse contexto da mineração.

2.5 Desafios da implantação do SMED

Embora a aplicação do SMED seja muito abordada em ambientes fabris, a implementação dessa ferramenta a contextos como o da mineração, ainda é uma lacuna na literatura, que será explorada ao longo deste trabalho. Apesar dos benefícios associados ao SMED, a implementação da metodologia enfrenta obstáculos que podem comprometer a sua

eficácia. Entre os principais desafios encontrados, pode-se destacar: barreiras culturais, resistência das equipes e limitações técnicas.

A resistência às mudanças ocasionadas pelo SMED é uma das barreiras mais comuns. Em ambientes onde a melhoria contínua ainda não é vista como uma filosofia e tratada culturalmente, os empregados tendem a relutar contra alterações em seus métodos de trabalho, principalmente quando estas alterações em rotinas consolidadas (Medeiros; Silva, 2020). A ausência de uma cultura organizacional que busca a eficiência operacional em todos os seus processos, dificulta a aceitação de novas abordagens e impacta diretamente o engajamento das equipes.

A capacitação técnica também é parte fundamental da perpetuação do SMED. A falta de conhecimento das etapas da metodologia, bem como da lógica de classificação de setups internos e externos, pode gerar falhas na aplicação, tornando as melhorias ou pontuais ou insustentáveis. Além disso, a implantação bem sucedida necessita do comprometimento da liderança para garantir o suporte necessário.

Outro fator que pode prejudicar a implantação do SMED, é o diagnóstico inicial mal estruturado. Se os dados referentes aos tempos de setup não são confiáveis ou se as etapas não foram bem executadas, as análises e resultados são imprecisos e sua confiabilidade é comprometida, dificultando a identificação de possíveis melhorias (Motta; Oliveira, 2019).

A compreensão dos desafios associados à implantação do SMED é fundamental para a correta interpretação dos resultados deste estudo. Aspectos como resistência cultural, necessidade de capacitação técnica, envolvimento da liderança e confiabilidade dos dados de diagnóstico influenciam diretamente a eficácia e a sustentabilidade das melhorias propostas. Ao considerar essas barreiras desde o início, este trabalho busca não apenas aplicar o SMED, mas fazê-lo de forma realista e aderente à complexidade do ambiente de manutenção na mineração, aumentando a robustez metodológica da pesquisa.

2.6 Particularidades no setor de mineração

A mineração é um setor caracterizado por operações de grande escala, descentralizadas e interdependentes. Diferentemente de ambientes fabris convencionais, onde o fluxo produtivo ocorre em áreas restritas e controladas, as operações de mina se distribuem em extensas áreas abertas, envolvendo atividades de lavra, transporte, britagem, beneficiamento e expedição. Esse cenário gera um conjunto particular de desafios relacionados à sincronização

das rotinas operacionais, ao fluxo de informação entre turnos e à sincronização dos recursos (Gonçalves et al., 2021).

Além da dispersão geográfica, outro fator crítico do setor é sua dependência de ativos de grande porte. Equipamentos como caminhões fora de estrada, escavadeiras, carregadeiras e perfuratrizes possuem elevados custos de aquisição e, principalmente, de parada. Segundo Lima et al. (2020), a disponibilidade física desses ativos é um dos indicadores mais relevantes para o desempenho operacional de uma mina, uma vez que qualquer evento que reduza seu tempo de operação impacta diretamente na produção diária planejada.

Nesse contexto, perdas aparentemente pequenas, como atrasos na troca de turno, deslocamentos desnecessários ou divergências de informação entre as equipes, são altamente significativas quando acumuladas ao longo dos dias. Assim, rotinas não padronizadas, especialmente em atividades de apoio, afetam a capacidade operacional de toda a cadeia produtiva.

Nesse cenário, nos últimos anos o conceito de *Lean Mining* tem ganhado espaço na literatura, uma abordagem que adapta as ideias do *Lean Manufacturing* ao contexto da mineração. Gonçalves et al. (2021) defendem que a filosofia enxuta pode contribuir para reduzir desperdícios em atividades logísticas, de manutenção e operação de mina, proporcionando maior estabilidade e previsibilidade no fluxo de produção. Souza e Vieira (2022) reforçam que a aplicação de técnicas *Lean* na mineração tem gerado avanços significativos na eficiência operacional, ainda mais quando direcionada para processos que apresentam elevado potencial de ganho, como atividades de manutenção, inspeção, troca de turno e outras atividades de suporte.

Entretanto, implementar a filosofia *Lean* na mineração requer atenção para uma série de desafios particulares ao setor. Entre os principais obstáculos encontrados na literatura, destacam-se: cultura organizacional historicamente orientada à operação corretiva, com pouca padronização de rotina; equipes numerosas e distribuídas em diferentes frentes de trabalho, o que dificulta o alinhamento entre turnos; alta variabilidade operacional; dependência de múltiplas áreas de suporte; limitações físicas, como deslocamentos até áreas de produção.

Nesse sentido, a adoção de uma abordagem estruturada, como o SMED, representa uma otimista oportunidade de inovação no setor mineral. Ao separar atividades que agregam e não agregam valor, converter tarefas internas em externas e padronizar rotinas operacionais, o

SMED se alinha diretamente às necessidades de disponibilidade física de ativos, redução de inatividade e estabilidade operacional, essenciais para operações de alta complexidade que exigem, consequentemente, alta performance.

De forma integrada, a revisão da literatura evidencia que o *Lean Manufacturing* fornece a base conceitual para a eliminação de desperdícios, a padronização de processos e a busca pela melhoria contínua, enquanto o SMED se consolida como uma metodologia estruturada para a redução de tempos improdutivos. Apesar de sua ampla aplicação em ambientes fabris e em determinados setores de serviços, observa-se uma lacuna relevante na literatura quanto à aplicação do SMED em processos de apoio, especialmente na troca de turno de equipes de manutenção na mineração, marcada por elevada variabilidade, dependência de informação e forte componente humano. Essa lacuna justifica a relevância do presente estudo, que propõe a adaptação dos princípios e estágios do SMED a esse contexto específico. Assim, a revisão realizada sustenta a escolha da metodologia adotada, orienta a classificação das atividades em internas e externas e fornece a base teórica necessária para a análise dos resultados apresentados nos capítulos subsequentes, assegurando a coerência entre teoria, método e aplicação prática.

3. METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas a natureza da pesquisa, sua classificação e abordagem, além do delineamento da metodologia utilizada tanto para coleta quanto análise de dados.

3.1 Classificação da pesquisa

De acordo com as definições propostas por Turrioni e Mello (2012), o presente trabalho pode ser classificado com base nos seguintes critérios: natureza, objetivos, abordagem e métodos.

Em relação à natureza, trata-se de uma pesquisa aplicada, pois buscou utilizar o conhecimento gerado para solucionar um problema prático; neste caso, a redução do tempo de troca de turno em uma mineradora. Para Gil (2002), as pesquisas aplicadas partem da necessidade de resolver problemas reais, contribuindo tanto com a prática quanto com o conhecimento teórico.

No que diz respeito aos objetivos, a pesquisa possui características tanto exploratórias quanto descritivas. É exploratória porque buscou aprofundar o conhecimento em um tema ainda pouco discutido na literatura: a aplicação do SMED na mineração, mais precisamente na troca de turno, buscando identificar suas particularidades. Mas, também é descritiva, pois o trabalho mapeou os processos existentes, mediu os tempos improdutivos, identificou as etapas que fazem parte da troca de turno e propôs um modelo adaptado da metodologia SMED para solucionar o problema em questão. Portanto, conforme Gil (2002), as pesquisas descritivas buscam observar, registrar, analisar e interpretar fenômenos reais.

Quanto à abordagem do problema, esta foi predominantemente qualitativa, uma vez que se buscou interpretar os dados observados a partir de análises e mapeamento do processo em si, além de contar com a participação dos colaboradores envolvidos nas atividades. Como defendem Turrioni e Mello (2012), a abordagem qualitativa é adequada quando o ambiente por si só já é a fonte direta para coleta dos dados e estes são analisados de modo indutivo pelos pesquisadores.

Por fim, quanto ao método, este trabalho é classificado como uma pesquisa-ação. De acordo com Thiollent (2011), a pesquisa-ação envolve a participação ativa do pesquisador ao longo de todo o processo investigativo, desde o diagnóstico inicial do problema até a proposição e implementação de melhorias, em colaboração com os profissionais do ambiente

de estudo. Neste trabalho, a autora atuou diretamente na identificação das causas dos desperdícios associados à troca de turno, na adaptação da metodologia SMED ao contexto operacional da mineradora e na elaboração de um plano de melhorias para otimização do processo. Dessa forma, trata-se de um processo de investigação e intervenção prática, o que confirma sua adequação ao método de pesquisa-ação, e não ao estudo de caso tradicional, que pressupõe uma postura predominantemente observacional sobre eventos já consolidados.

3.2 Procedimento metodológico

3.2.1 Caracterização do ambiente de estudo

A presente pesquisa foi conduzida em uma mineradora de grande porte, com atuação de destaque no cenário nacional e internacional. A unidade estudada está localizada na região do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais, e se destaca pela complexidade de suas operações, que abrangem desde as atividades de lavra até o beneficiamento do minério de ferro. Devido à extensão e à interdependência dos processos envolvidos, torna-se imprescindível que haja sinergia entre as diversas áreas da empresa, a fim de garantir a fluidez e a eficiência operacional.

A estrutura de trabalho da unidade contempla diferentes regimes de jornada, sendo que as equipes administrativas atuam de segunda à sexta-feira, no horário comercial, de 7h às 16h, contemplando 1h de almoço. Já as equipes de Operação e Manutenção, responsáveis pelas atividades diretamente relacionadas à produção, atuam em regime de turno ininterrupto, de forma a manter a continuidade do processo. Especificamente na área de manutenção da mina, são organizadas quatro turmas de trabalho: duas que atuam no período diurno (das 7h às 19h), denominadas M1 e M2, e duas no período noturno (das 19h às 7h), denominadas T1 e T2. As equipes operam no regime 2x2, ou seja, trabalham dois dias consecutivos e folgam os dois dias seguintes. As turmas diurnas são compostas por aproximadamente 12 empregados cada, enquanto as turmas noturnas contam com cerca de 20 empregados cada.

O foco deste trabalho foi limitado à oficina de manutenção de mina, setor responsável pelas intervenções corretivas e preventivas em equipamentos pesados, como caminhões fora de estrada, escavadeiras, tratores de esteira, motoniveladoras, entre outros ativos essenciais à operação de lavra. Trata-se de uma área extremamente estratégica, uma vez que a disponibilidade e o desempenho dos equipamentos impactam diretamente a produtividade da mina.

O processo de troca de turno nessa área ocorre no início e no fim de cada jornada. Ao chegar à unidade, os empregados são transportados de ônibus até as instalações, onde seguem para o vestiário. Em seguida, participam de atividades obrigatórias, como o diálogo diário de segurança, orientações comportamentais e alinhamentos operacionais. Após essa etapa, realizam uma pausa para lanche, organizam a documentação necessária para as intervenções (como ordens de serviço), reúnem as ferramentas e insumos e, somente então, iniciam as atividades de manutenção. Ao final de cada turno, as equipes encerram os trabalhos, realizam o 5S na área, retornam ao vestiário e finalizam a jornada.

Apesar de necessárias, essas atividades iniciais e finais da jornada consumiam uma parcela significativa do tempo disponível de cada equipe, comprometendo a produtividade das manutenções e, em alguns casos, ocasionando atrasos nas intervenções ou até mesmo a indisponibilidade temporária de ativos. Esse contexto configura a situação-problema a ser abordada neste trabalho, que propõe a aplicação da metodologia SMED como ferramenta para reduzir os tempos improdutivos associados à troca de turno e, consequentemente, melhorar o desempenho operacional da manutenção.

3.2.2 Etapas da pesquisa

Este trabalho foi estruturado em etapas sequenciais e interdependentes, com o objetivo de compreender o processo de troca de turno das equipes de manutenção, identificar gargalos, propor melhorias a partir da adaptação da metodologia SMED e, por fim, avaliar os resultados obtidos após sua implementação.

As etapas podem ser resumidas em cinco macro etapas, são elas:

a) Levantamento e análise do processo atual de troca de turno

Esta etapa corresponde ao levantamento inicial de informações sobre o funcionamento do processo de troca de turno. Foram realizadas entrevistas exploratórias com os membros das equipes de manutenção e seus supervisores, observações diretas em campo e registros audiovisuais. O objetivo principal nesta etapa foi entender como a troca de turno ocorria, quais eram as atividades envolvidas, os tempos consumidos e as dificuldades enfrentadas.

Além disso, realizou-se o mapeamento do processo, com a identificação das atividades que compõem o setup entre as jornadas de trabalho, classificando-as em internas ou externas segundo a adaptação conceitual proposta neste estudo, onde a classificação leva em conta a

necessidade de paralisação da atividade-fim da equipe. Também foram identificados pontos de espera, deslocamentos desnecessários, falhas de comunicação e outros elementos que geram improdutividades.

b) Aplicação da metodologia SMED

Com base no diagnóstico e mapeamento detalhado do setup, iniciou-se a aplicação das etapas previstas na metodologia, que foram adaptadas para que atendessem às particularidades da realidade observada. A proposta consistiu em classificar as atividades como internas ou externas e buscar oportunidades de conversão, reorganização e eliminação de etapas desnecessárias.

Neste contexto, foram analisados aspectos como: organização do ambiente, disponibilidade dos recursos (como ferramentas, EPIs e transporte interno), comunicação entre os turnos e demais rotinas administrativas que impactam na liberação das frentes de serviço.

c) Elaboração do plano de ação

As melhorias propostas foram organizadas em um plano de ação, construído de forma colaborativa com os operadores, líderes e demais profissionais da área. A participação ativa dos envolvidos foi essencial para garantir que as melhorias propostas estivessem alinhadas à realidade operacional e que fossem viáveis, tanto em termos técnicos quanto culturais.

O plano de ação contemplou os responsáveis, prazos e recursos necessários. As ações propostas incluem ajustes de layout, mudanças nos procedimentos de passagem de turno, implantação de listas de verificação, melhorias no sistema de transporte, entre outras.

d) Implementação das melhorias

Após a validação do plano de ação, as melhorias foram implantadas. Durante essa fase, foi mantido o acompanhamento direto em campo, com o registro das dificuldades, ajustes necessários e contribuições adicionais dos operadores.

Quando foram observadas falhas ou dificuldades na execução do plano, novas propostas de ajuste foram incorporadas, respeitando a dinâmica participativa e interativa do estudo.

e) Avaliação dos resultados

Por fim, os impactos das melhorias implantadas foram avaliados. Para isso, foram realizados comparativos entre os tempos de setup antes e depois da aplicação do SMED, além da análise qualitativa da percepção dos operadores quanto à efetividade das mudanças. Com base nessa avaliação, também foi avaliado a viabilidade de padronização das novas rotinas, visando à sustentabilidade e longevidade dos ganhos obtidos.

3.2.3 Instrumentos e técnicas de coleta de dados

Para a coleta de dados deste estudo, foram utilizados diferentes instrumentos e técnicas, com o objetivo de captar, da forma mais fidedigna possível, a realidade das equipes de manutenção durante a troca de turno.

Inicialmente, foram realizadas entrevistas com os membros das equipes e com seus respectivos supervisores. O intuito foi compreender a rotina operacional, identificar possíveis gargalos no processo de troca de turno e captar a percepção dos profissionais envolvidos. As entrevistas também serviram como momento de alinhamento: apresentou-se a motivação da pesquisa, os fundamentos da metodologia SMED e as etapas futuras do estudo, com o objetivo de promover transparência e engajamento por parte dos envolvidos.

Essas entrevistas ocorreram de forma não estruturada, priorizando a flexibilidade e o estabelecimento de um ambiente informal e acolhedor. Essa abordagem buscou estimular a participação espontânea e sincera dos colaboradores, permitindo que compartilhassem suas percepções sem receios. Dentre os principais benefícios desta abordagem destacam-se: a possibilidade de esclarecimento imediato de dúvidas, a coleta de informações que não estão registradas em documentos formais, a construção de confiança entre os participantes e a equipe do estudo, além da obtenção de dados mais realistas e contextualizados. Por outro lado, reconhecem-se algumas limitações, como a dependência da disposição dos entrevistados, a maior demanda de tempo para a condução e análise das conversas e o risco de omissão de informações seja por receio ou insegurança.

Na etapa seguinte, foi realizada a observação direta das atividades executadas pelas equipes, principalmente as que correspondiam ao início e fim da jornada. Essa técnica permitiu a identificação de aspectos que muitas vezes não são percebidos pelos próprios empregados, mas que impactam diretamente na produtividade. A observação foi conduzida de maneira sistemática e não participativa, priorizando o olhar atento do pesquisador sobre o ambiente real de trabalho.

Antes do início das observações em campo, foram promovidos encontros com as equipes para informar sobre essa nova fase do estudo. Reforçou-se que a presença da equipe de pesquisa não deveria alterar a rotina dos trabalhadores, sendo fundamental que as atividades fossem executadas de maneira natural. Esse alinhamento teve como objetivo evitar distorções nos dados e garantir que os registros representassem, de fato, a realidade operacional.

No entanto, reconhece-se que a presença de observadores pôde provocar alterações involuntárias no comportamento dos colaboradores, o que constitui uma limitação inerente à técnica. Ainda assim, buscou-se mitigar esse efeito por meio do alinhamento prévio e da construção de uma relação de confiança com os participantes.

Por fim, foram realizadas filmagens em pontos estratégicos, com o propósito de complementar as entrevistas e observações. A instalação das câmeras foi comunicada e autorizada previamente pelas equipes envolvidas. O uso das imagens teve caráter estritamente técnico e foi limitado à equipe de pesquisa, com a finalidade exclusiva de registrar e analisar o processo de troca de turno.

As câmeras foram posicionadas em locais previamente mapeados como potenciais fontes de gargalo, tais como: pontos de chegada e saída dos ônibus, corredores dos vestiários, sala de ferramentas, copa e áreas de execução das manutenções. Esses pontos foram selecionados com base nas entrevistas e nas observações iniciais, por serem comumente associados a atrasos ou improdutividades.

É importante destacar que o uso das imagens respeitou princípios éticos fundamentais, sendo destinado única e exclusivamente à obtenção de dados para o enriquecimento do estudo. Nenhum trabalhador poderia ser penalizado com base nas gravações. Caso fosse identificado alguma conduta inadequada, a intervenção só ocorreria se houvesse risco à integridade física do indivíduo ou de terceiros. Essa premissa visa preservar a confiabilidade da pesquisa e garantir que o foco se mantivesse na identificação de oportunidades de melhoria e não na responsabilização individual. Além disso, nos locais onde as câmeras foram instaladas, também foram colocadas placas de aviso, explicando a finalidade das filmagens, para evitar possíveis danos nos equipamentos, caso estes causassem incômodo ou desconfiança nos empregados.

As entrevistas, observações e filmagens contemplaram todas as quatro equipes de manutenção, que operam em turnos distintos. Essa abrangência permitiu captar as especificidades de cada turma, respeitando suas rotinas e particularidades operacionais.

3.2.4 Análise de dados

A análise dos dados foi conduzida de forma a compreender os tempos improdutivos associados à troca de turno das equipes de manutenção e mensurar os impactos das melhorias propostas a partir da aplicação da metodologia SMED. Para tanto, foram utilizados métodos de análise quantitativa e qualitativa, considerando os dados obtidos por meio de observações em campo, entrevistas, filmagens e cronometragens.

Inicialmente, realizou-se uma análise descritiva dos tempos registrados em cada atividade que compõe a troca de turno, como deslocamentos, uso do vestiário, diálogos de segurança, organização de ferramentas, entre outras, organizados em planilhas eletrônicas. Para cada uma dessas atividades, foram calculados os tempos médios.

Em seguida, realizou-se a comparação entre os dados obtidos antes e após a implementação das melhorias propostas. Essa comparação possibilitou avaliar a efetividade das ações adotadas, por meio da redução dos tempos improdutivos e da melhoria na fluidez do processo de troca de turno.

Para facilitar a interpretação dos dados e a priorização das ações, foram construídos gráficos e ferramentas de apoio à análise, destacando as atividades que mais consumiam tempo e, portanto, tinham maior potencial de impacto, a variabilidade dos tempos de execução das atividades e a sequência cronológica das atividades realizadas nas trocas de turnos.

Paralelamente à análise quantitativa, foi conduzida uma análise qualitativa dos dados coletados, baseada nas percepções dos operadores, líderes e demais envolvidos no processo. Essa análise buscou compreender aspectos subjetivos relacionados à aceitação das mudanças, dificuldades operacionais e oportunidades de reorganização das rotinas que não seriam facilmente identificadas exclusivamente por meio de indicadores numéricos.

Com base nos resultados da análise quantitativa e qualitativa, foi possível avaliar a viabilidade de padronização das novas rotinas propostas, considerando a sustentabilidade dos ganhos obtidos e sua aderência à realidade operacional da manutenção de mina.

3.2.4.1 Indicadores analisados

Para avaliar o desempenho do processo de troca de turno e os impactos das melhorias propostas, foram analisados os seguintes indicadores:

a) Tempo médio de troca de turno: refere-se ao tempo total consumido entre o início da jornada da equipe que entra e o início das atividades produtivas de manutenção. Esse indicador foi utilizado como principal métrica de comparação entre o cenário inicial e o cenário pós-implantação das melhorias.

b) Variabilidade dos tempos de execução: avaliada por meio da dispersão dos tempos registrados para as atividades que compõem a troca de turno, permitindo identificar inconsistências operacionais, falta de padronização e dependência excessiva de fatores humanos ou contextuais.

c) Tempo improdutivo total: corresponde à soma dos tempos associados a atividades que não agregam valor direto à manutenção dos equipamentos, tais como esperas, deslocamentos desnecessários e retrabalhos, sendo um indicador fundamental para mensurar os desperdícios existentes no processo.

d) Percepção dos operadores: indicador qualitativo obtido por meio das entrevistas e interações em campo, utilizado para avaliar a aceitação das mudanças, a clareza dos novos procedimentos e a percepção dos colaboradores quanto à efetividade das melhorias que foram implementadas.

3.3 Limitações do método

Embora a abordagem metodológica adotada neste estudo, caracterizada pela pesquisa-ação, pela coleta de dados por diferentes métodos (entrevistas, observação direta e filmagens) e pela aplicação estruturada da metodologia SMED, tenha permitido uma compreensão profunda do processo de troca de turno, algumas limitações precisam ser reconhecidas a fim de garantir a transparência e a integridade deste trabalho.

A primeira limitação diz respeito à dependência da observação em campo como principal fonte de evidências. Como destacam Marconi e Lakatos (2017), a presença do observador pode influenciar o comportamento dos participantes. Apesar das medidas adotadas

para minimizar esse impacto, como alinhamentos prévios, é possível que parte das rotinas observadas não reflita totalmente, com naturalidade, o processo em condições habituais.

Outra limitação relevante refere-se ao caráter qualitativo e adaptativo da pesquisa-ação. Embora essa abordagem seja adequada para estudos que envolvem intervenção direta e cooperação com os colaboradores, ela também implica em uma subjetividade na interpretação dos dados (Thiollent, 2011). Dessa forma, as conclusões são contextualizadas ao ambiente de estudo e podem não ser completamente generalizadas para outras unidades, turnos ou empresas com diferentes configurações organizacionais.

A coleta de dados também apresenta desafios inerentes ao método. As entrevistas, se não forem bem estruturadas, podem resultar em variações no nível de detalhamento e, conseqüentemente, na confiabilidade das informações, dependendo da disposição, memória e percepção dos empregados envolvidos. Como apontam Flick (2013) e Minayo (2012), esse tipo de técnica está sujeito ao viés de narrativa e a subjetividade do entrevistado, o que demanda uma triangulação com outras formas de evidência, o que foi considerado neste estudo, mas ainda assim limitado por outros fatores operacionais.

Além disso, a cronometração das atividades foi realizada em curto intervalo de tempo. Como explica Shingo (1985), análises de setup requerem múltiplos ciclos de medições para redução da variabilidade e identificação de exceções, o que nem sempre é viável em ambientes dinâmicos. Embora tenham sido analisados turnos distintos (diurnos e noturnos), a amostra representa um intervalo de tempo que pode não incorporar sazonalidades, eventos atípicos ou oscilações decorrentes de demandas de produção, condições climáticas, indisponibilidade de equipamentos e outros fatores.

Outra limitação está relacionada à própria aplicação adaptada do SMED, que, em sua concepção original, é voltada a processos de manufatura com maior controle sobre variáveis operacionais (Shingo, 1985). Sua adaptação para o ambiente de manutenção na mineração exigiu interpretações e flexibilizações metodológicas que podem ter influenciado a profundidade dos resultados, principalmente pela presença de atividades humanas, improvisações operacionais e restrições de segurança que não permitem ajustes radicais na sequência ou simultaneidade das atividades.

Em síntese, reconhece-se que, embora o método adotado tenha permitido uma compreensão aprofundada do processo de troca de turno na gerência de manutenção de mina,

os resultados devem ser interpretados considerando essas limitações, reforçando a necessidade de pesquisas futuras que ampliem a base de observações, explorem diferentes unidades operacionais e aprofundem a adaptação do SMED ao setor mineral, especialmente em atividades de apoio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

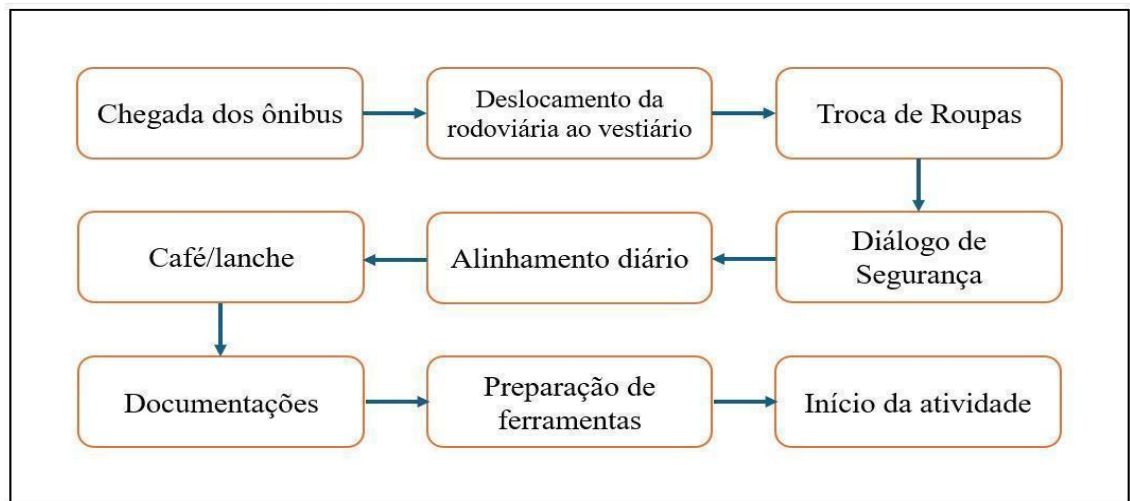
Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da execução das etapas previstas para o estudo. As análises foram conduzidas com base nos dados coletados durante as observações em campo, entrevistas, filmagens e registros operacionais, permitindo compreender de forma aprofundada o processo de troca de turno das equipes de manutenção. Cada subseção descreve os resultados relacionados aos objetivos específicos deste trabalho, evidenciando o mapeamento inicial do fluxo, a identificação dos principais desperdícios, a adaptação da metodologia SMED ao contexto estudado, o desenvolvimento das propostas de melhoria e a avaliação dos impactos gerados após a implementação. Dessa forma, os resultados aqui apresentados fornecem as informações necessárias para interpretar a situação-problema e fundamentar as conclusões do estudo.

A partir dessa estrutura, os resultados são apresentados na mesma ordem dos objetivos específicos definidos previamente para o trabalho, iniciando pelo mapeamento detalhado do processo de troca de turno e a mensuração dos tempos atualmente empregados nessa atividade. Essa etapa constituiu a base para todas as análises subsequentes, pois permitiu compreender o fluxo real das ações executadas pelas equipes, identificar padrões e registrar os principais pontos de ineficiência. Os resultados referentes a esse primeiro diagnóstico são apresentados a seguir.

4.1 Mapeamento do processo

O primeiro objetivo específico consistiu em mapear e mensurar o tempo inicial empregado na troca de turno das equipes da oficina de manutenção de equipamentos pesados, identificando o fluxo de atividades envolvido desde a chegada dos empregados até o início efetivo do trabalho direto, bem como o percurso inverso ao final da jornada. O mapeamento foi realizado a partir dos dados consolidados das observações em campo, filmagens e registros de tempo, conforme procedimentos descritos no capítulo de metodologia.

Como resultado desse levantamento, obteve-se uma visão detalhada do fluxo real de atividades que compõem a troca de turno no início da jornada de trabalho, apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo de atividades do início da jornada

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A análise do fluxo evidencia que o início da jornada é composto por uma sequência extensa de atividades preparatórias que, embora necessárias do ponto de vista organizacional e de segurança, não agregam valor direto à atividade de manutenção. Observa-se que o processo envolve múltiplos deslocamentos entre áreas físicas distintas, como rodoviária interna, vestiários, copa e ferramentaria, o que amplia a variabilidade do tempo total e aumenta a dependência de fatores como logística interna, disponibilidade de recursos e coordenação entre equipes.

Do ponto de vista da gestão da manutenção, esse tipo de fluxo indica baixa integração entre as etapas de preparação e o trabalho produtivo, além de evidenciar a ausência de um processo orientado à maximização do tempo disponível para intervenção nos ativos. Cada transição representa não apenas consumo de tempo, mas também risco de atrasos cumulativos e perda de eficiência operacional.

Para quantificar esse comportamento, a Tabela 1 apresenta os tempos médios registrados para cada atividade do início da jornada, consolidados a partir das medições realizadas.

Tabela 1 - Tempos médios das atividades no início da jornada

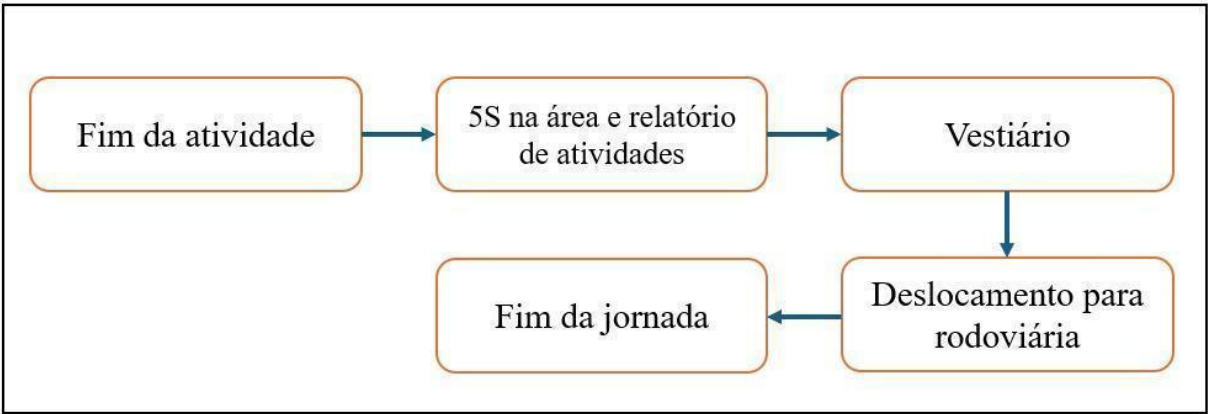
Atividade	Descrição	Duração média (min)
Chegada dos ônibus	Desembarque na rodoviária	-
Deslocamento	Deslocamento até o vestiário	00:05
Troca de roupa	Preparação individual	00:10
Diálogo de Segurança (DSS)	Diálogo sobre saúde e segurança	00:16
Alinhamento	Alinhamento diário das atividades previstas	00:08
Cafê/Lanche	Pausa rápida para alimentação	00:05
Documentação	Preparação de documentos necessários	00:31
Preparação de ferramentas	Organização das ferramentas	00:07
Início da atividade	Início da execução do trabalho direto	-
Total		1h22min

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que uma parcela significativa do tempo total da troca de turno está concentrada em atividades indiretas, como deslocamentos, organização inicial e espera por liberação de recursos. Essa distribuição de tempo revela um processo pouco padronizado e fortemente dependente de rotinas históricas, em detrimento de critérios de eficiência ou priorização operacional.

De forma complementar, também foi mapeado o fluxo correspondente ao encerramento da jornada de trabalho, apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxo de atividades do fim da jornada



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Assim como no início do turno, o encerramento das atividades envolve uma sequência de etapas que não agregam valor direto ao processo de manutenção, como organização da área (5S), registros administrativos, troca de vestimenta e deslocamentos internos. Embora essas atividades sejam necessárias para garantir segurança, organização e rastreabilidade, o tempo total consumido por elas evidenciou oportunidades claras de racionalização e padronização.

Destaca-se que o deslocamento para a rodoviária foi incluído no mapeamento do processo de fim de jornada por representar, na prática, um período de ociosidade operacional. Observou-se que os empregados frequentemente deixavam seus postos de trabalho antes do horário previsto para o encerramento do turno, dirigindo-se antecipadamente ao local de embarque e permanecendo em espera pelos ônibus por um tempo superior ao necessário. Dessa forma, ainda que o deslocamento faça parte da logística da operação, o comportamento associado a essa etapa impactava diretamente a disponibilidade efetiva das equipes e, portanto, foi considerado relevante para a análise dos tempos improdutivos no contexto da troca de turno.

A Tabela 2 apresenta os tempos médios registrados para cada atividade do fim da jornada, permitindo uma comparação direta com o comportamento observado no início do turno.

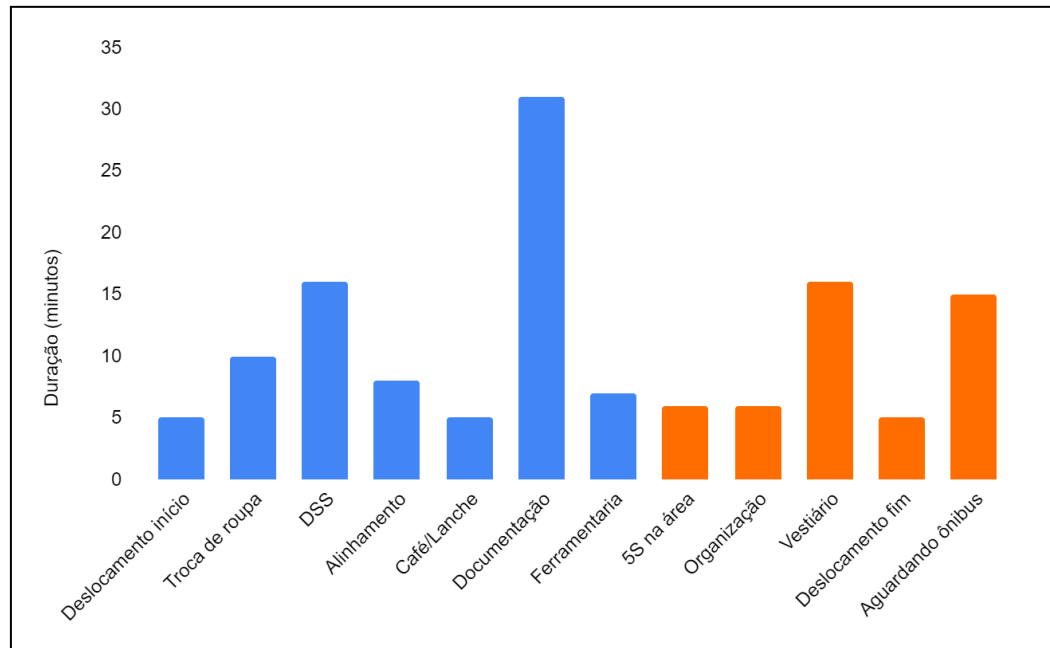
Tabela 2 - Tempos médios das atividades no fim da jornada

Atividade	Descrição	Duração média (min)
Fim da atividade	Encerramento das atividades de manutenção	-
5S na área	Organização e limpeza da área	00:06
Organização de ferramentas	Recolher e armazenar as ferramentas no local co:	00:06
Vestiário	Troca de roupas	00:16
Deslocamento	Deslocamento da área para a rodoviária	00:05
Aguardando ônibus		00:15
Total		00:48min

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para facilitar a análise comparativa entre os dois momentos, a Figura 4 consolida graficamente os tempos médios das atividades realizadas no início e no fim da jornada.

Figura 4 - Tempo médio das atividades realizadas na troca de turno das equipes

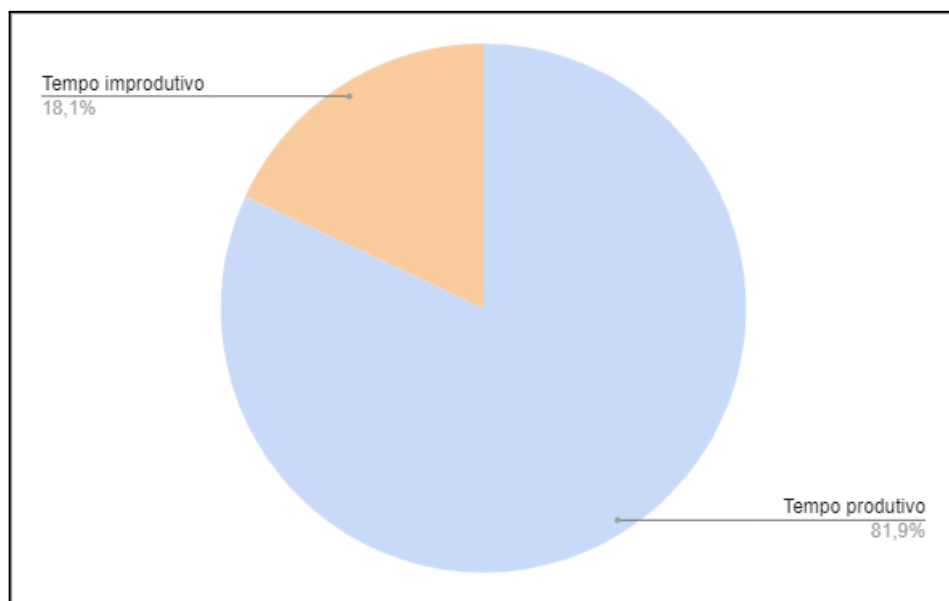


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Os resultados indicam que o tempo médio consumido no início da jornada é de aproximadamente 1 hora e 22 minutos, enquanto o encerramento demanda cerca de 48 minutos. Assim, um ciclo completo de troca de turno consome, em média, 2 horas e 10 minutos por equipe, período no qual nenhuma atividade produtiva de manutenção é realizada.

Considerando que a operação da mina ocorre em regime de dois turnos diários, o tempo improdutivo acumulado exclusivamente com a troca de turno atinge aproximadamente 4 horas e 20 minutos por dia, o que corresponde a cerca de 18% das 24 horas de operação contínua. A Figura 5 ilustra essa proporção.

Figura 5 - Proporção do tempo improdutivo diário associado à troca de turno



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Do ponto de vista gerencial, esse percentual é expressivo e evidencia um desalinhamento entre a necessidade de alta disponibilidade dos equipamentos e a forma como o tempo das equipes de manutenção está sendo utilizado. Em um contexto no qual a produtividade da mina depende diretamente da prontidão dos ativos, a existência de janelas improdutivas tão extensas compromete o cumprimento dos planos de manutenção, aumenta o risco de acúmulo de *backlog* e reduz a flexibilidade operacional frente a manutenções corretivas não planejadas.

Outro aspecto relevante identificado foi a relativa consistência dos tempos médios entre diferentes turmas, o que indica que o problema não está associado a comportamentos individuais, competências das equipes ou a uma supervisão específica, mas sim a uma prática organizacional amplamente difundida. Essa constatação evidencia um baixo nível de maturidade do processo de troca de turno, entendido aqui como a ausência de padrões formais, critérios claros de desempenho e mecanismos estruturados de gestão do processo, e não como uma limitação das pessoas envolvidas. Trata-se, portanto, de um processo conduzido de forma predominantemente informal, baseado em hábitos consolidados ao longo do tempo, pouco questionados sob a ótica da eficiência operacional.

Dessa forma, o mapeamento do processo não apenas cumpriu o objetivo de mensurar os tempos envolvidos na troca de turno, mas também evidenciou a necessidade de uma abordagem estruturada de melhoria, capaz de revisar criticamente essas rotinas e converter

tempo improdutivo em capacidade operacional disponível. Esses achados fundamentam o diagnóstico dos desperdícios apresentado na subseção seguinte e justificam a aplicação da metodologia SMED como ferramenta central deste estudo.

4.2 Diagnóstico de desperdícios

O diagnóstico dos desperdícios associados ao processo de troca de turno constitui uma etapa central deste estudo, uma vez que permitiu compreender não apenas onde se concentram os maiores tempos improdutivos, mas também as causas estruturais e organizacionais que sustentam essas perdas ao longo do tempo. A análise foi conduzida a partir da integração das evidências levantadas na etapa de mapeamento do processo, possibilitando uma leitura crítica do fluxo de atividades sob a ótica da eficiência operacional.

Os desperdícios identificados refletem um cenário caracterizado por rotinas historicamente consolidadas, baixa padronização e ausência de uma gestão sistemática do processo de troca de turno. Conforme argumenta Liker (2005), a variabilidade operacional não controlada é uma das principais fontes de perda de desempenho em sistemas produtivos, especialmente em ambientes nos quais os processos de apoio não recebem o mesmo nível de atenção que as atividades-fim.

4.2.1 Procedimentos de diagnóstico

O diagnóstico foi orientado pelos princípios do Sistema Toyota de Produção, especialmente pelos desperdícios clássicos definidos por Ohno (1997), com destaque para espera, movimentação desnecessária e atrasos administrativos. A análise buscou identificar não apenas a ocorrência desses desperdícios, mas também sua recorrência, causas-raiz e impacto no desempenho global da manutenção.

Essa abordagem permitiu compreender que os desperdícios observados não são pontuais ou ocasionais, mas sim resultado de um modelo de gestão que tolera variações excessivas nas rotinas e carece de padrões claros, indicadores específicos e mecanismos de controle voltados à eficiência do processo de troca de turno.

4.2.2 Principais desperdícios identificados

A análise dos dados indicou que a maior parte do tempo improdutivo se concentra em atividades indiretas, que não agregam valor e ocorrem de forma despadronizada entre as

turmas. A seguir, são apresentados os principais desperdícios identificados e suas implicações operacionais e gerenciais.

a) Atrasos na emissão de documentação

A etapa de emissão e liberação de documentos mostrou-se um dos gargalos mais relevantes do processo, consumindo, em média, 31 minutos antes do início efetivo das atividades. Esses atrasos estão associados à falta de sincronização entre as áreas de manutenção e segurança, bem como à ausência de critérios claros sobre prioridades e responsabilidades.

Do ponto de vista gerencial, esse desperdício evidencia falhas de integração entre áreas de apoio e operação, além da inexistência de um fluxo administrativo orientado ao atendimento do processo produtivo. Conforme Slack, Chambers e Johnston (2009), atrasos administrativos configuram desperdícios de espera que comprometem diretamente a confiabilidade dos processos e reduzem a capacidade operacional disponível.

b) Ausência de padronização entre as supervisões

A ausência de padronização foi o fator mais recorrente e estrutural identificado no diagnóstico. As quatro supervisões apresentaram diferenças significativas na sequência das atividades, nos tempos praticados e nas interpretações sobre prioridades operacionais.

Essa variabilidade não pode ser atribuída apenas a comportamentos individuais, mas reflete uma lacuna na governança do processo de troca de turno. Conforme Falconi (2004), processos sem padrão não podem ser gerenciados, pois não oferecem previsibilidade nem base para melhoria contínua. A inexistência de um modelo único e formalizado permitiu que práticas distintas se consolidassem ao longo do tempo, dificultando a identificação de desvios e a eliminação sistemática dos desperdícios.

c) Movimentações desnecessárias e fluxos ineficientes

Foram identificadas movimentações excessivas entre vestiário, copa, sala de ferramentas e áreas operacionais, muitas vezes com retornos a pontos já visitados anteriormente. Esse comportamento está diretamente associado à falta de preparação prévia, organização inadequada dos recursos e layout pouco orientado ao fluxo.

Do ponto de vista sistêmico, esse desperdício indica que o processo de troca de turno não foi concebido sob uma lógica de fluxo contínuo, mas sim como uma sucessão de tarefas isoladas. O desperdício de movimentação, conforme Ohno (1997), não agrega valor e consome tempo que poderia ser convertido em capacidade produtiva.

d) Esperas associadas à organização do ambiente e ao 5S

No encerramento da jornada, observou-se grande variabilidade na execução das atividades de organização e 5S. A ausência de critérios padronizados resultou em sobreposições de tarefas, retrabalhos e tempos inconsistentes entre turmas.

Esse desperdício revela que práticas importantes para a sustentação do processo produtivo, como o 5S, são executadas de forma reativa e não integrada ao fluxo da jornada. Sem padronização, essas atividades deixam de cumprir seu papel de suporte à eficiência e passam a representar fontes adicionais de improdutividade.

e) Tempo excessivo de espera por ônibus

Embora parte do tempo de deslocamento seja inerente às características físicas da mineração, foi identificado que empregados deixam seus postos antes do horário previsto, aguardando por longos períodos a chegada dos ônibus internos. Esse comportamento indica falhas na sincronização entre o término das atividades e o sistema de transporte, além de ausência de controle efetivo sobre o encerramento do turno.

Do ponto de vista da gestão, esse desperdício reforça a necessidade de alinhar processos de apoio às rotinas operacionais, evitando a criação de janelas improdutivas que não agregam valor ao sistema.

4.2.3 Dificuldades enfrentadas durante o diagnóstico

Durante o diagnóstico, ficou evidente que a persistência dos desperdícios está fortemente associada a fatores organizacionais e culturais. A resistência inicial de alguns líderes em reconhecer determinados desvios indica a naturalização de práticas improdutivas, característica comum em ambientes onde os processos não são formalmente definidos (Corrêa; Caon, 2010).

Além disso, muitos dos desperdícios identificados envolvem interfaces entre áreas, como manutenção, segurança e logística, o que dilui responsabilidades e dificulta ações corretivas isoladas. A ausência de um responsável claro pelo processo de troca de turno contribui para que essas ineficiências sejam percebidas como “parte da rotina” e não como problemas a serem sistematicamente tratados.

4.2.4 Síntese do diagnóstico

A consolidação das análises demonstra que o principal fator que compromete a eficiência das trocas de turno é a falta de padronização do processo, associada à inexistência de uma gestão estruturada orientada à eliminação de desperdícios. As variações observadas na sequência das atividades, nos tempos praticados e nas interfaces entre áreas criaram um ambiente propício à repetição sistemática de perdas.

Dessa forma, o diagnóstico evidencia que a simples eliminação pontual de desperdícios não seria suficiente. Torna-se necessária uma abordagem metodológica capaz de revisar o processo de forma integrada, redefinir padrões, reorganizar atividades e converter tempos improdutivos em capacidade operacional. Esse entendimento fundamenta a aplicação da metodologia SMED, apresentada na seção seguinte, como instrumento central para a reorganização e otimização do processo de troca de turno.

4.3 Implantação da metodologia SMED

A implantação da metodologia SMED neste estudo concentrou-se na aplicação prática de seus estágios ao processo de troca de turno das equipes de manutenção, com base nos dados obtidos no mapeamento do processo e no diagnóstico dos desperdícios. As ações foram direcionadas à redução dos tempos improdutivos identificados, à diminuição da variabilidade operacional e à reorganização das atividades que compõem o setup entre jornadas de trabalho.

A aplicação do SMED seguiu os quatro estágios clássicos propostos por Shingo (1985): (i) separação das atividades internas e externas; (ii) conversão de atividades internas em externas; (iii) simplificação e otimização das atividades remanescentes; e (iv) eliminação de atividades que não agregam valor. Esses estágios foram aplicados de forma adaptada ao contexto estudado, respeitando as restrições operacionais e de segurança da empresa.

4.3.1 Classificação das atividades

A primeira etapa da implantação consistiu na análise detalhada das atividades que compõem o início e o fim da jornada de trabalho, conforme previamente mapeadas. Inicialmente, todas as atividades foram classificadas como internas, uma vez que ocorriam dentro da janela de indisponibilidade produtiva das equipes de manutenção.

Na sequência, cada atividade foi analisada quanto ao seu potencial de conversão, simplificação ou eliminação, considerando critérios como: necessidade de execução com toda a equipe presente, exigências de segurança, dependência de outras áreas e impacto direto na liberação das frentes de manutenção. A partir dessa análise, foi possível identificar quais atividades poderiam ser executadas externamente, sem comprometer a segurança ou a qualidade do processo.

O Quadro 2 apresenta a classificação das atividades segundo os princípios do SMED, comparando a situação inicial com a configuração proposta após a análise. Observa-se que, embora algumas atividades tenham permanecido como internas por restrições operacionais e normativas, todas passaram por ações voltadas à redução do tempo médio e da variabilidade de execução.

Quadro 2 - Classificação das atividades segundo o SMED

Atividade	Classificação inicial	Estágio SMED	Classificação final
Deslocamento início	Interna	Simplificar	Interna
Vestiário início	Interna	Simplificar	Interna
DSS	Interna	Padronizar//otimizar	Interna
Alinhamento	Interna	Converter	Parcialmente externa
Cafê/Lanche	Interna	Padronizar//otimizar	Externa
Documentação	Interna	Converter	Externa
Ferramentaria	Interna	Converter	Externa
5S na área	Interna	Padronizar	Interna
Organização	Interna	Simplificar	Interna
Vestiário fim	Interna	Simplificar	Interna
Deslocamento fim	Interna	Simplificar	Interna
Aguardando ônibus	Interna	Eliminar	Interna

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Essa etapa foi fundamental para direcionar as ações de melhoria, uma vez que evidenciou que grande parte do tempo improdutivo estava associada a atividades que, apesar de historicamente executadas no início da jornada, não exigiam a indisponibilidade simultânea das equipes.

4.3.2 Ações adotadas

As ações de melhoria foram definidas com base na análise conjunta dos tempos médios, da variabilidade das atividades e das restrições operacionais identificadas. Para cada atividade classificada como setup interno, foram avaliadas alternativas de conversão para setup externo ou, quando isso não fosse viável, de simplificação e padronização, priorizando intervenções de baixo custo e rápida implementação.

A conversão de atividades internas para externas concentrou-se principalmente em tarefas de natureza administrativa, organizacional ou preparatória. A atividade de emissão de documentação, que apresentou o maior tempo médio no diagnóstico, passou a ser realizada antecipadamente pelo turno anterior. Com isso, as equipes passaram a iniciar a jornada com as frentes de trabalho já liberadas e com os documentos disponíveis, eliminando períodos de espera que não agregavam valor.

O impacto significativo dessa ação evidencia que o processo anterior era caracterizado pela ausência de planejamento prévio e pela concentração de decisões no início da jornada. A improdutividade observada não estava associada à complexidade da atividade, mas à forma como o processo era organizado, reforçando a importância da redistribuição temporal das tarefas.

Outra ação relevante foi a preparação prévia de kits de ferramentas, organizados conforme o tipo de manutenção planejada. A padronização desses conjuntos reduziu deslocamentos, filas na ferramentaria e retrabalhos. O ganho obtido com essa medida indica que o processo anterior operava de forma reativa, com baixa previsibilidade e dependência excessiva de ajustes no início do turno.

O alinhamento operacional presencial também passou por revisão. Informações gerais, como programação de atividades e alocação das equipes, passaram a ser comunicadas previamente por meios digitais, restringindo o alinhamento presencial do início da jornada a

exceções operacionais. Essa medida reduziu o tempo dedicado a reuniões iniciais extensas e evidenciou que grande parte das informações não exigia comunicação síncrona.

Práticas culturais, como o momento do café ou lanche no início da jornada, foram reorganizadas para não compor mais a janela crítica da troca de turno. Essa alteração eliminou sua contribuição direta para o tempo de setup, sem comprometer o bem-estar ou a segurança das equipes. A ação consistiu em deslocar esse momento para antes da chegada à área operacional ou para períodos compatíveis com pausas regulamentadas, sem comprometer a segurança e o bem-estar das equipes.

No fim da jornada, os tempos excessivos de espera por ônibus foram tratados por meio de ajustes no sincronismo entre o encerramento das atividades e o transporte interno, aliados a orientações claras às equipes. Essa ação demandou forte atuação da liderança, uma vez que envolveu mudança de comportamento e conscientização sobre os impactos da espera prolongada na produtividade coletiva.

Para as atividades que não puderam ser convertidas em externas, como o Diálogo Diário de Segurança (DDS), foram adotadas ações de padronização. Desenvolveu-se um roteiro com definição clara de conteúdo e tempo máximo de duração, reduzindo variações entre turmas e evitando extensões indevidas, sem prejuízo à efetividade da comunicação de segurança.

Como ação complementar às etapas do SMED, foi implantado um sistema de sinalização sonora por meio de sirenes programadas, indicando de forma padronizada os horários de início e encerramento das atividades. Essa medida reduziu ambiguidades relacionadas à gestão do tempo e diminuiu a dependência de intervenções constantes da liderança. Do ponto de vista do SMED, a sinalização sonora contribuiu diretamente para a redução da variabilidade do setup, ao estabelecer referências temporais claras e comuns a todas as equipes.

De forma geral, os resultados obtidos demonstram que ações simples e de baixo investimento foram capazes de gerar impactos significativos na redução dos tempos improdutivos. Isso revela que os principais desperdícios associados à troca de turno não estavam relacionados a limitações técnicas ou estruturais, mas à ausência de planejamento, padronização e controle do tempo.

A implantação da metodologia SMED possibilitou, assim, a reorganização do processo de troca de turno, reduzindo a variabilidade operacional e criando as bases para a consolidação das melhorias. Entretanto, conforme discutido na literatura de melhoria contínua, a sustentabilidade desses ganhos depende da formalização e padronização das novas rotinas. Dessa forma, a seção seguinte apresenta o processo de padronização da troca de turno, etapa fundamental para assegurar a manutenção dos resultados alcançados.

4.4 Padronização da rotina

Após a implantação das melhorias decorrentes da aplicação da metodologia SMED, evidenciou-se a necessidade de consolidar dos ganhos obtidos por meio da padronização da rotina de troca de turno. Durante o diagnóstico inicial, ficou evidente que a ausência de procedimentos formais e de referências temporais claras contribuía para a variabilidade do processo, dificultando a manutenção das melhorias implementadas.

Dessa forma, a padronização foi adotada como etapa final da intervenção, com o objetivo de estabilizar o processo, reduzir variações entre turnos e garantir que as novas práticas não dependessem de decisões individuais ou da atuação pontual da liderança.

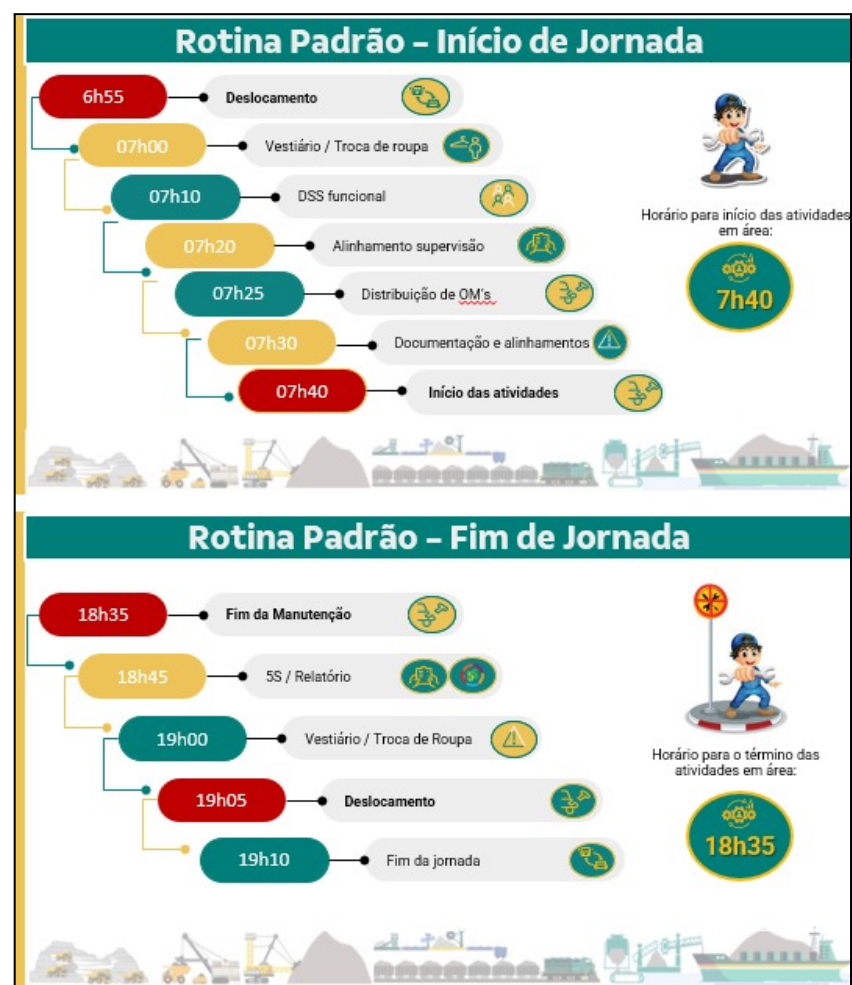
4.4.1 Definição da rotina padrão

A primeira ação de padronização foi a definição clara da sequência de atividades que compõem o início e o fim da jornada de trabalho das equipes de manutenção. Essa rotina padrão foi construída com base no fluxo otimizado obtido após a aplicação do SMED, respeitando as particularidades operacionais da mina e as exigências de segurança.

Foram estabelecidas as atividades obrigatórias, sua ordem de execução e os horários de referência para cada etapa, abrangendo desde a chegada dos empregados à unidade até o início efetivo das atividades de manutenção, bem como os procedimentos a serem realizados ao final do turno. Essa definição permitiu eliminar interpretações distintas entre as turmas e reduzir variações na condução da troca de turno.

Como mecanismo de suporte à padronização, foram adotadas ferramentas de gestão visual. Em pontos estratégicos da área operacional, foram afixados materiais contendo o fluxo sequencial das atividades e os horários previstos para início e término de cada etapa. A Figura 6 apresenta o fluxo padronizado da troca de turno, disponibilizado para consulta das equipes.

Figura 6 - Fluxo de atividades e horários para início e fim de jornada



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A utilização da gestão visual representou um papel fundamental no fortalecimento da disciplina operacional e na consolidação do novo padrão de trabalho. Ao tornar o fluxo da troca de turno visível, acessível e padronizado, reduziu-se a dependência de interpretações individuais e de comunicação informal, que frequentemente geravam variações no

cumprimento das atividades. Dessa forma, a gestão visual atuou como um elemento de orientação contínua, auxiliando as equipes a manterem o alinhamento com o padrão definido, mesmo na ausência do líder. Como efeito prático, observou-se maior aderência aos horários definidos e maior sincronismo entre as equipes.

4.4.2 Padronização da documentação

Complementarmente à padronização do fluxo de atividades, identificou-se que a disponibilidade da documentação de segurança representava um fator crítico para o início efetivo das atividades de manutenção. Durante o processo anterior, documentos como Ordens de Manutenção (OM), Permissões de Trabalho Seguro (PTS), Análise de Risco da Tarefa (ART) e registros de bloqueio nem sempre estavam disponíveis no momento da chegada das equipes, gerando esperas e deslocamentos adicionais.

Para mitigar esse problema, foi implantado um quadro padronizado de documentação em área de gestão à vista da oficina de manutenção. Nesse quadro passaram a ser disponibilizados, de forma organizada e visível, todos os documentos necessários para a execução das atividades previstas para o turno subsequente.

Como parte da padronização da rotina, definiu-se que a responsabilidade pela preparação e disponibilização prévia da documentação ficaria a cargo do supervisor do turno anterior, em conjunto com as áreas de apoio envolvidas. Essa definição eliminou ambiguidades de responsabilidade e garantiu que a documentação estivesse disponível no início da jornada, caracterizando essas atividades como externas sob a ótica do SMED.

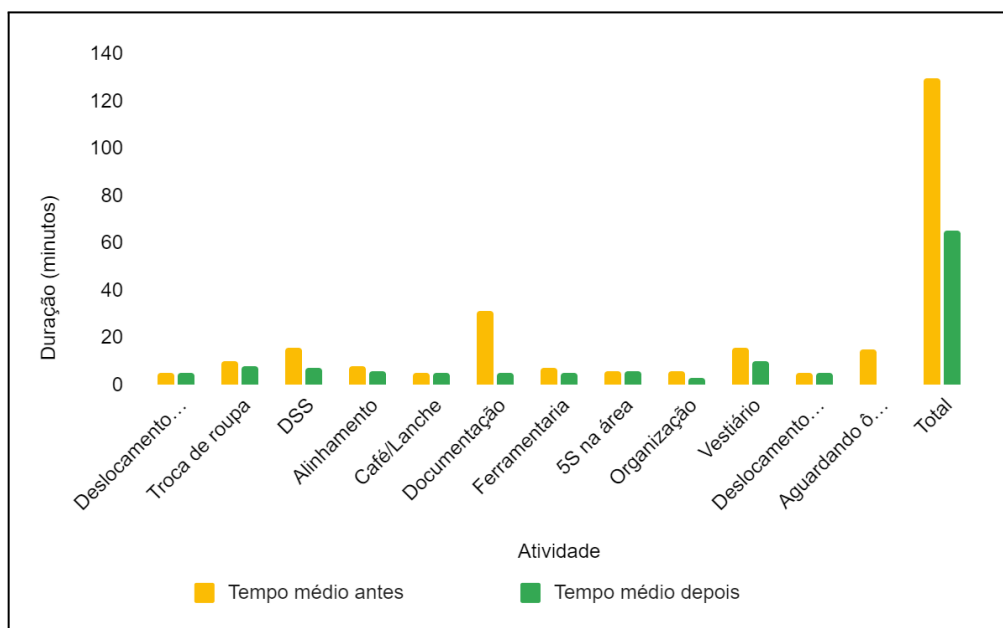
A centralização e padronização da documentação reduziram significativamente os tempos de espera associados a essa etapa e contribuíram para maior fluidez no início das atividades. Além disso, a existência de um ponto único de consulta aumentou a confiabilidade do processo e reduziu as falhas de comunicação entre turnos.

De forma integrada, a padronização do fluxo de atividades, dos horários de referência e da documentação criou condições para maior previsibilidade operacional na troca de turno. Como resultado prático, observou-se maior estabilidade no processo, redução da variabilidade entre equipes e sustentação dos ganhos obtidos com a aplicação do SMED.

4.5 Análise dos resultados e ganhos obtidos

A aplicação da metodologia SMED ao processo de troca de turno das equipes de manutenção resultou em ganhos expressivos, tanto do ponto de vista quantitativo quanto qualitativo. Com as melhorias implantadas e após a consolidação das novas rotinas, o tempo de troca de turno total apresentou uma redução de 50%, passando de 4h20 para 2h10, considerando as duas trocas de turno que ocorrem no dia. Esse resultado evidencia a efetividade da adaptação do SMED a um contexto não fabril e confirma o potencial da ferramenta para a redução de tempos improdutivos em operações de alta complexidade, como a mineração. A Figura 7 apresenta os tempos médios, em minutos, de cada uma das atividades que compõem uma troca de turno, comparando os cenários anterior e posterior à implantação do SMED.

Figura 7 - Tempos médios das atividades de troca de turno antes e depois do SMED



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Com o objetivo de sintetizar os impactos das melhorias implementadas em cada uma das atividades que compõem a troca de turno, a Tabela 3 apresenta uma comparação entre os tempos médios registrados antes e após a aplicação do SMED, bem como o percentual de redução obtido em cada etapa do processo.

Tabela 3 - Comparativo dos tempos médios das atividades de troca de turno antes e depois da aplicação do SMED

Atividade	Duração média antes (minutos)	Duração média depois (minutos)	Redução (%)
Deslocamento início	5	5	0%
Troca de roupa	10	8	20%
DSS	16	7	56%
Alinhamento	8	6	25%
Café/Lanche	5	5	0%
Documentação	31	5	84%
Ferramentaria	7	5	29%
5S na área	6	6	0%
Organização	6	3	50%
Vestiário	16	10	38%
Deslocamento fim	5	5	0%
Aguardando ônibus	15	0	100%
Total	130	65	50%

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

É importante destacar que os tempos apresentados na Figura 7, bem como na Tabela 3, correspondem a um ciclo completo de troca de turno, contemplando tanto o início quanto o fim da jornada de trabalho de uma equipe de manutenção. Ou seja, os valores analisados representam uma única troca de turno completa, composta pelas atividades realizadas no início e no fim de um mesmo turno.

No contexto operacional da mineradora estudada, as equipes atuam em regime de dois turnos diários, de modo que, ao longo de um período de 24 horas, ocorrem duas trocas de turno completas. Assim, embora as análises gráficas e da tabela apresentem os resultados por ciclo de troca de turno, os impactos operacionais e os ganhos efetivos devem ser compreendidos em escala diária, considerando a ocorrência de duas trocas ao longo do dia.

Dessa forma, a redução de tempo observada por ciclo se reflete de maneira acumulada na rotina operacional diária, ampliando significativamente os efeitos positivos das melhorias implantadas sobre a disponibilidade de mão de obra, equipamentos e demais recursos produtivos.

Quando analisada sob a ótica da capacidade produtiva ao longo do tempo, a redução observada no processo de troca de turno passa a ser ainda mais expressiva. Considerando que a diminuição de aproximadamente 2 horas corresponde ao ganho diário resultante da ocorrência de duas trocas de turno ao longo de um período de 24 horas, esse resultado representa cerca de 14 horas adicionais disponíveis por semana para a execução de atividades de manutenção. Em uma visão mensal, esse ganho equivale a aproximadamente 60 horas de trabalho efetivo recuperadas, anteriormente consumidas por atividades improdutivas associadas à troca de turno. A Tabela 4 apresenta a estimativa da capacidade operacional recuperada ao longo do tempo, considerando o ganho médio diário obtido com a redução do tempo de troca de turno e a ocorrência de duas trocas ao longo do dia.

Tabela 4 – Capacidade produtiva recuperada após a implantação do SMED

Horizonte de tempo	Tempo aproximado recuperado (horas)
Diário	~2
Semanal	~14
Mensal	~60

Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Como mostra a Tabela 4, esse volume de tempo adicional possui um impacto direto na capacidade operacional das equipes de manutenção, uma vez que representa o equivalente a vários turnos completos de trabalho ao longo do mês, obtidos sem a necessidade de ampliação do quadro de empregados ou de investimentos adicionais. Do ponto de vista da Engenharia de Produção, trata-se de um ganho de capacidade alcançado exclusivamente por meio da reorganização do processo, eliminação dos desperdícios e padronização das rotinas, princípios centrais do *Lean Manufacturing* e da metodologia SMED.

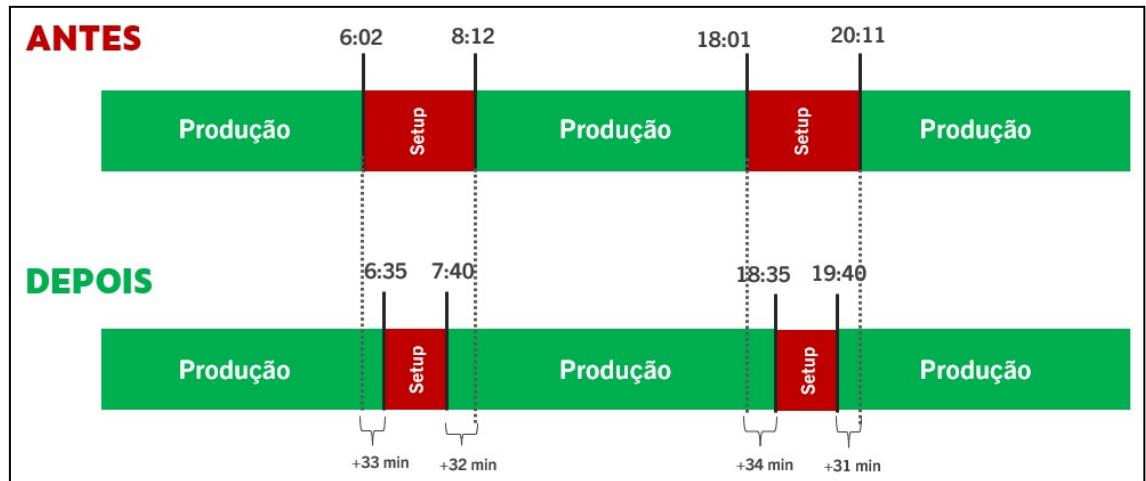
Na prática, essas horas recuperadas ampliaram a flexibilidade operacional de toda a equipe, permitindo maior absorção de demandas não planejadas, antecipação de ordens de serviço e melhor aproveitamento das janelas de indisponibilidade dos equipamentos. Isso

evidencia que os ganhos obtidos não se restringem apenas à redução de tempo em si, mas se traduzem em uma maior capacidade de geração de valor para a operação, reforçando a relevância das melhorias implantadas, que caso não fossem detalhadas dessa forma, poderiam parecer simples demais para agregar valor ao processo.

Observa-se que a redução não se concentrou em uma única etapa do processo, mas ocorreu de forma distribuída ao longo de todas as atividades, tanto no início quanto no fim da jornada. Esse comportamento indica que os ganhos obtidos foram resultado de uma reorganização sistêmica do processo, e não de ações pontuais isoladas. Destaca-se que atividades tradicionalmente associadas a maiores perdas de tempo, como organização de documentos, deslocamentos internos, uso do vestiário e esperas não planejadas, apresentaram reduções significativas em seus tempos médios. Esses resultados estão diretamente relacionados às ações de conversão de atividades internas em externas, à antecipação de tarefas administrativas, à melhoria na comunicação entre turnos e à padronização da sequência de atividades, princípios centrais da metodologia SMED.

Os ganhos obtidos foram mensurados a partir de uma nova rodada de medições, realizadas após a implantação das melhorias propostas. Essas medições ocorreram três meses após a conclusão da implementação do SMED, período considerado adequado para a estabilização das novas rotinas operacionais, mitigação de efeitos transitórios comuns às fases iniciais de mudanças e maturação do processo. A coleta dos dados seguiu a mesma metodologia empregada nas medições iniciais, utilizando observações diretas em campo, filmagens em pontos estratégicos e cronometragem das atividades que compõem o início e o fim da jornada, garantindo a comparabilidade entre os cenários “antes” e “depois” da intervenção. A Figura 8 compara a utilização do tempo disponível pelas equipes na rotina adotada anteriormente e após a padronização da mesma, com uma média dos horários de início e fim das atividades pelas equipes.

Figura 8 - Utilização do tempo disponível para as equipes.



Fonte: Elaborada pela autora (2026).

Do ponto de vista do tempo, a redução obtida está diretamente alinhada ao princípio central do SMED, que consiste na minimização das atividades internas e na reorganização das tarefas de forma a reduzir a inatividade de recursos e ativos críticos (Shingo, 1985). Ao converter atividades que antes exigiam a parada operacional das equipes em atividades externas, assim como simplificar e eliminar etapas desnecessárias, foi possível reduzir significativamente o tempo em que a mão de obra e os equipamentos permaneciam indisponíveis para as atividades de manutenção, como mostra a Figura 8.

Já sob a ótica da disponibilidade operacional, a redução do tempo de troca de turno refletiu diretamente no aumento da disponibilidade física dos equipamentos de mina. Considerando que a manutenção é uma atividade que possibilita a produção, a liberação mais rápida das frentes de serviço contribuiu para reduzir atrasos no início das intervenções e minimizar períodos de indisponibilidade dos ativos. Esse efeito é extremamente relevante em um ambiente onde os equipamentos possuem elevado custo de parada, reforçando, mais uma vez, a importância de iniciativas voltadas à eliminação de perdas operacionais, conforme defendido pelos princípios do *Lean Manufacturing* (Womack; Jones, 1998).

Além disso, a redução do tempo improdutivo ampliou a disponibilidade da mão de obra, permitindo que parte do tempo anteriormente consumido pela troca de turno fosse realocada para atividades de maior valor agregado. Na prática, isso se traduziu em maior tempo efetivo para execução das manutenções, apoio às frentes prioritárias e melhor absorção de demandas não planejadas, aumentando a flexibilidade operacional de toda a equipe. Esse ganho está alinhado ao conceito *Lean* sobre o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, fazendo

mais com menos, sem necessariamente demandar um aumento do quadro de empregados ou de investimentos adicionais.

Do ponto de vista da produtividade, os ganhos obtidos não se limitaram ao aumento do tempo disponível para execução das atividades, mas também à melhoria da estabilidade do fluxo operacional. A padronização da rotina e a previsibilidade dos horários reduziram tempos de espera entre etapas, minimizaram retrabalhos e diminuíram interrupções no início das manutenções. Conforme discutido por Womack e Jones (1998), a estabilidade do fluxo de atividades é essencial para o aumento da produtividade, uma vez que processos previsíveis permitem que sejam feitos melhores planejamentos para execuções das atividades.

A adoção da mesma abordagem metodológica nas duas etapas de medições permitiu reduzir vieses de análises e assegurar maior confiabilidade aos resultados obtidos. Ao manter os instrumentos de coleta, os critérios de classificação das atividades e a forma de consolidação dos dados, foi possível isolar os efeitos decorrentes da implantação das melhorias. Dessa forma, os ganhos obtidos com a redução observada no tempo total de troca de turno pode ser atribuída diretamente às ações de padronização, reorganização e conversão de atividades propostas a partir da metodologia SMED.

Para além dos ganhos quantitativos, a implantação do SMED trouxe impactos qualitativos relevantes, especialmente nas dimensões de segurança, qualidade da informação e confiabilidade do processo. A reorganização da troca de turno, aliada à padronização e à gestão visual, contribuiu para tornar as informações sobre riscos, atividades em andamento e condições dos equipamentos mais claras, explícitas e acessíveis às equipes. Esse aspecto é particularmente crítico em ambientes de manutenção de mina, nos quais falhas de comunicação podem resultar em incidentes graves.

Observou-se também que a troca de informações relacionadas à segurança passou a ocorrer de forma mais estruturada e disciplinada, reduzindo a dependência de comunicações informais e a perda de informações entre turnos. A padronização do fluxo de informações contribui diretamente para a prevenção de falhas antes que elas se materializem em acidentes ou retrabalhos.

Outro ganho qualitativo relevante identificado ao longo do estudo foi a redução da sensação de “correria” no início e no fim da jornada, recorrentemente mencionada pelos colaboradores durante as rodadas de entrevistas e alinhamentos realizados com as equipes

antes da implantação das melhorias. Com a definição clara dos horários, a organização prévia dos recursos e a disponibilização antecipada da documentação de segurança, as equipes passaram a iniciar as atividades de forma mais tranquila, organizada e previsível. Esse aspecto contribui não apenas para o bem-estar dos trabalhadores, mas também para a redução de erros operacionais associados à execução das atividades sob pressão de tempo.

Adicionalmente, a maior previsibilidade e padronização do processo aumentaram a confiabilidade da rotina de troca de turno. A redução da variabilidade entre turmas e turnos facilitou o acompanhamento do processo pela liderança e criou uma base mais sólida para a identificação de desvios e oportunidades de melhoria contínua. Esse resultado reforça o papel do SMED não apenas como uma ferramenta de redução de tempo, mas como um elemento estruturante para a disciplina operacional e a sustentabilidade dos ganhos, conforme discutido na Seção 2.2.1.

O intervalo de três meses entre a implantação das melhorias e a realização da nova rodada de medições também possibilitou avaliar a sustentabilidade dos ganhos obtidos. Diferentemente de medições realizadas imediatamente após intervenções pontuais, os resultados aqui apresentados refletem um cenário de operação já adaptado às novas rotinas, com maior aderência ao novo padrão estabelecido. Isso indica que os ganhos observados não foram apenas pontuais ou decorrentes de esforços temporários, mas sim resultado da consolidação das práticas de padronização e disciplina operacional introduzidas ao longo deste estudo.

Portanto, os resultados apresentados demonstram que a redução de 50% no tempo de troca de turno representa apenas a face mais visível dos ganhos alcançados. Os impactos positivos se estenderam à disponibilidade de equipamentos, à produtividade das equipes de manutenção, à segurança das operações, à qualidade da comunicação e à confiabilidade do processo como um todo. Esses resultados sustentam os princípios do *Lean Manufacturing* e do SMED, evidenciando que a eliminação de desperdícios de tempo, quando conduzida de forma estruturada e participativa, gera efeitos sistêmicos e sustentáveis no desempenho operacional ao longo de todo processo produtivo.

4.6 Proposta de indicadores para acompanhamento dos ganhos

A implantação da metodologia SMED e a posterior padronização da rotina de troca de turno resultaram em ganhos significativos de tempo, disponibilidade e até mesmo de

estabilidade do processo. No entanto, conforme é discutido na literatura de melhoria contínua, os ganhos operacionais só se tornam sustentáveis quando são acompanhados por mecanismos de monitoramento e controle (Falconi, 2004). Nesse sentido, a proposta de indicadores de desempenho mostra-se fundamental para assegurar que os resultados aqui alcançados sejam mantidos ao longo do tempo e até para identificar novas oportunidades de melhoria no futuro.

O indicador proposto nesta seção tem como objetivo monitorar não apenas a aderência às rotinas padronizadas de troca de turno, mas também a capacidade das equipes de manutenção em converter o tempo liberado pelas melhorias implantadas em ganhos efetivos de produtividade e eficiência operacional. Nesse sentido, surge o Backlog de Oportunidade, pensado no contexto da empresa estudada, como uma métrica para avaliação do aproveitamento do tempo disponível das equipes.

4.6.1 Indicador Backlog de Oportunidade

O indicador nomeado Backlog de Oportunidade tem como objetivo mensurar o volume de ordens de manutenção que são passíveis de execução em uma determinada janela de tempo, ainda que não estejam originalmente programadas para aquele período. Diferentemente do backlog tradicional, já utilizado na empresa, que representa apenas a quantidade de ordens abertas, pendentes ou atrasadas, o Backlog de Oportunidade foca nas ordens potencialmente executáveis, considerando alguns critérios técnicos e operacionais.

Esse indicador está diretamente relacionado aos ganhos obtidos com a redução do tempo de troca de turno, uma vez que o tempo adicional disponibilizado para as equipes de manutenção amplia a possibilidade de execução de atividades não previstas inicialmente no planejamento diário. Ou seja, o Backlog de Oportunidade contempla ordens de manutenção que:

- estejam vencidas ou em atraso;
- estejam programadas para datas futuras, mas que possam ser antecipadas;
- estejam associadas a um ativo que já se encontra indisponível para manutenção corretiva;
- possam ser executadas com os recursos disponíveis (como mão de obra, ferramentas e tempo).

Um exemplo de aplicação desse indicador ocorre quando um equipamento entra em manutenção corretiva não planejada em um determinado dia. Durante essa intervenção, a equipe responsável analisa as ordens de manutenção existentes para aquele ativo e avalia quais delas podem ser executadas concomitantemente, aproveitando a indisponibilidade já existente do equipamento. Dessa forma, evita-se a necessidade de paradas futuras, aumentando a eficiência da manutenção.

4.6.2 Objetivo e relevância do indicador

O principal objetivo do Backlog de Oportunidade é avaliar a capacidade das equipes de manutenção em transformar tempo disponível em valor agregado, por meio da redução do backlog acumulado, da antecipação de atividades ou até mesmo da mitigação de falhas futuras.

Partindo das bases do *Lean Manufacturing*, esse indicador está alinhado aos princípios de eliminação de desperdícios. Ao identificar e priorizar ordens executáveis fora do planejamento original, a manutenção passa, então, a atuar de forma mais flexível, reduzindo desperdícios associados a paradas repetidas e retrabalhos.

Além disso, o Backlog de Oportunidade possibilita uma visão mais estratégica da gestão da manutenção, deslocando o foco exclusivo do cumprimento do planejamento diário para uma visão mais sistêmica do processo, baseada na otimização da disponibilidade dos ativos ao longo do tempo.

4.6.3 Acompanhamento e interpretação

O acompanhamento do Backlog de Oportunidade pode ser realizado de forma semanal, preferencialmente durante as rotinas de planejamento e programação da manutenção. Recomenda-se que este indicador seja analisado em conjunto com a liderança da área, cultivando a tomada de decisão baseada em dados.

Uma forma simples de monitoramento do indicador consiste em registrar:

- o número total de ordens identificadas como oportunidade;
- o número de ordens efetivamente executadas a partir dessas oportunidades identificadas;

A interpretação do indicador deve considerar que um aumento no volume de oportunidades identificadas, acompanhado de uma alta taxa de execução, indica um uso mais eficiente do tempo disponível. Em contrapartida, um elevado número de backlog de oportunidade não executado pode indicar restrições de recursos, falhas de priorização, necessidade de ajustes no planejamento ou até mesmo má utilização do tempo.

Além do Backlog de Oportunidade, recomenda-se a adoção de indicadores complementares para garantir uma visão mais abrangente da sustentabilidade dos ganhos obtidos com o SMED, tais como: tempo médio de troca de turno, para monitoramento contínuo dos tempos de início e fim da jornada, garantindo a aderência ao novo padrão estabelecido e horas produtivas de manutenção, comparando horas disponíveis e horas efetivamente utilizadas nas atividades de manutenção.

A utilização integrada desses indicadores permite não apenas acompanhar os resultados alcançados, mas também identificar novas oportunidades de melhoria ao longo do tempo, fortalecendo a cultura de melhoria contínua e disciplina operacional.

4.6.4 Considerações finais sobre os indicadores

A proposição do Backlog de Oportunidade e dos indicadores complementares reforça que os ganhos decorrentes da aplicação do SMED vão além da redução do tempo de troca de turno. Ao estruturar mecanismos formais de acompanhamento, cria-se a base conceitual e metodológica para que a empresa, futuramente, possa transformar esses ganhos operacionais em aprendizado contínuo e melhoria sustentada.

Cabe ressaltar que os indicadores apresentados neste estudo ainda não foram efetivamente implantados, encontrando-se em fase de proposição e análise quanto à sua viabilidade operacional e aderência à rotina da manutenção. Dessa forma, sua utilização prática dependerá de avaliações adicionais, ajustes e validação em campo.

Nesse sentido, os indicadores propostos devem ser compreendidos como instrumentos potenciais de gestão, capazes de, uma vez implementados e acompanhados de forma sistemática, contribuir para que a redução de 50% no tempo de troca de turno se converta, de maneira contínua, em ganhos de produtividade, melhor aproveitamento da mão de obra e aumento da disponibilidade física dos equipamentos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo analisar e otimizar o processo de troca de turno das equipes de manutenção de equipamentos pesados em uma mineradora localizada no Quadrilátero Ferrífero, por meio da aplicação da metodologia SMED, adaptada a um contexto operacional não fabril. A motivação central esteve associada à identificação de elevados tempos improdutivos no início e no fim das jornadas de trabalho, os quais impactavam diretamente a disponibilidade das equipes, a eficiência das operações de manutenção e a confiabilidade do processo produtivo como um todo.

A escolha do SMED mostrou-se adequada ao propósito do estudo, uma vez que permitiu estruturar a troca de turno como um processo passível de análise, reorganização e melhoria, rompendo com a percepção de que se tratava apenas de uma rotina administrativa fixa. A condução da pesquisa sob a abordagem de pesquisa-ação favoreceu o envolvimento das equipes operacionais, lideranças e áreas de apoio, possibilitando uma compreensão aprofundada da realidade estudada e a construção coletiva das soluções implementadas.

O mapeamento detalhado das atividades que compõem a troca de turno evidenciou a presença de desperdícios associados a esperas não planejadas, deslocamentos desnecessários, falhas de comunicação, atrasos na disponibilização de documentação e, principalmente, à ausência de padronização. A aplicação sistemática dos estágios do SMED possibilitou a conversão de atividades internas em externas, a antecipação de tarefas administrativas e a reorganização do fluxo de atividades, culminando na padronização da rotina de início e fim de jornada.

Como resultado, observou-se uma redução de 50% no tempo total diário destinado à troca de turno, passando de 4h20 para 2h10, considerando as duas trocas realizadas ao longo de um período de 24 horas. Esse ganho representou aproximadamente 2 horas adicionais por dia de disponibilidade para execução de atividades de manutenção, o que equivale a cerca de 14 horas semanais e aproximadamente 60 horas mensais de capacidade produtiva recuperada. Esses resultados evidenciam o impacto direto da aplicação do SMED sobre a disponibilidade da mão de obra e dos equipamentos, especialmente em um setor caracterizado por ativos de elevado custo de parada, como a mineração.

Além dos ganhos quantitativos, a implantação das melhorias resultou em maior estabilidade do processo de troca de turno, com redução da variabilidade entre equipes, maior

previsibilidade operacional e melhoria na qualidade das informações transmitidas entre os turnos. Esses efeitos reforçam que a eliminação de desperdícios de tempo, quando associada à padronização e à organização do processo, gera benefícios que extrapolam a simples redução de tempos, impactando positivamente a gestão da manutenção e a confiabilidade operacional.

Do ponto de vista teórico, este trabalho contribui ampliando a discussão sobre a aplicação do SMED em contextos não fabris, reforçando sua aplicabilidade a processos de apoio, como a troca de turno. Os resultados enfatizam os princípios do *Lean Manufacturing* ao demonstrar que a eliminação de desperdícios de tempo, quando conduzida de modo estruturado e participativo, gera efeitos sistêmicos que vão além da redução de tempos, impactando positivamente a segurança, a qualidade da informação, a confiabilidade e a estabilidade do fluxo operacional.

Como limitações do estudo, destaca-se o fato de a pesquisa ter sido conduzida em uma única unidade operacional, o que pode restringir a generalização dos resultados. Além disso, embora os ganhos tenham sido avaliados após um período de três meses, análises em horizontes temporais mais longos poderiam fornecer evidências adicionais quanto à sustentabilidade das melhorias implantadas.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da aplicação do SMED para outros processos de apoio na mineração, bem como a investigação de seus impactos sobre indicadores de segurança, confiabilidade dos equipamentos e desempenho global da manutenção.

Conclui-se, portanto, que a adaptação da metodologia SMED ao processo de troca de turno das equipes de manutenção mostrou-se viável, eficaz e estrategicamente relevante para o setor mineral. Ao atuar diretamente sobre a disponibilidade das equipes e a estabilidade dos processos de apoio, a manutenção se consolida como uma função habilitadora da produção. Nesse sentido, a solução proposta apresenta elevado potencial de replicação em outras unidades e operações de mineração, configurando-se como uma ferramenta consistente para a promoção da melhoria contínua, da eliminação de desperdícios e do aumento da eficiência operacional em ambientes de alta complexidade.

REFERÊNCIAS

- ALVARADO, K; LEE, R; CHRISTOFFERSEN, E; FRAM, N; BOBLIN, S; POOLE, N; LUCAS, J; FORSYTH, S. Transfer of accountability: transforming shift handover to enhance patient safety. **Healthcare Quarterly**, Toronto, v. 9, p. 75–79, 2006.
- AMARAL, M; OLIVEIRA, M; NOGUEIRA, R; SOUSA, S; VERONEZE, G. Aplicação de ferramentas SMED para impulsionar melhorias no tempo de setup em empresas do setor de cuidados pessoais. **Revista Foco**, v. 16, e2408, 2023.
- CAKMAKCI, M. Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 41, n. 1, p. 168-179, 2009.
- CARVALHO, P. R.; SILVA, J. C. Aplicação do SMED em processos auxiliares da mineração: um estudo de caso em equipamentos de transporte. **Revista Mineira de Engenharia**, v. 77, n. 2, 2021.
- CORRÊA, H. L.; CAON, M. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços**. São Paulo: Atlas, 2010.
- DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. São Paulo: Atlas, 2012.
- DORNELES, N.; LEMES, M.; SAINT-YVES, J. Aplicação de metodologia SMED para redução de tempo de setup em indústria do setor automotivo. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2020.
- FALCONI, V. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. São Paulo: INDG, 2004.
- FALCONI, V. **TQC: Controle da Qualidade Total no estilo japonês**. 7. ed. Nova Lima: INDG, 2004.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 10, n. 2, p. 163–181, ago. 2003.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.
- GONÇALVES, F. R.; COSTA, M. L.; SANTOS, T. P. Lean Mining: uma abordagem enxuta aplicada à mineração de ferro no Brasil. **Revista Mineira de Engenharia**, v. 72, n. 3, p. 41–50, 2021.
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira – 2024. Brasília: IBRAM, 2024.
- LIKER, J. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

- LIMA, L. C.; FERREIRA, R. P.; COSTA, H. G. Indicadores de desempenho para manutenção em minas a céu aberto. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 3, p. 1204–1223, 2020.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- MCINTOSH, R.; CULLEY, S.; MILEHAM, A.; OWEN, G. Improving changeover performance: a study of SMED in manufacturing, service and healthcare. **International Journal of Operations & Production Management**, Bradford, v. 20, n. 1, p. 12–27, 2000.
- MEDEIROS, D. D.; SILVA, R. F. Desafios na implantação do SMED em ambientes industriais: uma análise de caso. **Revista de Engenharia e Produção**, v. 10, n. 2, p. 58–67, 2020.
- MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2012.
- MOBLEY, R. K. **An introduction to predictive maintenance**. Elsevier, 2002.
- MOTTA, F. P.; OLIVEIRA, L. S. Análise dos fatores críticos na aplicação do SMED em ambientes produtivos. **Revista Brasileira de Engenharia de Produção**, v. 25, n. 3, p. 45–53, 2019.
- NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. Tradução Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 3, p. 579–588, 2010.
- RODRIGUES, R.; UENO, L.F.; FREITAS, I. Aplicação de métodos de melhoria contínua para redução do tempo de setup de máquinas operatrizes em uma metalúrgica. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 6, n. 9, p. 75–90, 2018.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2018.
- SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. Troca rápida de ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais. **Exacta**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 283–296, jul./dez. 2008.
- SHINGO, S. **A revolution in manufacturing: the SMED system**. Cambridge: Productivity Press, 1985.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1985.
- SILVA, A. C.; PACHECO, D. A. Aplicação da metodologia SMED em uma indústria de bebidas: estudo de caso. **Revista Gestão Industrial**, v. 15, n. 3, p. 112–128, 2019.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, E. M.; VIEIRA, L. A. C. Aplicação de conceitos Lean para melhoria da eficiência operacional na mineração: estudo de caso em uma mineradora brasileira. **Revista Engenharia de Produção e Manufatura**, v. 14, n. 2, p. 77–88, 2022.

SOUZA, L. F.; RIBEIRO, M. P. Redução do tempo de setup em uma indústria gráfica por meio da metodologia SMED. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 4, p. 1486–1507, 2017.

SURI, R. **It's about time: the competitive advantage of quick response manufacturing**. CRC Press, 2010.

TURRIONI, J. B; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: Unifei, v. 50, n. 1, p. 669–676, 2012.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

UNISONSUSANNA. **Otimização de Mudança de Turno e Processo de Transferência - Unison Mining**. Disponível em:
<https://unisonmining.com/pt/otimiza%C3%A7%C3%A3o-de-troca-de-turno-e-processo-de-transfer%C3%Aancia>.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.