



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

HENRIQUE ALBUQUERQUE GALINDO

**ESTUDO PARA AUMENTO DE EFICÁCIA OPERACIONAL EM LINHA DE
PRODUÇÃO DE TREFILAÇÃO DE UMA SIDERÚRGICA**

Recife

2025

HENRIQUE ALBUQUERQUE GALINDO

**ESTUDO PARA AUMENTO DE EFICÁCIA OPERACIONAL EM LINHA DE
PRODUÇÃO DE TREFILAÇÃO DE UMA SIDERÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade
Federal de Pernambuco, como requisito
parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marcele Elisa Fontana

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Galindo, Henrique Albuquerque.

Estudo para aumento de eficácia operacional em linha de produção de
trefilação de uma siderúrgica / Henrique Albuquerque Galindo. - Recife, 2025.
41 p. : il.

Orientador(a): Marcele Elisa Fontana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica -
Bacharelado, 2025.

1. Siderurgia. 2. MASP. 3. PDCA. 4. Disponibilidade. 5. Eficiência
Operacional. 6. Manutenção Industrial. I. Fontana, Marcele Elisa. (Orientação).
II. Título.

620 CDD (22.ed.)

**ESTUDO PARA AUMENTO DE EFICÁCIA OPERACIONAL EM LINHA DE
PRODUÇÃO DE TREFILAÇÃO DE UMA SIDERÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 11/08/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a. Marcele Elisa Fontana (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Antônio Marques da Costa Soares Júnior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dr. Francisco Espedito de Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho a todos que sempre acreditaram e me apoiaram ao longo dessa jornada. Aos meus amigos e companheiros de profissão, que compartilharam das dificuldades e desafios da graduação e à geração de empresários juniores da EIXO Consultoria da qual fiz parte, que me ajudaram tanto a crescer e amadurecer profissionalmente.

À minha querida esposa, Jeniffer, pelo carinho, paciência e compreensão. Sua presença ao meu lado me deu a força necessária para superar os desafios e seguir em frente. Este trabalho é tanto meu quanto seu, e sou eternamente grato por tudo que fez por mim.

Agradeço à minha mãe, Elizabeth, pelo apoio constante e por sempre estar ao meu lado com força e carinho. Ao meu irmão, Felipe, pela parceria de sempre e por ter me ajudado nos momentos em que mais precisei. E a toda a minha família por sempre ter sido meu suporte.

À minha orientadora, Marcele, por sua dedicação, paciência e condução por essa jornada. Sua orientação técnica, especializada, mas também humana foi essencial para que este trabalho se concretizasse com qualidade e êxito. Sou grato pela confiança, pelos ensinamentos e pelo apoio constante em cada etapa do desenvolvimento deste projeto.

Agradeço também à equipe de operadores e ao time de melhoria da trefila, que me recebeu de forma aberta e verdadeira. Cada conversa, sugestão e suporte contribuíram diretamente para os resultados alcançados.

RESUMO

O setor siderúrgico desempenha papel estratégico no desenvolvimento industrial do país, porém enfrenta constantes desafios relacionados à disponibilidade e confiabilidade de seus equipamentos. Na linha de produção de trefila, mais especificamente nas máquinas de grampos, de uma siderúrgica localizada na Região Metropolitana do Recife, verificou-se elevado número de paradas não programadas, comprometendo a produtividade, a capacidade de atendimento ao mercado e os custos operacionais. Diante disso, este trabalho teve como objetivo principal aplicar o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP), pautado na lógica do PDCA, para propor ações que aumentem a eficácia operacional da linha de trefilação, no setor das máquinas que produzem grampos. A metodologia adotada envolveu observações de campo, medições por horímetro, análise de dados operacionais e aplicação das ferramentas da qualidade, como Diagrama de Ishikawa, 5 Porquês, *brainstorming*, Gráfico de Pareto e 5W1H. A investigação permitiu identificar causas raiz relacionadas a falhas de lubrificação, problemas de *setup* e consumo elevado de peças sobressalentes, direcionando a construção de um plano de ação eficaz. A implementação das ações corretivas resultou em uma elevação de 10% na disponibilidade das máquinas, superando a meta inicialmente estipulada de 5%. Os resultados reforçam a efetividade do MASP como instrumento de melhoria contínua em ambientes industriais, mesmo em contextos com limitações de recursos. Além disso, o estudo contribui diretamente para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente os ODS 8, 9 e 12, ao abordar o crescimento econômico industrial, inovação no processo produtivo e uso mais responsável dos recursos.

Palavras-chave: Siderurgia; MASP; PDCA; Disponibilidade; Eficiência Operacional; Manutenção Industrial.

ABSTRACT

The steel industry plays a strategic role in Brazil's industrial development but faces ongoing challenges related to equipment availability and reliability. In the wire drawing production line—specifically in the u-shaped nails machines—at a steel company located in the Recife Metropolitan Region, a high number of unscheduled downtimes was observed, compromising productivity, market responsiveness, and operational costs. This study aimed to apply the Problem Analysis and Solution Method (MASP), based on the PDCA cycle, to propose actions that improve operational efficiency of the wire drawing line in the u-shaped nails machine sector. The methodology included field observations, data collection using hour meters, operational data analysis, and the application of quality tools such as Ishikawa diagrams, 5 Whys technique, brainstorming, Pareto charts, and the 5W1H checklist. The investigation identified root causes related to lubrication failures, *setup* inefficiencies, and excessive consumption of spare parts, guiding the development of an effective action plan. The implementation of corrective measures led to a 10% increase in machine availability, surpassing the initial target of 5%. The results reinforce the effectiveness of MASP as a tool for continuous improvement in industrial environments, even under resource constraints. Furthermore, the study contributes directly to the achievement of the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDGs 8, 9, and 12, by promoting industrial economic growth, process innovation, and more responsible resource usage.

Keywords: Steel industry; MASP; PDCA; Machine availability; Operational efficiency; Industrial maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Correlação MASP x PDCA.....	18
Figura 2: Representação de Diagrama de Ishikawa	20
Figura 3: Fluxo de uso dos 5 porquês.....	20
Figura 4: Horímetros em painéis de máquinas acompanhadas.	27
Figura 5: Valor base de disponibilidade das máquinas.	27
Figura 6: Pareto de causas de paradas de manutenção.....	28
Figura 7: Fluxograma de principais causas de disponibilidade.	29
Figura 8: Diagrama de Ishikawa: Indisponibilidade.	30
Figura 9: Evolução de disponibilidade de máquinas ao longo dos meses	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas PDCA/MASP e ferramentas da qualidade associadas	24
Quadro 2: Utilização de método 5 Porquês nas oportunidades encontradas.....	31
Quadro 3: Plano de ação do projeto.....	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.2 JUSTIFICATIVAS	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO	13
2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA	13
2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA	14
2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA	15
2.2 DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DE MÁQUINAS	16
2.3 CICLO PDCA	17
2.4 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	18
2.4.1 Ferramentas da qualidade.....	19
2.4.1.1 Diagrama de Ishikawa	19
2.4.1.2 Os 5 Porquês.....	20
2.4.1.3 Brainstorming.....	21
2.4.1.4 CHECKLIST 5W1H.....	21
3. METODOLOGIA	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	23
3.3. ESTUDO DE CASO	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	27
4.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA.....	28
4.3 ANÁLISE DO PROBLEMA.....	29
4.4 DEFINIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO	31
4.5 EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	33
4.6 VERIFICAÇÃO DE EFICÁCIA	33
4.7 PADRONIZAÇÃO	34
5. CONCLUSÃO	36
5.1 CONTRIBUIÇÕES	37
5.2 LIMITAÇÕES E FUTUROS TRABALHOS	37
REFERÊNCIAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

As empresas siderúrgicas no Brasil enfrentam um contexto desafiador, influenciado por mudanças significativas nos cenários global e local (Silva, 2023). A competitividade de mercado em indústrias, como as siderúrgicas, está intrinsecamente relacionada à manutenção e à disponibilidade das máquinas.

A gestão da manutenção é uma prática fundamental em diversas indústrias, desempenhando um papel de extrema relevância na garantia da disponibilidade e confiabilidade dos ativos. A base da gestão da manutenção reside em compreender e aplicar conceitos fundamentais, como disponibilidade de ativos e confiabilidade dos equipamentos. A gestão bem-sucedida da manutenção procura equilibrar esses fatores, visando à otimização dos recursos (Otani; Machado, 2008). Ela abrange um amplo espectro de práticas, estratégias e metodologias que visam manter, reparar e otimizar equipamentos industriais (Otani; Machado, 2008).

Essa gestão de manutenção eficaz pode levar a reduções substanciais nos custos operacionais e ao aumento do desempenho global do processo. A eficiência operacional e a produtividade de uma organização estão intimamente ligadas à eficácia dessa gestão, que influencia diretamente a qualidade do produto final e a capacidade de atender prazos, fatores que estão entre os principais determinantes da competitividade no setor industrial.

A melhoria contínua dos processos industriais é essencial para manter a competitividade no mercado. Na busca contínua por aprimoramento e otimização de processos industriais (Leão, 2023), a empresa estudada - localizada na região metropolitana do Recife tendo em sua linha de produtos pregos e grampos - enfrenta o desafio de manter elevados padrões de eficiência operacional, minimizando custos e maximizando o seu volume de produção.

A empresa em questão vem enfrentando diversas dificuldades devido ao número de paradas não programadas para manutenção e/ou substituição de peças. Devido ao elevado número de paradas e, conseqüente, perda de tempo produtivo vem sendo construída uma demanda reprimida de mercado.

A falta de produtividade afeta o atendimento e retenção de clientes, o cumprimento de cronogramas de produção projetados de acordo com a capacidade instalada do parque de máquinas da linha de pregos e grampos, bem como o custo

de produção final. Quanto mais tempo as máquinas ficam paradas menor o volume final de produção, o que encarece o preço final do produto afetando negativamente a competitividade de mercado.

Visando avaliar soluções para as causas raízes que afetam a disponibilidade de máquinas da linha de produção, foi utilizado o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) para propor medidas assertivas e eficazes a serem implementadas, buscando o aprimoramento do processo de produção e evolução dos indicadores de acompanhados.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto foi implementar melhorias no processo de trefilação de uma siderúrgica para reduzir paradas não programadas, aumentar a disponibilidade das máquinas e otimizar custos, garantindo maior eficiência e qualidade na produção.

Os objetivos específicos incluem:

- Identificar as principais causas de paradas não programadas nas máquinas de corte.
- Desenvolver um plano de ações de melhoria por meio da metodologia MASP cuja estrutura metodológica está alinhada ao PDCA;
- Avaliar o desempenho das máquinas após a implementação das melhorias em termos de indicadores de disponibilidade, volume de produção e custo operacional;
- Monitorar e validar os resultados das melhorias.

1.2 JUSTIFICATIVAS

A relevância desse estudo se manifesta em diversos aspectos, começando pela importância estratégica da indústria de grampos na economia nacional (Veríssimo; Saiani, 2019). Qualquer melhoria nos processos produtivos dessa indústria pode não apenas aumentar a competitividade no mercado, mas, também, contribuir para a eficiência do setor como um todo.

Além disso, a minimização de paradas não programadas e otimização dos recursos representam ganhos significativos em termos de redução de custos e

impacto ambiental. De acordo com dados da Associação Brasileira de Manutenção, os custos de manutenção refletem o equivalente a 4% do PIB no Brasil (Abraman, 2013). A redução de paradas não programadas e a otimização de recursos estão alinhadas com as demandas atuais por produção mais sustentável (Maracajá; Oliveira, 2020). Os ganhos também estão em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estipulados pelo governo brasileiro, mais particularmente ao nº 8 que trata do Crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos (Brasil, 2025).

Os resultados desse estudo fornecerão subsídios sólidos para a tomada de decisões acerca da adoção de medidas específicas que visem à otimização do desempenho das máquinas de corte. Através da observação rigorosa dos resultados e da análise cuidadosa das propostas de melhoria, este projeto visa contribuir para a eficácia operacional, a qualidade do produto final e a redução de custos em um ambiente industrial desafiador. O uso do MASP, pautado no PDCA, é uma abordagem eficaz para criar um ciclo de melhoria contínua que não apenas atenda às necessidades atuais, mas também permite acessar as causas raízes das falhas, incrementando a confiabilidade do processo a partir das soluções propostas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A disponibilidade de ativos e confiabilidade dos equipamentos são pilares de suma importância na gestão da manutenção. A disponibilidade, que se refere à capacidade das máquinas de estarem operacionais quando necessário, desempenha um papel central na continuidade das operações. Já a confiabilidade, que mede a probabilidade de que um equipamento execute suas funções sem falhas, é crucial para garantir a qualidade e a consistência do processo. A gestão bem-sucedida da manutenção procura equilibrar esses fatores, visando à otimização dos recursos (Otani; Machado, 2008).

Um bom gerenciamento de ativos requer o emprego de estratégias preditivas, preventivas e corretivas. A manutenção preditiva, busca antecipação às falhas com base em dados e monitoramento contínuo. A manutenção preventiva tem sua base em inspeções e intervenções programadas, controlando falhas e paradas. Por fim, a manutenção corretiva atua em resposta de uma falha (Abreu, 2023).

A gestão da manutenção é uma área em constante evolução, com a incorporação de novas tecnologias e práticas de gerenciamento. Nesse sentido, a utilização de sistemas de gerenciamento de manutenção assistida por computador (CMMS) e técnicas de manutenção baseada em confiabilidade (RCM) vem sendo cada vez mais empregadas na indústria (Figueiredo, 2017). O uso de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT) e a análise de dados, tem permitido a transição para uma manutenção mais preditiva e baseada em condições.

2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é uma abordagem que envolve a correção de falhas e problemas em equipamentos somente quando esses problemas ocorrem. Embora seja, em alguns casos, uma inevitabilidade, essa forma de manutenção é geralmente considerada a menos eficaz e mais dispendiosa, uma vez que frequentemente resulta em paradas não programadas, perda de produção e custos excessivos de reparo (Kardeck; Nascif, 2019).

A necessidade de manutenção corretiva pode ser vista como um sinal de que os procedimentos de manutenção preventiva e preditiva podem não ter sido totalmente eficazes na detecção e prevenção de falhas. É importante observar que a manutenção corretiva, quando realizada com frequência, pode levar a um ciclo vicioso de ineficiência, com custos crescentes e impactos negativos na produção (Kardeck; Nascif, 2019).

Vale salientar que a manutenção corretiva segue bastante relevante e importante na preservação dos equipamentos e processos industriais. Embora não seja a abordagem mais desejável, ela se torna necessária quando os custos de antecipação são elevados ou quando não há viabilidade técnica para prevenção. No entanto, reduzir sua frequência e impacto é essencial para garantir a confiabilidade dos ativos e a eficiência operacional (Baran, 2011).

Uma abordagem mais eficaz é combinar a manutenção corretiva com outras estratégias, como a manutenção preventiva e preditiva. A manutenção preventiva ajuda a reduzir o risco de falhas ao realizar inspeções e reparos programados, enquanto a manutenção preditiva permite a antecipação de falhas por meio de monitoramento contínuo. Dessa forma, a manutenção corretiva pode ser reservada para situações verdadeiramente imprevistas (Kardeck; Nascif, 2019).

Em resumo, a manutenção corretiva é uma parte inevitável da gestão da manutenção, mas deve ser usada com parcimônia. A combinação de diferentes abordagens de manutenção, juntamente com a análise de dados e monitoramento contínuo, é fundamental para minimizar os custos e interrupções associados à manutenção corretiva. Dessa forma, as organizações podem manter a disponibilidade de seus ativos e garantir a continuidade das operações, mesmo em face de falhas inesperadas.

2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A manutenção preventiva é tida como uma prática vital, tendo como principal objetivo a garantia da confiabilidade dos ativos industriais. Ela permite intervenções programadas, evitando falhas inesperadas e diminuindo por consequência os custos operacionais. Se bem construída, essa abordagem contribui de maneira direta para o cumprimento de cronogramas de produção e planejamentos feitos, culminando na preservação da vida útil dos equipamentos (Pereira; Oliveira, 2021).

Para implementar uma estratégia de manutenção preventiva eficaz, é essencial realizar uma análise cuidadosa dos equipamentos, identificar as partes suscetíveis a desgaste e estabelecer intervalos de manutenção adequados. O uso de tecnologias de monitoramento, como análise de vibração e termografia, pode ser fundamental na identificação de problemas incipientes, permitindo a correção antes que se tornem falhas graves (Peixoto; Souza; Sales, 2019).

Além disso, a manutenção preventiva é frequentemente vinculada ao uso de sistemas de gerenciamento de manutenção assistida por computador (CMMS), que auxiliam na programação de tarefas de manutenção, no registro de histórico de manutenção e na análise de tendências. A implementação de um CMMS pode melhorar significativamente a eficácia da manutenção preventiva, ao fornecer uma visão mais clara das necessidades de manutenção e do desempenho dos ativos (Figueiredo, 2017).

2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva é uma estratégia que utiliza tecnologias para monitorar constantemente o estado dos equipamentos e tem como objetivo principal prevenir falhas antes que ocorram. A abordagem de, baseando-se em dados concretos, atuar de maneira planejada reduz significativamente as paradas não programadas, melhora a confiabilidade dos ativos e otimiza os custos operacionais, tornando a indústria mais atualizada e competitiva (Costa, 2024).

A importância da manutenção preditiva reside na sua capacidade de identificar problemas em estágios iniciais, muitas vezes antes que se tornem críticos, evitando assim falhas graves e interrupções na produção. A análise de dados e técnicas de monitoramento, como a análise de vibração, termografia e ultrassom, desempenham um papel fundamental na detecção de anomalias e no fornecimento de informações em tempo real sobre a condição dos equipamentos (Peixoto; Souza; Sales, 2019).

Uma abordagem proativa de manutenção preditiva requer a coleta e a análise de dados contínuos. Sistemas de monitoramento automatizados, sensores e análise de Big Data desempenham um papel crítico nesse processo. A manutenção preditiva é uma estratégia fundamental para indústrias modernas, que buscam maximizar a disponibilidade de ativos, melhorar a eficiência operacional e minimizar os custos operacionais.

É importante destacar que a manutenção preditiva não é apenas uma ferramenta para detectar falhas iminentes, mas também uma abordagem que permite o agendamento de manutenção com base nas necessidades reais dos ativos. Isso resulta em economia de recursos, incluindo mão de obra e peças sobressalentes, ao evitar manutenções prematuras ou desnecessárias (Kardeck; Nascif, 2019).

2.2 DISPONIBILIDADE E CONFIABILIDADE DE MÁQUINAS

A disponibilidade e a confiabilidade de máquinas são fatores críticos na gestão da manutenção e têm um impacto direto na eficiência operacional, produtividade e qualidade do produto final. A disponibilidade se refere à capacidade das máquinas de estar operacionais quando necessárias, enquanto a confiabilidade mede a probabilidade de que uma máquina execute suas funções sem.

A disponibilidade é uma medida essencial para a produção contínua. Quando as máquinas estão prontas para operar sempre que necessário, a produção flui sem interrupções, os prazos são cumpridos e a satisfação do cliente é mantida. A confiabilidade, por outro lado, está intimamente relacionada à qualidade do produto final. Máquinas confiáveis garantem que os produtos sejam fabricados de acordo com especificações, reduzindo o desperdício e o retrabalho (Mohamed; Bem; Muduli, 2022).

A busca pela melhoria da disponibilidade e confiabilidade de máquinas é uma tarefa constante na gestão da manutenção. Isso envolve a implementação de estratégias eficazes, como a manutenção preventiva e preditiva, para prevenir falhas e reduzir paradas não programadas. Também é importante reconhecer que a confiabilidade das máquinas está relacionada à qualidade dos materiais e componentes utilizados, bem como ao treinamento e competência dos operadores.

Em resumo, a disponibilidade e a confiabilidade de máquinas são fundamentais para a eficiência operacional e a qualidade do produto. A gestão da manutenção desempenha um papel crucial na melhoria contínua desses aspectos, utilizando estratégias proativas e dados de desempenho para manter as máquinas operacionais e confiáveis.

2.3 CICLO PDCA

O Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) é uma metodologia de gestão amplamente reconhecida e aplicada em diversos setores da indústria e em organizações em todo o mundo. Esse ciclo, também conhecido como o ciclo de Deming ou ciclo de Shewhart, foi desenvolvido por Walter A. Shewhart e popularizado por W. Edwards Deming, dois renomados estatísticos e especialistas em gestão da qualidade. O PDCA é uma abordagem sistemática para a melhoria contínua de processos e a resolução de problemas (Marshall Jr.; Rocha e Mota, 2012).

- Plan (Planejar): A fase de planejamento envolve a definição dos objetivos, a identificação dos problemas ou oportunidades de melhoria, e o desenvolvimento de um plano de ação. Durante esta etapa, as metas a serem alcançadas são estabelecidas, e os métodos e recursos necessários são determinados.
- Do (Fazer): Na fase "Fazer", o plano de ação é implementado de acordo com as diretrizes estabelecidas na fase de planejamento. Isso pode envolver a execução de tarefas, a coleta de dados ou a implementação de mudanças nos processos.
- Check (Verificar): A etapa de "Verificar" implica na avaliação dos resultados obtidos após a implementação das ações. Durante esta fase, os dados são coletados e analisados para determinar se as metas estabelecidas foram alcançadas e se as ações tiveram o impacto desejado.
- Act (Agir): Com base na avaliação dos resultados, a fase "Agir" envolve a tomada de decisões para ajustar e aprimorar o plano de ação. Isso pode incluir a identificação de problemas não previstos, a otimização de processos e a implementação de melhorias contínuas.

O Ciclo PDCA é uma ferramenta dinâmica que incentiva a aprendizagem organizacional e a adaptação contínua. Ele é fundamental na gestão da qualidade e na busca por processos mais eficientes e eficazes. O PDCA promove a melhoria contínua, a inovação e a capacidade de resposta a mudanças, tornando-se uma abordagem valiosa para organizações que buscam se manter competitivas.

2.4 MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

O Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma abordagem estruturada, tendo como objetivo a identificação de causas raízes e proposta de soluções eficazes para tratar problemas em processos industriais. Este tem como base o ciclo PDCA e toma para si ferramentas qualidade para organizar dados e direcionar a tomada de decisões, sendo diversamente empregado em meios de produção como instrumento de melhoria contínua (Salvadori, 2021).

Essa metodologia é, inclusive, utilizada para suportar e fortalecer análises de falhas, que são amplamente empregadas na indústria como ferramenta para aumentar a confiabilidade de equipamentos, instalações e processos. Segundo Lima (2018), esse método vai além da simples identificação de causas mecânicas, permitindo compreender como falhas em componentes comprometem o desempenho de sistemas inteiros. O uso do MASP em indústrias vem se mostrando bastante assertivo na melhoria da produtividade e redução de falhas diversas. Segundo o estudo de Lins et al. (2020), o uso do MASP em uma linha de produção de alimentos em Pernambuco foi capaz de reduzir em 53% as paradas não programadas, reiterando a efetividade da metodologia na prática da indústria.

Na Figura 1 é possível observar a relação direta do método MASP com o ciclo PDCA.

Figura 1: Correlação MASP x PDCA



Fonte: Adaptado de Campos (2004).

2.4.1 Ferramentas da qualidade

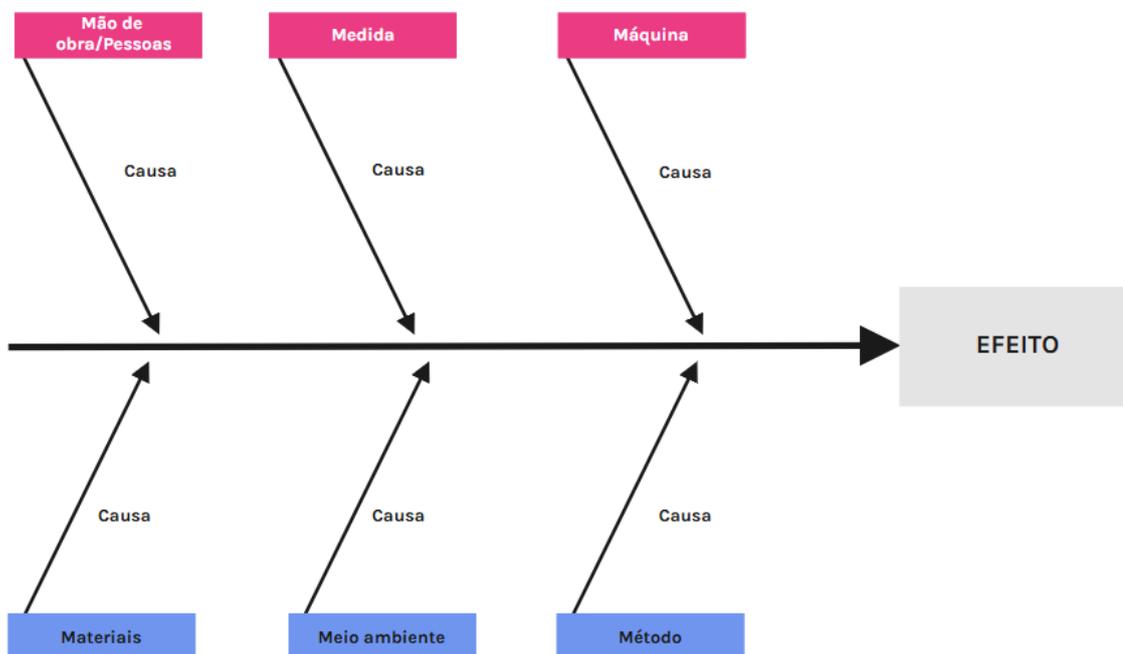
2.4.1.1 Diagrama de Ishikawa

Esta ferramenta é usada para identificar e visualizar as possíveis causas de um problema, organizando-as em categorias. O diagrama de Ishikawa, ilustrado na Figura 2, é particularmente eficaz na análise de problemas complexos, pois permite que equipes multidisciplinares colaborem na identificação de causas. Ele é uma ferramenta valiosa na investigação de falhas e problemas de qualidade, ajudando a desenvolver a compreensão das origens dos problemas (Slack, 2023).

Para utilização das ferramentas devem ser seguidas as seguintes etapas:

1. Inicialmente, é crucial delinear o problema a ser examinado e definir os objetivos almejados;
2. Compreender e familiarizar-se com o procedimento envolvido, utilizando métodos como observação, registro de dados e diálogo com os envolvidos;
3. Convocar uma reunião com os colaboradores do processo, incentivando a discussão sobre o problema, encorajando a participação e a contribuição de ideias por meio de um *brainstorming*;
4. Após a coleta de todas as informações, categorizá-las em ordem de relevância, separando as causas principais, secundárias e terciárias, descartando dados menos pertinentes;
5. Estruturar o diagrama e submeter a representação da situação atual à revisão de todos os envolvidos;
6. Identificar e destacar os elementos mais relevantes para alcançar os objetivos propostos.

Figura 2: Representação de Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Costa e Mendes (2018)

2.4.1.2 Os 5 Porquês

O método dos 5 Porquês envolve a repetição da pergunta "por que" para identificar as causas-raiz de um problema. A ideia é aprofundar a compreensão das origens do problema, questionando sistematicamente as razões por trás de cada resposta. O método dos 5 Porquês, ilustrado na Figura 3, é uma ferramenta simples, mas eficaz, que ajuda a evitar a identificação superficial de causas e a buscar explicações mais profundas (Costa; Mendes, 2018).

Apesar do nome, a técnica dos 5 Porquês pode ser aplicada com menos ou mais perguntas, dependendo da complexidade do problema (Valentim, 2019).

Figura 3: Fluxo de uso dos 5 porquês



Fonte: Adaptado de Valentim et al. (2019)

2.4.1.3 Brainstorming

O *brainstorming* é uma técnica colaborativa de geração de ideias, utilizada para explorar soluções criativas para um problema específico ou para promover a inovação em um determinado contexto. Sua essência é reunir um grupo de pessoas para uma sessão de discussão aberta e sem restrições, onde todos são encorajados a contribuir com ideias, sugestões ou possíveis soluções para um desafio (Rabuske, 2016).

De maneira geral o processo de *brainstorming* segue o fluxo lógico a seguir Behr; Moro; Estabel, 2008):

1. **Preparação:** Definição clara do problema ou tópico a ser abordado. É essencial que todos os participantes compreendam a questão em discussão.
2. **Sessão de Ideação:** Durante essa fase, os participantes são encorajados a compartilhar suas ideias livremente, sem julgamento. Não há ideias ruins ou boas; o objetivo é gerar o maior número possível de ideias.
3. **Revisão:** As ideias são relacionadas e se retira qualquer dúvida sobre o entendimento das mesmas.
4. **Seleção e Análise:** Após a sessão, as ideias são revisadas e analisadas, identificando aquelas mais promissoras para serem desenvolvidas ou combinadas em soluções mais complexas.
5. **Ordenação:** Etapa de priorização das ideias propostas.

2.4.1.4 CHECKLIST 5W1H

Popularmente conhecido como plano de ação e análise, tem em sua sigla a referência a perguntas que se iniciam por “W” e “H”, com origem na língua inglesa (Melo Junior; Fontana, 2017). A ferramenta do 5W1H, uma versão mais simples se comparada à 5W2H, funciona buscando organizar ideias e estruturar planejamentos, sendo uma excelente opção por ser capaz de agir nas causas raízes dos problemas buscando tratar na fonte as causas de maneira prática e eficaz (Melo Junior; Fontana, 2017). Esta, como dito, possui como base seis perguntas: o que (What), por que (Why), onde (Where), quando (When), quem (Who) e como (How).

A ferramenta, posteriormente expandida para 5W2H com a inclusão do item *How much*, foi desenvolvida por profissionais da indústria automobilística japonesa como suporte ao ciclo PDCA, especialmente na etapa de planejamento (Moura, 2019).

Ao responder cada uma das perguntas, é possível mapear tarefas, definir prazos, atribuir responsáveis e justificar decisões, tornando o plano de ação mais completo e fácil de executar. Essa abordagem favorece a comunicação entre equipes e evita falhas por falta de alinhamento.

De maneira geral, o uso do 5W1H é de extrema importância para um projeto, principalmente quando necessário montar planos de ações com as equipes. Este, ajuda a deixar toda a tarefa mais organizada e evitar que alguma etapa se perca ao longo do caminho.

3. METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (2017), pode ser classificada da seguinte forma:

- **Objetivos:** Quanto aos objetivos, essa pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, uma vez que busca aplicar os conhecimentos teóricos e práticos para resolver um problema específico, direcionado para a solução de questões operacionais e a melhoria contínua de processos em um ambiente organizacional.
- **Abordagem:** Em termos de abordagem, essa pesquisa se enquadra na classificação de pesquisa qualitativa. Envolve a coleta e análise de dados descritivos, por meio de ferramentas como o MASP, orientado no PDCA, para compreender a natureza e a complexidade dos problemas, identificar as causas fundamentais e implementar melhorias apropriadas.
- **Procedimentos:** Quanto aos procedimentos adotados, a pesquisa faz uso de métodos e ferramentas estruturadas para identificar problemas, analisar dados e implementar soluções em um estudo de caso. A utilização do *brainstorming*, do Diagrama de Ishikawa e dos 5 Porquês são algumas das ferramentas comuns para identificar e aprofundar a compreensão das causas-raiz dos problemas, assim como para elaborar planos de ação e realizar melhorias.

Portanto, este trabalho, seguindo as diretrizes de Gil (2017), se caracteriza como aplicada, qualitativa e utiliza métodos estruturados para a solução de problemas e aprimoramento de processos em um estudo de caso.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O emprego do MASP orientado pelo PDCA representa uma abordagem abrangente e estruturada para a solução de problemas e melhoria contínua em projetos. Observando o Quadro 1, é possível notar que essa combinação metodológica é essencial para orientar as etapas desde a identificação e análise de problemas até a implementação de soluções eficazes e o acompanhamento de melhorias ao longo do tempo.

Quadro 1: Etapas PDCA/MASP e ferramentas da qualidade associadas

Etapas PDCA	Etapas MASP	Ferramentas usadas
Planejamento (Plan)	1. Identificação do problema	Estratificação; Folha de verificação.
Planejamento (Plan)	2. Observação do problema	Estratificação; Diagrama de Pareto.
Planejamento (Plan)	3. Análise do problema	Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Folha de verificação; Brainstoming.
Planejamento (Plan)	4. Definição de planos de ação	5W2H
Agir (Do)	5. Execução de planos de ação	-
Verificar (Check)	6. Verificação de eficácia	Folha de verificação
Agir (Act)	7. Padronização	-

Fonte: O autor (2025).

A primeira etapa é a **identificação do problema**. Após a coleta de dados *in loco*, por meio de conversas com os operadores e pelas observações realizadas durante a rotina de trabalho, ficou evidenciado que as máquinas de grampo da linha de trefilação estavam apresentando baixa disponibilidade, o que estava impactando diretamente a produção e a capacidade de entrega. Isso ficou evidente com base nesse cenário, decidiu-se aprofundar a investigação, buscando entender as causas reais desses problemas com foco na melhoria do processo.

Durante a **observação do problema**, para entender melhor a situação, foi realizado um *brainstorming* com o pessoal técnico e operacional. A ideia foi reunir os principais pontos que, na visão da equipe, poderiam estar influenciando o desempenho das máquinas. Além disso, foram feitas observações de campo, focando na leitura dos horímetros, que são instrumento simples, mas essenciais para medir o tempo de operação e de parada dos equipamentos. Os dados dessas medições foram importantes para montar levantar a disponibilidade das máquinas e iniciar o mapeamento dos fatores críticos.

Com as informações organizadas, deu-se início à **Análise do problema** usando ferramentas da qualidade. O Diagrama de Ishikawa foi utilizado para visualizar e classificar as possíveis causas em categorias. A técnica dos 5 Porquês foi empregada para determinar as causas raízes dos problemas.

Para a elaboração do **Plano de ações** foi usada a ferramenta 5W1H, que ajudou a organizar todas as necessidades. Foram planejadas ações com foco na correção de problemas com lubrificação, melhoria de procedimentos de *setup* e reforçar o controle das peças sobressalentes. Cada iniciativa teve seus responsáveis, prazos e forma de execução bem definidos, sempre priorizando medidas com baixo custo e alto impacto. Com toda a preparação bem estruturada, a execução do plano de ação não foi algo oneroso. Foram feitos ajustes no processo de recebimento de peças, revisões de padrões operacionais de limpeza e lubrificação das máquinas e atualização dos procedimentos relacionados ao *setup*, em especial para troca de navalhas de corte e troca de bitolas de arame. Todo o processo foi constantemente documentado e acompanhado em reuniões recorrentes semanais.

Ao fim da execução de todas as ações, na etapa de **Verificação**, foram avaliadas a efetividade das ações com base nos dados dos horímetros e nos registros de produção. Após a verificação, estando os resultados satisfatórios, as boas práticas adotadas passaram a fazer parte da rotina operacional, sendo possível criar **padrões** operacionais para lubrificação, *setup* e controle de peças, garantindo que os problemas antigos não voltassem a ocorrer.

3.3. ESTUDO DE CASO

Este estudo, realizado entre março e agosto de 2024, teve como foco o processo de produção de uma siderúrgica localizada na Região Metropolitana do Recife, aspecto essencial da operação da empresa por estar diretamente relacionado à fabricação de produtos finais de alta qualidade. No entanto, um desafio significativo que a empresa enfrenta é a obsolescência das máquinas utilizadas nesse processo. Muitas das máquinas empregadas são antigas e não mais fabricadas (dificuldade de mão de obra treinada e qualificada para atuar no equipamento e falta de sobressalentes no mercado), o que apresenta desafios em termos de manutenção e eficiência operacional.

O processo de produção de envolve uma série de etapas, desde a preparação da matéria-prima (aramé) até a conformação final dos grampos. Isso inclui a trefilação do fio máquina usado para fabricação do arame, bem como o corte, a dobragem e o

empacotamento dos grampos. Cada etapa é crítica para garantir a qualidade do produto final.

A obsolescência das máquinas pode resultar em vários problemas, incluindo a dificuldade de encontrar peças sobressalentes, o aumento dos custos de manutenção e a redução da eficiência operacional. Além disso, a manutenção dessas máquinas antigas pode ser mais demorada e custosa, devido à escassez de técnicos e especialistas familiarizados com esses equipamentos específicos. Isso também pode levar a paradas não programadas e impactar a disponibilidade das máquinas.

Diante desse cenário, é fundamental que a empresa busque soluções para enfrentar os desafios relacionados à obsolescência das máquinas, seja por meio da modernização de equipamentos, do desenvolvimento de alternativas de produção ou da busca por fontes confiáveis de peças sobressalentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Inicialmente, foram levantadas as informações relativas ao tempo de máquina em funcionamento pela observação dos horímetros, conforme Figura 4, para assim, estimar a disponibilidade de máquinas. Esses dados foram obtidos através de uma ação conjunta com a equipe de mantenedores dos equipamentos, tendo em vista a necessidade de reparo e restauração de condição de base desse maquinário.

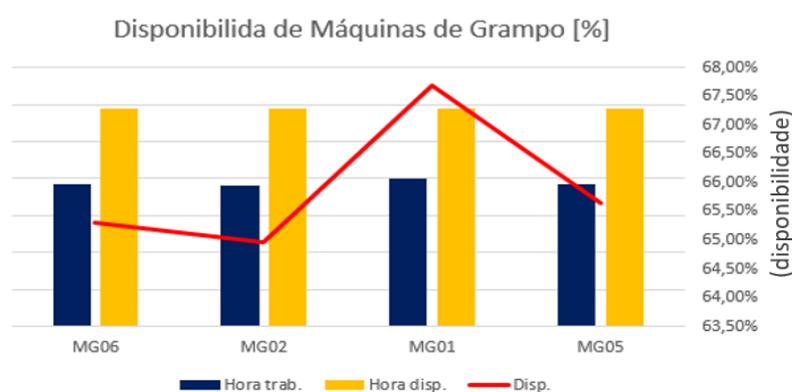
Figura 4: Horímetros em painéis de máquinas acompanhadas.



Fonte: O autor (2023)

Através dos dados colhidos em campo, observando os horímetros durante o período de 20 dias, foi possível estabelecer o valor representativo de base para o indicador de disponibilidade das máquinas, como denota a Figura 5. Tendo em vista que esse indicador nunca foi medido antes e que para iniciar o projeto era necessário um valor base para referência, o líder do projeto juntamente com a gestão da área decidiu realizar este acompanhamento por um período mais expressivo.

Figura 5: Valor base de disponibilidade das máquinas.



Fonte: O autor (2023)

4.2 OBSERVAÇÃO DO PROBLEMA

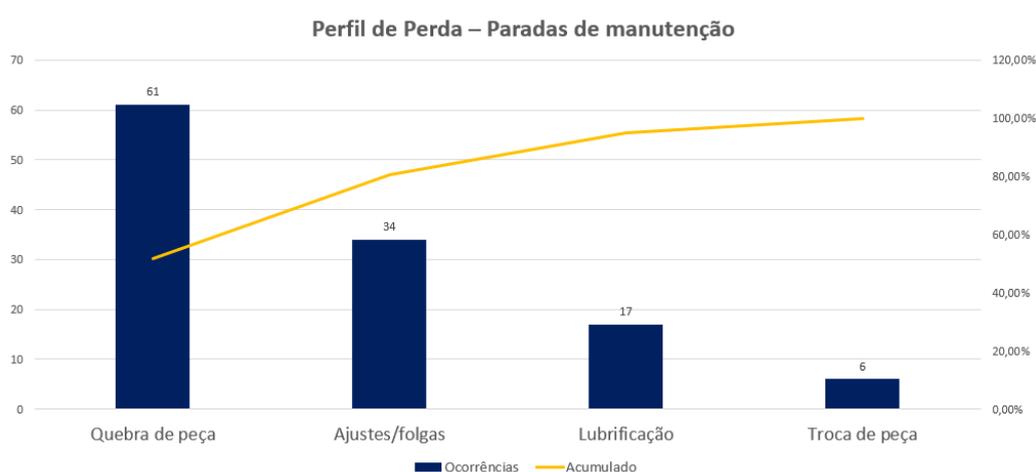
A fim de facilitar a identificação dos equipamentos foram atribuídos códigos para cada máquina, fazendo alusão ao produto trabalhado. Neste caso a sigla “MG” significa “máquina de grampo”. Cada máquina também recebeu uma numeração neste caso.

Com o valor base definido conforme a Figura 5, o comitê de liderança da área chegou ao consenso para a meta de ganho de disponibilidade de **5%** frente ao valor base de **66%**. Ou seja, o projeto passou a ter como foco ações que gerassem ganhos percentuais de disponibilidade para atingir o valor médio final de **71%** de disponibilidade de para este grupo de equipamentos.

A Figura 6 traz o gráfico de Pareto, que contempla as principais causas registradas de apontamentos, agrupadas nos 4 grupos, a fim de facilitar a estratificação.

Vale salientar que para o item de “Ajustes/folgas” estão contempladas intervenções de rotina e setup de máquina, como a troca de bitola, que consiste na alimentação de bobinas de arame nas máquinas de corte.

Figura 6: Pareto de causas de paradas de manutenção.



Fonte: O autor (2023)

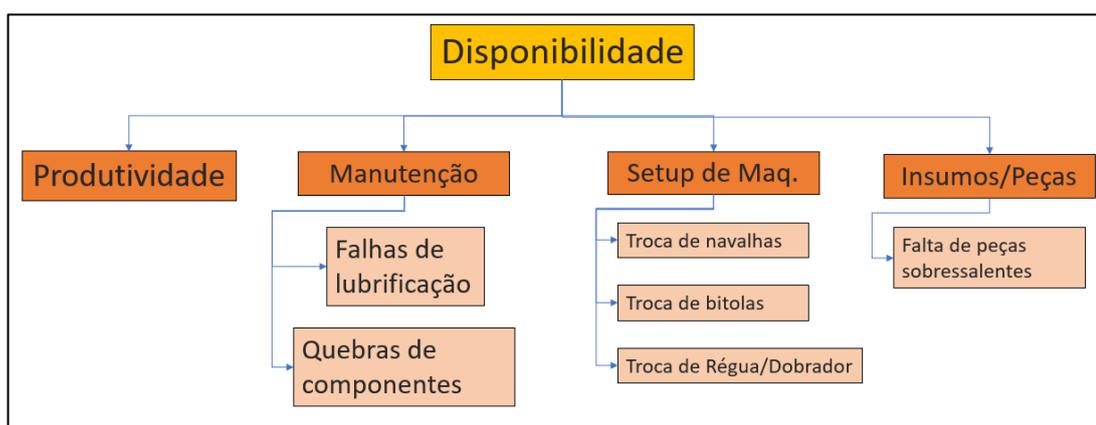
Os dados das causas de paradas foram colhidos através de folhas de apontamentos manuais da operação.

4.3 ANÁLISE DO PROBLEMA

Para entender os fatores que impactam a disponibilidade das máquinas de grampo, foi feita uma análise detalhada dos processos envolvidos. Este esforço incluiu um *brainstorming* com a equipe técnica e operacional para identificar possíveis causas e pontos críticos que afetam a eficiência e disponibilidade das máquinas. O brainstorm revelou quatro categorias principais que influenciam a disponibilidade: produtividade, manutenção, *setup* de máquinas e insumos/peças. A Figura 7 ilustra estes fatores e sua relação com a disponibilidade dos equipamentos.

Devido a produtividade poder ser afetada por diversas variáveis operacionais, essa categoria específica não foi subdividida em nosso esquema inicial, devido à falta de evidências colhidas e observadas que indicassem algum gargalo nesta área.

Figura 7: Fluxograma de principais causas de disponibilidade.



Fonte: O autor (2023).

Um plano de manutenção para máquinas é de suma importância para sua conservação e, dentro desta categoria, destacaram-se dois pontos críticos:

- Falhas de lubrificação: A ausência ou inadequação na lubrificação pode levar ao desgaste acelerado dos componentes e, conseqüentemente, a paradas não programadas.
- Quebras de componentes: Falhas mecânicas devido ao desgaste ou problemas de fabricação podem resultar em interrupções no processo.

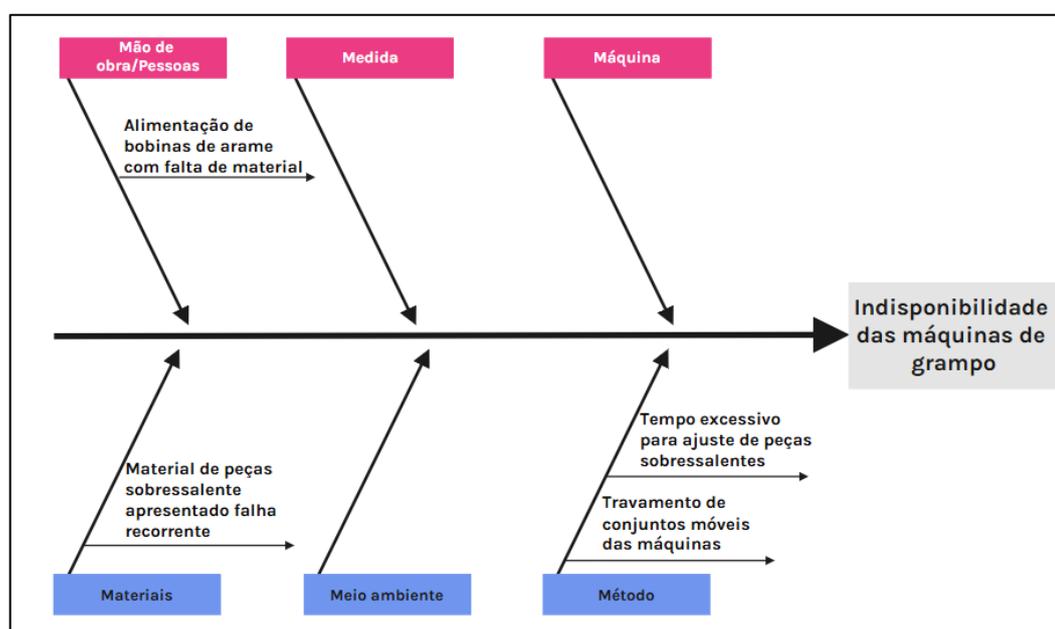
O *setup* de máquinas, que envolve desde ajustes operacionais finos até simples trocas de componentes é um ponto crucial que pode afetar diretamente a disponibilidade das máquinas. Três principais subcategorias foram identificadas neste âmbito:

- Troca de navalhas: O tempo e a frequência necessários para trocar as navalhas são fatores que impactam o tempo de atividade das máquinas.
- Troca de bitolas: Ajustes necessários para alterar as bitolas também contribuem para o tempo de inatividade.
- Troca de Régua/Dobrador: Alterações nesses componentes durante o *setup* afetam a eficiência do processo.

A disponibilidade de peças sobressalentes é vital para a operação contínua, e tendo isto em conta, foi identificado que a eventual falta destas peças é um fator crítico para a geração de paradas prolongadas. No entanto, essa falta tinha sua origem no consumo exacerbado de material, não sendo um problema a ser estudado e sim uma consequência das demais situações que ocorriam no processo.

Observa-se na Figura 8, que a maioria dos problemas está relacionado a categoria de método, o que corrobora a importância da utilização do método de resolução de problemas para um entendimento claro da situação e onde se deve dedicar mais energia para resolução do problema.

Figura 8: Diagrama de Ishikawa: Indisponibilidade.



Fonte: O autor (2025).

Assim, o autor realizou a associação das principais causas levantadas durante o *brainstorming* e também os pontos indicados pelo Diagrama de Pareto, classificando-os para maior clareza na tomada de decisões e estruturação do plano de ação presente no Quadro 2.

Quadro 2: Utilização de método 5 Porquês nas oportunidades encontradas

Falha	Por que?	Por que?	Por que?
Alimentação de bobinas de arame com falta de material	Material recebido de fornecedor sem verificação de quantidade	Falta de padrão de recebimento ou indicativo / parâmetro	-
Material de peças sobressalentes apresentando falha recorrente	Material de peças diverge do especificado	Falta de inspeção / conferência de qualidade	Recebimento de peças críticas feita pela equipe de produção
Travamento de conjuntos móveis das máquinas	Falta de limpeza e lubrificação adequada	Rotina de limpeza e lubrificação desatualizada	-
Tempo excessivo para troca/ajuste de peças de reposição	Duração excessiva em recuperação de navalhas	Ferramenta inapropriada para material da peça	-

Fonte: O autor (2023).

Na aplicação dos 5 Porquês, foi observado que na maioria das ocorrências, a causa raiz pode ser claramente observada na segunda ou terceira etapa do método. Assim, em situações como esta, avançar além do que foi feito só resultaria em respostas repetitivas. Dessa forma, decidiu-se dedicar as energias nestes pontos críticos achados, sem perder tempo com minúcias sem grandes ganhos.

A investigação se encerrou assim que a raiz do problema foi identificada, já que a ideia principal sempre foi de ter um plano de ação ágil e eficaz, sem redundâncias infrutíferas.

4.4 DEFINIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

Com base nessa análise, foram avaliados os possíveis retornos e desenvolvidas ações específicas para mitigar os problemas identificados, visando

umentar a disponibilidade e eficiência das máquinas de grampo. As ações que representassem maior taxa de retorno com menor investimento (custo, tempo e mão de obra) foram priorizadas para atendimento da meta.

Assim, levando em conta os estudos e acompanhamentos feitos em campo, bem como o *brainstorming* realizado junto com a equipe operacional, foram determinadas as ações que deveriam ser tomadas como prioridade, conforme indica o Quadro 3. Foram estipulados responsáveis, prazos e objetivos claros a serem alcançados, sempre contando com o suporte da equipe de melhoria da área de trefila.

Quadro 3: Plano de ação do projeto

Ação	Responsável	Início	Fim	Status
Programar Agenda da Semana Kaizen	Equipe de melhoria	25/03/2023	31/03/2023	Concluída
Executar Semana Kaizen	Equipe de melhoria	10/04/2023	14/04/2023	Concluída
Padronizar Limpeza e lubrificação de máquinas	Estagiário de melhoria	17/04/2023	21/04/2023	Concluída
Acompanhar rotina – Limpeza e lubrificação de máquinas	Equipe de melhoria	23/04/2023	07/05/2023	Concluída
Construção de Mapa de lubrificação	Estagiário de melhoria	25/04/2023	15/02/2023	Concluída
Implantação de Rotina de inspeção de limpeza e lubrificação	Estagiário de melhoria	26/04/2023	29/04/2023	Concluída
Definição de padrão de recebimento de arame (quantidade e temperatura)	Estagiário de melhoria	26/04/2023	29/04/2023	Concluída
Desenvolvimento de novos fornecedores para peças sobressalentes	Estagiário de melhoria	31/04/2023	13/05/2023	Concluída
Revisão de <i>Setup</i> e Ajustes Operacionais	Estagiário de melhoria	20/05/2023	31/05/2023	Concluída
Reclassificação de atividades internas/externas (compra de ferramenta)	Estagiário de melhoria	28/05/2023	30/07/2023	Concluída

Fonte: O autor (2023).

4.5 EXECUÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

A fase de implementação das ações foi conduzida com acompanhamento contínuo, priorizando a análise de resultados, o registro de informações relevantes e o compartilhamento constante com os envolvidos. Essa troca de percepções e experiências favoreceu o amadurecimento do processo, além de permitir ajustes em tempo real para melhorar a efetividade das soluções aplicadas.

Durante a execução, algumas iniciativas precisaram ser adaptadas ao longo do tempo, especialmente devido à disponibilidade de recursos e à necessidade de alinhar os resultados esperados com indicadores que se mostraram variáveis. Essa flexibilidade contribuiu para a manutenção da estabilidade do processo e abriu espaço para melhorias futuras.

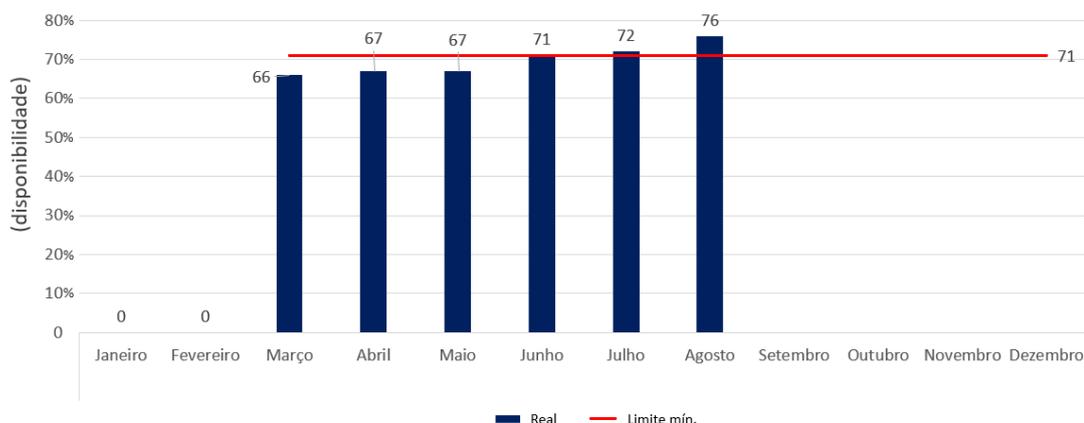
Além disso, as ações não ficaram restritas apenas ao escopo do projeto. Devido à sua relevância, foram levadas a outros fóruns e discutidas em diferentes frentes da organização, visando garantir o alinhamento estratégico e evitar impactos negativos nos custos e na operação da empresa como um todo.

De maneira geral, as ações foram bem recebidas e apresentaram evolução consistente, desde o início da aplicação até sua consolidação. Algumas iniciativas geraram aprendizados que anteriormente não eram considerados, revelando oportunidades para novas abordagens e projetos voltados ao aprimoramento contínuo do processo.

4.6 VERIFICAÇÃO DE EFICÁCIA

Durante as reuniões de seguimento do projeto, sempre eram acompanhados os resultados e impactos provenientes das ações que estavam sendo realizadas. A expectativa era de que com o avanço do projeto, uma melhora gradual e expressiva fosse se evidenciando através dos dados de disponibilidade das máquinas. A Figura 9 ilustra o comportamento do indicador de disponibilidade das máquinas, considerando o intervalo de observação de março de 2023 até o mês de agosto de 2023, onde o projeto teve sua entrega fim formal realizada.

Figura 9: Evolução de disponibilidade de máquinas ao longo dos meses



Fonte: O autor (2023).

Fica evidente a grande evolução que se concretizou com as ações tomadas durante o projeto. A meta inicial de ganho percentual de 5% foi extrapolada na prática para o valor de 10% a mais de disponibilidade, mostrando assim que as análises conduzidas e ações executadas tiveram impacto direto e trouxeram resultados ágeis ao processo.

Outro ponto importante de ser mencionado é o conseqüente aumento de volume de produção e capacidade de atendimento de mercado oriundo do aumento de disponibilidade. Com maior tempo de máquinas em funcionamento, um volume de produção maior é capaz de ser atendido, chegando a um aumento de aproximadamente 28% no mês de agosto, onde a disponibilidade.

Por fim, máquinas que requerem menos paradas e menos investimentos de tempo e peças para manutenção de condição de base, conseqüentemente reduzem o custo de manutenção e emprego de mão especializada, podendo direcionar recursos para outros setores em necessidade

4.7 PADRONIZAÇÃO

Após a execução das ações corretivas definidas com base na metodologia MASP, tornou-se fundamental garantir a manutenção dos resultados obtidos e promover a melhoria contínua do processo. Para isso, foram realizadas atualizações nos padrões operacionais, incorporando todas as mudanças implementadas nas rotinas e na execução das atividades. Essa padronização tem papel essencial na

consolidação das melhorias e na prevenção de recorrências de falhas anteriormente identificadas.

De forma complementar, reforçou-se a importância da realização contínua de auditorias internas junto aos colaboradores, com foco na verificação da aderência aos novos padrões. Esse processo permite revisões periódicas nos procedimentos, incentivando o senso de responsabilidade coletiva e fortalecendo a cultura de melhoria contínua, observando-se a aplicação prática do ciclo PDCA.

Além disso, como desdobramento das análises conduzidas no MASP, foi identificada a necessidade de desenvolver novos padrões e ferramentas de apoio, como checklists voltados à investigação de falhas relacionadas ao superaquecimento de mancais de rolamentos. Esses instrumentos possibilitam que, em futuras ocorrências, as etapas iniciais do MASP (principalmente a identificação e análise do problema) sejam conduzidas de maneira mais rápida, objetiva e baseada em dados históricos e pontos críticos mapeados.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi usado o método MASP, com sua estrutura fundamentada no PDCA, como base para analisar e melhorar a eficácia operacional da linha de produção de trefila em uma empresa siderúrgica. A aplicação dessas abordagens ajudou a organizar o processo de identificação, análise e resolução dos principais problemas que impactavam diretamente o desempenho da operação.

Durante as etapas de aplicação, foram usadas diversas ferramentas da qualidade como suporte técnico, o que garantiu uma abordagem mais objetiva e voltada para resultado. Essa combinação de métodos e ferramentas permitiu diagnósticos mais precisos das falhas e possibilitou ações corretivas e preventivas de forma prática e mensurável.

Ainda tratando da elaboração do trabalho, foi inevitável lidar com alguns desafios e limitações que interferiram diretamente no andamento e nos resultados do projeto. Um dos principais obstáculos esteve ligado aos custos envolvidos em certas ações propostas, o que levou à priorização de soluções com menor investimento inicial, mesmo reconhecendo que alternativas mais robustas poderiam trazer um retorno mais significativo no longo prazo. Conciliar as rotinas operacionais da equipe com as demandas do projeto também não foi tarefa simples; a sobrecarga de atividades e o tempo limitado disponível para dedicação ao estudo afetaram o ritmo de implementação e análise dos dados, evidenciando a importância de uma gestão mais estratégica do tempo e da alocação de pessoal em projetos voltados à melhoria contínua. Outro ponto que limitou o início do projeto foi a ausência de indicadores e KPIs definidos. Sem dados históricos organizados, o mapeamento do problema e a definição de metas se tornaram tarefas mais complexas. A implementação posterior de métricas específicas ajudou muito no acompanhamento dos resultados e reforçou a importância de cultivar uma cultura mais voltada para dados dentro da operação.

Com isso, ficou evidente o quanto métodos bem estruturados como MASP é eficaz na condução de projetos de melhoria. Problemas que antes pareciam complexos ou pontuais foram tratados de forma clara e direta, com soluções aplicáveis sem necessidade de grandes investimentos. Isso reforça a importância de manter uma gestão focada na eficiência e na qualidade dos processos, emprego e seguimento de métodos bem como o trabalho de um grupo focado com um único objetivo, com o ganho de 10% de disponibilidade refletindo claramente todos esses pontos.

5.1 CONTRIBUIÇÕES

A aplicação do método MASP, que reflete as etapas do ciclo PDCA, gerou ganhos reais ao longo deste projeto, sendo estes bem perceptíveis para a rotina da linha de trefila. Com uma abordagem mais organizada, foi possível entender com mais clareza as causas das falhas que afetavam o desempenho da operação, além de implementar soluções práticas que aumentaram a produtividade, reduziram as paradas inesperadas, ajudaram a cortar custos e ainda melhoraram a qualidade do produto final.

Na prática, o processo se tornou mais estável e previsível, o que impactou positivamente os indicadores de desempenho. Essa melhoria também se refletiu em um uso mais inteligente dos recursos disponíveis, favorecendo a sustentabilidade — não só no lado técnico, mas também nos aspectos econômicos e ambientais. O projeto mostrou que, com método e dedicação, é possível transformar um cenário de ineficiência em uma operação mais confiável.

As melhorias obtidas neste projeto estão diretamente alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os de número 8, 9 e 12. A ODS 9 foi contemplada ao trazer inovação para o processo de produção com o uso de ferramentas da qualidade e metodologias de gestão, fortalecendo a indústria. Já a ODS 8 foi atendida ao promover um ambiente de trabalho mais estável, seguro e eficiente, refletido nos ganhos operacionais e na evolução da rotina da equipe. Por fim, ao tornar o processo mais eficiente e sem tantas perdas, com redução de paradas e menor consumo de insumos, o projeto também contribui para a ODS 12, que trata de consumo e produção responsáveis.

Dessa forma, o projeto foi capaz de estar alinhado com diretrizes globais de sustentabilidade, eficiência e responsabilidade socioambiental, contribuindo para além dos ganhos privados que a empresa obteve.

5.2 LIMITAÇÕES E FUTUROS TRABALHOS

Houveram diversos pontos de dificuldades a serem superados ao longo da construção e execução deste trabalho. Desde limitações de custos, agendas de

rotinas até presença de indicadores para embasamento. Apesar dessas limitações, o projeto abriu portas para boas oportunidades de evolução que podem ser exploradas em trabalhos futuros. Entre elas, destacam-se a aquisição de uma máquina para recuperação de peças sobressalentes, o que reduz a dependência de fornecedores externos e o tempo de parada para manutenção; a implantação de sensores para monitoramento remoto, alinhando a operação às práticas de manutenção preditiva e aos princípios da Indústria 4.0; e a reforma de equipamentos críticos para restaurar a base das máquinas, aumentando a confiabilidade e reduzindo custos com intervenções não programadas.

Essas melhorias, quando implementadas, podem ampliar e sustentar os ganhos obtidos com a aplicação do método MASP orientado pelo PDCA, e servir de base para futuros projetos que busquem estruturar sistemas mais sólidos de controle e análise de desempenho, fortalecendo de vez a cultura de melhoria contínua na empresa.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Rafael Andrade de. Eficácia da Manutenção Preventiva. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 3, p. 2112–2119, 2023.
- BARAN, Leandro Roberto. Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011. **Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção)**.
- BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=8>. Acesso em: 30 out. 2023.
- CAMPOS, V.F. **Gerenciamento da Rotina do trabalho do dia a dia**. 9. Ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2013.
- COSTA, J. P.; SANTOS, J. R. S.; SANTOS, R. D.; MARTINS, D. R. A importância da manutenção preditiva na Indústria 4.0. **Revista FT**, v. 28, n. 138, set. 2024.
- COSTA, T. B. da S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: utilização do diagrama de Ishikawa e método dos 5 porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. In: **X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (SIMPROD)**, 2018.
- FIGUEIREDO, D. CMMS para gestão da manutenção na tomada de decisão. In: **V Simpósio de Engenharia de Produção (SIMEP)**, 2017.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. Ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2017. 129 p.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.
- LIMA, J. P. R. et al. Emprego das metodologias MASP e PDCA em uma análise de falhas de equipamento industrial. **Unisanta Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 1-4, 2018.
- LIMA, R. A. et al. Proposta de implantação do planejamento e controle da manutenção (PCM) em um sistema de refrigeração na Universidade Federal do Ceará. In: **VIII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMPEP)**, 2020.
- LINS, A. C. da C.; GUIMARÃES, M. A. S.; FONTANA, M. E.; SILVA, J. L. e. Um estudo de caso da utilização do método MASP para melhoria da produtividade em uma linha de produção de alimentos no agreste pernambucano. In: **Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção (SIMEP)**, 2020.
- MACHADO, R. H. C.; HELLENO, A. L.; LIMA, C. R. C. Análise da eficiência operacional de uma linha de produção da indústria de laticínios por meio do indicador

de Eficiência Global de Equipamentos (Overall Equipment Effectiveness). **Exacta**, v. 14, n. 4, 2016.

MARACAJÁ, K. F. B.; OLIVEIRA, B. R. S. de. Indústria 4.0 e sustentabilidade: um estudo de caso sobre o processo de reciclagem de paletes de uma grande empresa em Campina Grande – PB. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 21, n. 2, p. 01, 2020.

MARSHALL JR., I.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; QUINTELLA, O. M. **Gestão da qualidade e processos**. Rio de Janeiro: FGV, 2012.

MELO JUNIOR, J. B.; FONTANA, M. E. Uso de ferramenta da qualidade para auxiliar na eficiência do planejamento e controle da produção (PCP): estudo de caso em produtora de massas alimentícias no agreste pernambucano. In: **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2017.

MOHAMED, A.; BEN, J.; MUDULI, K. **Implementation of autonomous maintenance and its effect on MTBF, MTTR, and reliability of a critical machine in a beer processing plant**. In: **Applications of Computational Methods in Manufacturing and Product Design**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 511–521.

MOURA, K. 5W1H e 5 Porquês: aplicação em processo de análise de falha e melhoria de indicadores. In: **Alinhamento Dinâmico da Engenharia de Produção 2**. São Paulo: Atena Editora, 2019.

PEREIRA, G. G. de O.; OLIVEIRA, A. Manutenção Preventiva: Os Benefícios da Manutenção Preventiva. **Faculdade Anhanguera de Taubaté**, 2021.

NETO, E. A. et al. O impacto das tecnologias digitais na eficácia da manutenção preditiva industrial. **Revista Científica SENAI-SP – Educação, Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 2, p. 59–83, 2023.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008.

PEIXOTO, A.; CHAGAS RODRIGUES DE SOUZA, F.; SALES, W. Análises de vibração e termográfica na manutenção e confiabilidade de equipamentos em usina de beneficiamento de sementes. **Anais do XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica**. São Paulo: ABCM, 2019.

ROLLANO, C. R. L.; FONTES, C. H. O.; BARBOSA, A. S. Análise da evolução do desenvolvimento sustentável nas indústrias produtoras de biocombustíveis no Brasil. **Revista Produção Online**, v. 15, n. 2, p. 696–733, 2015.

SALVADORI, T. S. Nova abordagem no método de análise e solução de problemas (MASP). 2021. **Dissertação (Mestrado em Produção) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica e Universidade Federal de São Paulo**, São José dos Campos.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

VALENTIM, E. de C.; JUNIOR, R. de F.; NETO, G. B. de O. Ferramentas da qualidade aplicadas ao gerenciamento de manutenção: estudo de caso em uma frota de caminhões. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 2019.

VERÍSSIMO, M. P.; SAIANI, C. C. S. Evidências da importância da indústria e dos serviços para o crescimento econômico dos municípios brasileiros. **Economia e Sociedade**, v. 28, n. 3, p. 905–935, 2019.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.