

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JACKSON BRENNER DOS SANTOS

VINÍCIUS DANIEL DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE EFICÁCIA DAS ANÁLISES DE ANOMALIAS DE SUCATAS DO  
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

JOÃO MONLEVADE

2024

JACKSON BRENNER DOS SANTOS

VINÍCIUS DANIEL DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE EFICÁCIA DAS ANÁLISES DE ANOMALIAS DE SUCATAS DO  
PROCESSO DE LAMINAÇÃO**

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 requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Clarissa Barros da Cruz

JOÃO MONLEVADE

2024

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O482e Oliveira, Vinicius Daniel de.  
Estudo de eficácia das análises de anomalias de sucatas do processo de laminação. [manuscrito] / Vinicius Daniel de Oliveira. Jackson Brenner dos Santos. - 2024.  
66 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Barros da Cruz.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Análise metalúrgica - Anomalias. 2. Ferramentas - Qualidade. 3. Laminação (Metalurgia). 4. Processos de fabricação - Desenvolvimento. 5. Sucata de metais. 6. Usinas siderúrgicas. I. Santos, Jackson Brenner dos. II. Cruz, Clarissa Barros da. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 658.5

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



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Jackson Brenner dos Santos

Vinicius Daniel de Oliveira

### Estudo de eficácia das análises de anomalias de sucatas do processo de laminação

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 20 de setembro de 2024

#### Membros da banca

Dra. Clarissa Barros da Cruz - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dr. Rafael Lucas Machado Pinto (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dr. Sergio Evangelista Silva (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 10/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Barros da Cruz, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/10/2024, às 16:52, 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](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0790156** e o código CRC **1EA96AC2**.

## RESUMO

A indústria siderúrgica enfrenta desafios significativos em termos de eficiência e redução de custos, a otimização desses processos são cruciais para a competitividade e o sucesso das empresas siderúrgicas. No entanto, falhas no processo e a geração de sucatas são desafios comuns que impactam negativamente a eficiência operacional. Este trabalho tem como objetivo identificar e analisar, através de ferramentas da qualidade, os principais fatores críticos no processo de laminação a quente de uma grande siderúrgica que contribuem para a formação de sucatas. A pesquisa combina métodos qualitativos e quantitativos, incluindo a extração e análise de dados do MES (*Manufacturing Execution Systems*) para identificar e segmentar as ocorrências de sucatas por origem, assim como detectar padrões de recorrência. Além disso, um checklist foi desenvolvido e aplicado para avaliar a qualidade das análises de anomalias, revelando lacunas e oportunidades de melhoria. Ferramentas de qualidade, como o diagrama de Ishikawa e os 5 Porquês, foram usadas para investigar as causas fundamentais das anomalias. A análise revelou que a ferramenta de análise de anomalias é amplamente utilizada na organização e desempenha um papel significativo na correção de desvios, contribuindo para a melhoria contínua do processo de laminação a quente, contudo, a eficácia da referida ferramenta poderia ser potencializada mediante a implementação de treinamentos mais direcionados e frequentes para os usuários, conforme indicado pelos resultados obtidos no checklist. As sugestões de aprimoramento, como a implementação de treinamentos direcionados e a otimização da ferramenta de análise de anomalias, podem ser aplicadas para reduzir a ocorrência de sucatas e melhorar a qualidade do produto final, além de oferecer oportunidades de serem estendidas para a indústria siderúrgica em geral, pois os resultados e as propostas de melhoria podem ser adaptados e aplicados em outros processos de produção. Em conclusão, a implementação das propostas de melhoria sugeridas é crucial para a organização, pois pode levar a uma redução de custos e aumento da competitividade no mercado.

Palavras Chave: Indústria siderúrgica; Laminação; Análise de anomalias; Sucata; Otimização de processos.

## **ABSTRACT**

The steel industry faces significant challenges in terms of efficiency and cost reduction, and optimizing these processes is crucial for the competitiveness and success of steel companies. However, process failures and scrap generation are common challenges that negatively impact operational efficiency. This study aims to identify and analyze, through quality tools, the main critical factors in the hot rolling process of a large steel company that contribute to scrap formation. The research combines qualitative and quantitative methods, including data extraction and analysis from MES (Manufacturing Execution Systems) to identify and segment scrap occurrences by origin, as well as detect recurrence patterns. Furthermore, a checklist was developed and applied to evaluate the quality of anomaly analyses, revealing gaps and opportunities for improvement. Quality tools, such as the Ishikawa diagram and the 5 Whys, were used to investigate the root causes of anomalies. The analysis revealed that the anomaly analysis tool is widely used in the organization and plays a significant role in correcting deviations, contributing to the continuous improvement of the hot rolling process. However, the effectiveness of this tool could be enhanced by implementing more targeted and frequent training for users, as indicated by the checklist results. The improvement suggestions, such as implementing targeted training and optimizing the anomaly analysis tool, can be applied to reduce scrap occurrence and improve product quality, and can also offer opportunities to be extended to the steel industry as a whole, as the results and improvement proposals can be adapted and applied to other production processes. In conclusion, implementing the suggested improvement proposals is crucial for the organization, as it can lead to cost reduction and increased competitiveness in the market.

**Keywords:** Steel Industry; Lamination; Anomaly Analysis; Scrap; Process Optimization.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação simplificada da cadeia siderúrgica.	10
Figura 2- Fluxo simplificado de produção siderúrgica.	11
Figura 3- Classificação dos processos de fabricação.	12
Figura 4- Laminador de fio máquina.	13
Figura 5- Layout do Laminador 2.	14
Figura 6- Principais símbolos para o fluxograma.	16
Figura 7- Checklist para distribuição de defeitos de produção.	17
Figura 8- Diagrama de causa e efeito (espinha de peixe).	18
Figura 9- Fluxograma do Sistema de Tratamento das Anomalias.	20
Figura 10- Relatório de Consulta de Paradas.	24
Figura 11- Resumo tabelado do procedimento interno da organização.	26
Figura 12- Fluxograma para elaboração da análise de anomalia.	27
Figura 13- Checklist para verificação da qualidade das análises de anomalia.	31
Figura 15- Plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H.	39
Figura 16- Dashboard para follow-up de ações.	42

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Quantidade de sucatas por origem.	30
Gráfico 2- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de Identificação de anomalia).	32
Gráfico 3- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de análise de anomalia).	32
Gráfico 4- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de avaliação final de anomalia).	33
Gráfico 5- Resultado da contagem após utilização do checklist.	37



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Comparação entre 5W e 2H

18

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. Problema de Pesquisa	11
1.2. Contextualização do Problema de Pesquisa	12
1.3. Justificativa	14
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo Geral	15
1.4.2. Objetivo específico	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. Siderurgia	16
2.1.1. Processo de fabricação	18
2.1.2. Processo de laminação	20
2.1.2.1. Sucatas do processo de laminação	22
2.2. Qualidade	22
2.2.1. Ferramentas da qualidade	23
2.2.2. Análise de anomalia	27
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	29
3.1. Classificação da pesquisa	29
3.2. Procedimento metodológico	30
3.2.1. Coleta de dados	30
3.2.2. Análise de dados	33
3.2.3. Integração das Abordagens Qualitativa e Quantitativa	33
3.2.4. Discussão	33
3.2.5. Implementação e monitoramento das propostas de melhoria	33
3.2.6. Recursos utilizados	34
3.2.7. Riscos e mitigação	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1. Efetividade e Adequação dos Procedimentos Internos	35
4.2. Quantificação e Impacto das Sucatas	38
4.3. Qualidade das Análises de Anomalias e Resultados do Checklist	41
4.4. Análise de recorrência das ocorrências de sucatas	47
4.5. Estabelecimento do plano de ação para aumentar a eficácia das análises de anomalia	48
5. CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	64

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Problema de Pesquisa

A indústria siderúrgica é cercada de diversos processos produtivos, um deles é a laminação a quente, processo responsável por fazer a modificação da forma e propriedades físicas de materiais metálicos por meio da conformação mecânica. De acordo com Kiminami, Walman e Oliveira (2013), os processos de conformação representam métodos de fabricação em que uma considerável força é empregada em uma liga metálica no estado sólido, resultando em sua deformação plástica, ou seja, uma deformação permanente que altera a forma do material para atender às especificações da peça desejada. Esses procedimentos envolvem a utilização de uma ferramenta, comumente denominada matriz, que é empregada para aplicar as forças necessárias durante o processo de conformação.

De acordo com Groover (2014), a laminação trata-se de um processo no qual a redução da espessura do metal é alcançada através de esforços compressivos exercidos por cilindros rotativos, que ao operarem, tracionam e, concomitantemente, comprimem o metal situado entre eles. No processo, tarugos metálicos passam por um pré-aquecimento em temperaturas elevadas e após, são encaminhados para os cilindros de laminação, alcançando formas e propriedades mecânicas desejadas.

Segundo Campos (2004) eficácia do processo nem sempre é alcançada, pelo fato de existirem desvios operacionais que trazem impactos negativos na qualidade do produto laminado resultando em anomalias de processo, como descontinuidades superficiais, deformações indesejadas e variações de espessura, aumentando a possível geração de sucatas que comprometem a integridade do aço, tornando-o inadequado para aplicações que exigem alta qualidade. Variações indesejadas na espessura do material resultam em propriedades mecânicas inconsistentes, que podem afetar a segurança e a durabilidade em aplicações estruturais. Esses problemas trazem diversos problemas operacionais e econômicos, pois frequentemente levam à necessidade de paradas corretivas, retrabalho ou descarte do material, aumentando significativamente os custos operacionais, e além disso, a produção de aço com defeitos reduz a competitividade da empresa no mercado global, pois compromete a capacidade de oferecer produtos de alta qualidade a preços competitivos, essencial para enfrentar a concorrência internacional (RIZZO, 2007).

Sendo assim, o problema central a ser investigado neste estudo é a análise das principais anomalias que ocorrem durante o processo de laminação a quente, com o objetivo de entender suas causas, impactos, e como elas podem ser mitigadas. Para a indústria siderúrgica, a qualidade do processo de laminação é crucial para resultar em produtos laminados sem a ocorrência de anomalias, tendo em vista que a geração de sucatas se trata de uma barreira significativa para o alcance da qualidade. Identificar, compreender e estudar essas anomalias é essencial para que objetivos, como a qualidade, sejam alcançados, mantendo a integridade do processo (PAVÃO, 2020).

No contexto econômico, a siderurgia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento industrial e na infraestrutura global. O aço é essencial para uma ampla gama de aplicações, sua qualidade e segurança são cruciais para garantir a integridade dessas estruturas e produtos. Com uma presença indispensável em praticamente todas as indústrias, o aço é um dos itens mais importantes para a economia mundial. O Brasil, com o maior parque industrial da América do Sul e sendo o 9º maior produtor de aço bruto no mundo, desempenha um papel significativo no mercado global, exportando para mais de 100 países, a capacidade de produzir aço de alta qualidade com custos reduzidos é vital para enfrentar a concorrência internacional (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021).

## **1.2. Contextualização do Problema de Pesquisa**

No Brasil, temos a indústria siderúrgica como uma das principais fontes responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento econômico do país, gerando diversos benefícios, podendo citar os empregos e a receita que é gerada para o governo. Além disso, segundo a indústria siderúrgica brasileira é uma das mais competitivas do mundo, sendo responsável por produzir cerca de 16,4 milhões de toneladas de aço no primeiro semestre de 2024 (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2024).

A laminação a quente assume um papel crucial na produção do aço de alta qualidade, pois a partir dela é possível obter produtos com propriedades específicas de aplicação, como a resistência à corrosão, tração e com boa ductilidade. Além disso, segundo Rizzo (2007), o processo de laminação a quente permite a obtenção de produtos com diferentes espessuras e formatos, tornando-o uma técnica versátil e amplamente utilizada na indústria siderúrgica.

De acordo com as definições apresentadas por Campos (2004), uma anomalia refere-se a uma ou mais situações de não conformidade, como a presença de defeitos em produtos,

geração de refugos, a necessidade de retrabalhos, falhas em equipamentos, interrupções que ocorrem no processo sem serem planejadas, realizações de manutenções de caráter corretivo, atrasos e desperdícios em processos, entre outros fatores. As anomalias, são quaisquer atividades que consomem recursos e não agrega nenhum valor (CAMPOS, 2004). Além disso, quando ocorrem, geram mais demanda de trabalho por serem responsáveis pela necessidade de reposições de itens rejeitados e danificados, sem proporcionar nenhum tipo de benefício ou contribuir para a produção de produtos ou serviços, agregando apenas custos adicionais para a empresa (CAMPOS, 2014).

Para Rizzo (2007) os desvios operacionais e anomalias no processo de laminação a quente podem afetar negativamente a capacidade da indústria siderúrgica de reduzir custos, melhorar a qualidade e aumentar a eficiência operacional, trazendo diversos fatores negativos, como:

- Aumento de custos: Anomalias no processo podem resultar em paradas não programadas, reparos e manutenção adicional, aumentando significativamente os custos de produção;
- Redução da eficiência: Desvios operacionais podem reduzir a eficiência do processo de laminação, levando a uma menor produção e aumento do tempo de ciclo;
- Risco de acidentes: Anomalias no processo de laminação podem aumentar o risco de acidentes e lesões, afetando a segurança dos trabalhadores e a reputação da empresa.

Na empresa pesquisada há um procedimento para a elaboração de análise de anomalia disponibilizado no Sistema Interno de Gestão (SIG). A busca pela qualidade e eficácia na indústria siderúrgica, requer implementação de ferramentas avançadas, destacam-se os Sistemas de Informações Gerenciais (SIG), também conhecidos como sistemas de apoio à gestão empresarial, que atuam como elementos fundamentais na gestão dos dados relevantes para o processo decisório nas organizações, com a capacidade de integrar e fornecer informações necessárias para o nível gerencial da empresa, contribuem para que as tomadas de decisões sejam mais eficazes (SILVA; BARBOSA; CÓRDOVA JUNIOR, 2019).

O sistema MES (*Manufacturing Execution System*), se trata de um sistema que é capaz de monitorar todo o processo de produção, desde a matéria-prima até o produto acabado, fornecendo uma visão detalhada e imediata das operações, capturando dados em tempo real e disponibilizando informações relevantes aos tomadores de decisão, promovendo o desempenho ideal no ambiente competitivo e em rápida mudança da produção nas siderurgias atuais, já que

ele possibilita um melhor controle da qualidade e maiores tempos produtivos (SILVA; BARBOSA; CÓRDOVA JUNIOR, 2019).

Sucatas geradas no processo de laminação, não trazem apenas perdas econômicas para a empresa, mas também implicam que a operação apresenta desafios que podem afetar a conformidade do produto final e pessoas envolvidas no processo (CAMPOS, 2004). Ao verificar a eficácia dessas análises de anomalias, se torna possível, resolver possíveis falhas operacionais, proporcionando benefícios a curto e longo prazo.

A laminação a quente assume um papel crucial na produção de aço de alta qualidade, pois permite obter produtos com propriedades específicas de aplicação, como resistência à corrosão, tração e boa ductilidade. Segundo estudos recentes, o processo de laminação a quente possibilita a obtenção de produtos com diferentes espessuras e formatos, tornando-o uma técnica versátil e amplamente utilizada na indústria siderúrgica (SILVA; OLIVEIRA, 2023).

A indústria siderúrgica desempenha um papel crucial na economia global e brasileira, contribuindo significativamente para o PIB industrial e gerando milhares de empregos diretos e indiretos. No Brasil, a proximidade das siderúrgicas aos portos e minas de minério de ferro facilita a exportação, fortalecendo a balança comercial do país. Além disso, empresas siderúrgicas brasileiras têm investido em inovação para manter a competitividade global, como a produção de aço verde utilizando carvão vegetal. Esses investimentos não só aumentam a eficiência e a sustentabilidade da produção, mas também posicionam o Brasil como um líder em práticas siderúrgicas sustentáveis (FERRAMENTAL, 2021).

Do ponto de vista social e ambiental, a indústria siderúrgica tem um impacto significativo. A geração de empregos em diversas áreas contribui para o desenvolvimento econômico e social das regiões onde as siderúrgicas estão localizadas. Além disso, muitas empresas investem em projetos comunitários, melhorando a infraestrutura local, educação e saúde. No aspecto ambiental, a produção de aço é uma das maiores fontes de emissões de CO<sub>2</sub> na indústria, mas iniciativas como o uso de carvão vegetal sustentável e a reciclagem de aço têm ajudado a mitigar esses impactos. A indústria está cada vez mais focada em práticas sustentáveis, promovendo tecnologias e processos que minimizem o impacto ambiental e contribuam para um futuro mais verde (SILVA; PEREIRA, 2020).

### **1.3. Justificativa**

A pesquisa proposta possui o intuito abordar de maneira sistemática as questões relacionadas às anomalias na laminação de fio de máquina, oferecendo análises e possíveis soluções práticas que terão impactos diretos na eficácia operacional das indústrias. A identificação e mitigação de anomalias podem ajudar em diversos fatores do processo, como a redução em tempos de parada que podem ser geradas quando ocorrerem anomalias, aumento da produtividade e melhoria na eficiência do processo, contribuindo para o aperfeiçoamento da eficácia operacional. Além disso, a detecção precoce de anomalias pode evitar a produção de materiais defeituosos, reduzindo os custos de reprocessamento e descarte.

Além de seus benefícios práticos, a pesquisa contribuirá significativamente para a academia, preenchendo lacunas no conhecimento atual, tendo em vista que não há uma grande quantidade de abordagens sistemáticas e integradas direcionadas à investigação abrangente sobre o tema e que considerem a complexidade do processo de laminação e possíveis fatores que influenciam a ocorrência de anomalias. A revisão da literatura revelou uma ausência de abordagens sistemáticas e integradas que considerem a complexidade do processo de laminação e os fatores que influenciam a ocorrência de anomalias. Embora existam estudos sobre a análise de anomalias, poucos abordam a eficácia dessas análises de forma abrangente. Portanto, esta pesquisa visa preencher essa lacuna, oferecendo uma investigação detalhada e integrada sobre o tema.

Os resultados obtidos vão ampliar o entendimento sobre a gestão e análises de processos industriais, proporcionando novas perspectivas teóricas e metodológicas que poderão orientar futuras investigações e desenvolvimentos na área da qualidade. Alinhando-se diretamente com as diretrizes e práticas recomendadas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) que também apresenta a importância da gestão de processos, da qualidade e da inovação na produção, e a pesquisa proposta se enquadra perfeitamente nesse contexto, destacando-se ao aplicar e adaptar essas práticas às análises de anomalias de sucata, contribuindo para o aprimoramento contínuo dessas recomendações. Isso ressalta a importância da inovação e da pesquisa aplicada na busca pela excelência na Engenharia de Produção.

Diante deste contexto, o presente estudo busca responder o seguinte questionamento: Como as análises e mitigação de anomalias no processo de laminação podem otimizar a qualidade do produto e reduzir custos operacionais na indústria siderúrgica?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo Geral**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência da análise de anomalias resultantes do processo de laminação de fio-máquina em uma siderúrgica em João Monlevade, identificando as causas das ocorrências de sucatas e propondo melhorias para o aprimoramento das análises e correções de desvios no processo.

### **1.4.2. Objetivo específico**

Para que seja possível atingir o objetivo geral, foram listados os seguintes objetivos específicos:

- Examinar a funcionalidade da ferramenta de análise de anomalias utilizada pela empresa para estudo e correção de desvios no processo de laminação.
- Analisar os dados das ocorrências de anomalias com base nos relatórios operacionais extraídos do sistema MES.
- Identificar, por meio dos relatórios preenchidos pelos operadores no sistema MES, as principais causas das sucatas de processo ocorridas em 2023.
- Avaliar as análises de anomalias cadastradas no SIG, a fim de verificar sua eficácia e consistência na correção dos desvios.
- Propor melhorias para o processo de análise de anomalias, abordando as etapas de identificação, análise e avaliação das anomalias, visando otimizar a eficácia operacional.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

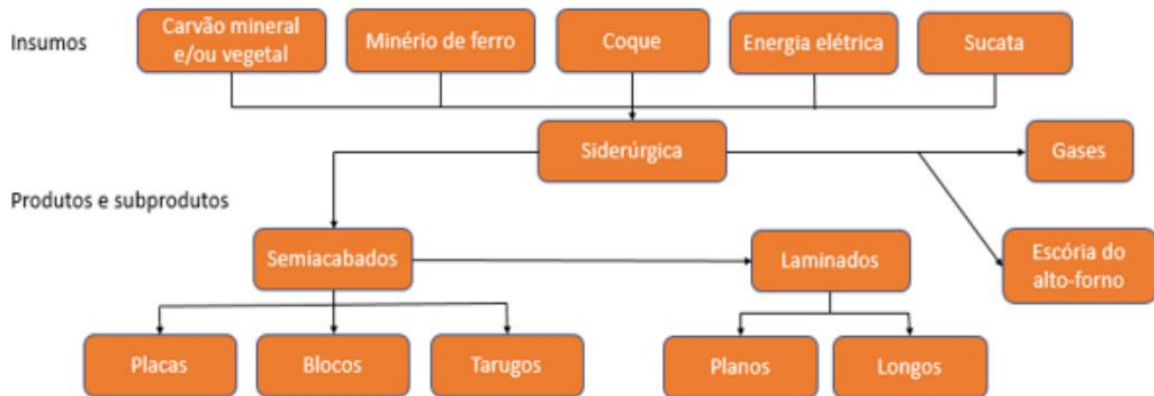
### **2.1. Siderurgia**

A siderurgia no Brasil teve início no Século XVI com a chegada dos portugueses, que buscavam metais preciosos, o papel econômico que ela possui atualmente é de grande relevância, tanto no cenário global quanto no Brasil. Em nível global, o setor enfrenta desafios relacionados às mudanças na ordem econômica mundial, destacando-se a China e sua capacidade excedente de produção de aço como fatores centrais, assim, para manter a competitividade, as siderúrgicas têm apostado na modernização e na inovação. No Brasil, apesar da redução na produção de aço bruto e do aumento das importações, influenciados principalmente pelos elevados juros, há expectativas de uma queda nas taxas de juros e um crescimento econômico projetado em 1,59% ainda para 2024. Paralelamente, o setor siderúrgico brasileiro anunciou um investimento de R\$ 100 bilhões para expandir a capacidade produtiva nos próximos cinco anos, dessa forma, apesar dos desafios enfrentados, a siderurgia permanece um setor essencial para as economias global e nacional, oferecendo diversas oportunidades de emprego, ajustando-se por meio de inovações, modernizações e investimentos estratégicos (DIFERRO, 2024).

De forma geral, se trata do campo da metalurgia no qual, seu foco é na produção de aço, englobando desde a obtenção de matérias-primas, como minério de ferro, até o refinamento e a criação de ligas metálicas, é um setor considerado vital para a economia de diversos países, fornecendo insumos essenciais para diversos outros setores da indústria de transformação, bem como construção civil e automotiva (VIANA, 2020).

A Figura 1, traz uma representação simplificada baseada na cadeia siderúrgica:

Figura 1- Representação simplificada da cadeia siderúrgica.



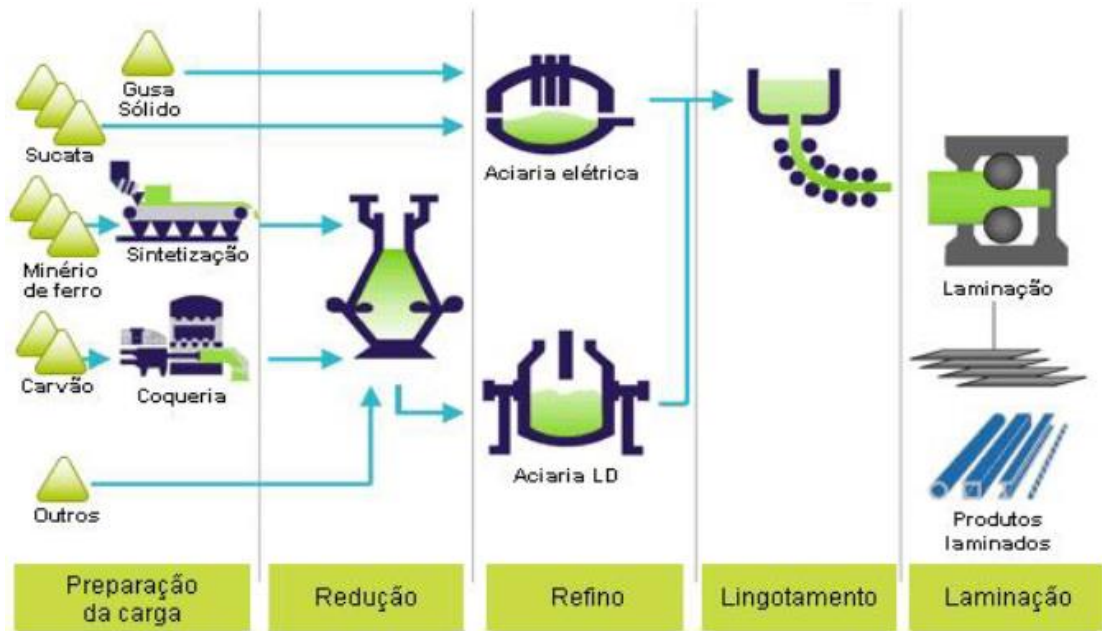
Fonte: VIANA, F. L. (2020)

De forma simplificada e geral, o processo siderúrgico produtivo se desdobra nas seguintes etapas (DEPEC, 2019):

- Redução do minério de ferro em gusa: O minério de ferro é reduzido em sínter ou pelotas (na sinterização) e o carvão mineral em coque (na coqueria). O carvão mineral mais utilizado é a hulha (tipo de carvão que tem teor de 80% de carbono) que ao ser associado ao oxigênio desprendido do minério com a alta temperatura dentro do alto forno, age como redutor, deixando livre o ferro. Ainda no alto forno, o ferro se funde, gerando assim o ferro gusa;
- Refino do ferro-gusa em aço: O ferro-gusa é transportado para as aciarias, que podem ser a oxigênio ou elétricas. Após a conversão do ferro-gusa em aço, o aço líquido é submetido ao processo de lingotamento, que transforma o material em placas sólidas. Essas placas de aço, conhecidas como semi acabados (placas, blocos e tarugos), são produtos intermediários utilizados na fabricação de chapas laminadas de aço;
- Laminação: As placas, blocos e tarugos são utilizados na produção de chapas de aço, bobinas e vergalhões, em processos que podem ser a frio ou a quente. O aço é aquecido a 1.300 graus em fornos e depois laminados até se transformarem em bobinas.

Na Figura 2 é apresentado o fluxo simplificado de produção siderúrgica, visando ilustrar as etapas principais desde a preparação da carga até a produção dos produtos finais laminados.

Figura 2- Fluxo simplificado de produção siderúrgica.

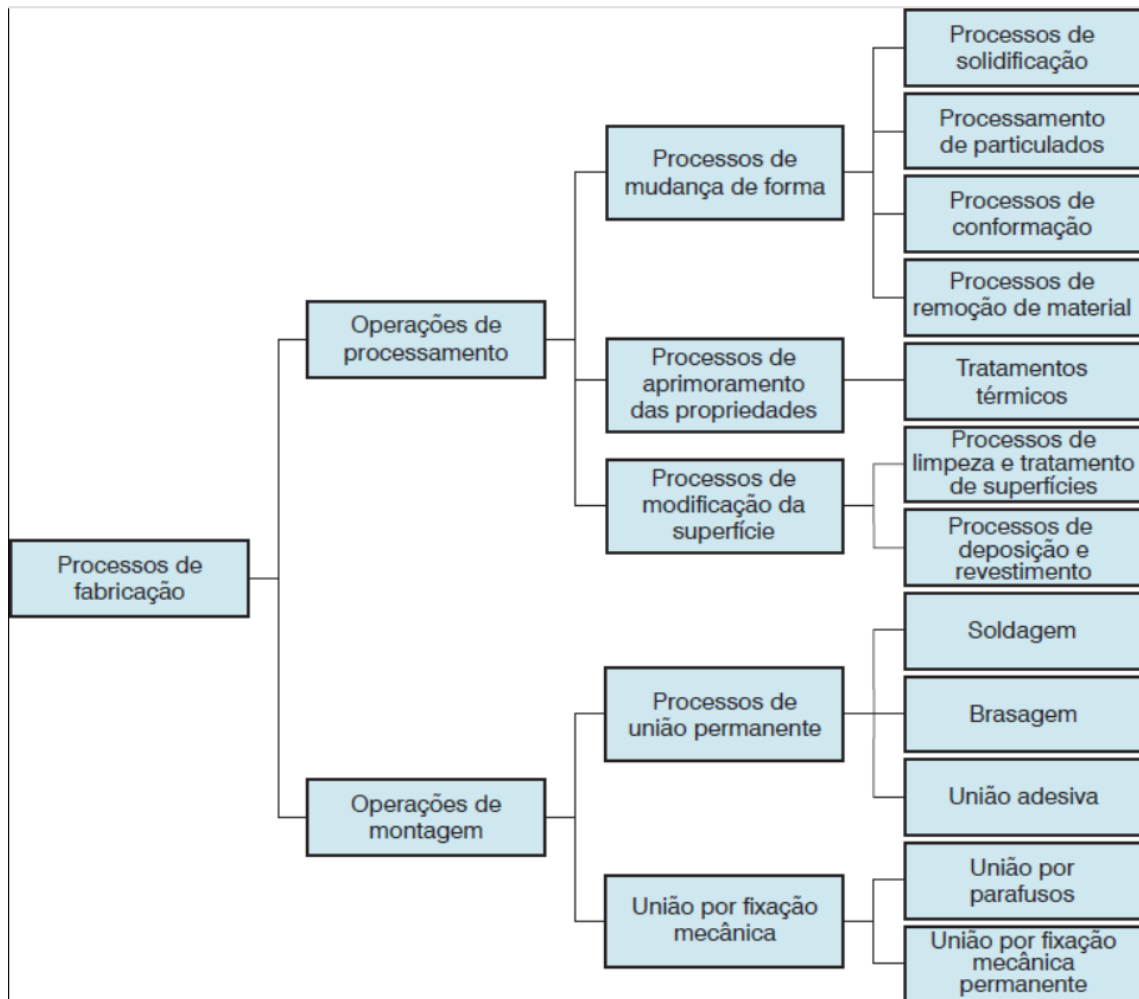


Fonte: Silva e Vasconcelos (2017)

### 2.1.1. Processo de fabricação

Para Groover (2014), o processo de fabricação é um procedimento realizado a fim de realizar transformações físicas e/ou químicas no material inicial com o objetivo de agregar valor a este material. Na siderurgia, esse conceito é diretamente aplicado no processo de laminação, uma das principais etapas da produção de aço. Além disso, ele ramifica os processos de fabricação em duas operações: processamento e montagem. Sendo que a operação de processamento nos diz a respeito da transformação do material para um estado mais próximo ao produto acabado. Já a operação de montagem une um ou mais componentes com a finalidade de dar uma nova identificação para a peça criando novos conjuntos ou subconjuntos. Os processos estão representados na Figura 3.

Figura 3- Classificação dos processos de fabricação.



Fonte: Adaptado de GROOVER (2014).

Segundo Groover (2014), os processos de fabricação, após serem iniciados se subdividem em:

- Operações de processamento: são responsáveis por realizarem processos de mudança na forma do material (solidificação, mudanças de formas e tamanhos dos particulados, modificações no tamanho e forma a partir da conformação, remoção para alcançar medidas específicas), processos de aprimoramento das propriedades a partir de tratamentos térmicos e processos de modificação de superfície (limpeza, tratamento de superfície e adição de material por meio da deposição ou revestimento).
- Operações de montagem: são responsáveis por realizarem os processos de união permanente (soldagem, brasagem ou união adesiva) e processos de união por fixação

mecânica (união do material utilizando parafusos, rebites ou fixação mecânica permanente).

### **2.1.2. Processo de laminação**

Na indústria siderúrgica, temos um processo crucial, a laminação, que é responsável por possibilitar que o aço tenha características finais de espessura e resistência mecânica, a partir da passagem do metal entre cilindros giratórios que aplicam pressão controlada, transformando o material bruto em fio máquinas, chapas ou perfis de acordo com as especificações desejadas (GROOVER, 2014).

De acordo com Colpaert (2018), há dois principais tipos de laminação, sendo a quente e a frio. A laminação a quente é realizada em altas temperaturas, geralmente acima de 900°C, permitindo que o aço seja moldado com maior facilidade, enquanto a laminação a frio ocorre em temperaturas ambiente, resultando em produtos com melhores propriedades superficiais e dimensionalmente mais precisos.

Segundo definições de Kiminami, Walman e Oliveira (2013), um laminador consiste basicamente em cilindros (ou rolos), mancais, uma carcaça denominada de gaiola ou quadro, para fixar todas as partes e motores para fornecer potência aos cilindros e controlar a velocidade de rotação. Os laminadores da atualidade estão mais sofisticados, com inovações de controle automático de espessura e perfil (AGC - *Automatic Gauge Control*), e vem melhorando significativamente a qualidade e a eficiência do processo. Para o processo ocorrer de maneira eficiente e eficaz, é necessário também que o layout do laminador seja bem projetado, minimizando os tempos de transporte e manipulação do material, reduzindo o risco de defeitos e contribuindo para a consistência do produto final.

A Figura 4 apresenta um laminador de fio máquina.

Figura 4- Laminador de fio máquina.



Fonte: Acervo interno da empresa, 2023.

Mesmo com todo avanço tecnológico, o processo de laminação ainda enfrenta diversos desafios, como as anomalias e sucatas que podem surgir devido a diversos fatores, como falhas mecânicas, desgastes de operação e parâmetros de operação inadequados, esses desafios fazem com que problemas comuns sejam gerados, podendo citar, fissuras, marcas de rolos e ondulações, comprometendo a qualidade do produto (VIANA, 2009)

A integração de tecnologias modernas está cada vez mais aprimorando os processos de produção, e também, possibilitando melhorias na qualidade, sustentabilidade e adaptabilidade desses materiais (AJNA TECH, 2024). Essas tecnologias permitem diversos avanços no processo como:

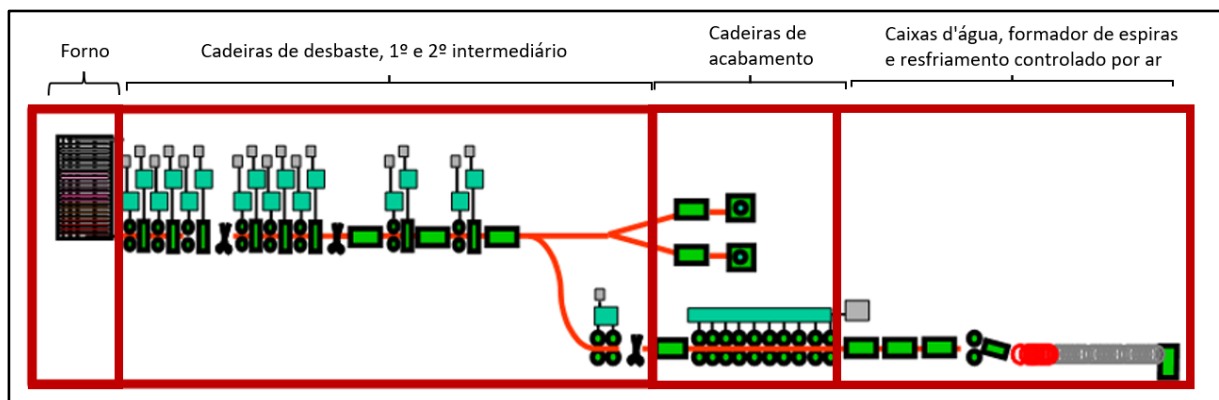
- Controle de Qualidade e Ensaios Não Destrutivos: A partir da inspeção por imagem, crucial para melhorar a garantia de qualidade, rastreabilidade do material e segurança das máquinas de produção;
- Desenvolvimento de Ligas e Inovação em Material: A partir de tecnologias avançadas de modelagem e simulação que permitem criar ligas personalizadas, sendo mais resistentes, duráveis e leves;
- Sustentabilidade e Reciclagem na Produção de Aço: Processos mais eficientes, possibilitando utilização de fontes de energia renováveis e a incorporação de práticas de reciclagem;

- A Era da Indústria 4.0 na Produção de Laminados de Aço: O avanço da indústria 4.0 trouxe a oportunidade de coletar dados em tempo real, prever falhas no processo e otimizar a produção, resultando em ganhos significativos em eficiência e redução de custos.

### 2.1.2.1. Sucatas do processo de laminação

As sucatas provenientes de laminação são anomalias na qual a barra é projetada para fora da linha que ela está sendo laminada. Essa projeção pode ocorrer entre a saída do forno de reaquecimento até a entrada do formador de espiras conforme procedimento interno da empresa. A Figura 5 dispõe o layout do Laminador 2 destacando a área entre a saída do forno de reaquecimento até a entrada do formador de espiras.

Figura 5- Layout do Laminador 2.



Fonte: Acervo interno da empresa, 2023.

As ocorrências na qual ocorrem sucatas, acarretam perdas de produção, uma vez que, quando as sucatas são geradas é necessário parar o processo produtivo e retirá-las para a retomada. Além disso, as sucatas podem causar quebras de equipamentos e também são considerados eventos de segurança, pois o operador pode ser atingido pelo material projetado.

## 2.2. Qualidade

Para Machado (2012), o paradigma associado ao conceito de qualidade evoluiu ao longo do tempo. Inicialmente, a perspectiva da qualidade estava centrada na inspeção, empregando instrumentos de medição para buscar a uniformidade do produto. No cenário contemporâneo, a abordagem direcionada à gestão da qualidade está estrategicamente orientada, com ênfase no

gerenciamento abrangente da qualidade. Nesse contexto, a prioridade reside na capacidade de competir eficazmente no mercado, visando não apenas atender às necessidades dos clientes, mas também às demandas do próprio mercado.

Segundo Mazzafero (2018), a evolução do conceito de qualidade passou por várias fases, desde a inspeção até a gestão da qualidade. Inicialmente, a qualidade estava centrada na inspeção, empregando instrumentos de medição para buscar a uniformidade do produto. Com o tempo, o paradigma da qualidade mudou, passando do controle da qualidade, que adotou métodos estatísticos para monitorar e melhorar a qualidade dos processos, para a garantia da qualidade, que adotou abordagens mais proativas para garantir a qualidade dos produtos e serviços. A fase atual, conhecida como Gestão da Qualidade Total, caracteriza-se pela integração da qualidade em todos os aspectos da gestão da empresa.

A gestão da qualidade é um campo em constante evolução, caracterizado pela incorporação de abordagens inovadoras que visam aprimorar a eficiência, a eficácia e a satisfação do cliente. Nesse sentido, a gestão ágil da qualidade emerge como uma estratégia que prioriza a flexibilidade, adaptabilidade e melhoria contínua, permitindo que as organizações respondam de forma eficaz às mudanças do mercado e às necessidades dos clientes. Além disso, a Qualidade 4.0 se apresenta como um paradigma que integra tecnologias emergentes, como inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e análise de dados, com práticas de gestão de qualidade, oferecendo novos modelos e ferramentas que aprimoram processos, aumentam a eficiência e melhoram a satisfação do cliente, contribuindo para o desenvolvimento de produtos e serviços mais personalizados e inovadores, bem como para a melhoria da eficiência e da sustentabilidade das organizações (MAZZAFERO, 2018).

Um produto ou serviço considerado de qualidade é aquele que atende de maneira integral, confiável, economicamente viável e segura às demandas específicas do cliente ou da empresa, cumprindo os prazos estipulados (CAMPOS, 2014).

### **2.2.1. Ferramentas da qualidade**

Conforme Limeira, Lobo e Marques (2015), ferramentas da qualidade são dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação (métodos estruturados) para viabilizar a implantação da Qualidade Total.

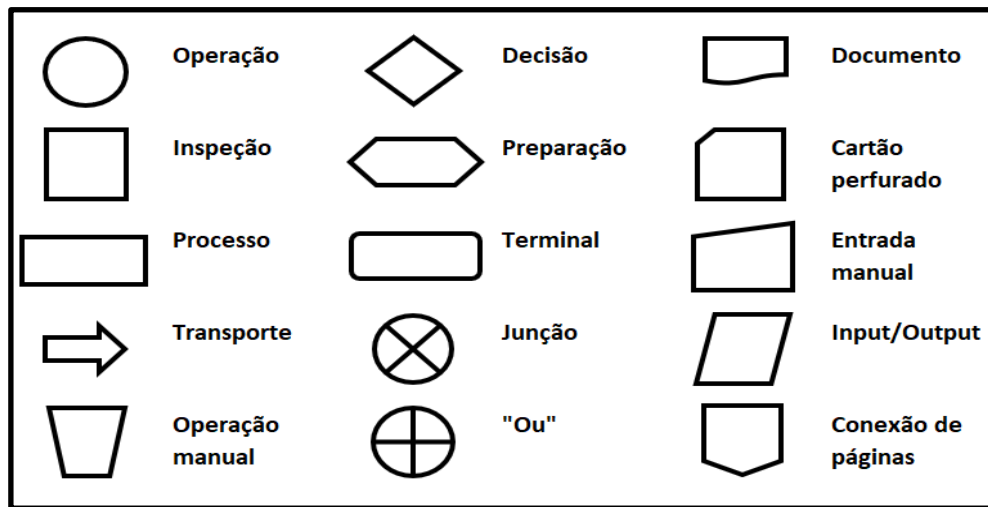


Alguns exemplos de ferramentas da qualidade conhecidas e que serão utilizadas para desenvolvimento do projeto são:

- Fluxograma: representa um fluxo ou uma sequência de ações para a execução de um determinado trabalho, produto ou documento (LANDIVA, 2021).

A Figura 6 representa os principais símbolos para a construção de um fluxograma.

Figura 6- Principais símbolos para o fluxograma.



Fonte: Adaptado de Landiva (2021).

- *Checklist*: documento em que os itens a serem verificados já estão dispostos de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil (LANDIVA, 2021).

A Figura 7 é um exemplo de *checklist*.

Figura 7- Checklist para distribuição de defeitos de produção.

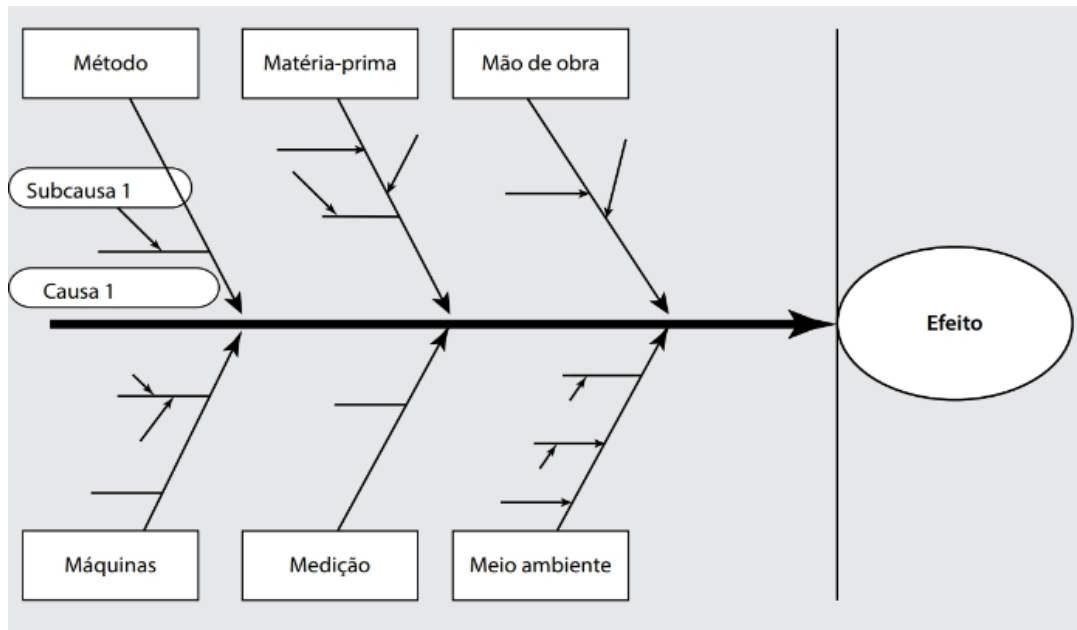
LISTA DE VERIFICAÇÃO		
Estágio de fabricação: inspeção final		Data: 06/04/2006
Produto: plástico moldado		Seção: expedição
Total inspecionado: 1.525		Inspetor: João
Lote: 2006A001		Turno: A
Defeito	Verificação	Subtotal
Marcas nas superfícies	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	17
Trincas	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	11
Peça incompleta	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	26
Deformação	<input type="checkbox"/>	3
Outros	<input checked="" type="checkbox"/>	5
TOTAL		62
Total rejeitado	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	42

Fonte: Limeira, Lobo e Marques (2015).

- Diagrama de causa e efeito: utilizando a espinha de peixe, visa representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades que podem contribuir para sua ocorrência (LOBO, 2020). Esta ferramenta permite a organização de informações por semelhança a partir de seis eixos principais que são chamados seis M (método, material, máquinas, meio ambiente, mão de obra e medição), possibilitando a identificação das possíveis causas de determinado problema ou efeito, de forma específica e direcionada (OLIVEIRA, 2014).

Na Figura 8 é apresentada uma representação da estrutura do diagrama de causa e efeito (espinha de peixe).

Figura 8- Diagrama de causa e efeito (espinha de peixe).



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (1995).

- 5W2H: ferramenta que auxilia na estruturação de planos de ação a partir de questões-chave (*What? Who? When? Where? Why? How? How much?*) (OLIVEIRA, 2014)

No Quadro 1 é possível comparar os métodos 5W e 2H.

Quadro 1- Comparação entre 5W e 2H

Método dos 5W2H			
	<i>What</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
5W	<i>Where</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
	<i>How</i>	Como?	Como será executada a ação?
2H	<i>How much</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA (2014).

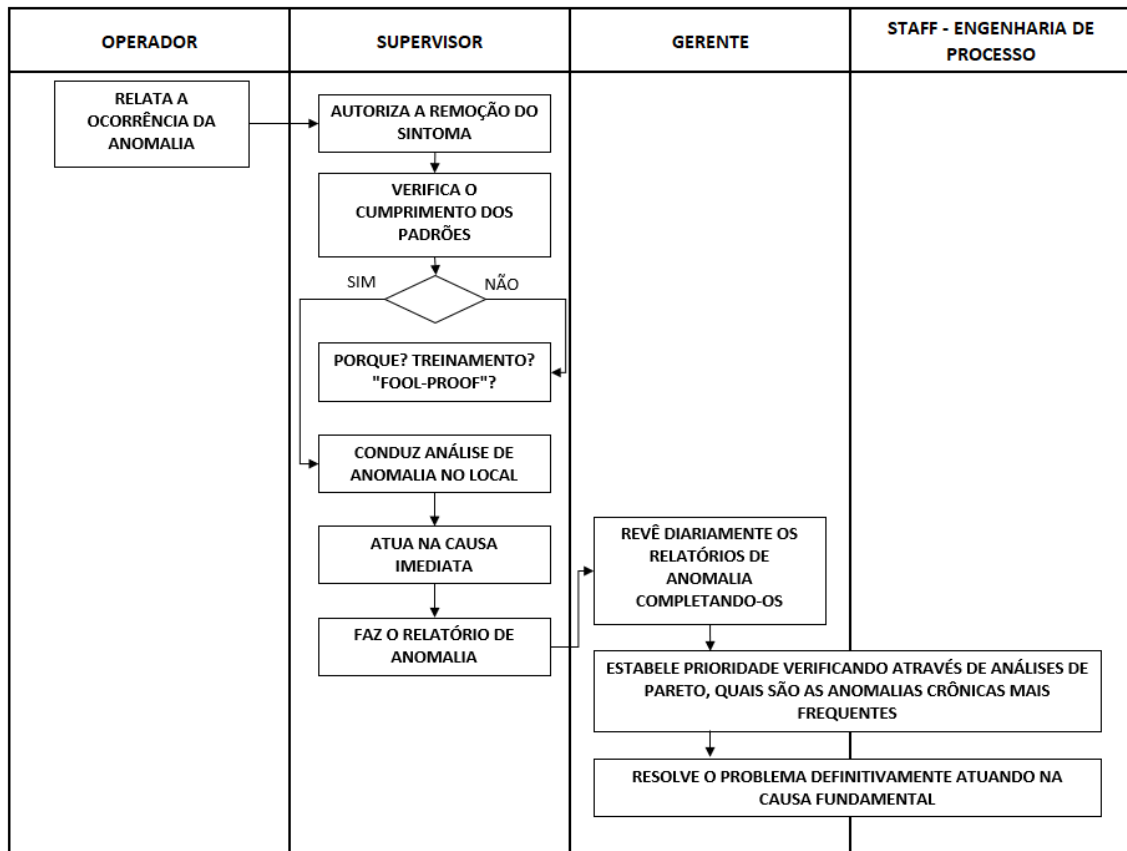
### **2.2.2. Análise de anomalia**

Qualquer desvio das condições normais de operação é uma anomalia e exige uma ação corretiva (CAMPOS, 2004) é uma forma de realizar um estudo aprofundado dessa anomalia a ponto de descobrir a causa fundamental e propor ações corretivas, é através da análise de anomalia. No processo de laminação, a geração de sucata e outras perdas operacionais podem ser classificadas como anomalias de processo. Define-se sucata no laminador como qualquer material que, após ser introduzido no ciclo de reaquecimento, não completa o processo, resultando em defeitos na bobina, como ocorre na produção do fio-máquina. A ocorrência de sucata pode ser atribuída a diversos fatores técnicos, incluindo a não conformidade do material com as especificações de qualidade (como peso, dimensões e defeitos superficiais), falhas mecânicas e elétricas, além de problemas na formação de espiras. Essas anomalias resultam em desperdício de recursos e comprometem a obtenção do produto final (fio-máquina) dentro dos parâmetros exigidos. Nesse contexto, a aplicação de ferramentas de qualidade, amplamente difundidas e utilizadas, é fundamental para o controle e mitigação desses desvios, assegurando a eficiência do processo produtivo.

Segundo Campos (2004), a análise de anomalia é a busca sumária e rápida da causa imediata da anomalia, levando a questionamento do tipo: Por que ocorreu a anomalia? Houve mudanças na matéria prima? Houve troca de pessoal? Alguém faltou? Há alguém mal treinado? Houve manutenção em algum instrumento de medida? E no equipamento principal? Além dos questionamentos utilizados na análise de anomalia, os papéis e responsabilidades são bem definidos a partir do fluxograma do Sistema de Tratamento das Anomalias.

A representação do Fluxograma do Sistema de Tratamento das Anomalias se encontra na Figura 9.

Figura 9- Fluxograma do Sistema de Tratamento das Anomalias.



Fonte: Adaptado de CAMPOS (2004).

A análise de anomalias na indústria siderúrgica tem evoluído significativamente com o advento de tecnologias avançadas, como a inteligência artificial (IA) e o aprendizado de máquina (*MACHINE LEARNING*). Essas ferramentas permitem a detecção automática de alterações inesperadas no comportamento normal dos processos de produção, identificando falhas de forma precisa e em tempo real. Essa capacidade de identificar e corrigir anomalias é crucial para a eficiência, qualidade e sustentabilidade da produção siderúrgica. Com sistemas avançados de monitoramento, as siderúrgicas podem otimizar processos, minimizar desperdícios e garantir a competitividade no mercado global, destacando-se como um setor que alia inovação tecnológica a melhores práticas operacionais. Porém, o uso de ferramentas qualitativas no âmbito deste trabalho é crucial para apresentar uma abordagem integrada de análise, que une a precisão dos dados com uma compreensão estratégica e contextual dos processos industriais.

### **3. METODOLOGIA DE PESQUISA**

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

As classificações de pesquisa científica de Turrioni e Mello (2012) permitem a definição da natureza deste projeto. Assim, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, uma vez que existe um interesse prático, pois busca entender e propor melhorias ao processo de tratamento de anomalias utilizado pela empresa.

A pesquisa pode identificar falhas ou áreas de melhoria no processo de análise de anomalias, resultando em práticas mais eficazes para detectar, analisar e resolver problemas. Isso pode levar a uma redução nas ocorrências de problemas e a uma resposta mais rápida e precisa a incidentes, melhorando a eficiência operacional. Ao melhorar a eficácia das análises de anomalias, a indústria siderúrgica pode reduzir custos associados a paradas não planejadas e a produção de sucata. A identificação e resolução mais eficaz de problemas podem minimizar o impacto financeiro de falhas operacionais.

Quanto ao seu objetivo, pode-se classificá-la como pesquisa exploratória, pelo projeto proporcionar e visar o entendimento do problema acerca da ferramenta de análise da anomalia. O objetivo exploratório da análise de eficácia das análises de anomalia é fundamental para aprofundar o entendimento sobre como as ferramentas e práticas de análise estão sendo aplicadas e quais aspectos podem ser aprimorados. Este enfoque exploratório busca desvendar os detalhes e nuances do processo de análise de anomalias, proporcionando uma visão abrangente e detalhada que vai além das métricas superficiais.

O procedimento metodológico deste estudo seguirá o método de estudo de caso, onde será realizado uma investigação de um fenômeno contemporâneo em um contexto real (YIN, 2001), neste caso, será estudado em uma indústria siderúrgica o fenômeno das ocorrências de sucatas.

O estudo de caso é definido como uma investigação intensiva e detalhada de um fenômeno específico dentro de seu contexto real. De acordo com Yin (2001), essa abordagem é particularmente útil para entender fenômenos complexos onde as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas. No contexto da análise de eficácia das análises de anomalia, o estudo de caso permite a exploração profunda das práticas, ferramentas e processos envolvidos, proporcionando uma visão abrangente das forças e fraquezas presentes na organização.

A abordagem qualitativa refere-se a qualquer tipo de pesquisa que produza resultados não alcançados através de procedimentos estatísticos ou de outros meios de quantificação (STRAUSS; CORBIN, 2008). Assim entendida, a pesquisa qualitativa enfatiza as qualidades de entidades e de processos que não são apresentados em termos de quantidade, intensidade ou frequência (GIL, 2021).

A abordagem qualitativa permite uma investigação detalhada das características das análises de anomalia que não são facilmente quantificáveis. Em vez de apenas medir apenas a quantidade de ocorrências de sucatas, a pesquisa qualitativa nos ajudará a explorar a qualidade das análises realizadas. Isso inclui a forma como os problemas são identificados, a adequação das ferramentas usadas, e a eficácia das soluções propostas.

De acordo com Mattar e Ramos (2021) a pesquisa quantitativa requer que os conceitos sejam convertidos em variáveis mensuráveis, no caso deste trabalho, as análises serão feitas a partir das ocorrências de sucata, dados que serão extraídos do sistema MES, sistema integrado que possui as informações das ocorrências.

Para a pesquisa, foram utilizadas as abordagens quantitativas e qualitativas. A aplicação da abordagem quantitativa é necessária devido a contabilização das ocorrências de sucata no processo. Enquanto a abordagem qualitativa é importante devido às observações acerca do processo, como a causa dos fatores que levaram a anomalia bem como a interpretação das análises de anomalias cadastradas no sistema.

## **3.2. Procedimento metodológico**

### **3.2.1. Coleta de dados**

A coleta de dados será realizada por meio de abordagens qualitativas e quantitativas, utilizando os seguintes métodos:

- **Qualitativos:** A revisão da documentação interna será central para avaliar a qualidade das análises de anomalias já realizadas. Esse método permitirá entender como as anomalias foram documentadas, quais foram as ações corretivas tomadas e se as análises seguem os padrões estabelecidos pela organização. A análise do conteúdo e da qualidade das análises fornecerá insights sobre as práticas adotadas e os pontos de melhoria necessários. Portanto, os documentos analisados serão o procedimento interno para elaboração de análise de anomalia e as análises de anomalia que estão no SIG.

- Quantitativos: Os dados quantitativos serão obtidos a partir dos relatórios gerados pelo Sistema de Execução de Manufatura (MES) e pelo Sistema Integrado de Gestão (SIG). Esses relatórios conterão informações sobre o período, origem e impacto das anomalias, incluindo a quantidade de sucatas geradas. A análise quantitativa ajudou a identificar padrões e tendências que poderão ser comparados com as observações qualitativas para uma visão mais abrangente do problema.

Devido à falta de acesso a outras plataformas, como listas de inspeção e situação dos equipamentos, a pesquisa será limitada às fontes de dados disponíveis, o que pode restringir a coleta de informações adicionais que poderiam enriquecer o estudo.

Como já afirmado, as principais fontes de dados para esta pesquisa serão o MES e o SIG. Essas plataformas são robustas e confiáveis, mas a ausência de acesso a outras fontes, como SAP e informações detalhadas sobre a situação dos equipamentos, limita a abrangência da coleta de dados. Para garantir a confiabilidade e validade das informações, será feita uma seleção criteriosa dos dados dentro das fontes disponíveis, e os dados serão correlacionados entre MES e SIG para verificar a consistência e precisão.

Para entendimento da ferramenta de análise de anomalia e posteriormente apresentá-la no projeto, será utilizado o procedimento interno Elaboração de Análise de Anomalia disponibilizado no SIG. Neste procedimento constam informações do tipo: objetivo, definições, documentos de referência, tipos de análise de anomalia, aplicação, responsabilidades, descrição das atividades, critérios para abertura de análise de anomalia, passo-a-passo do cadastro da anomalia no sistema. Com as informações contidas no procedimento, será elaborado um fluxograma com as etapas percorridas durante o processo de análise de anomalia. Além do fluxograma, será elaborado um checklist com os campos que devem ser preenchidos durante o estudo do desvio e o grau de detalhamento das informações fornecidas. Ele será utilizado durante a análise de cada etapa da análise de anomalia: identificação da anomalia, análise de anomalia, avaliação da análise. Posterior a utilização do *checklist* para verificar a qualidade das análises de anomalia, serão contabilizados a quantidade de sim e não referente a cada pergunta e serão expostos em formas de gráficos.

Já o MES, será utilizado para extração de relatórios operacionais que contém todas as informações necessárias para análise dos dados. O relatório é extraído no formato em Excel e possui informações de data da ocorrência, horário, duração, turma, causa, quantidade de sucata, peso da sucata, origem e descrição. Com esse relatório é possível verificar qual foi a causa



aparente da ocorrência, uma vez que existe o campo causa no arquivo. As ocorrências terão como período de análise o intervalo de janeiro até dezembro do ano de 2023. A Figura 10 exemplifica o formato do relatório que será extraído do MES.

Figura 10- Relatório de Consulta de Paradas.

Data	Turma	Início	Fim	Duração	Equip.	Sucata?	Qtde Sucata	Peso Sucata	Veio / Lin	Causa	Origem
01/06/2023	B	23:00	23:03	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	23:27	23:30	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	23:41	23:44	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	00:18	02:28	130	LAMINADOR GERAL - PROGRAMADA	N		0	A	PARADA PROGRAMADA PREVENTIVA	PARADA PROGRAMADA
01/06/2023	B	02:33	02:36	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	03:11	03:14	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	03:37	03:40	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	03:45	03:48	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	04:53	04:56	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	05:15	05:18	3	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ALARME ZUMBACH	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	05:34	05:40	6	GAIOLA HORIZONTAL 13 - O	N		0	A	BAMBO	OFICINA
01/06/2023	B	06:01	06:13	12	STELMOR SEÇÃO DE ENTRADA	N		0	A	AÇÃO PREVENTIVA	OPERAÇÃO
01/06/2023	B	06:20	06:23	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	06:30	06:33	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	06:35	06:38	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	06:39	06:42	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	B	06:43	07:00	17	FORNO COMBUSTOL	N		0	A	FALTA DE PROGRAMAÇÃO	EXTERNA
01/06/2023	D	07:00	07:10	10	FORNO COMBUSTOL	N		0	A	FALTA DE PROGRAMAÇÃO	EXTERNA
01/06/2023	D	07:17	07:20	3	CADEIRAS 1 A 16 - LOGISTICA	N		0	A	PROCEDIMENTO AÇO RESSULFURADO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	07:32	08:52	80	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ATENDIMENTO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	08:52	09:08	16	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ATRASO DE MONTAGEM	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	09:08	09:24	16	FORMADOR DE ESPIRAS	N		0	A	FALHA OPERACIONAL	OPERAÇÃO
01/06/2023	D	09:25	09:30	5	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ACERTO DE BITOLA APÓS MONTAGEM	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	09:31	09:38	7	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ACERTO DE BITOLA APÓS MONTAGEM	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	10:25	10:45	20	FORMADOR DE BOBINAS	N		0	A	AGARRADO	OPERAÇÃO
01/06/2023	D	11:05	11:55	50	FORMADOR DE ESPIRAS - LOGISTICA	N		0	A	MONTAGEM	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	11:58	12:11	13	FORMADOR DE ESPIRAS - LOGISTICA	N		0	A	MONTAGEM	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	12:16	12:23	7	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	BITOLA VARIANDO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	12:30	12:35	5	FORNO COMBUSTOL	N		0	A	FORA DE OPERAÇÃO	EXTERNA
01/06/2023	D	13:06	13:09	3	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	D	13:23	13:42	19	BLOCO NO TWIST	N		0	A	BITOLA ALTA	OPERAÇÃO
01/06/2023	D	14:26	14:36	10	FORNO COMBUSTOL	N		0	A	FALHA NO AUTOMATISMO	ELÉTRICA
01/06/2023	C	15:54	16:52	58	STELMOR - LOGISTICA	N		0	A	NORMALIZAÇÃO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	C	16:54	17:04	10	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	ACERTO DE BITOLA APÓS TROCA DE CANAL	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	C	18:10	18:13	3	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	BITOLA VARIANDO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	C	19:20	19:23	3	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	BITOLA VARIANDO	SET-UP OPERACIONAL
01/06/2023	C	20:17	20:20	3	BLOCO - LOGISTICA	N		0	A	BITOLA VARIANDO	SET-UP OPERACIONAL

Fonte: Acervo interno da empresa, 2023

### **3.2.2. Análise de dados**

Os dados coletados serão analisados utilizando gráficos de coluna onde a quantidade de ocorrências de sucata será analisada para identificar a frequência e distribuição das anomalias ao longo do tempo. A análise será conduzida utilizando o Excel, que permitirá o processamento eficiente dos dados e a visualização de tendências, caso tiver.

Será feito a correlação entre diferentes variáveis que constam nos dados extraídos do MES onde serão criados gráficos que contenham, a origem das anomalias e as causas das anomalias, e serão investigadas para identificar possíveis causas-raiz e inter-relações que possam influenciar a recorrência ocorrência de sucatas.

A precisão e confiabilidade dos dados serão validadas por meio da correlação das informações provenientes de diferentes fontes, como MES e SIG. A correlação consiste que as sucatas apontadas no MES tenham correspondência com as análises registradas no SIG, o que permitirá verificar a completude e coerência dos dados.

### **3.2.3. Integração das Abordagens Qualitativa e Quantitativa**

A integração das abordagens qualitativa e quantitativa será fundamental para fornecer uma compreensão completa do problema. Na ótica qualitativa será utilizado a análise de conteúdo, já quantitativa, será utilizado a contagem das ocorrências de sucatas. Os resultados das contagens de sucatas serão correlacionados com as observações qualitativas feitas durante a revisão da documentação interna e pós utilização do checklist. Isso permitirá identificar não apenas os padrões e possíveis tendências, mas também as razões subjacentes a essas ocorrências, proporcionando uma visão mais detalhada e contextualizada.

### **3.2.4. Discussão**

Os resultados serão discutidos a partir das práticas existentes na organização. A interpretação dos dados buscará entender as implicações práticas dos achados, como a identificação de falhas sistêmicas e a proposta de soluções para melhorar a eficiência operacional e a qualidade do produto.

### **3.2.5. Implementação e monitoramento das propostas de melhoria**

Um plano será elaborado para a implementação das propostas de melhoria identificadas. O plano de ação será apresentado para a liderança e equipe técnica, após a validação será divulgado para toda a equipe o cronograma e os de recursos necessários para as mudanças propostas, caso necessário.

A eficácia das melhorias será monitorada por meio de reuniões de follow-up, aproveitando reuniões semanais já existentes, onde serão revisados os progressos e ajustados os planos conforme necessário. Métodos de feedback contínuo serão implementados para garantir que a equipe de operação e supervisão esteja alinhada com os objetivos e processos de melhoria, bem como a prática de treinamento e reciclagem da equipe na prática da elaboração da análise de anomalia.

### **3.2.6. Recursos utilizados**

Os recursos necessários para a realização da pesquisa são acesso ao MES, acesso ao SIG e pacote Office. Esses recursos são essenciais para a análise de dados e a elaboração de relatórios, além de garantir a precisão e eficiência do processo.

### **3.2.7. Riscos e mitigação**

Os possíveis riscos associados à pesquisa incluem atrasos na coleta de dados, problemas com a qualidade dos dados e limitações no uso de outros softwares além do MES e SIG. Para mitigar esses riscos, serão implementadas estratégias como a alocação de tempo extra para a coleta de dados, a verificação constante da qualidade dos dados durante o processo (via checklist) e a maximização do uso das ferramentas disponíveis para compensar as limitações de software.

Este plano metodológico está desenhado para garantir que a análise de eficácia das análises de anomalia seja conduzida com rigor e foco nos resultados práticos, proporcionando insights valiosos para a melhoria contínua na indústria siderúrgica.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Efetividade e adequação dos Procedimentos Internos**

A organização dispõe de procedimento interno para a padronização quanto a elaboração das análises de anomalia. Um dos principais benefícios dos procedimentos internos é a padronização das práticas. Quando uma organização adota procedimentos claros e bem documentados para a análise de anomalias, ela garante que todos os envolvidos sigam os mesmos passos e utilizem as mesmas ferramentas para identificar e analisar anomalias.

O procedimento interno para elaboração de análise de anomalia não possui resistência nos dias de hoje, especialmente considerando que ele foi criado em 2013, reflete a maturidade e a evolução tanto do procedimento quanto das práticas organizacionais ao longo dos anos. Desde a sua criação, o procedimento passou por um processo contínuo de revisões, o que explica sua aceitação e a ausência de resistência significativa em sua aplicação atual.

O procedimento para a elaboração de análise de anomalia está disponível no Sistema de Integrado de Gestão (SIG), uma plataforma online acessível a partir de qualquer computador dentro da organização. Essa acessibilidade permite que todos os colaboradores, independentemente de sua localização física ou função, possam consultar e seguir o procedimento de forma rápida e eficiente.

Para garantir que todos os funcionários envolvidos na elaboração de análises de anomalia estejam bem informados e preparados, a organização implementa um programa de padronização e treinamento robusto. Este programa inclui:

- **Treinamento Inicial e Atualizações:** Todos os funcionários que participam da elaboração de análise de anomalia passam por treinamentos regulares. Esses treinamentos são realizados quando há revisões no procedimento ou sempre que novos funcionários entram na equipe. O objetivo é garantir que todos compreendam o procedimento em detalhes e possam aplicá-lo corretamente.

- **Treinamento de Reintegração:** Funcionários que retornam de férias ou ausências prolongadas também recebem treinamento de atualização para garantir que estejam a par de qualquer mudança recente no procedimento. Isso é crucial para manter a coesão e a eficácia no processo de análise de anomalia, mesmo após períodos de ausência.

A implementação de procedimentos padronizados para a análise de anomalias trouxe resultados positivos na diminuição das falhas de processo e na redução da geração de sucatas. Essa padronização garantiu que as análises fossem conduzidas de maneira consistente, seguindo diretrizes claras, o que resultou em uma maior identificação e correção das causas fundamentais das anomalias.

Para avaliar a eficácia desses procedimentos, foi criado um checklist que permite mensurar de forma objetiva a aderência aos processos e a qualidade das análises realizadas. Houve uma análise comparativa entre os períodos antes e após a implementação da padronização, utilizando dados quantitativos coletados do sistema MES.

Utilizando o checklist, foi possível verificar a conformidade das análises com os procedimentos estabelecidos. O aumento na taxa de conformidade é um forte indicativo de que os operadores e equipe técnica estão seguindo corretamente as diretrizes..

O checklist também incluiu a avaliação da qualidade das documentações das análises de anomalias. A melhoria na documentação, que agora é mais completa e detalhada, reflete a padronização dos processos e facilita futuras revisões e auditorias.

Essas métricas demonstram que a padronização dos procedimentos de análise de anomalias foi um fator crucial para a melhoria contínua na organização, contribuindo não apenas para a redução de falhas e sucatas, mas também para a otimização dos processos produtivos como um todo.

Abaixo na Figura 11, representa resumo tabelado do conteúdo proposto pelo procedimento. Todas as áreas da organização devem cumprir o procedimento, mas fica a cargo da área definir o fluxo de elaboração da análise de anomalia, por cada área ter sua particularidade.

Figura 11- Resumo tabelado do procedimento interno da organização.

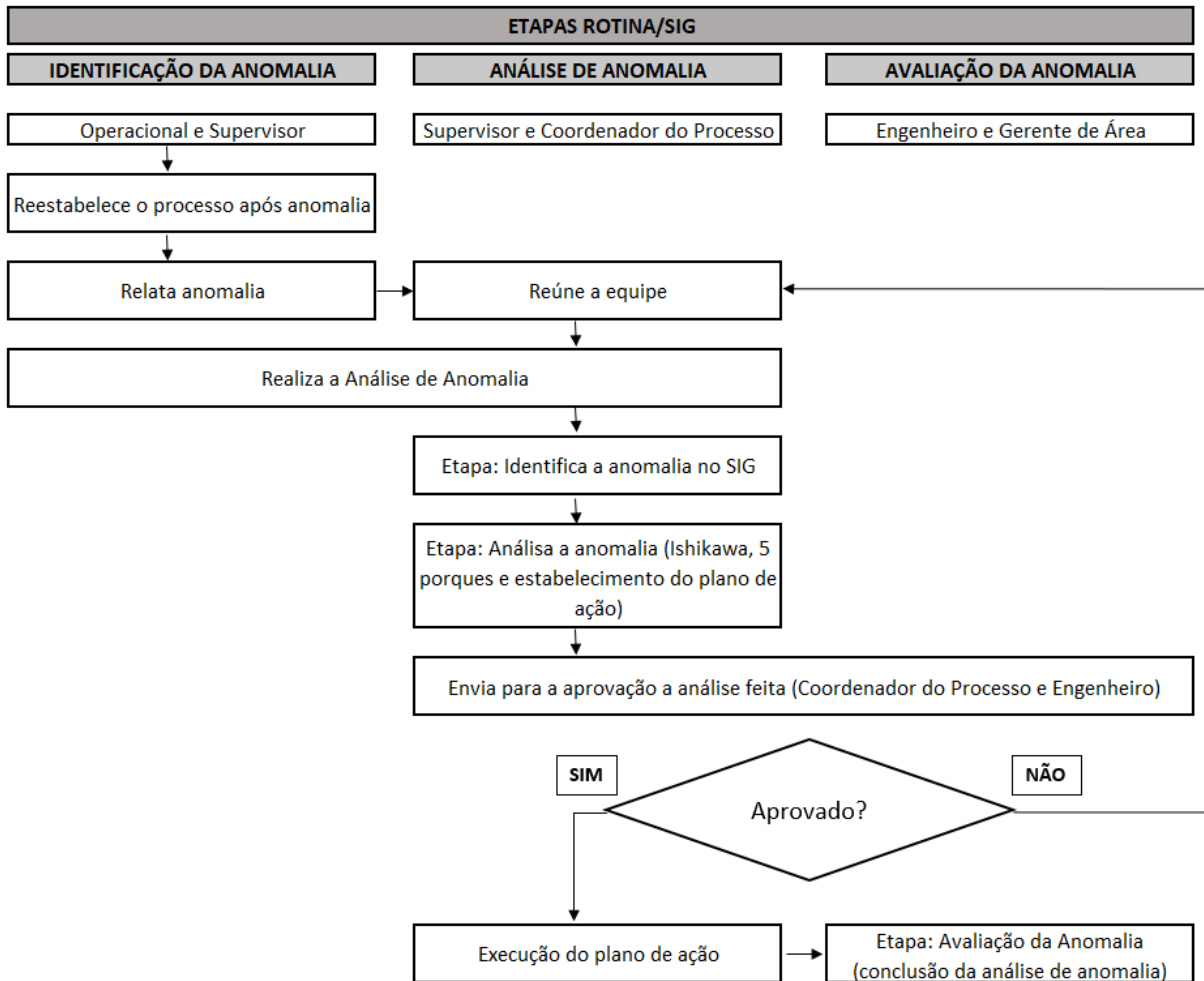
<b>Tópico</b>	<b>Conteúdo abordado no tópico</b>
<b>Objetivo</b>	Descrever os critérios de cada gerência para a realização da análise de anomalia, os parâmetros do status da análise e o lançamento no SIG.
<b>Definições</b>	Definições de termos e siglas internas da organização.
<b>Documentos de referência</b>	Documentos internos da organização utilizados como referências para elaboração do procedimento.
<b>Tipos de análise de anomalia</b>	<b>Análise completa:</b> Aplica-se a anomalias cujo impacto tenha sido mais significativo, necessitando de realização de análise mais aprofundada (ishikawa, 5 porquês, plano de ação). <b>Simples relato:</b> Aplica-se a anomalias cujo impacto tenha sido mais brando necessitando apenas de registro histórico. Aplica-se também à recorrência de uma Análise de Anomalia em aberto ou uma determinação da área.
<b>Aplicação</b>	Determina que o procedimento se aplica a toda as áreas da organização.
<b>Responsabilidades</b>	<b>Do empregado:</b> 1)Relatar as anomalias ocorridas no processo. 2)Participar da fase de observação, quando for solicitado. 3)Participar do processo de análise da anomalia quando convocado. 4)Participar da implementação das ações corretivas dentro do prazo estabelecido e acordado no plano de ação da análise da anomalia, quando essas estiverem sob sua responsabilidade. <b>Do supervisor:</b> 1)Convocar e reunir a equipe para realização da análise da anomalia, conforme critério / determinação da gerência de área. 2)Conduzir, coordenar e lançar a Análise de Anomalia no SIG de acordo com o prazo previamente estipulado pela gerência de área. <b>Do coordenador do processo:</b> 1)Analisar criticamente e validar a Análise de Anomalia no SIG após a mesma ser inserida <b>Do gerente de área:</b> 1)Analisar criticamente a análise de anomalia e, quando tiver o papel de aprovador da análise, realizar a avaliação final no SIG após verificar a eficácia das ações. 2)Realizar follow up das ações provenientes das Análises de Anomalia
<b>Crítérios para abertura de análise de anomalia</b>	Apresentados os critérios de todas as gerências da organização. <b>Crítérios analisado no presente trabalho:</b> <b>Área:</b> TL2 <b>Gatilho:</b> Sucatas de linha <b>Descrição:</b> Ocorrências de sucata de linha, sempre quando ocorrer (exceto material estragado, intempérie e outras causas externas) <b>Frequência:</b> Quando ocorrer.
<b>Passo-a-passo de cadastro da análise de anomalia no sistema</b>	

Fonte: Adaptado de acervo da organização (2024).

As principais etapas do processo de análise de anomalias são identificação e análise das anomalias. A etapa de identificação é crucial para garantir que todos os envolvidos, incluindo aqueles que não estão diretamente ligados ao evento, compreendam o cenário completo. A análise é a fase de investigação profunda para determinar a causa raiz da anomalia e desenvolver um plano de ação eficaz.

Para a área analisada, a Figura 12 representa o fluxograma estabelecido de acordo com os papéis e responsabilidades de cada funcionário conforme seu posto de trabalho e nível na hierarquia.

Figura 12- Fluxograma para elaboração da análise de anomalia.



Fonte: Acervo interno da empresa, 2024.

O fluxograma para a elaboração de análises de anomalia está completo ao expor todas as fases do processo e detalhar as ferramentas específicas a serem utilizadas. O fluxograma assegura que as análises sejam realizadas com a máxima eficácia e a compreensão sobre as responsabilidades de cada um a partir de sua função. Além disso, sua clareza e simplicidade o tornam um recurso valioso para o treinamento de novos colaboradores.

O fluxograma desenvolvido para o processo de elaboração de análises de anomalia tem um papel fundamental na disseminação do conhecimento e na orientação dos colaboradores sobre as etapas, ferramentas envolvidas e responsabilidades. No entanto, é importante destacar que o objetivo principal deste fluxograma é fornecer uma visão geral e um entendimento claro do processo, e não servir como uma ferramenta de utilização direta durante a execução das análises.



Conforme comentado anteriormente, o procedimento é utilizado por toda a organização, mas cada área da organização deve adaptar o fluxo de trabalho de acordo com suas funções e quadro de funcionários. A adaptação é essencial para garantir que o processo de análise de anomalias seja eficaz em diferentes contextos operacionais. Tipo de adaptação que ocorre baseado no quadro de funcionários de uma área:

- **Áreas com Operadores:** Nessas áreas, operadores podem ser diretamente envolvidos na identificação de anomalias e na coleta de dados durante a análise. O fluxo de trabalho deve incluir procedimentos claros para os operadores registrarem e reportarem anomalias, além de participarem ativamente da análise como especialistas no processo.
- **Áreas sem Operadores (Ex. RH e controladoria):** Em áreas que não possuem operadores, a adaptação envolve a atribuição de responsabilidades a outros profissionais, como analistas de processos ou gerentes de área. O fluxo de trabalho pode ser ajustado para que a detecção de anomalias ocorra por meio de auditorias, revisões de processo.

Em áreas não produtivas, como RH e controladoria, a elaboração de análises de anomalia tende a ser menos frequente em comparação com as áreas produtivas. Isso ocorre porque as anomalias nessas áreas são menos recorrentes e, muitas vezes, menos visíveis no impacto imediato à produção.

Assim, embora as áreas não produtivas possam elaborar poucas análises de anomalia ao longo do mês, a importância dessas análises não deve ser subestimada. Elas são essenciais para manter a qualidade e a eficiência operacional em todos os aspectos da organização, garantindo que nenhum detalhe passe despercebido e que todas as oportunidades de melhoria sejam exploradas.

A implementação e a atualização de procedimentos internos são processos críticos, mas desafiadores, que podem enfrentar vários obstáculos. Um dos principais desafios é a resistência inicial dos colaboradores, especialmente quando novos procedimentos são introduzidos ou atualizações são implementadas. Essa resistência pode surgir devido a um apego aos métodos antigos, a uma falta de entendimento sobre os benefícios das mudanças, ou simplesmente ao desconforto com a mudança em si.

Além disso, a adaptação dos procedimentos para diferentes áreas dentro da organização pode ser particularmente complicada. Áreas não produtivas, por exemplo, que normalmente não elaboram análises de anomalias com frequência, podem ter mais dificuldades em adaptar-se aos novos procedimentos. Nesses casos, a complexidade reside em garantir que essas áreas compreendam a relevância dos procedimentos e possam aplicá-los de forma eficiente, mesmo que o façam com menor frequência.

A integração dos procedimentos com o SIG (Sistema Integrado de Gestão) e o MES (*Manufacturing Execution System*) trouxe benefícios significativos para o processo de análise de anomalias na organização. Essa integração permite uma maior consistência e rastreabilidade, garantindo que todas as etapas do processo sejam documentadas de forma adequada e que as informações estejam acessíveis a todos os envolvidos. Além disso, a centralização dos dados nesses sistemas facilita a análise de tendências, a identificação de padrões recorrentes e a implementação de ações corretivas mais eficazes.

Um dos principais benefícios dessa integração é a redução do tempo necessário para coletar e consolidar dados, uma vez que o MES fornece dados operacionais em tempo real, que são automaticamente integrados ao SIG. Isso não só acelera o processo de análise de anomalias, mas também melhora a precisão dos diagnósticos, permitindo que a equipe identifique rapidamente as causas raiz e implemente soluções preventivas com maior agilidade.

No entanto, apesar desses benefícios, existem desafios que ainda precisam ser abordados para melhorar a eficácia do procedimento. Um desafio notável é a sincronização completa entre o MES e o SIG. Em alguns casos, pode haver discrepâncias nos dados ou atrasos na transferência de informações entre os sistemas, o que pode comprometer a rapidez e a eficácia da análise de anomalias.

Uma melhoria potencial que poderia ser implementada é o envio automático de ocorrências que disparam o critério para elaborar uma análise de anomalia do MES diretamente para o SIG. Essa automação eliminaria a necessidade de entrada manual de dados, reduzindo a chance de erros e garantindo que todas as ocorrências relevantes sejam imediatamente documentadas e analisadas. Além disso, a automatização desse processo permitiria uma resposta mais rápida às anomalias, melhorando a eficiência e a eficácia do procedimento como um todo.

A área analisada dentro da organização, possui programa de padronização que desempenha um papel crucial na garantia da consistência e eficácia dos procedimentos internos, incluindo no que diz respeito ao processo de análise de anomalias. Parte essencial desse programa é o estabelecimento de um cronograma rigoroso para a realização de análises críticas periódicas dos procedimentos. Esse cronograma assegura que todos os procedimentos sejam revisados e atualizados regularmente, permitindo que a organização se mantenha alinhada com as melhores práticas e responda adequadamente às mudanças no ambiente operacional.

As análises críticas programadas são conduzidas com o objetivo de avaliar a relevância, a clareza e a eficácia dos procedimentos existentes. Durante essas revisões, são identificadas oportunidades de melhoria, ajustando os procedimentos conforme necessário para atender às novas demandas e condições operacionais. Esse processo é fundamental para garantir que os procedimentos permaneçam atualizados e continuem a proporcionar os resultados esperados, minimizando riscos e melhorando a eficiência das operações.

Além disso, o cronograma de análises críticas também permite a identificação e a correção de possíveis lacunas nos procedimentos, como ambiguidades ou instruções desatualizadas, que poderiam comprometer a execução correta das atividades. Esse enfoque preventivo é essencial para evitar falhas que poderiam resultar em problemas operacionais, garantindo que todos os colaboradores sigam diretrizes claras e precisas.

O programa de padronização com cronograma de análises críticas reflete o compromisso da organização com a melhoria contínua e a excelência operacional. Ao assegurar que os procedimentos sejam constantemente revisados e otimizados, a organização não só promove uma cultura de qualidade, mas também se posiciona de maneira proativa para enfrentar os desafios do mercado e garantir o sucesso a longo prazo.

A prática de análise crítica de procedimentos pode ser feita em conjunto entre a parte técnica e operacional, dessa forma a opinião e conhecimentos do chão de fábrica são incluídos em possíveis atualizações dos procedimentos, garantindo informações mais corretas e confirmando que a participação de toda equipe é fundamental para a melhoria contínua dos processos.

#### **4.2. Quantificação e Impacto das Sucatas**

Através da extração de dados do MES, foi possível quantificar as ocorrências de sucatas, e também separá-las pela origem da ocorrência, possibilitando filtragem das ocorrências que são gatilhos para elaboração de análise de anomalia. As ocorrências de sucatas são de natureza acidental, não foi verificado até o momento uma tendência consistente para a ocorrência de sucatas por origem específica. Esse fenômeno, as ocorrências de sucatas, são eventos imprevisíveis e não sistemáticos, que não seguem um padrão ou causa comum identificável ao longo do tempo.

Apesar dos dados atuais extraídos do MES que serão apresentados no Gráfico 1 não indicarem um padrão consistente nas ocorrências de sucatas, é possível que existam tendências sutis ou condições específicas que aumentam a probabilidade dessas ocorrências. Fatores como mudanças sazonais, manutenção inadequada e condições operacionais específicas podem influenciar a formação de sucatas de maneira não evidente à primeira vista. Dito isso, é passível de implementar técnicas avançadas de análise de dados para identificar padrões ocultos e correlações entre diferentes variáveis operacionais e a incidência de sucatas. Além disso, seria uma opção estabelecer um grupo de trabalho com representantes de diferentes áreas (produção, manutenção, qualidade, TI) para revisar e interpretar os dados regularmente, promovendo uma visão abrangente dos fatores que contribuem para as sucatas.

Os impactos das ocorrências de sucatas no processo de laminação podem ser relacionados à segurança operacional e perdas na produção devido ociosidade. Na laminação, grandes volumes de material passam por processos intensivos de conformação e acabamento, a segurança operacional é uma prioridade crítica. As ocorrências de sucatas podem indicar falhas nos equipamentos, condições inadequadas de operação ou erros humanos, todos os quais representam riscos potenciais para a segurança dos operadores a partir da projeção de materiais. Do ponto de vista operacional, as sucatas na laminação são particularmente problemáticas porque interrompem o fluxo contínuo de produção. A laminação é um processo em que a continuidade é crucial para manter a qualidade e a eficiência. Quando há uma ocorrência de sucata, é necessário parar a linha para remover o material, posteriormente é necessário ajustar as configurações da máquina ou realizar manutenção corretiva. Essas paradas, mesmo que breves, acumulam-se ao longo do tempo, resultando em perda de produção.

Conforme a Figura 9, todas as ocorrências de sucatas são passíveis de realizar uma análise de anomalia, exceto de origem externas. As sucatas de origem externas são relacionadas a:

- Material estragado: Os tarugos vêm de processos anteriores com a possibilidade de defeitos superficiais.
- Intempérie: Efeito de chuvas fortes podem levar a queda de energia, a inundação dos sistemas de refrigeração ou trazer resíduos sólidos que obstruem a passagem de água para os sistemas de refrigeração.
- Queda de energia: A distribuição de energia elétrica pode ser cortada devido a desarme em padrões, gerando desarme geral no laminador e conseqüentemente desligando todos os equipamentos, e se tiver barra na linha, o material sairá da linha de laminação.

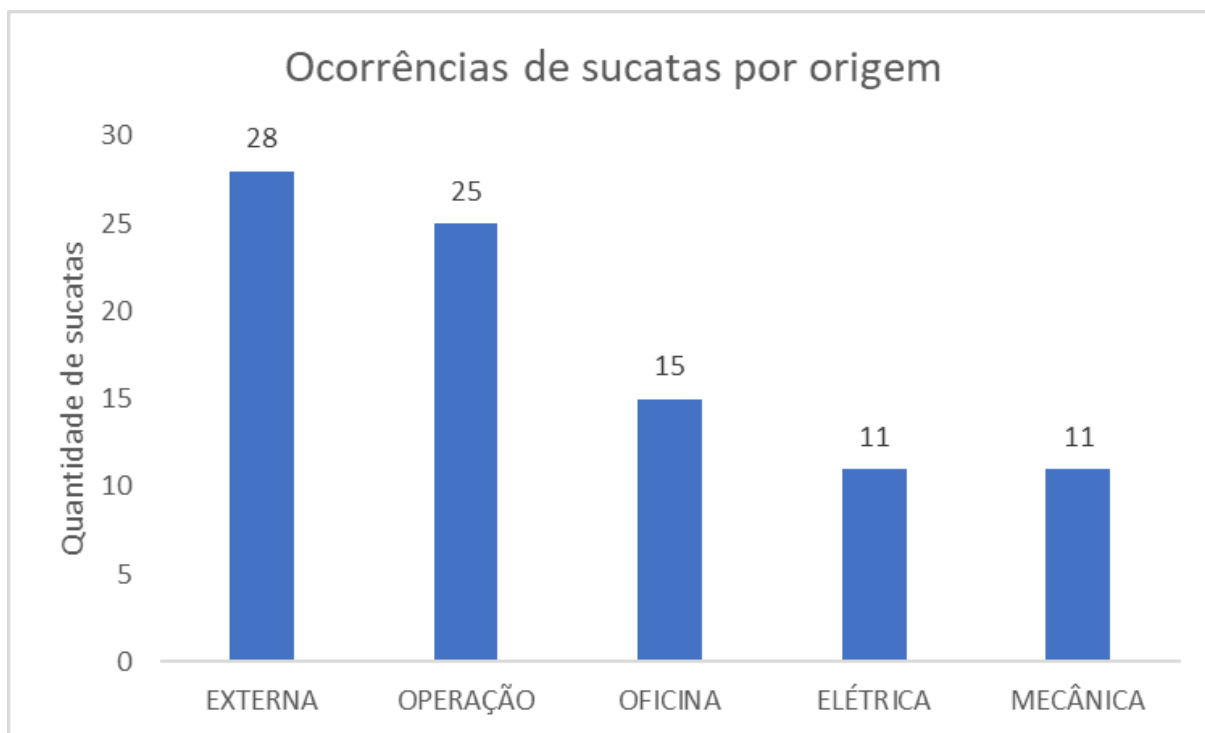
Os impactos das ocorrências internas com a externas são os mesmos, risco operacional do ponto de vista da segurança e perda de produção. A diferença é que as causas de ocorrências externas não são de responsabilidade da laminação pois ela não participa da fabricação de tarugos e não atua na distribuição de energia, por exemplo, logo não possuem ações a serem tomadas por essas causas. Cabe às áreas responsáveis pelo controle e acondicionamento de tarugos e pela área responsável pela energia elétrica e água fazerem as análises de anomalia.

Distinguir entre sucatas de origem interna e externa é essencial para entender o nível de controle e intervenção que a organização pode exercer. Enquanto as sucatas internas são mais diretamente controláveis, as externas exigem colaboração e coordenação com partes fora do processo imediato de produção, mas ainda assim afetam significativamente a eficiência operacional.

Como propostas de melhoria, o estabelecimento de canais de comunicação claros e eficientes com fornecedores e outras áreas externas para facilitar o compartilhamento de informações e resolução rápida de problemas é uma solução.

Abaixo, no Gráfico 1, verificamos a quantidade de sucatas por origem, e conforme o critério, 28 dessas sucatas não dispararam o critério para a abertura de análise de anomalia, por serem de origem externa, logo, para as demais 62 ocorrências foi necessário a elaboração de análise de anomalia.

Gráfico 1- Quantidade de sucatas por origem.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

As categorias de "Operação," "Mecânica," "Elétrica," e "Oficinas" são suficientes para abranger a diversidade de ocorrências de sucatas que podem surgir conforme padronizado no MES. Essas quatro categorias principais são abrangentes o bastante para permitir uma classificação eficaz sem a necessidade de criar subtópicos, o que simplifica o processo de registro e análise das ocorrências. As paradas com origem operação são mais suscetíveis de ocorrer devido à natureza complexa e dinâmica das atividades envolvidas. A operação é a área que lida diretamente com parâmetros de processo, manipulação de diferentes materiais e o fator humano, que inclui a interação constante de pessoas operando máquinas. Essa combinação de variáveis aumenta a probabilidade de ocorrência de sucatas. As demais origens são responsáveis por deixar disponível o equipamento para operação.

Dados precisos e oportunos são essenciais para a tomada de decisões informadas. Deficiências na captação e análise de dados podem levar a diagnósticos imprecisos e intervenções inadequadas e para garantir a competitividade no mercado é necessário investir em algumas frentes de trabalho como atualização tecnológica, qualidade e governança de dados.

Algumas propostas de melhoria são:

- **Capacitação Contínua:** Desenvolver programas de treinamento regulares que abordam técnicas de análise de problemas, melhores práticas operacionais e a importância da qualidade.
- **Comunicação Interna Eficaz:** Implementar campanhas que reforcem a importância da identificação e reporte proativos de anomalias, destacando o papel de cada colaborador na melhoria contínua.
- **Reconhecimento e Recompensas:** Criar mecanismos para reconhecer e recompensar colaboradores que contribuem significativamente para a identificação e resolução de problemas, incentivando uma participação ativa e engajada.
- **Workshops e Grupos de Discussão:** Facilitar espaços onde os colaboradores possam compartilhar experiências, desafios e soluções, promovendo a troca de conhecimento e fortalecendo o senso de equipe.

O número de 62 análises de anomalia é comprovado quando extraído o banco de dados do sistema onde as análises são feitas. Dentro desse valor, 49 análises são análises completas e 13 são simples relatos, por serem ocorrências de causas recorrentes.

#### 4.3. Qualidade das Análises de Anomalias e Resultados do Checklist

Para verificar a qualidade das análises de anomalias durante a elaboração do presente trabalho, foi elaborado um *checklist* com 10 perguntas contemplando todas as etapas de uma análise de anomalia, conforme Figura 13.

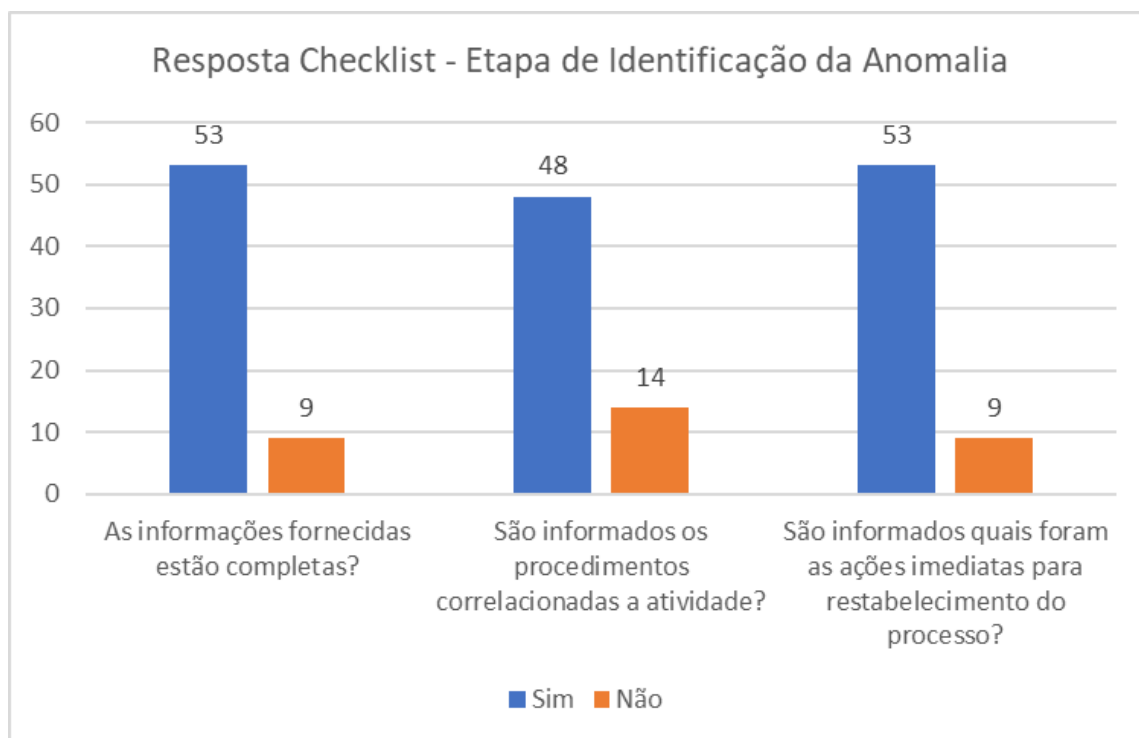
Figura 13- Checklist para verificação da qualidade das análises de anomalia.

Fase	Pergunta
Identificação da anomalia	As informações fornecidas estão completas?
	São informados os procedimentos correlacionadas a atividade?
	São informados quais foram as ações imediatas para restabelecimento do processo?
Análise de anomalia	Foi realizado brainstorming para preenchimento do ishikawa?
	Foi "esgotado" as causas fundamentais nos 5 porque?
	Foi estabelecido plano de ação para todas as causas fundamentais encontradas?
	O plano de ação possui ações ainda em andamento?
Avaliação final da anomalia	O Engenheiro/Gerente de Área realizou a verificação de eficácia das ações implementadas?
	Alguma análise de anomalia foi reprovada pelo Engenheiro/Gerente de Área
	O Engenheiro/Gerente de Área realizou a conclusão da análise de anomalia?

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Após utilizar o *checklist* para verificar as análises de anomalias, foi feito a contagem de sim e não para o atendimento de cada pergunta e interpretar seus resultados, os valores podem ser observados nos Gráficos 2, 3 e 4, sucessivamente.

Gráfico 2- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de Identificação de anomalia).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Pela análise do Gráfico 2, a grande maioria das análises de anomalia possui informações fornecidas consideradas completas, conforme preenchimento do checklist, representando 85,5%. Apenas 14,5% indicaram que as informações não estavam completas. Isso sugere que a comunicação ou o relatório em questão é, em sua maioria, adequado, mas ainda há margem para melhorias.

A análise de conformidade mostrou que, embora a maioria das análises (53 de 62) tenha apresentado informações completas, cerca de 14,5% (9 casos) não atingiram esse padrão, o que pode ser significativo em um ambiente industrial. As possíveis causas para esses 9 casos podem ser: rotina de alta demanda, falta de dados disponíveis, variação no engajamento.

Em 77,4% das análises de anomalia os procedimentos foram devidamente informados, enquanto 22,6% não possuem citação de documentos relacionados à ocorrência. Embora a



maioria possui, há uma parcela significativa que não percebe clareza ou necessidade nas informações sobre os procedimentos. Isso pode indicar uma área onde a comunicação pode ser reforçada para garantir que todos entendam os procedimentos envolvidos.

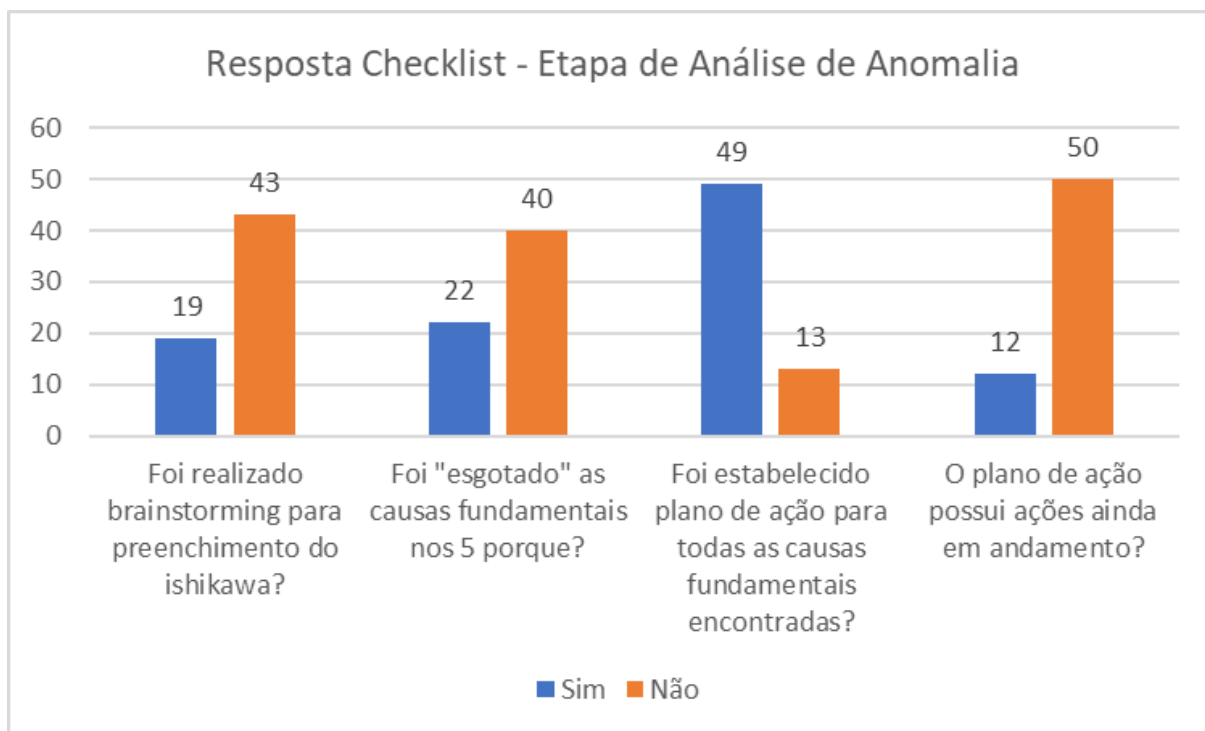
A falta de informações completas na identificação da anomalia pode ter impactos significativos na eficácia desses processos, potencialmente comprometendo tanto a qualidade quanto a segurança das operações industriais. Quando uma análise de anomalia é realizada com dados incompletos, há um risco aumentado de se chegar a diagnósticos incorretos. Sem uma visão abrangente de todos os fatores envolvidos, os responsáveis pela análise podem interpretar erroneamente as causas da anomalia, levando a conclusões equivocadas. Além disso, a falta de dados completos pode resultar em falsas indicações de problemas que não existem (falsos positivos) ou na falha em identificar problemas reais.

Assim como na primeira pergunta, 85,5% das análises indicam quais foram as ações imediatas para o restabelecimento do processo, e 14,5% não reportaram essa informação. Isso reforça a percepção de que, em geral, a comunicação é eficaz, mas há casos em que pode haver lacunas.

A não documentação das ações imediatas tomadas para restabelecer processos após uma anomalia pode ter consequências graves para a organização, desde a dificuldade em realizar auditorias e revisões até a limitação do aprendizado organizacional. Documentar essas ações é fundamental para garantir a conformidade, melhorar as práticas operacionais, capacitar a equipe de maneira eficaz e preparar a organização para responder adequadamente a anomalias futuras. A documentação não é apenas uma formalidade; é uma ferramenta essencial para a gestão eficaz de operações industriais e para a mitigação de riscos.

Uma solução para a falta de informações relevantes na primeira etapa da análise seria a criação de um sistema de verificação e validação, onde todas as análises de anomalias sejam revisadas na etapa de identificação por um segundo profissional antes de serem consideradas finalizadas. Além disso, a padronização da documentação, com o uso de formatos e critérios definidos, pode garantir que todos os dados críticos sejam registrados de forma consistente. Isso ajudaria a evitar lacunas de informação e a garantir que todas as análises estejam completas e bem fundamentadas.

Gráfico 3- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de análise de anomalia).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Já pela análise do Gráfico 3, é possível verificar que apenas 30,6% das análises indicaram que foi realizado brainstorming para o preenchimento do diagrama de Ishikawa, enquanto a maioria das análises, 69,4%, não. Isso sugere uma possível falha na implementação dessa prática colaborativa, que pode ser essencial para identificar todas as possíveis causas de um problema.

A ausência de *brainstorming* nas análises de anomalias pode levar a uma identificação superficial das causas, onde nem todos os fatores relevantes são considerados, comprometendo a eficácia das ações corretivas. Sem o *brainstorming*, há o risco de que apenas as causas mais óbvias sejam identificadas, enquanto fatores subjacentes ou menos evidentes sejam ignorados. Isso pode resultar em uma análise incompleta, onde as soluções implementadas não abordam as causas reais ou mais profundas da anomalia. A falta de colaboração e diversidade de ideias pode levar a uma visão limitada do problema, com possíveis soluções sendo discutidas apenas dentro de um escopo restrito, sem considerar alternativas que poderiam ser mais eficazes.

Um modo de melhorar esse processo é oferecer treinamentos específicos que capacitem os funcionários a utilizarem técnicas de brainstorming de forma eficaz. Isso pode incluir a

introdução de métodos estruturados para facilitar a geração de ideias e a garantia de que todas as vozes sejam ouvidas durante as sessões.

A baixa adesão à utilização do diagrama de Ishikawa, pode ser justificada pela utilização do sistema MES. Esses sistemas são projetados para padronizar e automatizar diversos aspectos do processo produtivo, incluindo a identificação e categorização de causas de problemas, o que muitas vezes inclui descrições padronizadas para as possíveis causas de defeitos ou falhas. O principal impacto da não utilização do diagrama de Ishikawa na elaboração de análise de anomalias, quando se utiliza apenas os padrões fornecidos pelo sistema MES sem uma investigação mais profunda, é a superficialidade na identificação das causas raiz dos problemas.

Para 35% das análises de anomalia as causas fundamentais foram esgotadas utilizando a técnica dos 5 Porquês, enquanto 64,5% não. Isso indica que o processo de investigação das causas pode não ter sido completamente explorado, o que pode resultar em soluções superficiais ou incompletas para os problemas identificados.

Quando a análise das causas é superficial, as soluções propostas tendem a focar nos sintomas do problema, em vez de abordar as causas fundamentais. Isso pode resultar em ações corretivas que, embora possam ter algum efeito a curto prazo, não resolvem o problema de maneira definitiva.

Uma proposta de melhoria é tornar obrigatório uma revisão por pares para garantir a profundidade da investigação no uso da técnica dos 5 Porquês em todas as análises de anomalias. Além disso, treinamentos específicos sobre técnicas de análise de causas podem ser oferecidos para reforçar a importância dessa prática e garantir que ela seja aplicada de forma eficaz.

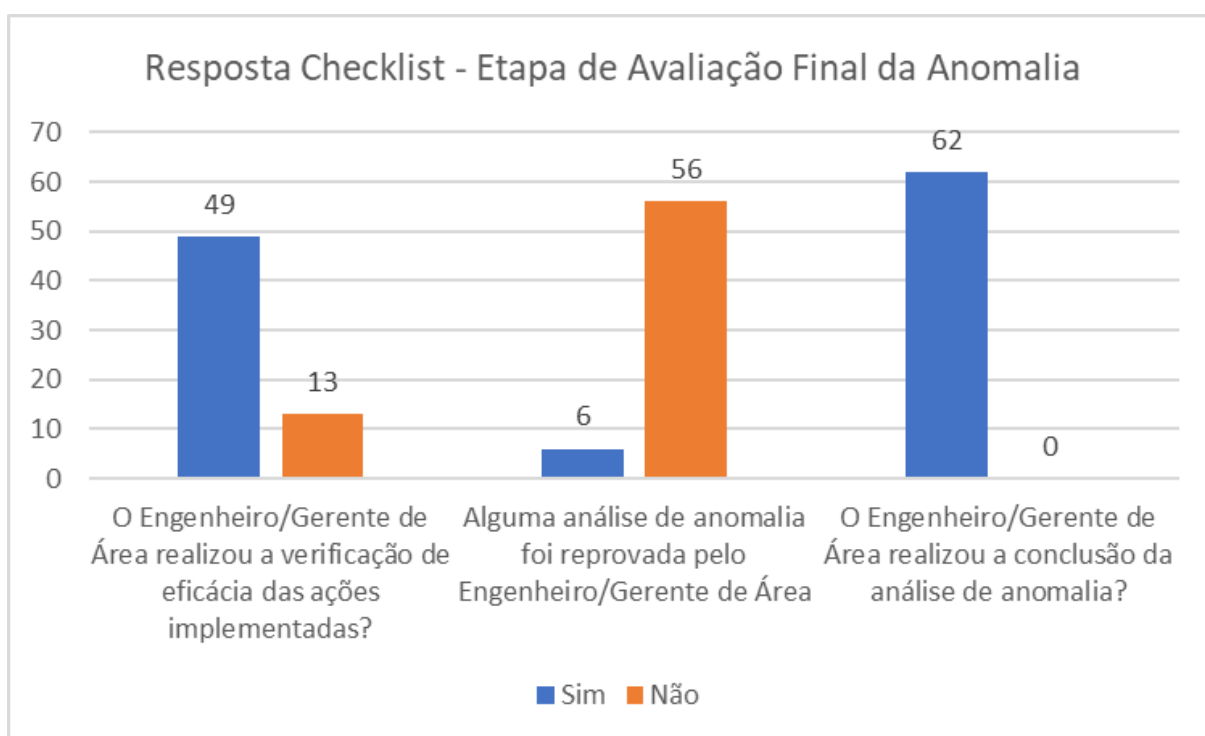
Para promover o uso dessas técnicas, é recomendável que elas sejam integradas como partes obrigatórias do processo de análise de anomalias. A organização pode realizar workshops e treinamentos específicos para ensinar essas técnicas e demonstrar seu valor. Sessões facilitadas por especialistas também podem ser implementadas para aumentar a adesão e garantir que todas as análises de anomalias sejam conduzidas com o rigor necessário.

Além de 79% representar que um plano de ação foi estabelecido para as causas fundamentais encontradas, esse valor também representa a porcentagem de análises de anomalias que são completas, e todas essas análises precisam obrigatoriamente ter um plano de

ação. Os demais 21% representam as análises que são apenas simples relatos, que não possui a etapa de elaboração de plano de ação.

Apenas 19,4% indicaram que ainda existem ações em andamento, enquanto 80,6% não possuem. Isso pode sugerir que a maioria dos planos de ação foi implementada rapidamente, ou pode indicar uma falta de acompanhamento ou revisão contínua das ações.

Gráfico 4- Resultado da contagem após utilização do checklist (Etapa de avaliação final de anomalia).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Agora, no Gráfico 4, verificamos que a maioria das análises de anomalia, 79%, foi realizada a verificação da eficácia das ações implementadas, enquanto 21% isso não ocorreu. Embora a verificação seja amplamente realizada, a presença de um número considerável de respostas "Não" sugere que há casos onde esse passo crucial pode estar sendo negligenciado, o que pode comprometer a eficácia a longo prazo das ações implementadas.

Apenas 9,7% das análises de anomalias foram reprovadas, enquanto a grande maioria (90,3%) foi aprovada. Isso pode indicar que a maioria das análises de anomalias está sendo conduzida de maneira satisfatória, ou que o Engenheiro/Gerente de Área tem critérios mais

flexíveis para aprovação. Alternativamente, pode sugerir que as análises de anomalias estão sendo preparadas com rigor suficiente para evitar reprovações.

Todas as análises de anomalias foram concluídas pelo Engenheiro/Gerente de Área. Apesar de ser um sinal positivo, é uma etapa obrigatória para finalizar a análise. Mas é importante ressaltar que nenhuma análise de anomalia na etapa de avaliação final estava na situação em atraso.

Como dito, a conclusão de 100% das análises de anomalias é um indicador extremamente positivo, demonstrando que todas as questões identificadas foram formalmente encerradas no sistema. No entanto, é crucial que essa conclusão não seja meramente formal, mas que realmente reflita o término efetivo de um ciclo de melhoria contínua. É essencial garantir que as conclusões não sejam apenas uma formalidade, mas sim baseadas em uma análise sólida e na implementação eficaz das soluções propostas. Revisar se as ações corretivas foram adequadas e se resolveram as causas fundamentais identificadas é crucial para evitar a repetição dos mesmos problemas.

As conclusões devem ser apoiadas por evidências claras e bem documentadas que demonstram a eficácia das ações corretivas. Isso inclui registros de testes, verificações e qualquer outra documentação que comprove que o problema foi realmente resolvido.

Sugere-se a criação de um protocolo de verificação de eficácia que seja seguido rigorosamente antes que uma análise seja considerada concluída. Esse protocolo deve incluir revisões regulares e a possibilidade de reavaliar as ações implementadas para garantir que elas continuem eficazes ao longo do tempo.

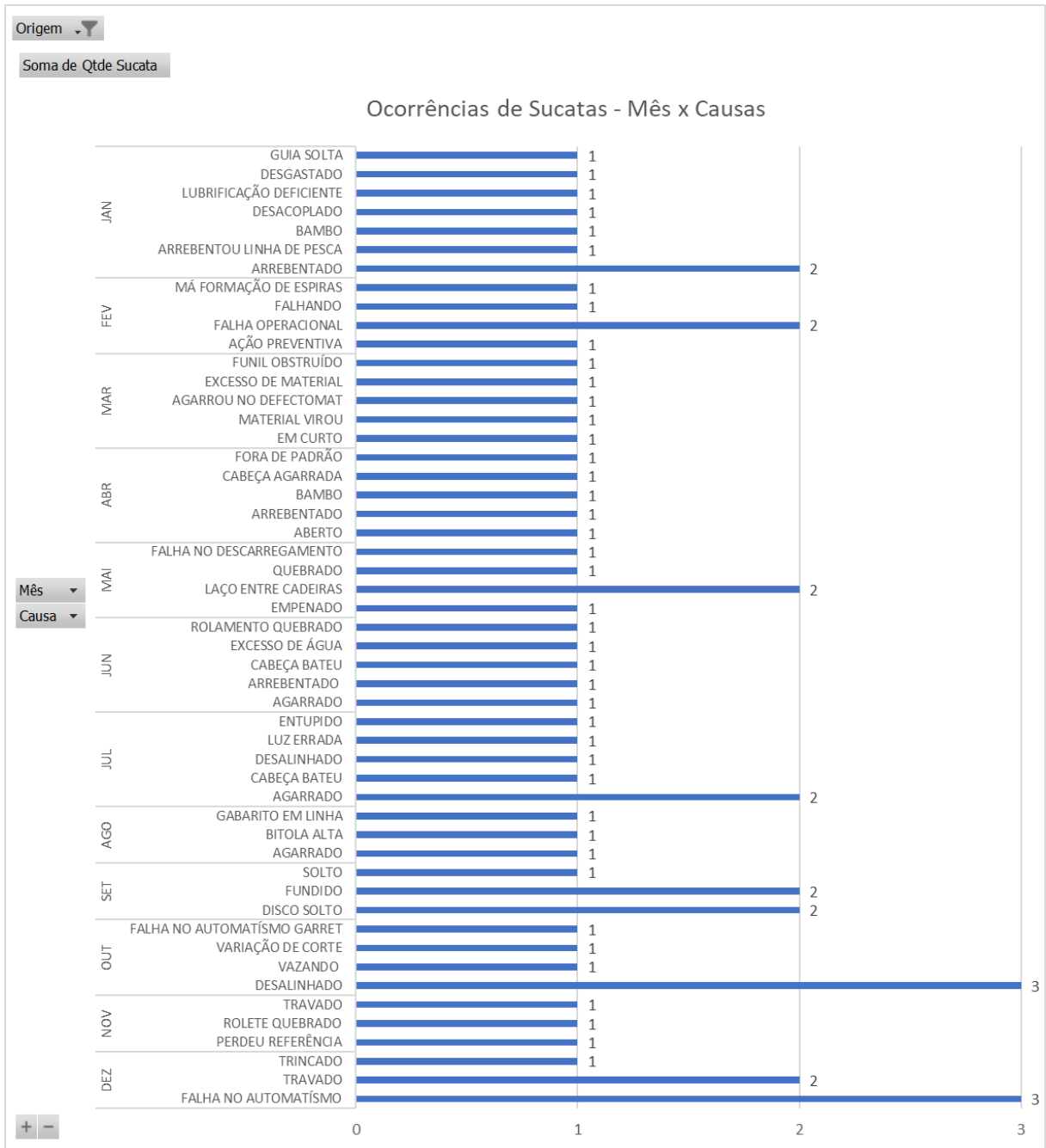
De forma geral, as análises de anomalias são elaboradas conforme procedimento, a única dificuldade significativa em seguir o procedimento de elaboração de análise de anomalia é o impacto que isso pode ter no tempo disponível dentro da rotina operacional. Embora o processo de análise de anomalias seja essencial para garantir a qualidade, segurança, e eficiência das operações, sua implementação pode ser desafiadora em ambientes onde o tempo é um recurso limitado.

Essas discussões e sugestões feitas de melhoria fornecem um caminho claro para a análise crítica e a otimização do processo de análise de anomalias, promovendo uma abordagem mais robusta e eficaz na gestão de anomalias.

#### 4.4. Análise de recorrência das ocorrências de sucatas

A Figura 14, refere-se ao resultado a partir dos dados extraídos do sistema MES, a figura, um gráfico de barras, representa as ocorrências de sucatas segmentadas por cada mês e a contagem de sucatas por cada causa da ocorrência.

Gráfico 5- Resultado da contagem após utilização do checklist.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Sobre a Figura 14, nota-se que das 44 causas das ocorrências, 6 delas aconteceram recorrências, ou seja, as causas das sucatas se repetem, representando aproximadamente 14%. Dentro dessas 6 causas recorrentes, 3 acontecem em meses seguidos (causas: agarrado, cabeça bateu, travado), as demais 3 causas recorrentes acontecem com um intervalo de 2 meses entre as ocorrências (causas: arrebentado, bambo, desalinhado).

Conforme abordado, 14% das causas das sucatas são recorrentes, indicando que uma parte significativa dos problemas não está sendo resolvida de forma definitiva.

São necessárias análises utilizando ferramentas como Pareto para verificar se há padrões comuns nas causas recorrentes, como falhas em procedimentos, treinamento inadequado ou problemas com a manutenção. Identificar esses padrões pode direcionar intervenções específicas para corrigir problemas de raiz. E, conforme 6 causas ao todo são recorrentes, uma solução para este caso é desenvolver um plano de ação direcionado para as causas recorrentes, abordando as raízes dos problemas e buscando soluções sustentáveis de longo prazo.

Mas, quando analisadas as causas onde não ocorrem recorrências de sucatas nos meses seguintes, 86% das causas foram tratadas em sua causa raiz a partir das ações estabelecidas nas análises de anomalia.

A taxa de sucesso de 86% nas análises de anomalias, onde as causas foram tratadas na raiz, é um resultado positivo, indicando que a maioria das causas fundamentais dos problemas está sendo adequadamente abordada. No entanto, a margem de 14% onde as causas não foram completamente eliminadas destaca a necessidade de aprimorar a fase de análise de anomalias. As causas que não foram completamente eliminadas podem levar à recorrência de problemas semelhantes, o que pode comprometer a eficiência operacional. A persistência desses problemas pode também resultar em custos adicionais associados à manutenção e correção contínua.

Embora 86% seja um número alto que representa a correção de problemas no processo, pelos resultados obtidos a partir do *checklist*, nota-se margem para melhoria nas análises de anomalia, principalmente na fase fundamental do processo, a análise da anomalia em si. Pouco é aproveitado o momento com a equipe para *brainstorming* para realização do diagrama de causa e efeito, bem como pouco é utilizado a ferramenta 5 por quês.

#### 4.5. Estabelecimento do plano de ação para aumentar e eficácia das análises de anomalia

A partir dessas informações elaborou-se um plano de ação por meio da ferramenta 5W2H. Os dados correspondentes aos custos associados às ações não foram disponibilizados. O plano de ação é apresentado pela Figura 15.

Figura 15- Plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H.

O que?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Como?	Quanto?
Ministrar treinamento para a equipe operacional para a identificação de anomalias no processo (percepção)	Facilitador de Qualidade	nov/24	Sala de treinamentos TL2	Reciclar todos os empregados que participam do processo de elaboração de análises de anomalia, afim de garantir melhor eficácia das análises	Intensificar treinamentos no local de trabalho, referente a elaboração de análise de anomalia	Sem custos associados
Ministrar treinamento para a equipe operacional e de supervisão quanto a identificação da anomalia no SIG	Facilitador de Qualidade	nov/24	Sala de treinamentos TL2			
Ministrar treinamento para a equipe operacional e de supervisão quanto a utilização do diagrama de causa e efeito e da ferramenta 5 por ques	Facilitador de Qualidade	nov/24	Sala de treinamentos TL2			
Elaborar agenda de reunião para verificação de eficácia e andamento das ações de origem das análises de anomalia	Facilitador de Qualidade	nov/24	Sala de treinamentos TL2	Verificar periodicamente as ações propostas/implementas no processo produtivo	Via agendamento Outlook	
Elaborar agenda para verificação e revisão do plano de ação para alavancar a eficácia das análises de anomalia	Facilitador de Qualidade	nov/24	Sala de treinamentos TL2	Verificar periodicamente as ações propostas e implementas para aumentar a eficácia das análises de anomalias		
Elaborar template padrão para divulgação para toda a equipe das análises de anomalia realizadas via e-mail corporativo	Facilitador de Qualidade	out/24	Outlook	Padronizar divulgação das análise de anomalia, para nivelar as informações para toda a equipe	Via Outlook	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Para garantir que o plano de ação seja efetivamente implementado, é crucial envolver todas as partes interessadas desde o início. Um dos desafios pode ser a resistência à mudança ou a falta de recursos, como tempo e mão de obra. Superar esses desafios requer uma comunicação clara sobre os benefícios do plano e um compromisso forte da liderança.

Estabelecer responsabilidades claras e prazos para cada ação é fundamental. Um cronograma detalhado permitirá monitorar o progresso e garantir que o plano esteja no caminho certo. Esse monitoramento pode ser feito a partir da definição de indicadores de sucesso e permitirá uma avaliação contínua da implementação do plano, possibilitando ajustes rápidos caso sejam necessários.



Um dos desafios comuns enfrentados pelas organizações ao implementar programas de treinamento é o custo associado e a possível perda de produção durante o processo. No entanto, ao adotar uma abordagem estratégica que utiliza recursos internos e aloca os treinamentos durante as paradas programadas, é possível minimizar esses custos e evitar interrupções na produção.

A ausência de dados sobre custos pode limitar a análise de custo-benefício, dificultando a justificção de determinadas ações. Para mitigar isso, a organização pode começar a implementar um sistema básico de rastreamento de custos, capturando informações como tempo de treinamento e recursos utilizados.

Utilizar colaboradores experientes e especializados dentro da própria organização para conduzir os treinamentos, no caso o Facilitador de Qualidade, elimina a necessidade de contratar consultores externos ou especialistas, reduzindo significativamente os custos associados. Esses profissionais, que já possuem conhecimento profundo dos processos e procedimentos da empresa, podem compartilhar suas expertise de maneira eficaz.

Programar os treinamentos para coincidir com as paradas programadas da produção é uma estratégia eficaz. As paradas programadas, como manutenções mensais ou períodos de baixa demanda, oferecem uma janela para a realização de treinamentos sem impactar a operação diária. Durante as paradas programadas, o tempo ocioso dos operadores e outros funcionários pode ser utilizado de forma produtiva para o desenvolvimento de habilidades e a atualização de conhecimentos. Isso assegura que o tempo de parada seja aproveitado para o aprimoramento contínuo, sem comprometer a capacidade produtiva.

Medir a eficácia dos treinamentos é vital. Isso pode ser feito através de avaliações antes e depois dos treinamentos, assim como simulações práticas que permitam aos funcionários aplicar o conhecimento adquirido. Aumentar o engajamento pode ser alcançado através de incentivos, reconhecimento de boas práticas e a criação de um ambiente de aprendizagem positiva.

Outro fator importante a ser levado em consideração é a divulgação das análises de anomalias de processo realizadas para toda a equipe é essencial para a melhoria contínua e a eficiência operacional para nivelamento de informação. O e-mail corporativo, quando utilizado de maneira estratégica, pode ser uma ferramenta eficaz para garantir que essas análises cheguem

a todos os colaboradores relevantes e que a informação seja aproveitada para otimizar processos e prevenir futuros problemas.

É necessário efetividade da comunicação. Garantir que todos os colaboradores recebam e compreendam as informações sobre as análises de anomalias pode ser desafiador. Utilizar múltiplos canais de comunicação e estabelecer um mecanismo de feedback são essenciais para garantir a clareza e a eficácia da comunicação. Melhorar a comunicação dos resultados das análises e das ações tomadas pode aumentar a transparência e o engajamento dos colaboradores.

Possíveis melhorias para a comunicação com as partes interessadas são através de implementações de um sistema de comunicação robusto que utilize vários canais, como e-mails, reuniões e painéis de controle, para alcançar todos os colaboradores e realizar pesquisas regulares para avaliar a eficácia da comunicação e ajustar as estratégias conforme necessário.

Conforme constatado pelos Gráficos 2, 3 e 4 e após análise do fluxograma para elaboração da análise de anomalia, a personalização dos treinamentos é essencial para atender às necessidades específicas de cada grupo de funcionários, garantindo que o conteúdo seja relevante e aplicável às suas funções e responsabilidades. Diferentes públicos dentro da organização como equipe operacional e de supervisores, têm diferentes níveis de envolvimento e necessidades de conhecimento. Para garantir que os participantes de treinamentos possam aplicar eficazmente as ferramentas e conceitos aprendidos em situações reais, é essencial incorporar casos práticos e simulações como parte integrante do processo de aprendizado.

- Operadores: Para a equipe operacional, o treinamento deve focar em aspectos práticos e operacionais do procedimento, como a identificação de anomalias, a execução de tarefas específicas e o uso adequado das ferramentas e sistemas. A ênfase deve estar na aplicação prática do conhecimento e na execução eficiente das tarefas diárias.
- Supervisão: Para supervisores, o treinamento deve incluir uma visão mais ampla, abordando não apenas a execução, mas também o gerenciamento de processos, a coordenação entre equipes, e a análise de dados. Os supervisores precisam compreender como integrar as práticas de análise de anomalias nas operações gerais e como liderar suas equipes na aplicação dos procedimentos.

Além dos treinamentos, o acompanhamento pós-treinamento é crucial para avaliar a aplicação prática dessas ferramentas no ambiente de trabalho e também avaliar a qualidade do

treinamento aplicado, uma forma de avaliar o treinamento é em forma de *feedbacks* feita pela equipe treinada.

O *follow-up* das ações originadas das análises de anomalia é crucial para garantir que as medidas corretivas e preventivas sejam efetivamente implementadas e avaliadas. Um acompanhamento eficiente não só assegura que as anomalias sejam tratadas adequadamente, mas também contribui para a melhoria contínua dos processos organizacionais. Com a utilização de sistemas que facilitam a visualização das ações concluídas e das que ainda estão em andamento, a organização pode gerenciar melhor o progresso e garantir resultados eficazes. No caso analisado, a organização possui o SIG, que permite a fácil visualização dessas ações através de dashboards interativos, como apresentado na Figura 16.

O acompanhamento eficaz das ações corretivas requer um processo estruturado e contínuo. Estabelecer relatórios regulares e revisões pode ajudar a garantir que as ações estejam sendo implementadas corretamente. O Sistema Integrado de Gestão (SIG) pode ser aprimorado para fornecer dados mais detalhados e úteis sobre o status das ações, facilitando o monitoramento e a análise.

Figura 16- Dashboard para *follow-up* de ações.



Fonte: Acervo interno da empresa, 2024.

Por fim, revisar o plano de ação periodicamente é essencial para garantir sua relevância. Critérios como o desempenho das ações corretivas e as mudanças no ambiente operacional podem indicar a necessidade de ajustes. O plano de ação deve estar alinhado com outras iniciativas de melhoria contínua na organização, criando uma abordagem coesa e integrada.

## 5. CONCLUSÃO

A indústria siderúrgica, com sua ampla gama de processos, desempenha um papel crucial no desenvolvimento econômico global, dada a importância do aço em diversas indústrias. A laminação a quente, em particular, é um processo central que transforma as propriedades físicas dos metais, assegurando a qualidade final dos produtos. No entanto, a presença de anomalias e a geração de sucatas durante esse processo representam desafios significativos, que podem não apenas comprometer a eficiência operacional, mas também elevar os custos e impactar a competitividade da indústria. Abordar esses desafios de maneira eficaz é essencial para reduzir desperdícios e promover práticas mais sustentáveis, alinhando-se às metas econômicas e ambientais do setor siderúrgico.

A análise revelou que a ferramenta é amplamente utilizada na empresa e desempenha um papel crucial na identificação e correção de desvios. No entanto, a eficácia da ferramenta poderia ser aprimorada com a inclusão de um treinamento mais focado e frequente para os usuários, como sugerido pelos resultados do checklist, incentivando uma cultura participativa dos colaboradores e criando um ambiente onde a melhoria contínua é uma responsabilidade compartilhada por todos, ao integrar essa mentalidade no cotidiano da empresa, é possível assegurar que os desafios sejam enfrentados de maneira ágil e eficaz, resultando em um processo de laminação mais robusto e competitivo. A possível integração de novas tecnologias, também pode oferecer um enorme potencial para aprimorar a análise de anomalias no processo de laminação a quente, aumentando significativamente a precisão na identificação de anomalias.

A análise dos dados extraídos do sistema MES mostrou a segmentação das ocorrências de sucatas por origem e a identificação de padrões de recorrência. Esses dados permitiram uma compreensão aprofundada das causas das anomalias e ajudaram a identificar áreas com maior frequência de problemas, permitindo a focalização das ações corretivas.

A avaliação das análises de anomalias cadastradas no SIG mostrou que, na maioria dos casos, as análises foram concluídas com sucesso e as ações corretivas foram implementadas. Contudo, a análise dos resultados do checklist destacou algumas lacunas na aplicação de técnicas analíticas, como o uso do diagrama de causa e efeito e os 5 Porquês. O engajamento do Engenheiro/Gerente de Área foi positivo, mas há espaço para melhorar a verificação da eficácia das ações.

Com base nos resultados obtidos, foram propostas várias melhorias para o processo de análise de anomalias. Estas incluem a intensificação dos treinamentos sobre a utilização de ferramentas analíticas e a revisão do plano de ação para incluir uma análise financeira mais detalhada. As melhorias sugeridas visam otimizar a eficácia das análises e garantir uma abordagem mais robusta para a identificação e correção de anomalias.

Os objetivos específicos foram atendidos através da análise detalhada dos processos e ferramentas atuais. A revisão das análises e a implementação das sugestões de melhoria proporcionarão um processo mais eficaz e eficiente para a gestão de anomalias. As principais áreas de foco para futuras melhorias incluem a aplicação consistente das técnicas de análise e o desenvolvimento de treinamentos mais específicos e frequentes para os envolvidos.

Para aprimorar ainda mais o processo de análise de anomalias, recomenda-se a realização de estudos adicionais sobre a integração de novas ferramentas analíticas e a implementação de um sistema de feedback contínuo para os operadores e gestores. Essas ações, aliadas ao estabelecimento de indicadores de desempenho específicos, permitirão monitorar de forma eficaz a eficácia das ações corretivas e preventivas implementadas, proporcionando uma avaliação objetiva e contínua dos resultados obtidos e garantindo que os processos estejam alinhados aos objetivos de qualidade e eficiência da empresa. Além disso, o feedback contínuo, facilitará ajustes proativos, promovendo uma cultura de melhoria contínua e sustentada na eficiência operacional.

As análises e mitigação de anomalias no processo de laminação foram essenciais para otimizar a qualidade do produto e reduzir custos operacionais. Com a aplicação rigorosa do checklist e análise dos dados do sistema MES, 86% das causas das sucatas foram tratadas eficazmente, evitando recorrências. O envolvimento ativo de engenheiros e gerentes garantiu precisão na correção dos desvios, reduzindo o desperdício e aumentando a eficiência. A implementação de planos de ação baseados na 5W2H destacou a importância da capacitação contínua das equipes, prometendo melhorias futuras em qualidade e economia operacional.

## REFERÊNCIAS

AJNA TECH. **Laminados de aço e a revolução tecnológica na indústria siderúrgica.** Disponível em: <https://ajnatech.com.br/laminados-de-aco-e-a-revolucao-tecnologica-na-industria-siderurgica/>. Acesso em: 19 ago. 2024.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho no dia a dia.** 8. ed. Nova Lima, MG: INDG, 2004.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total (no estilo japonês).** 9. ed. Nova Lima, MG: Editora Falconi, 2014.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS – DEPEC. **Mineração e siderurgia.** 2019. Disponível em: [https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_mineracao\\_siderurgia.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_mineracao_siderurgia.pdf). Acesso em: 16 jul. 2024.

DIFERRO. **O impacto da siderurgia no Brasil: veja como será 2024.** 2024. Disponível em: <https://www.diferro.com.br/blog/tecnologia/o-impacto-da-siderurgia-no-brasil-veja-como-sera-2024.html>. Acesso em: 18 ago. 2024.

FERRAMENTAL. **A importância do mercado siderúrgico para a economia brasileira.** 2023. Disponível em: <https://www.revistaferramental.com.br/noticia/a-importancia-do-mercado-siderurgico-para-a-economia-brasileira>. Acesso em: 24 set. 2024.

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa.** São Paulo: Grupo GEN, 2021.

GROOVER, M. P. **Introdução aos processos de fabricação.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2014.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Estatística mensal.** 2024. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/estatistica-mensal/>. Acesso em: 17 ago. 2024.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Etapas.** 2015. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/processo-siderurgico>. Acesso em: 03 ago. 2024.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade.** 2021. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/relatoriodesustentabilidade/index.html>. Acesso em: 19 jul. 2024.

KIMINAMI, C. S.; WALMAN, B. C.; OLIVEIRA, M. F. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos.** São Paulo: Edgard Blücher, 2013.

LANDIVA, T. H. **Gestão da qualidade total.** São Paulo: Editora Saraiva, 2021.



LIMEIRA, E. T. N. P.; LOBO, R. N.; MARQUES, R. N. **Controle da qualidade: princípios, inspeção e ferramentas de apoio na produção de vestuário.** São Paulo: Editora Saraiva, 2015.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade.** São Paulo: Editora Saraiva, 2020.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade.** [S.l.]: [s.n.], 2012.

MATTAR, J.; RAMOS, D. K. **Metodologia da pesquisa em educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mista.** São Paulo: Grupo Almedina (Portugal), 2021.

MAZZAFERRO, J. A. E. **Indústria 4.0 e a qualidade da informação.** São Paulo: Soldagem & Inspeção, 2018.

RIZZO, E. M. S. **Processos de laminação dos aços: uma introdução.** São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

OLIVEIRA, S. T. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade.** São Paulo: Pioneira, 1995.

OLIVEIRA, O. J. **Curso básico de gestão da qualidade.** São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2014.

PAVÃO, Wallace. Anormalidades e falhas dos rolos do laminador. **Blog - Proeminente Sistemas**, 2020. Disponível em: <https://www.proeminente.com.br/blog/post/mundo/anormalidades-e-falhas-dos-rolos-do-laminador>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SILVA, J. P.; OLIVEIRA, M. R. **Processos de laminação a quente na siderurgia moderna.** Revista Brasileira de Engenharia, v. 29, n. 3, p. 45-58, 2023.

SILVA, João; PEREIRA, Maria. **Tecnologias verdes para a produção sustentável de aço.** Revista Brasileira de Engenharia, 2020.

SILVA, D. G. M.; VASCONCELOS, W. L. **Isolante térmico fibroso: motivos de sua utilização como revestimentos de trabalho em equipamentos industriais que operam em altas temperaturas.** Belo Horizonte: Cerâmica, 2017.

SILVA, K. C. N.; BARBOSA, C.; CÓRDOVA JUNIOR, R. S. **Sistemas de informações gerenciais.** Porto Alegre: Editora Grupo A, 2019.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Pesquisa qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de teoria fundamentada.** Porto Alegre: Artmed, 2008.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas.** [S.l.]: [s.n.], 2012.

VIANA, C. M. **Análise de defeitos superficiais com origem no processo de laminação de aços especiais para a cadeia automotiva e implementação de soluções.** 2009. Tese

(Mestrado em Engenharia Metalúrgica) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

VIANA, F. L. E. **Indústria siderúrgica**. Fortaleza: Caderno Setorial, 2020.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.