

# PLANO DE GERENCIAMENTO DE MATERIAIS DE REPOSIÇÃO PARA MITIGAÇÃO DE FALHAS NO PROCESSO DE RESFRIAMENTO EM LINHAS PRODUTIVAS DE UMA ACIARIA

## SPARE MATERIALS MANAGEMENT PLAN TO MITIGATE FAILURES IN THE COOLING PROCESS ON PRODUCTION LINES OF A STEEL MILL

Maria Clara Carvalho Gusmão<sup>1</sup>  
Ana Cláudia Vaz de Araújo<sup>2</sup>

### RESUMO

O resfriamento no processo de lingotamento contínuo é essencial para a solidificação do aço líquido de forma controlada. Falhas nas bombas de resfriamento podem interromper o fluxo de água, resultando na refrigeração inadequada, aumentando o tempo de inatividade de uma aciaria. A disponibilidade de materiais de reposição adequados para as bombas d'água é fundamental para manter a eficiência das linhas produtivas. Neste estudo, foi implementado um plano de gerenciamento de materiais de reposição para bombas de resfriamento em uma aciaria, com o objetivo de reduzir as falhas recorrentes. Para a análise das causas dessas falhas, foram aplicadas metodologias como o Diagrama de Ishikawa e o Método dos 5 Porquês, as quais permitiram identificar fatores críticos, incluindo o uso de materiais inadequados. A partir dessas informações, foi elaborado um plano de gerenciamento de materiais, que incluiu a criação de um inventário detalhado com as especificações técnicas dos componentes, a classificação dos itens de reposição por criticidade, a implementação de planos de manutenção e auditorias regulares para monitorar a eficácia do sistema. Os resultados demonstraram uma redução significativa no tempo de inatividade das máquinas, de 878 minutos para 123 minutos no período de 6 meses, representando uma diminuição de aproximadamente 85,9%. Esses resultados reforçam a importância de um gerenciamento eficaz de materiais e a correta disponibilidade de peças de reposição para a manutenção da eficiência operacional, destacando a relevância de práticas proativas de manutenção e controle rigoroso de qualidade dos materiais.

**Palavras-chave:** lingotamento contínuo; bombas de resfriamento; materiais de reposição.

### ABSTRACT

Cooling in the continuous casting process is essential for the solidification of liquid steel in a controlled manner. Failures in cooling pumps can interrupt the flow of water, resulting in inadequate cooling and increasing the downtime of a melt shop. The availability of suitable replacement materials for the water pumps is fundamental to maintaining the efficiency of the production lines. In this study, a spare materials management plan was implemented for cooling pumps in a steel mill, with the aim of reducing recurring failures. To analyze the causes of these failures, methodologies such as the Ishikawa Diagram and the 5 Whys Method were applied, which enabled critical factors to be identified, including the use of inappropriate materials. Based on this information, a materials management plan was drawn up, which included the creation of a detailed inventory with the technical specifications of the components, the

---

<sup>1</sup> Bacharelada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2024.

<sup>2</sup> Doutora em química pela Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

classification of replacement items by criticality, the implementation of maintenance plans and regular audits to monitor the effectiveness of the system. The results showed a significant reduction in machine downtime, from 878 minutes to 123 minutes over the 6-month period, representing a decrease of approximately 85.9%. These results reinforce the importance of effective materials management and the correct availability of spare parts for maintaining operational efficiency, highlighting the importance of proactive maintenance practices and strict quality control of materials.

**Keywords:** continuous casting; cooling pumps; spare materials.

## INTRODUÇÃO

O processo de um lingotamento contínuo (LC), em uma aciaria, é composto por diversas etapas, com o objetivo de extrair calor do aço líquido de forma controlada, resultando na solidificação do metal em diferentes formas e dimensões. A solidificação total do metal líquido ocorre em três áreas de resfriamento específicas da máquina de lingotamento, Figura 1, conhecidas como zona de refrigeração primária, zona de refrigeração secundária e zona de radiação livre<sup>1</sup>.

Figura 1 – Layout da máquina de lingotamento contínuo.



Fonte: Almeida, 2016.

O resfriamento dos produtos de aço é visto como um dos principais desafios nas usinas siderúrgicas. Os materiais precisam ser resfriados até a temperatura ambiente, para que as fases de inspeção, condicionamento e preparação para envio, possam ser realizadas<sup>2</sup>. As bombas de água desempenham um papel vital no sistema de resfriamento do LC. Existem duas principais categorias de bombas usadas nesse processo. A primeira são as bombas

de alta pressão, conhecidas como bombas *booster* e bombas *spray*, que são usadas, principalmente, na zona de refrigeração secundária. Essas bombas fornecem água em alta pressão para os bicos de *spray*, que resfriam o aço em jatos controlado. A segunda categoria, são as bombas de circulação, que são utilizadas na zona de refrigeração primária, para o resfriamento do molde e para a recirculação da água no sistema<sup>3,4</sup>.

Manter o bom funcionamento das bombas de água no processo de lingotamento, em uma aciaria, é crucial. Se as bombas falharem, o fluxo de água pode ser interrompido, ou desregulado, resultando em um resfriamento inadequado. Isso pode levar a uma solidificação do metal não uniforme, causando defeitos, como trincas e falhas na estrutura, comprometendo a qualidade do produto final<sup>5,6</sup>. Bombas com falhas de funcionamento podem resultar em períodos de inatividade, exigindo a interrupção do processo para reparos, o que afeta diretamente a produtividade, e eleva os custos operacionais<sup>7</sup>.

Para prevenir falhas, e minimizar os impactos que possam comprometer a linha produtiva, a manutenção regular das bombas de água, em uso, e das bombas reservas, é essencial<sup>8</sup>. Planos de manutenção preventiva podem identificar e corrigir problemas, antes que eles se tornem críticos, garantindo que as bombas operem de forma eficiente e confiável<sup>9</sup>. A manutenção regular inclui a inspeção de componentes, a substituição de peças desgastadas, a verificação de possíveis

sinais de falhas iminentes e o controle de materiais de reposição<sup>10</sup>.

Materiais de reposição, também conhecidos como sobressalentes, são peças e componentes, que substituem partes do equipamento, que se desgastam ou falham ao longo do tempo<sup>11,12</sup>. Os materiais de reposição para bombas de água são essenciais para garantir a continuidade e a eficiência em linhas produtivas. Quando uma bomba falha, é fundamental ter peças de reposição disponíveis<sup>13</sup>.

Uma gestão eficiente dos materiais de reposição, é indispensável para prevenir os problemas citados. Peças de reposição de alta qualidade, asseguram que as bombas de água operem conforme o esperado. Para garantir essa qualidade, é essencial que as peças atendam às especificações técnicas<sup>14,15</sup>.

O presente trabalho teve como objetivo implementar um plano de gerenciamento de materiais e peças de reposição, de acordo com especificações técnicas, na manutenção de bombas de resfriamento, visando a redução do tempo de interrupção de processo.

## **METODOLOGIA**

### **Identificação da área crítica de interrupção de processo na aciaria**

Para identificar a área crítica de interrupção de processo na aciaria, o primeiro passo foi coletar dados abrangentes e detalhados sobre as falhas ocorridas ao longo do ano de 2023 por meio do sistema de monitoramento automatizado da área. Esse sistema coleta diariamente as interrupções relacionadas a paradas de manutenção e operação, armazenando-as automaticamente em uma base de dados.

Após a coleta, os dados foram tratados de forma sistemática, para garantir a consistência e a precisão. Isso envolveu a limpeza, para remover informações redundantes ou incorretas, e a organização dos dados em um formato que facilitasse a análise.

Cada ocorrência de interrupção foi classificada e registrada em uma planilha detalhada. A classificação incluiu várias variáveis, como: período da falha (mês e dia), local causador, lote de material afetado, tipo de interrupção (manutenção ou operação), atribuição (mecânica ou elétrica), disfunção (equipamento), tempo da falha (em minutos), e descrição da falha.

### **Estratificação de perdas por equipamento**

Para estratificação de perdas, os tempos das disfunções foram agrupados. Esse agrupamento envolveu somar o tempo total de inatividade de cada equipamento, durante o período analisado. A lista de equipamentos foi colocada em ordem decrescente, com base no tempo total da falha, permitindo uma visão clara do tempo que cada um contribuiu para as perdas totais.

Para melhor visualização dos dados, foi utilizada a ferramenta do Gráfico de Pareto, onde foi possível verificar o acentuado problema com as bombas de resfriamento do LC. Uma linha de porcentagem acumulada foi adicionada ao gráfico, para mostrar a contribuição cumulativa das perdas.

### **Análise das causas de falhas das bombas no processo de lingotamento contínuo**

Para realizar a análise das causas de falhas das bombas de resfriamento no processo do LC, foi utilizada uma abordagem estruturada, que incluiu o uso do Diagrama de Ishikawa. O diagrama foi estruturado no formato de uma espinha de peixe, com o problema principal (falhas nas bombas) colocado na "cabeça" do peixe, e as possíveis causas organizadas como espinhas ao longo do "corpo". Essas causas foram agrupadas em seis categorias: máquinas, métodos, materiais, medida, mão de obra, e meio ambiente. Para cada categoria considerada como principal fator de falha, foram listadas subcausas específicas, que poderiam estar

contribuindo para os problemas nas bombas.

Foi aplicado o Método dos 5 Porquês para aprofundar a análise e identificar a causa raiz dos problemas encontrados. O método envolveu perguntar repetidamente "por quê?" a respeito de cada causa listada, até que a causa raiz, que é a origem fundamental do problema, fosse identificada.

### **Criação do plano de gerenciamento de materiais**

Em conjunto com as análises anteriores, foi desenvolvido um plano de gerenciamento de materiais, definido por quatro etapas sequenciais.

Na primeira etapa, foi realizado um inventário completo, levantando todos os materiais de reposição disponíveis e a quantidade de estoque existente para três bombas específicas, sendo elas: bomba *booster MegaCPK*, Figura 2, bomba de circulação *Meganorm*, Figura 3, e a bomba *spray UND*, Figura 4.

Figura 2 – Bomba *booster MegaCPK*.



Fonte: KSB, 2024.

Figura 3 – Bomba de circulação *Meganorm*.



Fonte: KSB, 2024.

Figura 4 – Bomba *spray UND*.



Fonte: OMEL, 2024.

Na segunda etapa, os materiais foram classificados conforme os seguintes

critérios: criticidade, frequência de uso, e tempo de reposição, utilizando o método de classificação ABC. Os materiais da classe A foram identificados como críticos e de alta rotatividade, enquanto os da classe B foram considerados de importância intermediária e com uso regular. A classe C incluiu materiais de baixa criticidade e uso esporádico.

Na terceira etapa, foram estabelecidos os níveis mínimos, médios e máximos de estoque com base na classificação dos materiais, utilizando o método visual de *Kanban*. O nível mínimo foi marcado em vermelho, o ponto de reposição em amarelo, e o nível máximo em verde.

Na quarta etapa, foi realizada a capacitação da equipe, para assegurar que operadores e técnicos estivessem familiarizados com as melhores práticas de armazenamento e manuseio desses materiais.

### **Elaboração de lista de especificações técnicas dos componentes de bombas de resfriamento**

O *software* SAP (*Systems, Applications, and Products in Data Processing*) foi utilizado como ferramenta principal para a elaboração da lista de especificações técnicas dos componentes das bombas.

Para cada componente das bombas, foram catalogados: a nomenclatura técnica, o grupo de mercadorias empregado, a sua classificação, a especificação do material, e o tipo de acabamento (quando necessário).

### **Análises de verificação da conservação de bombas de reposição e seus componentes**

Foram elaborados planos para análises periódicas de verificação de conservação, a fim de assegurar que as bombas em operação estejam em correto funcionamento e as reservas estejam em boas condições antes de sua instalação ou uso. Esses planos foram divididos em duas etapas.

Na primeira etapa, utilizou-se o método de peritagem por inspeção visual para detectar áreas afetadas por corrosão e desgaste, como rachaduras ou erosão, especialmente em bombas armazenadas por longos períodos ou aquelas expostas a ambientes úmidos.

Na segunda etapa, foram realizadas medições dimensionais dos componentes, para assegurar que estivessem conforme as especificações técnicas originais. Além disso, foram conduzidos testes de funcionamento, e análises de óleo parado.

As medições dos componentes foram feitas com auxílio de um paquímetro. Os testes de funcionamento foram realizados a partir da montagem da bomba, e sua colocação em operação, enquanto se monitorou seu desempenho em tempo real. E as análises de óleo parado foram realizadas por meio da coleta de amostras de óleo do reservatório das bombas, as quais foram encaminhadas ao setor laboratorial, para a verificação da presença de contaminantes, degradação do óleo, e avaliação da condição geral do lubrificante.

### **Análise dos indicadores de desempenho**

Foram definidos dois indicadores principais para avaliação do sucesso do plano de gerenciamento implementado.

O primeiro indicador foi a redução do tempo de interrupção, ocasionado por falhas nas bombas d'água. Mensalmente, os registros de paradas foram analisados no sistema de monitoramento da aciaria e comparados com o Gráfico de Pareto inicial, para quantificar a diminuição das interrupções. Com base nesses dados, foi possível criar um novo gráfico, refletindo a eficácia das medidas implementadas e proporcionando uma visão clara da evolução no desempenho das bombas.

O segundo indicador foi a melhoria na nota da avaliação da maturidade da manutenção, com foco na gestão de materiais de reposição (sobressalentes). Trimestralmente, a equipe de liderança da Engenharia de Manutenção conduziu auditorias detalhadas na área, com o

objetivo de garantir que o sistema de gestão de materiais estava sendo executado conforme o planejado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise dos dados extraídos do sistema de monitoramento da manutenção aciaria revelou que, no ano de 2023, a área registrou um total de 20.296 minutos de interrupção devido a 71 disfunções distintas. Através do tratamento e classificação desses dados, foi identificado que 7.158 minutos, aproximadamente 35% do total de paradas, estavam associados a problemas na célula de lingotamento contínuo. Além disso, a análise das atribuições mostrou que 4.193 minutos, cerca de 21% do total, foram relacionados a problemas mecânicos no LC.

A estratificação dos dados por equipamento resultou na Tabela 1, a qual apresenta, em ordem decrescente, os equipamentos com maior número de ocorrências de interrupção ao longo do ano, em termos de minutos.

Tabela 1 – Estratificação das falhas por equipamento.

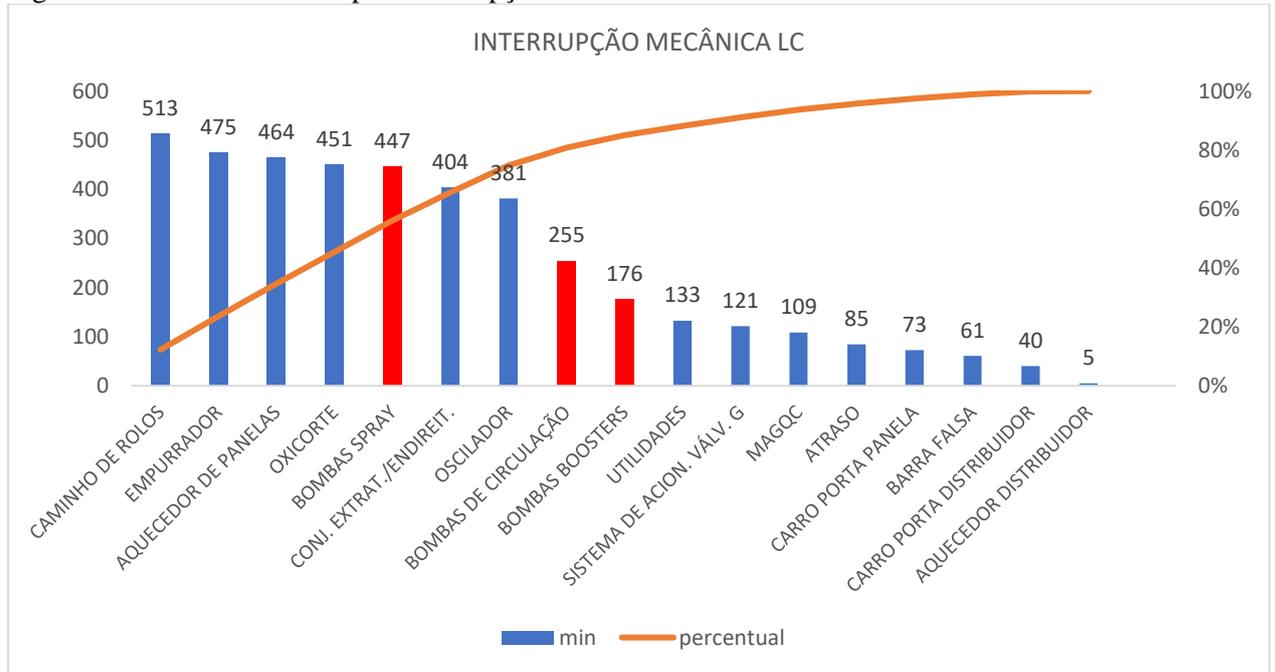
| <b>Falha por equipamento</b> | <b>Tempo (min)</b> |
|------------------------------|--------------------|
| Caminho de rolos             | 513                |
| Empurrador                   | 475                |
| Aquecedor de panelas         | 464                |
| Oxicorte                     | 451                |
| Bombas <i>spray</i>          | 447                |
| Conj. Extrat./Endireit.      | 404                |
| Oscilador                    | 381                |
| Bombas de circulação         | 255                |
| Bombas <i>boosters</i>       | 176                |
| Utilidades                   | 133                |
| Sistema de acion.            | 121                |
| MAG-QC                       | 109                |
| Atraso                       | 85                 |
| Carro porta panela           | 73                 |
| Barra falsa                  | 61                 |
| Carro porta distribuidor     | 40                 |
| Aquecedor distribuidor       | 5                  |

Fonte: A autora.

Com a representação gráfica apresentada na Figura 5, derivada dos dados da Tabela 1, observa-se que, dos 4.193 minutos de interrupção mecânica, 878 minutos estão associados a problemas com bombas d'água. Esses 878 minutos são

distribuídos entre falhas específicas, incluindo: bombas *spray* (447 minutos), bombas de circulação (255 minutos) e bombas *boosters* (176 minutos). O que evidencia o problema de resfriamento da linha produtiva.

Figura 5 – Gráfico de Pareto para interrupção mecânica do LC.

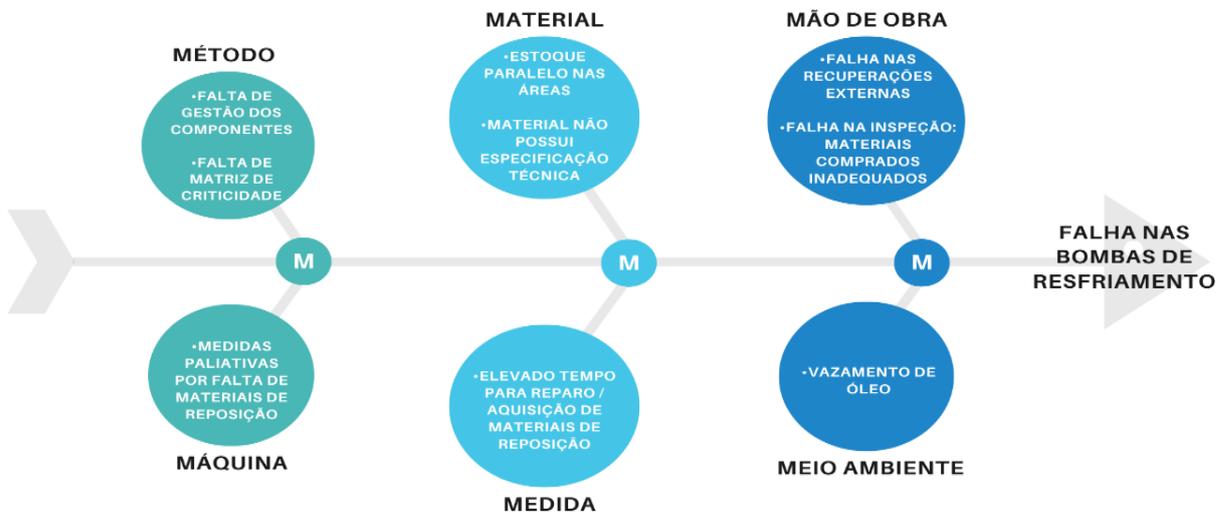


Fonte: A autora.

As análises das causas de falhas das bombas no processo de lingotamento contínuo, realizadas pelos métodos de

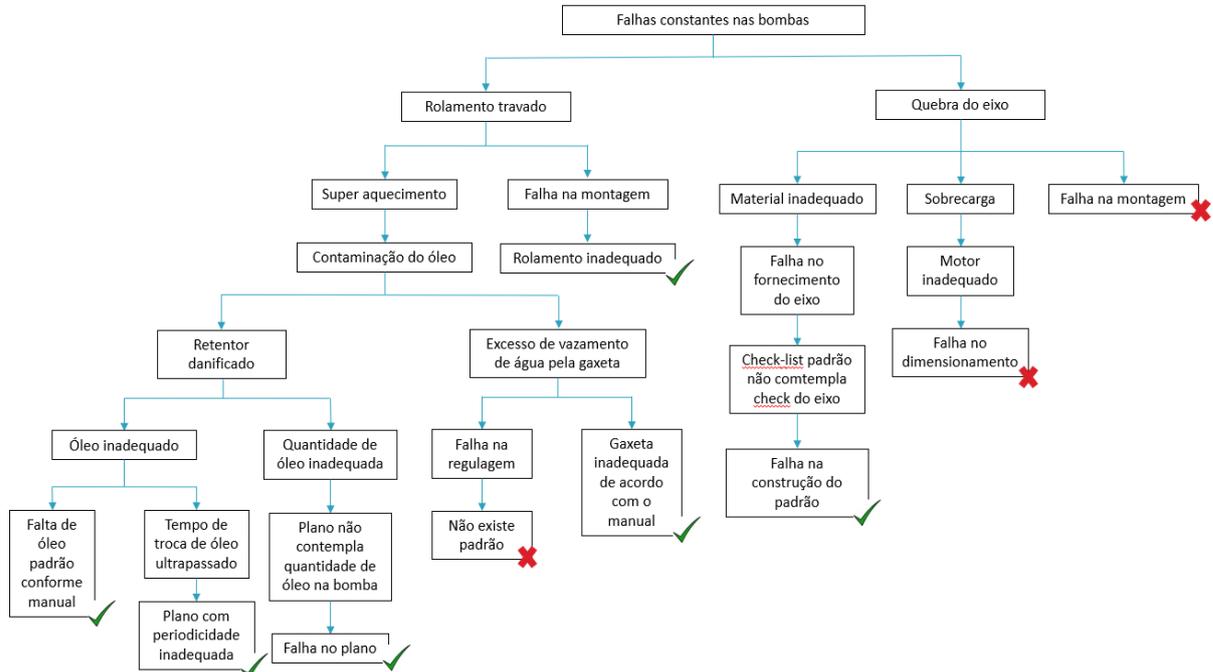
Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês estão representadas, respectivamente, nas Figuras 6 e 7.

Figura 6 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: A autora.

Figura 7 – Método dos 5 Porquês.



Fonte: A autora.

O Diagrama de Ishikawa, Figura 6, ilustra os problemas enfrentados em um contexto industrial, em torno de seis componentes principais: mão de obra, meio ambiente, material, medida, método e máquina.

A análise da mão de obra revela questões significativas, como falhas nas recuperações externas. Além disso, a falha na inspeção de materiais comprados, que podem ser inadequados ou não compatíveis com os requisitos técnicos. Isso demonstra a necessidade da implementação de um sistema mais rigoroso de verificação e validação de materiais<sup>16</sup>.

O meio ambiente também desempenha um papel crucial na análise técnica, uma vez que foi identificado um vazamento de óleo. Essa falha não só representa um risco para o funcionamento adequado das máquinas, mas também pode acarretar consequências ambientais significativas.

Em relação ao material, observa-se a existência de estoque paralelo em diversas áreas, o que pode sinalizar desorganização e falta de controle de inventário. Além disso, a ausência de especificações técnicas

para os materiais utilizados pode resultar em falhas de compatibilidade e desempenho<sup>17</sup>.

No que tange à medida, existem preocupações com o elevado tempo necessário para reparos e a aquisição de materiais de reposição. Esta demora não apenas prolonga o tempo de inatividade das bombas de resfriamento, mas também aumenta os custos associados à manutenção<sup>18</sup>.

No que diz respeito ao método, as falhas identificadas indicam uma ausência de gestão efetiva dos componentes envolvidos. A falta de uma matriz de criticidade compromete a priorização das ações corretivas e preventivas, levando a um gerenciamento inadequado dos riscos<sup>19</sup>.

Por fim, a análise do componente máquina revela que medidas paliativas, em resposta à falta de materiais de reposição, indicam que a organização pode estar operando de maneira reativa, ao invés de proativa.

Com base na análise, foram identificadas três subcausas específicas contribuindo para o problema. A primeira subcausa refere-se à lista de especificações técnicas, indicando a ausência de um

procedimento de atualização regular para essa lista. A segunda subcausa relaciona-se à preservação dos materiais de reposição, evidenciando que os materiais estocados não possuíam um plano sistemático de verificação do estado de conservação. A terceira subcausa é a ausência de uma classificação de criticidade para os itens estocados para manutenção, revelando que não há um sistema estabelecido para avaliar a importância e a urgência dos componentes estocados.

O Método dos 5 Porquês, Figura 7, é apresentado por meio de um fluxograma que detalha as falhas recorrentes nas bombas.

No topo da estrutura, temos a categorização das falhas em "Rolamento travado" e "Quebra do eixo". A árvore de decisão inicia com o "Rolamento travado", que pode ser causado por superaquecimento ou falha na montagem. O superaquecimento do rolamento é um dos problemas críticos, pois pode levar à falha completa do mesmo<sup>20</sup>. No caso da falha de montagem, foi observado que o rolamento utilizado na bomba estava com material inadequado, o que resultou em desgaste prematuro do componente.

A contaminação do óleo, por sua vez, é abordada com um foco especial em um possível "retentor danificado", que pode causar vazamentos e comprometer a qualidade do óleo, levando a um desempenho inadequado. Ou, por um "excesso de vazamento de água pela gaxeta", que ocorre quando a vedação, que é responsável por evitar a fuga de fluidos em uma bomba ou equipamento, não está funcionando corretamente, no qual foi verificando, mais uma vez, que o material estava inadequado.

Ao detalhar as consequências da contaminação do óleo, o fluxograma revela uma série de problemas, como o uso de óleo inadequado, falta de periodicidade na troca do mesmo e falta de quantidade adequada que deve ser utilizada. Esses itens indicam a importância de seguir as recomendações do fabricante para a manutenção,

ênfatizando que falhas podem surgir pela falta de um plano de manutenção adequado e pela ausência de padrões bem definidos.

Seguindo para a ramificação "Quebra do eixo", são abordadas diversas causas potenciais, incluindo material inadequado, sobrecarga e falha na montagem.

A análise de material é crucial, pois a utilização de componentes inadequados pode não suportar a pressão e as tensões operacionais<sup>21</sup>. Um ponto relevante apresentado no fluxograma é o destaque para a falha no fornecimento do eixo e a falta de checklist padrão, que não contempla a verificação do eixo, o que mostra a necessidade de processos na fabricação e instalação de equipamentos.

Por outro lado, a sobrecarga e a falha na montagem foram descartados do problema, pois foram verificadas a sua conformidade.

Em suma, essa análise técnica proporcionou um guia visual que aponta para as múltiplas interações entre as falhas, ênfaticamente a importância da prevenção, planejamento e acompanhamento regular das operações das bombas.

Em paralelo às análises, foi iniciada as fases do plano de gerenciamento de materiais. A partir do inventário de cada uma das três bombas em estudo, foi possível identificar 62 itens, considerados como peças de reposição.

A classificação ABC dos itens pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação ABC.

| <b>Classe</b> | <b>Quantidade de itens</b> |
|---------------|----------------------------|
| A             | 17                         |
| B             | 20                         |
| C             | 25                         |

Fonte: A autora.

Os 17 itens da classe A, representam os itens mais críticos e de maior valor para o processo<sup>22</sup>. Mesmo sendo uma quantidade relativamente pequena (em torno de 27% do total), eles são os que mais impactam o desempenho da produção ou manutenção.

Dentro dessa classe destacam-se: rotores, eixo, rolamentos, carcaça, tampas traseiras, adaptadores, suportes e guarnições das bombas.

Os 20 itens da classe B (aproximadamente 32% do total) têm um impacto moderado no processo. Eles exigem um controle equilibrado, pois embora não sejam tão críticos quanto os da classe A, sua falta ainda pode causar problemas no processo<sup>23</sup>. Dentro dessa classe destacam-se: pés do suporte do rolamento, tampas do rolamento, chaveta do acoplamento, arruelas de segurança, porcas de fixação, anéis *o-ring*, lubrificadores de nível, retentores, defletores, anéis de desgaste, kit-junta, gaxetas e luvas.

Por fim, os 25 itens da classe C representam a maior parte dos itens (cerca de 40% do total), mas têm pouca relevância em termos de valor ou criticidade. Dentro dessa classe encontra-se os demais componentes das bombas.

A configuração do modelo de *Kanban* utilizado para reposição dos componentes das bombas pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 – Modelo *Kanban*.

| Bomba Booster MegaCPK                |                  |    |   |    |   |   |
|--------------------------------------|------------------|----|---|----|---|---|
| COMPONENTE                           | FAROL QUANTIDADE |    |   |    |   |   |
| ROTOR 080-50-315                     | ●                | 5  | ● | 2  | ● | 1 |
| KIT-JUNTA MCPK CS50/ 080-050-315 BRA | ●                | 8  | ● | 4  | ● | 2 |
| GAXETA 9,5X9,5                       | ●                | 20 | ● | 10 | ● | 5 |
| ANEL DESGASTE 110/120X10             | ●                | 12 | ● | 6  | ● | 3 |
| ANEL DESGASTE 150/165X12             | ●                | 12 | ● | 6  | ● | 3 |
| EI XO CS50- DRY                      | ●                | 4  | ● | 2  | ● | 1 |
| LUVA PROTEI XO                       | ●                | 16 | ● | 8  | ● | 4 |
| ROLAMENTO RAD. ROLOS NU 310 E        | ●                | 8  | ● | 4  | ● | 2 |
| ROLAMENTO CONT.ANG. 7310B            | ●                | 8  | ● | 4  | ● | 2 |
| RETENTOR AS 50X 68X 8                | ●                | 12 | ● | 6  | ● | 3 |
| RETENTOR AS 45X 60X 7                | ●                | 12 | ● | 6  | ● | 3 |

Fonte: A autora.

Analisando essa configuração, é possível notar que os componentes foram listados claramente, o que facilita a identificação da bomba. A coluna "Farol" usa um sistema de semáforo (verde, amarelo, vermelho) para representar

visualmente a situação de estoque de cada componente. A coluna "Quantidade" fornece dados quantitativos sobre as peças em estoque, possibilitando uma análise imediata da disponibilidade<sup>24</sup>.

A presença de itens em vermelho sugere que ações de reabastecimento são necessárias imediatamente. Isso foi essencial para evitar interrupções indevidas na produção ou manutenção. O que melhorou a comunicação entre as equipes de produção e manutenção. Além de auxiliar a equilibrar o nível de estoque, minimizando desperdícios.

A capacitação da equipe foi fundamental para garantir que operadores e técnicos estivessem bem informados sobre as melhores práticas de armazenamento e manuseio dos materiais. Bem como a correta utilização do *Kanban* implementado.

A lista de especificação técnica, desenvolvida no SAP, pode ser observada na Figura 9.

Figura 9 – Especificação técnica no SAP.

| ID       | Nome do Componente      | Farol    |
|----------|-------------------------|----------|
| 14272744 | CARCAÇA OMEL 30257307   | Verde    |
| 14273053 | TAMPA OMEL 41514307     | Vermelho |
| 14272746 | ADAPTADOR OMEL 30254001 | Verde    |
| 14272748 | SUPORTE OMEL 30243001   | Verde    |
| 14272751 | SUPORTE OMEL 30255051   | Vermelho |
| 14272754 | TAMPA OMEL 30246001     | Vermelho |
| 14272834 | ROTOR OMEL 30256263     | Vermelho |
| 14273055 | EIXO OMEL 30221152      | Vermelho |
| 14272839 | CHAVETA OMEL M0008152   | Verde    |
| 14272841 | ROLAMENTO OMEL M0761100 | Vermelho |
| 14272842 | ROLAMENTO OMEL M0045100 | Vermelho |
| 14272847 | ARRUELA OMEL F0047100   | Verde    |
| 14272861 | ANEL O OMEL F0276503    | Vermelho |
| 14272868 | GUARNICAO OMEL N0043556 | Vermelho |
| 14272869 | GUARNICAO OMEL N0038512 | Vermelho |
| 14272870 | ANEL OMEL F0072503      | Vermelho |
| 14272872 | ANEL OMEL F0048100      | Vermelho |

Fonte: A autora.

Cada componente foi analisado minuciosamente para corrigir erros anteriores relacionados à especificação incorreta de materiais.

O plano piloto, foi desenvolvido para a análise periódica de verificação da conservação das bombas e seus componentes, pode ser observado na Figura 10.

Com o início das análises periódicas, foi possível aprimorar o plano

piloto, onde foi possível incluir análises personalizadas para cada tipo específico de bomba. Estes novos planos foram elaborados com base nas necessidades individuais e características operacionais de

cada modelo de bomba, permitindo uma abordagem mais precisa e eficaz na verificação e manutenção.

Figura 10 – Plano piloto de verificação da conservação das bombas.

| Texto Longo da Descrição da Ordem         |          |  |
|---|----------|--|
| MAM-M-3M-INSP-SOBRESSALENTE BOMBA BOOSTER |          |  |
| Oper                                      | Centro   | Descrição da Operação  |
| 0010                                      | AC-PE-MM | DISPONIBILIDADE DA BOMBA BOOSTER RESERVA<br><br>DIRIGIR-SE ATÉ O ALMOXARIFADO E VERIFICAR QUANTO A DISPONIBILIDADE DA BOMBA, CASO A BOMBA NÃO ESTEJA NO ESTOQUE, VERIFICAR SE A BOMBA JÁ SAIU PARA CONsertO E O PRAZO DO RETORNO. INFORMAR AO ASSISTENTE TÉC/COORDENADOR A FALTA DO ITEM NO ESTOQUE. |
| 0020                                      | AC-PE-MM | INTEGRIDADE DOS COMPONENTES<br><br>INSPECIONAR INTEGRIDADE DA BOMBA:<br>- CORROSÃO DO EIXO<br>- OXIDAÇÃO DO EQUIPAMENTO  |
| 0030                                      | AC-PE-MM | TESTAR/VERIFICAR COMPONENTE<br><br>VERIFICAR ÓLEO PARADO;<br>VERIFICAR CORROSÃO DO EIXO;<br>REALIZAR LIMPEZA DA BOMBA;<br>GIRAR EIXO PARA VERIFICAR SE O MESMO ESTÁ TRAVADO;   |

Fonte: A autora.

Por meio das rotas de peritagem por inspeção visual, foi possível observar o estado corrosivo e vazamentos acentuados de bombas que estavam em funcionamento, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 – Bomba *booster* apresentando corrosão e vazamento.



Fonte: A autora.

Durante as inspeções dos componentes das bombas armazenadas, foram identificadas zonas de corrosão no eixo da bomba *booster*. Verificou-se que o material do eixo não correspondia ao especificado, conforme foi destacado na

etapa de análise por meio do Método dos 5 Porquês. Em vez de aço inoxidável A276 TYPE 316<sup>25</sup>, foi encontrado um metal comum, inadequado para o ambiente operacional. A presença da corrosão no eixo indicou que o material utilizado não possuía as propriedades necessárias para resistir à corrosão, comprometendo a durabilidade e a eficiência do componente<sup>26</sup>.

Durante as medições dimensionais dos componentes, não foram observados desvios significativos nas medidas em relação às especificações técnicas. No entanto, as análises de óleo parado, enviadas para o laboratório, revelaram que o óleo utilizado não correspondia à especificação fornecida pelo fabricante para os tipos de bombas em questão. A divergência no tipo de óleo estava comprometendo o desempenho e a longevidade das bombas, o que pôde ser comprovado durante os testes de funcionamento.

Contudo, foi necessário substituir as bombas que apresentaram níveis acentuados de corrosão, o que dificultava

significativamente a manutenção. Além disso, foram implementadas correções no procedimento de aquisição de lubrificantes e criado um checklist padrão para a compra de bombas *booster*, uma vez que a maioria dos problemas listado estava associada a este modelo específico.

A Figura 12 (a) ilustra a avaliação da célula de manutenção da aciaria, no que diz respeito à gestão de materiais de reposição (sobressalentes), antes da implementação do projeto em análise. Em contraste, a Figura 12 (b) apresenta a avaliação da mesma célula após a conclusão do projeto. Ambas variam em uma escala de nota entre 0 (não tem a prática) até 4 (excelente).

A evolução das notas de avaliação das práticas de gestão de sobressalentes passou de 1, 0, 0 para 3, 2, 2, o que representou um avanço significativo na

implementação de processos e práticas dentro da organização.

A nota 0, que indicava a inexistência de listas técnicas importantes e a falta de critério para a gestão de materiais, foi substituída por uma situação onde as listas estão criadas e atualizadas no sistema SAP, refletindo uma melhoria na organização das informações. Além disso, a inclusão de critérios para a preservação de materiais críticos demonstra um maior comprometimento com a manutenção e o controle, evidenciando progressos na eficiência operacional e no gerenciamento de ativos, o que, por sua vez, pode contribuir para a redução de custos, aumento da confiabilidade dos processos industriais e corrobora para o sucesso das práticas implementadas no plano de gerenciamento

Figura 12 – (a) Avaliação inicial referente a gestão de sobressalentes e (b) Avaliação final referente a gestão de sobressalentes.

| Nº | Práticas/Evidências   | Não tem a prática   | Iniciando | Regular   | Bom | Excelente  | AVALIAÇÃO |
|----|---|---|-----------|---|-----|--|-----------|
|    |   | 0   | 1         | 2   | 3   | 4  |           |
| 7  | <b>Prática:</b><br>Gestão de Sobressalentes                                       | 7.1.0 - Não existem listas técnicas para os ativos da planta.                                       |           | 7.1.2 - As listas técnicas para os locais de instalação mais importantes estão criadas no SAP, porém desatualizadas.  |     | 7.1.4 - As listas técnicas para os locais de instalação A e B estão criadas e atualizadas no SAP.  | 1         |
|    | <b>Evidências:</b><br>- Entrevistas;<br>- Indicadores;<br>- Planos de Manutenção; | 7.2.0 - Não existe criticidade definida para nenhum dos materiais cadastrados utilizados na planta. |           | 7.2.2 - Os materiais cadastrados das listas técnicas dos locais de instalação mais importantes possuem criticidade definida no SAP.   |     | 7.2.4 - Os materiais cadastrados das listas técnicas dos locais de instalação A e B possuem criticidade definida no SAP.   | 0         |
|    | - Ordens de Manutenção;<br>- SAP PM e MM;<br>- Visita as áreas.                   | 7.3.0 - Não existe a prática de preservação de sobressalentes;                                      |           | 7.3.2 - Os materiais cadastrados críticos dos locais de instalação mais importantes possuem a prática de preservação através de planos de manutenção SAP (quando aplicável) e estes estão sendo parcialmente. |     | 7.3.4 - Os materiais cadastrados críticos dos locais de instalação mais importantes possuem a prática de preservação através de planos de manutenção SAP (quando aplicável) e estes estão sendo atendidos. | 0         |

(a)

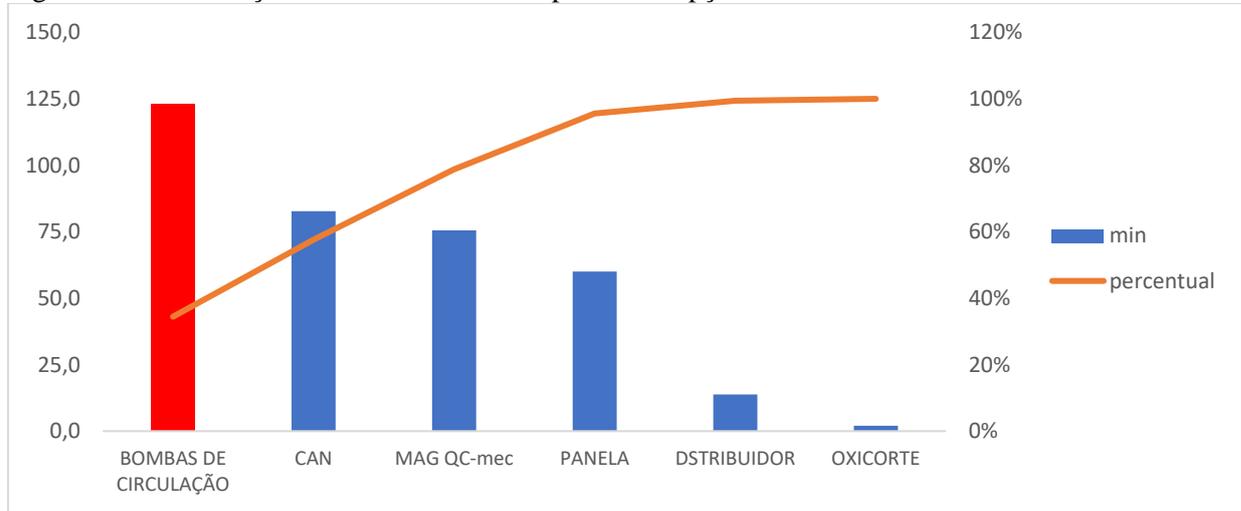
| Nº | Práticas/Evidências   | Não tem a prática   | Iniciando | Regular   | Bom | Excelente  | AVALIAÇÃO |
|----|---|---|-----------|---|-----|--|-----------|
|    |   | 0   | 1         | 2   | 3   | 4  |           |
| 7  | <b>Prática:</b><br>Gestão de Sobressalentes                                       | 7.1.0 - Não existem listas técnicas para os ativos da planta.                                       |           | 7.1.2 - As listas técnicas para os locais de instalação mais importantes estão criadas no SAP, porém desatualizadas.  |     | 7.1.4 - As listas técnicas para os locais de instalação A e B estão criadas e atualizadas no SAP.  | 3         |
|    | <b>Evidências:</b><br>- Entrevistas;<br>- Indicadores;<br>- Planos de Manutenção; | 7.2.0 - Não existe criticidade definida para nenhum dos materiais cadastrados utilizados na planta. |           | 7.2.2 - Os materiais cadastrados das listas técnicas dos locais de instalação mais importantes possuem criticidade definida no SAP.   |     | 7.2.4 - Os materiais cadastrados das listas técnicas dos locais de instalação A e B possuem criticidade definida no SAP.   | 2         |
|    | - Ordens de Manutenção;<br>- SAP PM e MM;<br>- Visita as áreas.                   | 7.3.0 - Não existe a prática de preservação de sobressalentes;                                      |           | 7.3.2 - Os materiais cadastrados críticos dos locais de instalação mais importantes possuem a prática de preservação através de planos de manutenção SAP (quando aplicável) e estes estão sendo parcialmente. |     | 7.3.4 - Os materiais cadastrados críticos dos locais de instalação mais importantes possuem a prática de preservação através de planos de manutenção SAP (quando aplicável) e estes estão sendo atendidos. | 2         |

(b)

Fonte: A autora.

O Gráfico de Pareto atualizado, desenvolvido com a finalização do projeto pode ser observado na Figura 13

Figura 13 – Atualização do Gráfico de Pareto para interrupção mecânica do LC.



Fonte: A autora

A análise técnica dos novos dados extraídos do sistema de monitoramento de manutenção da aciaria revela uma melhoria significativa na performance da célula após a implementação do projeto.

Inicialmente, foram identificados 878 minutos de parada devido a falhas nas bombas d'água. Após a implementação, o tempo de inatividade foi reduzido para 123 minutos, relacionados exclusivamente a problemas nas bombas de circulação do lingotamento contínuo.

Essa redução total de 755 minutos representa uma diminuição de aproximadamente 85,9% nas falhas, evidenciando uma significativa otimização dos processos e aumento da eficiência operacional.

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O estudo realizado sobre o gerenciamento de materiais e peças de reposição na manutenção de bombas de resfriamento, em uma aciaria, revelou insights significativos sobre a importância de um planejamento estruturado e da análise crítica das falhas de manutenção.

Através da coleta e análise de dados históricos de falhas, foi possível identificar

as áreas críticas, que mais impactavam a eficiência do processo de lingotamento contínuo. A implementação de um plano de gerenciamento de materiais não apenas facilitou a identificação de 62 itens de reposição, mas também permitiu a classificação desses itens, segundo a metodologia ABC, destacando a criticidade e a frequência de uso de cada componente.

Os resultados obtidos demonstraram uma redução considerável no tempo de interrupção do processo, que caiu de 878 minutos, para 123 minutos, representando uma diminuição de aproximadamente 85,9%. Essa melhoria é um indicativo claro de que a adoção de práticas de gerenciamento eficazes pode ter um impacto direto na produtividade e na eficiência operacional e de manutenção.

As análises das causas das falhas, realizadas por meio do Diagrama de Ishikawa e do Método dos 5 Porquês, revelaram que a falta de um plano de manutenção adequado, e a ausência de padrões bem definidos, eram fatores críticos que contribuíam para as disfunções nas bombas. Bem como, o problema evidente de materiais incorretos que estavam sendo utilizados em seus componentes.

Além disso, o estudo destacou a necessidade de um controle rigoroso de qualidade na aquisição de materiais, bem como a importância de um sistema de verificação e validação de componentes. A identificação de subcausas, como a falta de especificações técnicas, e a ausência de um plano sistemático de verificação do estado de conservação dos materiais, enfatiza a necessidade de um gerenciamento proativo, que antecipe problemas antes que eles se tornem críticos.

A análise também revelou que a aciaria estava operando de maneira reativa, o que pode ser prejudicial a longo prazo. Portanto, a implementação de um sistema de gestão, que incluiu auditorias regulares, treinamentos para a equipe de manutenção, e a atualização contínua das especificações técnicas dos materiais, foi necessário para a resolução do caso.

Por fim, através do estudo, foi possível concluir que um gerenciamento eficaz de materiais e peças de reposição é fundamental para a manutenção de bombas de resfriamento em uma aciaria, contribuindo para a eficiência do processo produtivo, e a minimização de falhas. A continuidade das práticas recomendadas, e a adoção de uma cultura de melhoria contínua, são essenciais para garantir a competitividade e a excelência operacional no setor.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Márcia, e meu pai, Andrei, por anos de dedicação aos meus estudos, nos quais me fizeram evoluir como pessoa e profissional. Aos meus avós, Gemima e Paulo, que sempre acreditaram no meu potencial. À minha orientadora, Ana Cláudia, por todo ensinamento, apoio e confiança durante a minha graduação. Aos meus colegas de trabalho na Manutenção Aciaria e Oficina Central, que contribuíram grandemente para minha formação em Engenharia de Materiais e no desenvolvimento desse projeto.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup>SILVA, Fernando Vital; ARAÚJO JUNIOR, Ely da Silva; NAVARRO, Jonathan Nicholas da Silva; OLIVEIRA, Maíra Lois Rodrigues de; SOUZA, Paulo Sérgio de. Influência da refrigeração secundária no aparecimento de trincas sub-superficiais nos tarugos produzidos na VSBM. *In: SEMINÁRIO DE ACIARIA - INTERNACIONAL*, 45., 2014, Porto Alegre. **Anais** [...]. Minas Gerais: Votorantim Siderurgia, 2014. p. 2269-2277. DOI: 10.5151/1982-9345-24292. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/influncia-da-refrigerao-secundria-no-aparecimento-de-trincas-sub-superficiais-nos-tarugos-produzidos-na-vsbm>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- <sup>2</sup>COSTALONGA, Flávio; SERAFIM, Markezan Basílio; BELLON, Júlio Cezar. Otimização do processo de resfriamento de placas produzidas por lingotamento contínuo. *In: CONGRESSO ANUAL DA ABM*, 62., 2007, Vitória. **Anais** [...]. Serra: Faculdade do Centro Leste, 2007. p. 2795-2805. DOI: 10.5151/2594-5327-0302. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/otimizao-do-processo-de-resfriamento-de-placas-produzidas-por-lingotamento-contiuo>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- <sup>3</sup>TOTTEN, George E. **Steel heat treatment: metallurgy and technologies**. Boca Raton: CRC Press, 2006. E-book. DOI: 10.1201/NOF0849384523. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/monographs/10.1201/NOF0849384523/steel-heat-treatment-george-totten>. Acesso em: 09 dez. 2024.
- <sup>4</sup>HOUGHTALEN, Robert. J.; HWANG, Ned. H. C.; AKAN, A. Osman. **Engenharia Hidráulica**. [S. I.]: Books Google, 2012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books/about/E>

[engenaria\\_Hidr%C3%A1ulica.html?id=ZITSIAEACAAJ&redir\\_esc=y](#). Acesso em: 09 dez. 2024.

<sup>5</sup>SILVA, Lino Arruda; SHIBATA, Deise. **Solidificação:** lingotamento contínuo. São Paulo: Escola de Engenharia de Lorena, 2013. Disponível em: [https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivo/s/5009972/LOM3045/Lingotamento\\_Contiuo-texto.pdf](https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivo/s/5009972/LOM3045/Lingotamento_Contiuo-texto.pdf). Acesso em: 18 jul. 2024.

<sup>6</sup>PENNA, Lucas Vieira. **Trinca de solidificação off-corner no lingotamento contínuo de Tarugos.** Dissertação (Mestrado Engenharia Metalúrgica e de Minas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-8DNH3M>. Acesso em: 18 jul. 2024.

<sup>7</sup>AS 5 principais falhas em bombas e como detectá-las. **Techplus Automação Industrial**, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.techplus.com.br/as-5-principais-falhas-em-bombas-e-como-detecta-las>. Acesso em: 25 jul. 2024.

<sup>8</sup>CRUZ, Eduardo Francisco da. **Manutenção de bombas hidráulicas centrífugas:** como deve ser um plano de manutenção de uma bomba centrífuga, para evitar a ocorrência de falhas como aquecimento, quebra e desalinhamento. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, Varginha, 2021. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/2203>. Acesso em: 25 jul. 2024.

<sup>9</sup>BARBOSA, Raphael Araújo; COSTA, Fernanda Nunes da; FERREIRA, Laura Maria Leite; NUNES, Carlos Eduardo de Carvalho Bacelar; ALVES, Itallo Bruno Santos. Elaboração e implementação de um plano de manutenção com auxílio do 5S: metodologia aplicada em uma microempresa. *In:* ENCONTRO

NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. **Anais [...]**. Belém: Universidade do Estado do Pará, 2009. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STO\\_091\\_619\\_13510.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_619_13510.pdf). Acesso em: 29 jul. 2024.

<sup>10</sup>SOARES, Isadora. **Inspeção de equipamentos:** passo a passo para realizar. São Paulo: Colibri, 2023. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/inspecao-de-equipamentos/>. Acesso em: 29 jul. 2024

<sup>11</sup>FERREIRA, Emerson José. **Definição de sobressalentes de manutenção a partir de análise de modos de falhas e seus efeitos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/18657>. Acesso em: 29 jul. 2024.

<sup>12</sup>SILVA, Bruno Barros; LELLIS, Elias de Almeida; DUARTE, Tumilla Caçado; BARROS, Jose Norberto; CAIXETA, Leonardo Henrique de Freitas; MOREIRA, Rodrigo Rogério de Braga. Planejamento de materiais sobressalentes para paradas programadas de manutenção e gestão de estoques de materiais operacionais e estratégicos. *In:* SEMINÁRIO DE LOGÍSTICA, PCP, SUPRIMENTOS TRANSPORTES, 26., 2007, Vitória. **Anais [...]**. Ouro Branco: Gerdau, 2007. p. 226-228. DOI 10.5151/2594-360x-0023. Disponível em: <https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/planejamento-de-materiais-sobressalentes-para-paradas-programadas-de-manutencao-e-gesto-de-estoques-de-materiais-operacionais-e-estrategicos>. Acesso em: 09 dez. 2024.

<sup>13</sup>IMPORTÂNCIA de peças de reposição em manutenção. **BHT LOGISTICS SOLUTIONS**, São Paulo, 2023. Disponível em:

[importancia-de-pecas-de-reposicao/](#). Acesso em: 29 jul. 2024.

<sup>14</sup>O que são especificações técnicas?. **Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante**, Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/o-que-sao-especificacoes-tecnicas/>. Acesso em: 05 ago. 2024.

<sup>15</sup>JANFRONE, Alexandre Spolaor; CAMPOS, Ronaldo Ribeiro de. Gestão de estoque de peças sobressalentes: um estudo de caso para redução de horas de máquina parada em uma indústria do ramo metalúrgico. **Revista Interface Tecnológica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 613–624, jul. 2020. DOI: 10.31510/infa.v17i1.765. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/343408396\\_GESTAO\\_DE\\_ESTOQUE\\_DE\\_PECAS\\_SOBRESSALENTES\\_um\\_estudo\\_de\\_caso\\_para\\_reducao\\_de\\_horas\\_de\\_maquina\\_parada\\_em\\_uma\\_industria\\_do\\_ramo\\_metalurgico](https://www.researchgate.net/publication/343408396_GESTAO_DE_ESTOQUE_DE_PECAS_SOBRESSALENTES_um_estudo_de_caso_para_reducao_de_horas_de_maquina_parada_em_uma_industria_do_ramo_metalurgico). Acesso em: 09 dez. 2024.

<sup>16</sup>OLIVEIRA, Marcio Jardim de. **Indicação de descontinuidades em materiais metálicos e compósitos**: uma comparação entre métodos não destrutivos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) - Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/24444/24444\\_1.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/24444/24444_1.PDF). Acesso em: 06 set. 2024.

<sup>17</sup>CERON, Luciano Peske. Projeto e especificação de bombas industriais. **Revista e Portal Meio Filtrante**, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Artigo/993/projeto-e-especificacao--de-bombas-industriais>. Acesso em: 10 set. 2024.

<sup>18</sup>PADILHA JUNIOR, Roberio Fonseca; RODRIGUES, Greison da Silva. Gestão de

estoques de peças de reposição da manutenção: um estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2012. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2012\\_TN\\_STP\\_158\\_924\\_19516.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGERP2012_TN_STP_158_924_19516.pdf). Acesso em: 10 set. 2024.

<sup>19</sup>SOARES, Isadora. **Matriz de criticidade**: o que é e como funciona?. São Paulo: Colibri, 2024. Disponível em: <https://www.cobli.co/blog/matriz-de-criticidade/>. Acesso em: 10 set. 2024.

<sup>20</sup>FRIAS, Diego. **Superaquecimento em rolamentos**: veja 7 causas e possíveis soluções. São Paulo: Abecom, 2022. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/superaquecimento-em-rolamentos/>. Acesso em: 11 set. 2024.

<sup>21</sup>SANTOS, Wesley Modesto. Componentes críticos e modos de falha de uma bomba centrífuga de combate a incêndio. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v.1, n. 154, dez. 2018. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/componentes-criticos-e-modos-de-falha-de-uma-bomba-centrifuga-de-combate-incendio>. Acesso em: 11 set. 2024.

<sup>22</sup>MARGOTTI, Samyres Damasceno; MUNIZ, Leandro Reis. Estoque de peças sobressalentes: um estudo sobre a classificação dos itens, da demanda e de métodos de previsão. *In*: SEVEN INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONGRESS, 4., 2023, São José dos Pinhais. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2023. DOI:10.56238/sevenIVmulti2023-015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/376631436\\_Estoque\\_de\\_pecas\\_sobressalentes\\_Um\\_estudo\\_sobre\\_a\\_classificacao\\_dos](https://www.researchgate.net/publication/376631436_Estoque_de_pecas_sobressalentes_Um_estudo_sobre_a_classificacao_dos)

[itens da demanda e de metodos de pr evisao](#). Acesso em: 09 dez. 2024.

<sup>23</sup>LIMA, Matheus Campos. **Estratégias de estoque de peças de reposição: um estudo de caso de um OSRV**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020815.pdf>. Acesso em: 13 set. 2024.

<sup>24</sup>LAGE JUNIOR, Muris.; GODINHO FILHO, Moacir. Adaptações ao sistema *kanban*: revisão, classificação, análise e avaliação. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 173–188, jan./abr. 2008. DOI:10.1590/S0104-530X2008000100015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/p68tNyxMxZvvVmt8fkcW3hG/#>. Acesso em: 15 set. 2024.

<sup>25</sup>SOCIEDADE AMERICANA DE TESTES E MATERIAIS. **Norma ASTM A276: Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes**. West Conshohocken: ASTM International, 2024.

<sup>26</sup>SOUZA, Lucas Henrique Moura de; BEZERRA, Djailson Joaquim; PERES, Sérgio; ROCHA, Nayara Maria Sperandio; CAETANO, Gleiciele; OLIVEIRA, Thamires. Análise de corrosão por cavitação em bombas centrífugas numa torre de resfriamento. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 6, p. 60556–60577, jun. 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-437. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/353000491\\_Analise\\_de\\_corrosao\\_por\\_cavitacao\\_em\\_bombas\\_centrifugas numa torre de resfriamento Cavitation corrosion analysis in centrifugal pumps in a cooling tower](https://www.researchgate.net/publication/353000491_Analise_de_corrosao_por_cavitacao_em_bombas_centrifugas numa torre de resfriamento Cavitation corrosion analysis in centrifugal pumps in a cooling tower). Acesso em: 15 set. 2024.