



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Otávio Henrique Guimarães Teixeira

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O FILTRO
PRENSA DA ÁREA DE FILTRAGEM DE REJEITO E LAMAS: O CASO
DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

OURO PRETO - MG
2026

OTÁVIO HENRIQUE GUIMARÃES TEIXEIRA

otavio.henrique@aluno.ufop.edu.br

**PROPOSTA DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O FILTRO
PRENSA DA ÁREA DE FILTRAGEM DE REJEITO E LAMAS: O CASO
DE UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de
Ouro Preto como requisito para a obtenção do título
de Engenheiro Mecânico.

Orientador: DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG
2026**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T266p Teixeira, Otavio Henrique Guimaraes.

Proposta de um plano de manutenção para o filtro prensa da área de filtragem de rejeito e lamas: o caso de uma empresa de mineração.

[manuscrito] / Otavio Henrique Guimaraes Teixeira. - 2026.
79 f.

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Fábricas - Manutenção. 2. Planejamento - Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). 3. Equipamentos industriais - Filtros e filtração - Filtro Prensa. I. Silva, Washington Luis Vieira. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Otávio Henrique Guimarães Teixeira

Proposta de um plano de manutenção para o filtro prensa da área de filtragem de rejeito e lamas: o caso de uma empresa de mineração

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 09 de Julho de 2026

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Silva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luís Vieira da Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/07/2026



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 27/07/2026, às 10:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1147596** e o código CRC **AF5A4362**.

A Deus dedico mais esta etapa vencida,
meus pais, pelo apoio.

A minha irmã, namorada e amigos pelo
carinho e pelo amor.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder sabedoria, determinação e perseverança durante toda essa trajetória, permitindo que eu enfrentasse e superasse os obstáculos encontrados ao longo do caminho.

À minha mãe Vicentina, expresso minha mais profunda gratidão por todo carinho, dedicação, suporte e incentivo oferecidos em cada etapa da minha vida. Sua força, seus ensinamentos e seu amor foram fundamentais para a realização desta conquista.

Ao meu orientador Washington, agradeço a atenção, apoio, orientação e por toda contribuição essencial para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto, sou grato pelos conhecimentos compartilhados, pela dedicação ao ensino e por contribuírem de forma significativa para minha formação acadêmica e profissional.

Aos colegas e amigos de graduação, agradeço a amizade, companheirismo, apoio e pelos inúmeros momentos vividos ao longo desses anos.

À Escola de Minas e à Universidade Federal de Ouro Preto, manifesto minha gratidão pela oportunidade de aprendizado, crescimento pessoal e profissional, além da honra de fazer parte de uma instituição tão reconhecida e tradicional.

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor. Mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus não somos o que éramos”.

Martin Luther King

RESUMO

A manutenção industrial representa um fator estratégico para garantir a disponibilidade, confiabilidade e eficiência dos equipamentos utilizados nos processos produtivos, sendo fundamental para empresas do setor de mineração. Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso e tem como objetivo propor um plano de manutenção para o filtro prensa da área de Filtragem de Rejeitos e Lamas de uma empresa mineradora, utilizando como base os conceitos do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM). A pesquisa justifica-se pela necessidade de reduzir falhas recorrentes, minimizar paradas não planejadas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos e melhorar a gestão das atividades de manutenção. Para o desenvolvimento do estudo, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e documental, fundamentada em autores da área de manutenção industrial, além da análise das condições operacionais do equipamento estudado. A metodologia adotada envolveu a identificação das características técnicas do filtro prensa, análise das falhas recorrentes, levantamento dos recursos necessários e definição das etapas para elaboração de um plano de manutenção preventiva. A revisão da literatura evidenciou que a implantação de planos estruturados de manutenção proporciona melhorias na confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, redução de falhas e intervenções corretivas, otimização dos custos de manutenção e maior organização dos processos, conforme demonstrado em estudos de caso analisados. Os resultados deste trabalho indicam que a implementação do plano de manutenção proposto pode contribuir para a melhoria da confiabilidade do filtro prensa, aumento da previsibilidade das intervenções, melhor controle das atividades de manutenção e maior eficiência operacional. Conclui-se que a utilização de um plano de manutenção como ferramenta de gestão apresenta potencial para promover ganhos operacionais significativos, aumentando a produtividade, a segurança e a eficiência dos processos industriais no setor de mineração.

Palavras-chave: manutenção industrial. Planejamento e Controle da Manutenção. PCM. filtro prensa. mineração.

ABSTRACT

Industrial maintenance is a strategic factor in ensuring the availability, reliability, and efficiency of equipment used in production processes, playing a fundamental role in mining companies. This study is characterized as a case study and aims to propose a maintenance plan for the filter press used in the Tailings and Sludge Filtration area of a mining company, based on the concepts of Maintenance Planning and Control (MPC). The research is justified by the need to reduce recurring equipment failures, minimize unplanned downtime, increase equipment availability, and improve maintenance management activities. The study was developed through bibliographic and documentary research, supported by the literature on industrial maintenance, as well as by an analysis of the operating conditions of the equipment under investigation. The adopted methodology included the identification of the technical characteristics of the filter press, analysis of recurring failures, assessment of the required resources, and definition of the procedures for developing a preventive maintenance plan. The literature review demonstrated that the implementation of structured maintenance plans improves equipment reliability and availability, reduces failures and corrective interventions, optimizes maintenance costs, and enhances the organization of maintenance processes, as evidenced by the case studies analyzed. The results of this study indicate that the proposed maintenance plan can contribute to improving the reliability of the filter press, increasing the predictability of maintenance interventions, enhancing maintenance management activities, and improving operational efficiency. It is concluded that the implementation of a maintenance plan as a management tool has the potential to provide significant operational gains, contributing to increased productivity, safety, and efficiency of industrial processes in the mining sector.

Key-words: industrial maintenance. Maintenance Planning and Control. MPC. filter press. mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – PCM no organograma de uma organização	18
Figura 2 – Exemplo de Tagueamento da norma NBR-8190	20
Figura 3 – Fluxo de inclusão de materiais no estoque	22
Figura 4 – Níveis de criticidade	23
Figura 5 – Exemplo de rota de inspeção	28
Figura 6 – Exemplo de roteiro de lubrificação	29
Figura 7 – Fonte das carteiras de serviços	31
Figura 8 – Classificação das fontes bibliográficas	34
Figura 9 – Etapas da metodologia proposta	36
Figura 10 – Processo de produção do aço	42
Figura 11 – Organograma Diretoria	44
Figura 12 – Organograma Manutenção	46
Figura 13 – Desenho Mecânico Filtro Prensa	50
Figura 14 – Plano de Manutenção	54
Figura 15 – Campo 1 do Plano de Manutenção	55
Figura 16 – Campo 2 do Plano de Manutenção	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Planos de manutenção	27
Tabela 2 – Critérios	30
Tabela 3 – Indicadores de plano de manutenção	38
Tabela 4 – Produção de aço no Brasil	43
Tabela 5 – Produção de Aço Mundial	44

LISTA DE SIGLAS

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora;

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção;

MTBF – Tempo Médio entre Falhas;

MTTR – Tempo Médio para Reparo;

PCP – Planejamento e Controle da Produção;

TAG – Identificação do equipamento;

OM – Ordens de Manutenção;

FMEA – *Failure mode and effects analysis*;

ARBL – Aços de Alta Resistência e Baixa Liga;

IA – Inteligência Artificial;

MPS - Manutenção Preventiva Sistemática;

MPC - Manutenção Preventiva sob Condição;

EPI – Equipamento de Proteção Individual;

TPM – *Total Productive Maintenance*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Geral	4
1.3.2	Específicos.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Manutenção	6
2.2	Métodos de manutenção	7
2.2.1	Manutenção Corretiva	7
2.2.2	Manutenção Preventiva	10
2.2.3	Manutenção Preditiva	12
2.2.4	Manutenção Produtiva	15
2.2.5	Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)	15
2.2.6	Manutenção Preventiva sob Condição (MPC)	16
2.2.7	Manutenção Detectiva	17
2.3	Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)	17
2.3.1	Tagueamento	20
2.3.2	Características técnicas dos equipamentos	21
2.3.3	Materiais para manutenção	21
2.3.4	Matriz de prioridade	22
2.5	Considerações Finais do Capítulo	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Tipos de Pesquisa	33
3.2	Materiais e Métodos	36
3.3	Variáveis e Indicadores	37
3.4	Instrumentos de Coleta de Dados	38
3.5	Tabulação dos Dados.....	38
3.6	Considerações Finais do Capítulo	38

4	RESULTADOS	39
4.1	Caracterização da Empresa.....	39
4.2	Caraterização do Filtro Prensa.....	48
4.3	Proposta do Plano de Manutenção.....	51
4.4	Resultados e outros estudos sobre Planos de Manutenção	59
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	61
5.1	Conclusão	61
5.2	Recomendações	62
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	63
	ANEXO.....	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Observa-se, a partir da literatura especializada que o mundo vem sendo marcado pela globalização e pela necessidade de rápidas transformações, e a intensa competitividade do mercado obriga as empresas a buscar novas formas de otimizar seu processo produtivo e reduzir custos. É importante ressaltar, que não basta ter apenas instrumentos de produção, é preciso saber usá-los de forma racional e produtiva. Nesse cenário, a manutenção assume um papel importante, por ser crucial na garantia de eficiência, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos utilizados.

Segundo Viana (2002), a palavra manutenção, significa manter o que se tem, está presente na história humana há eras, desde o momento em que começaram a manusear instrumentos de produção. Além disso, o mesmo autor relata que com o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agigantar, no tocante à sua capacidade de produzir bens de consumo.

Diante desse contexto, pode-se entender que o plano de manutenção é uma evolução natural da prática histórica de conservar instrumentos e equipamentos. Enquanto no passado a manutenção era feita de forma empírica, baseada na experiência e observação direta, hoje entendemos que um plano devidamente organizado e programado com ações preventivas, corretivas e preditivas pode gerar uma eficiência superior. Esse planejamento é indispensável para que os equipamentos operem com eficiência, segurança e durabilidade.

Assim, segundo Xenos (1998), os planos de manutenção têm como objetivo evitar a degradação dos equipamentos, que pode ser provocada tanto pelo uso incorreto quanto pelo desgaste natural. Para o mesmo autor, esses danos podem se manifestar por vários meios, dentre eles, tem-se: queda de desempenho, interrupções na produção, geração de produtos com baixa qualidade, impactos ambientais superiores ao previsto, entre outros problemas. Consequentemente, tais ocorrências comprometem a qualidade e a produtividade, podendo gerar graves problemas que irão impactar imediatamente, a médio prazo ou a longo prazo a empresa (XENOS, 1998).

Portanto, é essencial que um plano de manutenção seja gerido de forma eficiente e estratégica, visando o alcance de resultados positivos.

Logo, uma atividade vital para a manutenção é o controle, pois não basta somente planejar e executar, é necessário haver o controle das atividades de manutenção. E pensando nesses fatores tem-se o PCM, que segundo Branco Filho (2008, p.5) é o "conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa, usando os meios disponíveis".

Para fins de aplicação, o estudo está direcionado para a área de Filtragem de Rejeito e Lamas com o intuito de produzir um plano de manutenção com foco no Filtro Prensa.

Dessa forma, a área de filtragem é destinada ao tratamento de rejeitos vindo do beneficiamento. Nessa etapa, os rejeitos provenientes do espessador são enviados para filtros prensa por meio de bombas. O objetivo principal desse processo é reduzir ao máximo o teor de umidade do minério rejeitado, transformando-o em um resíduo mais sólido e livre de umidade, o que facilita seu transporte e descarte.

Os Filtros Prensa são máquinas utilizadas para o tratamento de soluções provenientes de processos industriais nos setores químico, minerário, extrativo, farmacêutico, entre outros. Ele opera com base em um processo cíclico de separação sólido-líquido, sendo amplamente utilizado na desidratação de lodos industriais. Seu funcionamento inicia-se com a introdução da polpa, uma mistura de sólidos e líquidos, nas câmaras de filtração formadas entre placas filtrantes. Essas placas, revestidas por panos especiais, são pressionadas entre si por meio de um sistema hidráulico, criando compartimentos fechados por onde a polpa é bombeada sob pressão.

A partir do contexto, o estudo busca demonstrar como propor um plano de manutenção para o filtro prensa de uma empresa do setor de mineração.

Diante disto, tem-se a seguinte problemática:

Como propor um plano de manutenção para o Filtro Prensa da área de Filtragem de Rejeito e Lamas para uma empresa de mineração?

1.2 Justificativa

Segunda Xenos (1998), manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido. O mesmo autor, aborda ainda, que a manutenção existe para evitar a degradação desenfreada dos equipamentos e instalações, causada pelo desgaste natural e pelos tipos de uso. Esta degradação irá se apresentar sob diferentes formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho, paradas de produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental (XENOS, 1998).

Todos esses fatos, mesmo que individualmente, podem prejudicar a produção e consequentemente os custos. Portanto, tem-se uma forte influência na qualidade e produtividade, visto que esses fatores podem colocar em risco a sobrevivência da empresa.

Segundo Viana (2002), com o intuito de melhorar a eficiência da manutenção surgiu o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), e o seu impacto afeta a saúde de uma empresa. Para o mesmo autor, a manutenção industrial cuida dos intramuros de uma companhia e o PCM a organiza e melhora, e se este for eficiente, a companhia terá saúde financeira para existir e colocar seus produtos no mercado com qualidade superior e preço competitivo (VIANA, 2002).

Diante dos fatos apresentados escolheu-se a proposta de um plano de manutenção como ferramenta para gerenciar a manutenção preventiva do filtro prensa devido as possibilidades de ganho em todos os aspectos. Ao adotar esse sistema, a empresa deixa de agir apenas quando ocorre uma falha, e passa a atuar de forma planejada, antecipando problemas, organizando recursos e garantindo que os ativos operem com o máximo desempenho possível.

A realização de um plano de manutenção proporciona diversos ganhos importantes para uma organização. Ao adotar esse sistema, é possível reduzir significativamente as paradas inesperadas de máquinas e equipamentos, uma vez que as manutenções passam a ser programadas com antecedência, prevenindo falhas antes que se tornem problemas críticos. Isso traz mais previsibilidade e estabilidade para a produção, evitando prejuízos com interrupções não planejadas. Assim, diante do que foi apresentado, justifica-se a realização do estudo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Propor um plano de manutenção para o Filtro Prensa da área de Filtragem de Rejeito e Lamas para uma empresa de mineração.

1.3.2 Específicos

- Desenvolver um estudo teórico sobre: manutenção, métodos de manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção e plano de manutenção;
- Propor-se um procedimento metodológico para definir as etapas do plano de manutenção para o filtro prensa;
- Aplicar o procedimento metodológico para propor o plano de manutenção para o equipamento estudado.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo são apresentados a formulação do problema, a justificativa para a realização do estudo, os objetivos gerais e específicos e a estrutura do trabalho, contextualizando a importância do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e da elaboração de um plano de manutenção para equipamentos industriais.

O segundo capítulo é destinado à revisão bibliográfica, abordando os principais conceitos relacionados à manutenção industrial, os diferentes métodos de manutenção, a organização do setor de manutenção, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), além dos fundamentos para elaboração de planos de manutenção e dos indicadores utilizados para o acompanhamento das atividades.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia empregada na pesquisa, descrevendo sua classificação, os materiais e métodos utilizados, as etapas adotadas para o desenvolvimento do estudo, os instrumentos de coleta e tabulação dos dados, bem como as variáveis e indicadores considerados para a análise e elaboração da proposta.

O quarto capítulo contempla os resultados obtidos, incluindo a caracterização da empresa e do equipamento estudado, a descrição do filtro prensa e o desenvolvimento da proposta do plano de manutenção, apresentando suas etapas de elaboração, o modelo adotado e a análise dos benefícios esperados com sua aplicação na melhoria da confiabilidade e disponibilidade operacional do equipamento.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, relacionando os resultados alcançados com os objetivos propostos, além de sugerir recomendações e oportunidades para trabalhos futuros que possam contribuir para o aprimoramento das práticas de manutenção e da gestão dos ativos industriais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

A manutenção envolve uma série de atividades voltadas para garantir que máquinas, equipamentos, sistemas ou estruturas continuem funcionando de maneira adequada ao longo do tempo. Essas ações são planejadas ou realizadas conforme a necessidade, com foco em evitar falhas, corrigir defeitos ou melhorar o desempenho de determinado ativo. Pode incluir inspeções, ajustes, substituição de peças, limpeza, testes e atualizações técnicas.

Ela pode ocorrer de forma rotineira, preventiva, corretiva ou ainda com base em dados e monitoramento contínuo. A organização e o registro adequado dessas intervenções ajudam a reduzir custos, aumentar a vida útil dos ativos e melhorar a segurança e eficiência operacional.

A degradação pode se manifestar de diversas formas, desde a aparência externa ruim até perdas de desempenho e paradas da produção. Todas essas manifestações têm forte influência negativa na qualidade e produtividade, principalmente em empresas nas quais os equipamentos desempenham um papel fundamental na produção.

Para a norma NBR 5462 *apud* Xenos (1998, p.18), a manutenção é definida como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Ou seja, segundo o mesmo autor, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

Viana (2002) explica que o termo tem origem no latim *manus tenere*, que pode ser traduzido como "conservar o que se possui". Em essência, manter refere-se à realização de todas as atividades indispensáveis para assegurar que um equipamento funcione conforme foi planejado, mantendo o desempenho esperado (VIANA, 2002).

Segundo Kardec e Nascif (2010) a manutenção tem como objetivo principal assegurar que os equipamentos e instalações estejam sempre disponíveis para cumprir suas funções dentro de um processo produtivo ou de prestação de serviços, com confiabilidade, segurança, responsabilidade ambiental e custo adequado.

Além disso, conforme Kardec e Nascif (2010), a manutenção exerce uma função essencial ao atuar como um elo integrador entre diversos subsistemas, como engenharia, suprimentos e inspeção de equipamentos. Essa integração visa atender eficientemente o cliente interno, representado pela área de operações.

2.2 Métodos de manutenção

Segundo Xenos (1998), os métodos de manutenção podem ser divididos em manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e produtiva.

Viana (2002) define os seguintes métodos de manutenção: manutenção corretiva, preventiva, preditiva, autônoma, manutenção preventiva sistemática, manutenção preventiva sob condição.

Kardec e Nascif (2010) definem os seguintes métodos de manutenção: manutenção corretiva, preventiva, preditiva e detectiva.

2.2.1 Manutenção Corretiva

De acordo com Xenos (1998), a manutenção corretiva é feita depois que a falha ocorreu. Segundo mesmo autor, a opção por este método de manutenção deve levar em conta fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, esse método pode se mostrar como uma boa opção. Logicamente, não se pode esquecer de levar em conta também as perdas por paradas na produção, pois a corretiva pode se sair muito mais cara do que se imaginava princípio (XENOS, 1998).

Viana (2002) define a manutenção corretiva como a intervenção imediata necessária para evitar graves consequências aos ativos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente. Nesse caso, a situação é emergencial e não pode esperar, sendo assim, mobiliza-se as equipes de pronto atendimento existentes na empresa para buscar soluções em curto prazo (VIANA, 2002).

Manutenção corretiva planejada é definida por Kardec e Nascif (2010, p. 41) como:

A correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial, sendo essa uma opção de menor custo. Os autores afirmam que sua principal característica é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

Xenos (1998) nos mostra que pensando em custos de manutenção, a manutenção corretiva pode ser mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos. Em compensação, também pode causar grandes perdas por interrupção da produção segundo o autor.

De acordo com Xenos (1998), tem-se outros fatores importantes que devem ser considerados antes de se optar pela manutenção corretiva que são os seguintes:

- Existem ações preventivas que podem ser tomadas para evitar a ocorrência da falha no equipamento? Estas ações são tecnicamente viáveis e econômicas? Se não houver ações preventivas viáveis e econômicas, a manutenção corretiva pode ser um método de manutenção adequado;
- Como em alguns casos não se pode prever o momento da ocorrência das falhas, existe a possibilidade de situações inesperadas. Se esta interrupção for longa, poderá acarretar prejuízos significativos;
- Ao optar pela corretiva, é necessário possuir os recursos para uso imediato em caso de uma falha – peças de reposição, mão de obra e ferramental – para agir rapidamente, visando a redução dos danos.

Xenos (1998) destaca que mesmo ao se optar pela manutenção corretiva, é importante entender que não pode-se se conformar com a ocorrência de falhas como um evento já esperado e, portanto, natural. Um aspecto fundamental, mesmo no caso da manutenção corretiva, é se esforçar para identificar precisamente as causas fundamentais da falha e bloqueá-las, evitando sua reincidência e saindo do ciclo vicioso de falhas (XENOS, 1998).

Kardec e Nascif (2010) explicam duas condições específicas que levam a manutenção corretiva:

- Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais;
- Ocorrência de falhas.

Portanto, segundo Kardec e Nascif (2010) o objetivo principal da manutenção corretiva é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. Conforme relatam esses autores, a manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- Manutenção corretiva não planejada;
- Manutenção corretiva planejada.

A manutenção corretiva não planejada caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho pior do que o esperado como salientam Kardec e Nascif (2010). Segundo eles, tem-se um custo maior nesse tipo de manutenção, pois a falha inesperada pode acarretar perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção. Outro fator importante, é que as quebras aleatórias podem ter consequências bastantes graves para o equipamento, resultando em uma extensão dos danos iniciais (KARDEC e NASCIF, 2010).

Segundo Viana (2002), a manutenção corretiva planejada pressupõe o conhecimento prévio da falha ou pane por meio de inspeção, monitoramento preditivo ou efeito nítido da mesma.

Kardec e Nascif (2010) destacam que interromper processos em que estão envolvidas elevadas temperaturas, pressões ou vazões de forma abrupta para reparar um determinado componente pode comprometer a qualidade final os produtos.

De acordo com Kardec e Nascif (2010), a adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode depender de vários fatores:

- Aspectos relacionados com a segurança – a falha não provoca qualquer situação de risco para o pessoal ou para a instalação;
- Melhor planejamento dos serviços;
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental;
- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, ser buscados externamente.

Com base em Kardec e Nascif (2010), quanto maiores forem as implicações da falha na segurança pessoal e operacional, nos seus custos intrínsecos e nos compromissos de entrega da produção, maiores serão as condições de adoção da política de manutenção corretiva planejada.

2.2.2 Manutenção Preventiva

Xenos (1998) define a manutenção preventiva como o coração das atividades de manutenção! Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente. Segundo o autor, uma vez estabelecida a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório. Se comparada com a corretiva, pensando apenas no custo de manutenção, a preventiva é mais cara pois as peças têm que ser trocadas e os componentes devem ser reformados antes de atingirem seus limites de vida (XENOS, 1998).

Segundo Viana (2002), a manutenção preventiva pode ser definida como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito. São serviços efetuados em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falhas, assim a manutenção preventiva é definida pelo autor.

Para Kardec e Nascif (2010), a manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. Segundo os autores, a preventiva é o inverso da corretiva, ela procura obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir.

Xenos (1998) diz que a frequência da ocorrência de falhas tende a diminuir, a disponibilidade de equipamentos aumenta e diminuem as paradas inesperadas da produção. Ao ser considerado o custo final da atividade, em várias situações a manutenção preventiva pode ser a opção com menor custo ao se comparar as outras opções, pois aqui, tem-se domínio das paradas dos equipamentos XENOS (1998).

Para que chegue a este ponto deve-se ter uma ideia consistente dos materiais necessários para se manter os instrumentos de produção em perfeito estado, e quando devem ser utilizá-los, essa visualização só é proporcionada através de um plano de preventivas bem elaborado e já consolidado na área (VIANA, 2002).

De acordo com Xenos (1998), percebe-se, que, quase sempre, o tempo reservado para a realização da manutenção preventiva acaba sendo usado para trabalhar naquelas falhas que surgiram no dia a dia da produção. O autor destaca que esse tipo de manutenção muitas vezes é deixado de lado pelas empresas e não é cumprida. O mesmo afirma que sem uma boa preventiva, as falhas tendem a aumentar e ocupar todo o tempo da equipe de manutenção.

Viana (2002) acredita que este tipo de manutenção pode oferecer uma série de vantagens para a empresa, isso se a corretiva já estiver elencada. Para o autor é importante destacar que a manutenção é algo profundo e não apenas a ação fará uma manutenção eficiente, um almoxarifado mais enxuto e eficiente fará diferença no resultado final.

Kardec e Nascif (2010) explicam que as ações preventivas são estabelecidas a partir de uma análise prévia feita pelos profissionais de manutenção. Segundo os autores, essa abordagem específica reduz drasticamente a necessidade de improvisações e com isso, a qualidade dos serviços prestados atinge um patamar bem mais elevado do que em ambientes onde prevalecem apenas ações corretivas.

Xenos (1998) destaca que uma situação importante é que, às vezes, mesmo com a preventiva em dia as falhas podem não diminuir. A causa deste fenômeno pode estar tanto na falta de padrões e procedimentos de manutenção quanto no conhecimento e habilidades insuficientes dos técnicos e operadores (XENOS, 1998).

Para Viana (2002), uma ferramenta poderosa no que diz respeito à logística de um negócio é o Planejamento e Controle da Produção (PCP); o que fabricar, quando e quanto são as diretrizes dadas pelo PCP, e para tanto se faz necessário levar em consideração uma série de variáveis, sendo uma delas o estado operacional do maquinário e seu calendário de paradas. Logo, sem a manutenção preventiva seria quase que impossível esta análise e determinação de datas (VIANA, 2002).

Kardec e Nascif (2010, p. 43) explicam que alguns fatores devem ser levados em consideração para adoção de uma política de manutenção preventiva, dentre eles, tem-se:

- Quando não é possível a manutenção preditiva;
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que os tornam mandatória a intervenção, normalmente para substituição de componentes;
- Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional;
- Riscos de agressão ao meio ambiente;
- Em sistemas complexos e/ou de operação contínua.

Com base em Kardec e Nascif (2010), um dos maiores desafios enfrentados na rotina da produção é a ocorrência de falhas inesperadas. Os autores citam que além de paralisar o processo produtivo e aumentar os custos operacionais, essas falhas também geram desconforto na equipe responsável pela execução e pelo planejamento.

Para Kardec e Nascif (2010), a manutenção preventiva contribui significativamente para evitar esse tipo de situação, permitindo maior controle sobre os equipamentos e elevando a autoestima dos profissionais da área. Mesmo que falhas pontuais ocorram, elas já estão previstas no planejamento, sendo encaradas como eventos isolados e de fácil resolução salientam os autores. De acordo com Kardec e Nascif (2010), a manutenção preventiva se torna ainda mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição; quanto mais altos forem os custos das falhas; quanto mais as falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional.

Todo processo, independentemente de sua natureza, necessita de aprimoramentos contínuos. Viana (2002), define um termo que o mesmo chama de: “educação continuada”, que reforça que a análise constante das atividades executadas é essencial para o aperfeiçoamento dos métodos de trabalho. De acordo com o autor, a manutenção preventiva se encaixa perfeitamente nessa ideia de melhoria contínua, pois ao perceber padrões nas intervenções realizadas em equipamentos, torna-se mais simples identificar os pontos críticos e ajustá-los de forma eficaz. Isso reforça a importância de atualizar constantemente os métodos utilizados.

Kardec e Nascif (2010, p.44) também citam um ponto negativo da preventiva:

Se por um lado, ela proporciona um conhecimento prévio das ações, permitindo uma boa condição de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além da previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes, por outro promove, via de regra, a retirada do equipamento ou sistema de operação para execução dos serviços programados.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Xenos (1998) menciona que a manutenção preventiva é uma modalidade mais cara olhando apenas o custo da manutenção, pois as peças e componentes dos equipamentos são trocadas ou reformadas antes de atingirem seus limites de vida. Segundo a perspectiva do autor citado, tem-se a manutenção preditiva que permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximas do seu limite de vida.

Viana (2002) define a manutenção preditiva como tarefas que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha. De acordo com o autor, o objetivo de tal tipo de manutenção é determinar o tempo correto da necessidade de realizar a ação mantenedora, com isso evitando desmontagens para inspeção, e utilizar o componente até o final da sua vida útil.

Kardec e Nascif (2009) definem a manutenção preditiva como toda atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Para os autores, esse tipo de manutenção é a primeira grande quebra de paradigma na manutenção, pois, considerasse, esse tipo como mais sofisticado e evoluído.

Herbert Viana (2002) define que o objetivo da manutenção preditiva é determinar o tempo correto da necessidade da intervenção mantenedora, evitando desmontagens desnecessárias para inspeção e utilizando o componente até o máximo da sua vida útil.

Já Kardec e Nascif (2009) definem que o objetivo da manutenção preditiva é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível.

De acordo com Xenos (1998), a preditiva ainda é tratada como um método de manutenção mais avançado devido a necessidade de uso de tecnologia avançada e por isso, esse método costuma ser tratado de forma diferenciada dentro das empresas. Ele afirma que em muitas organizações ainda é comum designar equipes independentes de engenheiros ou técnicos especializados somente para cuidar da preditiva. Xenos (1998) destaca que é necessário que fique claro, a manutenção preditiva faz parte da preventiva, portanto, suas tarefas devem fazer parte do planejamento da manutenção preventiva.

Viana (2002) explica quatro técnicas preditivas que são muito usadas no ambiente industrial nacional. São elas: ensaio por ultra-som; análise de vibrações mecânicas; análise de óleos lubrificantes e termografia.

- **Ensaio por ultra-som:** segundo Viana (2002), esse método é definido pelo autor como o ensaio por ultrassom é uma técnica não destrutiva voltada à identificação de falhas ou discontinuidades internas que possam estar presentes em diferentes tipos e formatos de materiais, sejam eles ferrosos ou não ferrosos. Essas imperfeições geralmente se originam durante o próprio

processo de fabricação do componente analisado, como ocorre em casos de bolhas de gás em peças fundidas, dupla laminação em materiais laminados, microtrincas em peças forjadas, ou ainda inclusões de escória em soldas, entre outros exemplos (VIANA, 2002).

- **Análise de vibrações mecânicas:** a vibração mecânica é caracterizada por Viana (2002) como um movimento oscilatório em torno de uma posição de equilíbrio. Segundo o mesmo, trata-se de um fenômeno comum no cotidiano, presente em ambientes domésticos, no transporte e nas atividades industriais. Ele afirma que quando não controlada, essa vibração pode assumir um caráter destrutivo, gerando falhas em componentes mecânicos devido à fadiga — isto é, à redução progressiva da resistência do material provocada por solicitações repetitivas ao longo do tempo. Viana (2002) informa que as consequências de uma vibração intensa incluem desgaste acentuado e fadiga estrutural, o que pode levar à falha total do maquinário. Para monitorar esse comportamento, acelerômetros são instalados em locais estratégicos do equipamento, permitindo registrar as vibrações ocorridas.
- **Análise de óleo lubrificante:** Para o autor, a análise de óleo lubrificante é uma técnica preditiva que tem como principais finalidades indicar o momento adequado para a substituição do lubrificante e identificar sinais de desgaste de componentes internos do equipamento. Isso é possível por meio da verificação da presença e da quantidade de partículas sólidas em suspensão no fluido, bem como da avaliação detalhada de suas propriedades físicas e químicas. Viana (2002) cita que dentre os parâmetros analisados estão o nível de contaminação por água, o acúmulo de resíduos de carbono, a viscosidade, a acidez do óleo, além de características térmicas como o ponto de congelamento e o ponto de fulgor. O autor afirma que para que essa técnica seja aplicada com precisão, é necessário contar com uma estrutura laboratorial altamente qualificada, equipada com instrumentos especializados como viscosímetros, centrífugas, microscópios e outros dispositivos analíticos que permitem uma avaliação criteriosa dos dados coletados.

- **Termografia:** a termografia é uma técnica de ensaio não destrutivo que permite identificar e monitorar o aquecimento de superfícies ou pontos específicos por meio da captação da radiação infravermelha. Essa tecnologia viabiliza o sensoriamento remoto, sem a necessidade de contato direto com o objeto ou equipamento analisado. Viana (2002) destaca que no contexto da manutenção preditiva, a termografia destaca-se por sua eficácia e segurança, já que possibilita a inspeção de componentes em operação, sem interromper o funcionamento do sistema ou comprometer a produção. Além disso, o mesmo cita que sua aplicação em áreas extensas permite a análise rápida de grandes superfícies, tornando o processo altamente produtivo. Viana (2002) explica que dentre suas principais aplicações industriais, destacam-se as instalações elétricas, nas quais é fundamental identificar pontos de falha ou superaquecimento sem contato físico, e os setores siderúrgico e petroquímico, que lidam com processos que envolvem grande geração de calor. Nesses ambientes, a análise térmica das superfícies dos equipamentos auxilia na detecção de anomalias operacionais, associadas diretamente às variações de temperatura externa (VIANA, 2022).

2.2.4 Manutenção Produtiva

Ainda segundo Xenos (1998), a manutenção produtiva pode ser entendida como a melhor aplicação dos diversos métodos de manutenção, visando otimizar os fatores econômicos da produção, garantindo a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos com o custo mais baixo. A manutenção produtiva abrange todas as etapas do ciclo de vida dos equipamentos, desde a sua especificação até o sucateamento, e leva em consideração os custos de manutenção e a produtividade do equipamento ao longo das etapas do seu ciclo de vida (XENOS, 1998).

2.2.5 Manutenção Preventiva Sistemática (MPS)

No contexto apresentado por Viana (2002), a Manutenção Preventiva Sistemática é abordada como parte integrante da estrutura organizacional da manutenção, sendo mencionada em conexão com práticas planejadas e rotineiras. As atividades relacionadas a essa modalidade são descritas como previamente definidas por técnicos, com base na experiência acumulada no ambiente industrial.

Observa-se a existência de procedimentos reiterados ao longo do tempo, possivelmente favorecendo a identificação progressiva de pontos de melhoria nos métodos aplicados VIANA (2002).

Esse tipo de manutenção pode ser definido como serviços efetuados em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha, dessa forma, proporcionando uma “tranquilidade” operacional necessária para o bom funcionamento das atividades produtiva (VIANA, 2002).

Viana (2002) destaca que a manutenção preventiva sistemática traz vantagens como maior eficiência e organização em comparação com as manutenções corretivas. Segundo o autor ela é baseada em um plano previamente elaborado e consolidado.

As atividades seguem pautas sistemáticas definidas por análise técnica e experiências da área. Isso reduz a improvisação e aumenta a qualidade do serviço, promovendo mais estabilidade e controle operacional (VIANA, 2002).

Viana (2002) explica que essas manutenções reduzem falhas inesperadas, garantindo controle no funcionamento dos equipamentos. O mesmo também cita que a manutenção sistemática é complementada por métodos modernos e análise constante de dados, mantendo as diretrizes sempre atualizadas.

2.2.6 Manutenção Preventiva sob Condição (MPC)

No conteúdo apresentado por Viana (2002), a Manutenção Preventiva sob Condição é abordada como uma das possibilidades dentro da definição estratégica de intervenções nos equipamentos industriais. Sua menção está inserida em uma lógica de decisão que considera, entre outros aspectos, o monitoramento do comportamento dos ativos ao longo do tempo. A proposta parece estar vinculada à análise de variáveis operacionais específicas que possam indicar alterações no desempenho dos componentes, tornando essas informações referência para a execução de serviços de manutenção (VIANA, 2002).

Viana (2002), define esse tipo de manutenção como: “ações mantenedoras advindas da observação das condições dos equipamentos relativas a parâmetros técnicos os quais são acompanhados ao longo do funcionamento dos ativos.

A manutenção sob condição tem origem na inspeção dos ativos, daí têm-se três tipos de observação sobre os equipamentos: Inspeção Sensitiva, Inspeção Preditiva e Acompanhamento por Telemetria (VIANA, 2002).

2.2.7 Manutenção Detectiva

Kardec e Nascif (2009 p. 47): “A Manutenção Detectiva começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90, sua denominação Detectiva está ligada à palavra detectar – em inglês *Detective Maintenance*”.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção detectiva pode ser definida como a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Dessa forma, segundo os autores, tarefas executadas para verificar se um sistema de produção está funcionando corretamente representam esse tipo de manutenção.

Kardec e Nascif (2009), explicam que a identificação de falhas ocultas é de essencial importância para garantir a confiabilidade dos equipamentos. De acordo com os autores, em sistemas complexos essas ações só devem ser utilizadas pela equipe de manutenção, com treinamento para tal.

Esse tipo de manutenção é algo mais complexo e, portanto, a utilização de equipamentos que garantem a segurança do processo é essencial destacam Kardec e Nascif (2009).

2.3 Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)

Os significativos avanços tecnológicos, a intensificação da concorrência no mercado e uma sociedade cada vez mais exigente impulsionaram todos os setores a incorporarem a qualidade em seus produtos e serviços como forma de se diferenciarem.

Nesse cenário, tornou-se necessário desenvolver novas estratégias e soluções mais eficientes voltadas à operação e à manutenção dos equipamentos. É nesse contexto que o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) se estabelece como um instrumento de apoio à supervisão, abrangendo toda a área produtiva.

Viana (2002) define o PCM como uma “atividade processual”, que possui o objetivo de coordenar de forma eficiente todos os recursos envolvidos na atividade de manutenção, de forma a atender as suas principais demandas; manter o perfeito funcionamento do equipamento e buscar sempre a melhoria dos processos.

O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) consiste na organização e supervisão das atividades relacionadas à manutenção, por meio da aplicação de métodos que permitam identificar, acompanhar e analisar as variáveis envolvidas na execução dos serviços (PINTO; XAVIER, 2012).

A figura 1 mostra como a hierarquia de manutenção pode ser definida:

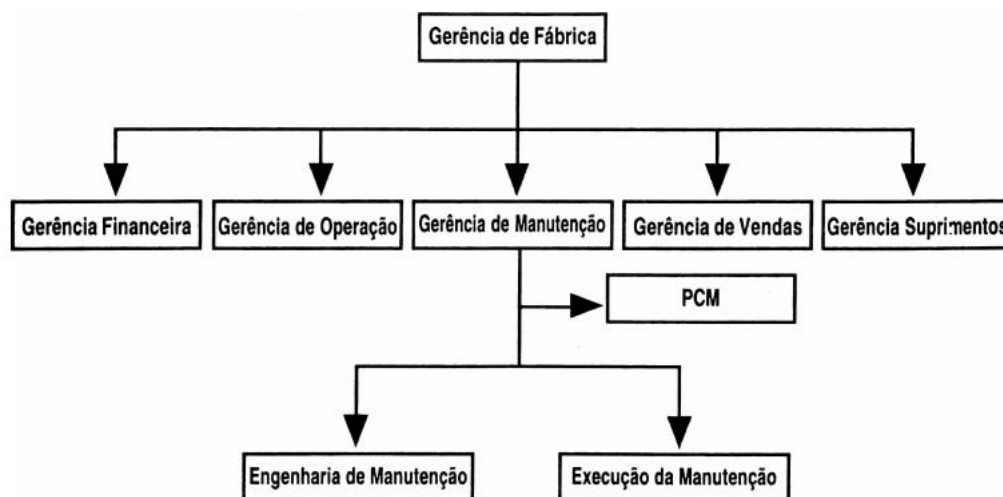


Figura 1: PCM no organograma de uma organização.
Fonte: Viana (2002).

Observa-se na Figura 1 que o PCM é um órgão de suporte a manutenção, que é ligado de forma direta à gerência de departamento.

De acordo com Branco Filho (2008), o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é um conjunto de ações voltadas a manter a eficiência dos processos produtivos, por meio do acompanhamento e da análise contínua das atividades de manutenção. O autor destaca que o PCM fortalece a gestão da manutenção ao oferecer suporte à gerência no agendamento e monitoramento das tarefas, coordenar as operações da área, facilitar a comunicação entre os setores de produção e manutenção, revisar e alinhar cronogramas e instruções técnicas, identificar falhas que comprometem a produtividade e sugerir melhorias.

Além disso, de acordo com Branco Filho (2008), o PCM contribui para definir de forma clara as responsabilidades de cada envolvido no processo.

Sobre o PCM, Souza (2008, p. 141) define:

Um conjunto estratégico de ações para preparar, programar, controlar e verificar o resultado da execução das atividades da função manutenção contravalores pré-estabelecidos e adotar medidas de correções de desvios para a consecução das metas e objetivos da produção, consequentemente da missão da empresa.

Sobre a implantação do PCM, Kardec e Nascif (2009) afirmam a importância da estruturação de um Sistema de Planejamento e Controle, o qual pode ser manual ou automatizado.

Segundo Dorigo (2013), o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) compreende um conjunto de ações voltadas para assegurar que as metas de manutenção sejam alcançadas. O autor explica que entre essas ações, destacam-se o preparo antecipado das atividades, a organização de materiais e peças sobressalentes, além da programação e do acompanhamento dos serviços executados.

O papel central do PCM é garantir que os ativos operacionais se mantenham confiáveis e disponíveis, ao mesmo tempo em que busca a melhor utilização dos recursos disponíveis para a manutenção (DORIGO, 2013).

Já Teles (2019) considera o setor de PCM como um elemento fundamental dentro do ambiente industrial, com funções que vão além do simples planejamento. Segundo o autor, cabe a esse setor não apenas coordenar, mas também monitorar todas as atividades ligadas à manutenção. Ele lida com diferentes tipos de dados, como os custos envolvidos, a quantidade e qualificação da força de trabalho, as ocorrências de falhas nos equipamentos, a organização das demandas do setor e a verificação da disponibilidade das máquinas (TELES, 2019).

Moreira Neto (2017) destaca de forma enfática que indústrias em constante crescimento demandam um volume maior de atividades de manutenção, as quais precisam ser cuidadosamente planejadas para não comprometer o desempenho da empresa. Com base nessa perspectiva sobre a importância da manutenção, este estudo tem como propósito evidenciar o papel fundamental do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e da gestão da manutenção como pilares para a redução de falhas e para o fortalecimento do crescimento organizacional (MOREIRA NETO, 2017).

Segundo Martins (2014), é inevitável que falhas ocorram tanto nos processos produtivos quanto nos próprios produtos. No entanto, segundo o autor, ter ciência dessas falhas e ainda assim negligenciá-las pode representar um risco significativo ao sucesso das organizações. Nesse cenário, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) surge como uma ferramenta eficiente, o que fundamenta a realização deste estudo (MARTINS, 2014).

Segundo Viana (2002), para um bom entendimento, o PCM é dividido em alguns tópicos, dentre eles temos: tagueamento, características técnicas dos equipamentos, materiais para manutenção, matriz de prioridade, histórico de manutenção, equipes de manutenção e suas especialidades, arquivamento de desenhos e catálogos e os homens da manutenção

2.3.1 Tagueamento

Viana (2002, p.21), definiu que o tagueamento “é a base da organização da manutenção, pois ele será o mapeamento da unidade fabril, orientando a localização de processos e de equipamentos para receber a manutenção”.

De acordo com Teles (2019, p.103) o “tagueamento dos equipamentos consiste em criar um código único e logico para cada equipamento da linha de produção, e identificá-lo fisicamente através de uma etiqueta”. Essa ação se faz necessária por diversos motivos e de acordo com Teles (2019), as prioridades são: Segurança; Rastreabilidade; Identificação funcional; Localização Geográfica do equipamento.

Na Figura 2, mostra-se um exemplo de tagueamento da Norma NBR-8190:

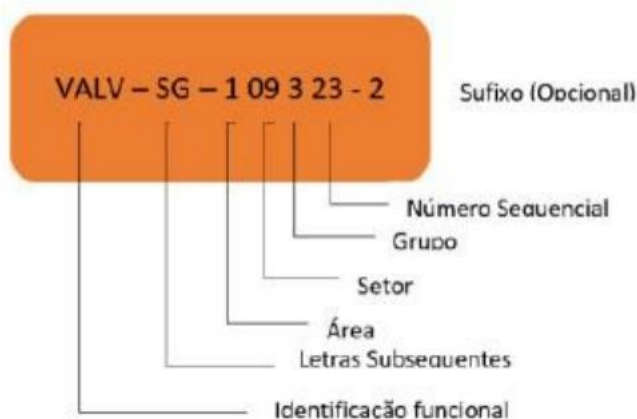


Figura 2: Exemplo de tagueamento da norma a NBR-8190.
Fonte: Teles (2019).

A Figura 2 apresenta a antiga norma NBR 8190, que foi descontinuada em 2010, mas ainda serve como referência para o sistema de tagueamento. Embora não seja obrigatório seguir exatamente esse padrão, é indispensável que a empresa adote um sistema padronizado de identificação dos equipamentos. A tag, nesse contexto, tem a função de especificar o significado de cada elemento do código, o que contribui para a rápida identificação do equipamento e agiliza os procedimentos de manutenção.

2.3.2 Características técnicas dos equipamentos

O planejamento deverá possuir, vinculado a cada equipamento, um arquivo com suas características técnicas: especificações, desenhos, entre outras informações pois raramente as especificações serão lembradas pelos colaboradores sem um registro salienta VIANA (2002).

Com isso, o planejamento deverá possuir em cada equipamento uma ficha técnica que de acordo com Teles (2019, p.115) deverá conter as seguintes informações:

- Descrição do equipamento;
- Tag;
- Localização;
- Foto do Equipamento;
- Desenho técnico;

Viana (2002) explica que a criação de um acervo técnico de rápida consulta traz benefícios claros em termos de eficiência, organização e confiabilidade. Segundo o autor, é possível acessar rapidamente informações como dimensões e especificações de componentes, o que acelera processos de compra, substituição de fornecedores, melhorias operacionais e identificação de equipamentos similares. Para Viana (2002), é necessário cadastrar as características de todos os equipamentos da planta, tarefa complexa devido à grande quantidade de máquinas.

2.3.3 Materiais para manutenção

Segundo Viana (2002, p. 46): “para que os serviços de manutenção sejam bem executados, é fundamental contar com mão de obra qualificada, ferramentas adequadas e um estoque eficiente de peças sobressalentes, que seja funcional e econômico”. Ainda conforme Viana (2002), a formação do estoque deve considerar diversos fatores, como: o grau de criticidade do item para o processo produtivo, o custo do material, sua vida útil, a disponibilidade de fornecedores e a demanda por espaço físico.

De acordo com Viana (2002) e Teles (2019), os itens podem ser classificados quanto ao risco como: vitais, semivitais, não vitais, de risco extremo, previsíveis ou imprevisíveis. Para auxiliar nesse controle, utiliza-se a TAG de identificação no equipamento.

Viana (2002) também propõe um fluxo a ser seguido para a inserção de materiais no estoque, conforme representado na figura 3.

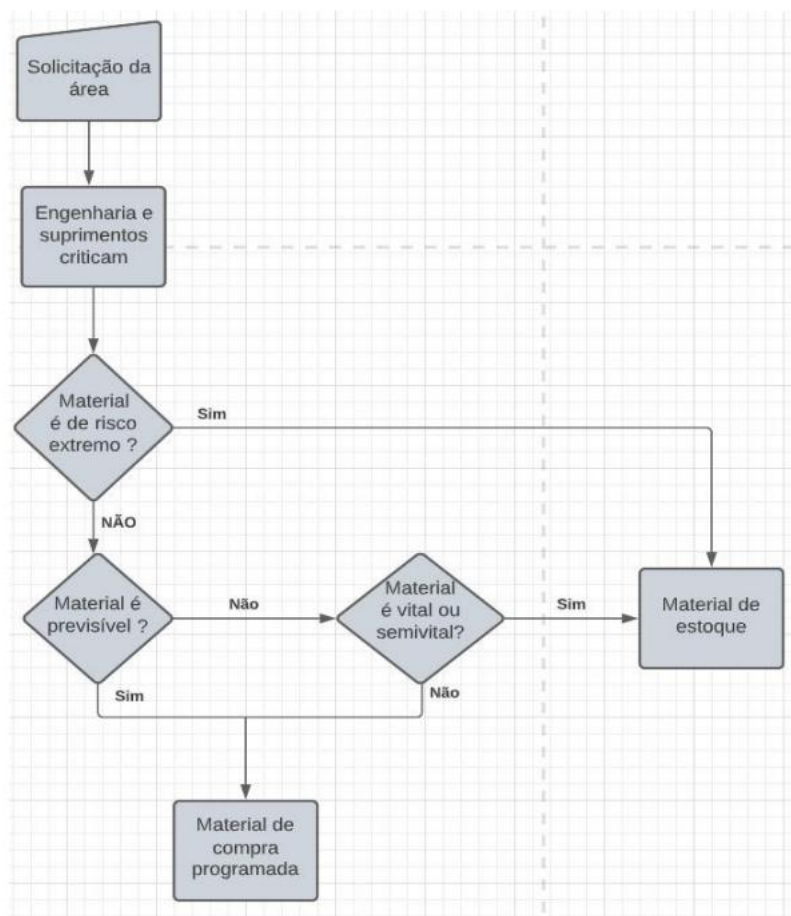


Figura 3: Fluxo de inclusão de materiais no estoque.
Fonte: Viana (2002).

Percebe-se que a figura 3 apresenta todos os questionamentos essenciais do processo para a inclusão de materiais no estoque da organização.

2.3.4 Matriz de prioridade

Nas atividades de produção, é comum que ocorram falhas em diferentes equipamentos ao mesmo tempo. Viana (2002), expõe que nesses momentos, a equipe de manutenção pode ter dificuldades para definir por onde iniciar os reparos, especialmente quando os recursos humanos são limitados. Por isso, torna-se essencial estabelecer uma ordem de prioridade para as intervenções (VIANA, 2002).

Teles (2019) dividi os equipamentos em 3 níveis de criticidade, conforme a figura 4.

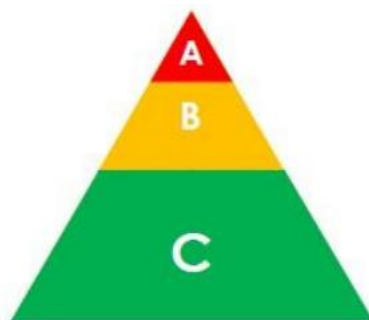


Figura 4: Níveis de criticidade.
Fonte: Teles (2019)

Viana (2002) destaca que utilizando a matriz de prioridade, que consiste numa combinação da criticidade do equipamento e o nível de urgência do serviço chegaremos a montar uma tabela de ordem de serviços para cada equipamento que falhar, a definição de urgência do serviço é uma ação humana e depende da crítica da área de manutenção e a classificação dos equipamentos são feitos através das suas tags, em graus críticos, ela utilizará uma regra contendo o impacto da parada nos aspectos de segurança no trabalho, meio ambiente, qualidade do produto e operacionalidade da planta.

De acordo com Teles (2019), o objetivo é manter a quantidade de equipamentos classificados no nível A abaixo de 20%, os do nível B entre 30% e 40%, e os do nível C entre 40% e 50%. A estratégia adotada para diminuir a criticidade dos equipamentos envolve a criação de um plano de ação voltado a resolver os fatores que estão contribuindo para o aumento dessa criticidade (TELES, 2019).

2.3.5 Histórico de Manutenção

Segundo Viana (2002), manter um histórico atualizado dos serviços de manutenção é fundamental para o gerenciamento eficiente do processo produtivo. Esse banco de dados permite consultas rápidas por data, TAG, equipamento, componente, causa, sintoma e intervenção, possibilitando o acompanhamento completo da trajetória do equipamento e das falhas associadas. Para organizar essas informações nas Ordens de Manutenção (OMs), são utilizados três campos principais: Causa (razão da falha), Sintoma (efeito observado no equipamento) e Intervenção (ação corretiva realizada).

2.3.6 Equipes de Manutenção e Suas Especialidades

Segundo Viana (2002, p. 62): “O cadastro das equipes e suas especialidades visa criar um banco de dados que permita dimensionar corretamente o pessoal, facilitando a programação dos serviços conforme a disponibilidade”.

Viana (2002) explica que a equipe de manutenção é formada por técnicos com atribuições semelhantes, como as equipes de mecânica ou eletroeletrônica. Segundo o autor cada grupo conta com um supervisor e um planejador responsável. Para realizar o cadastro, são exigidas apenas algumas informações: o nome do responsável, a descrição da equipe e um código de até quatro caracteres que identifique sua área de atuação (VIANA, 2002).

2.3.7 Arquivamento de desenhos e catálogos

Viana (2002) cita que durante a vida útil de uma planta industrial, são feitas diversas modificações nos equipamentos, desde ajustes simples até melhorias mais complexas, que exigem projetos técnicos em CAD. De acordo com o autor, para garantir o registro adequado dessas mudanças, é necessário catalogar os projetos seguindo normas padronizadas de documentação técnica. Isso assegura uniformidade entre materiais internos e de terceiros, promovendo integração entre áreas e facilitando a gestão do acervo, sob responsabilidade do PCM (VIANA, 2002).

O PCM deve orientar e controlar a elaboração desses documentos, utilizando um sistema de codificação padronizado como explica Viana (2002). O mesmo explica que esse sistema inclui informações como nível e fase do projeto, disciplina, tipo de serviço, tipo de documento, sequência e revisão. Esse sistema deve ser organizado com pastas ou armários, contendo listas por assunto e fabricante, com controle de empréstimos (VIANA, 2002).

2.3.8 Os homens da manutenção

Viana (2002) nos mostra os homens da manutenção, o autor divide cada um por suas respectivas funções, dentre eles podemos citar o executante, o planejador, o supervisor da manutenção, a engenharia de manutenção e o gerente de manutenção industrial. Cada um será explicado conforme o autor abaixo:

- **O Executante**

Segundo Viana (2002), o papel do executante evoluiu ao longo do tempo. O autor menciona que antes restrito a técnicos especializados, hoje muitas tarefas de manutenção básica são realizadas pelos próprios operadores. Viana (2002) explica que alguns profissionais são responsáveis por atividades como lubrificação, limpeza, reapertos, engaxetamento e identificação de falhas ações que integram a chamada manutenção autônoma.

- **O Planejador:**

Conforme Viana (2002) e Teles (2019), o planejador exerce um papel fundamental, acumulando responsabilidades de planejador, programador e coordenador de materiais. Os autores citam que entre suas funções estão: elaborar e revisar planos de manutenção, organizar inspeções, controlar cadastros e indicadores, além de programar paradas e ordens de serviço.

- **O Supervisor de Manutenção:**

Teles (2019) destaca que o supervisor deve manter o equilíbrio entre três pilares: gestão de pessoas, processos e ativos. Já Viana (2002) reforça que o supervisor coordena e orienta os técnicos, lidando com aspectos técnicos e administrativos, como controle de custos e jornada de trabalho. São exigidas habilidades como liderança, pensamento estratégico, organização e foco em segurança (VIANA, 2002).

- **Engenharia de Manutenção:**

Para Kardec e Nascif (2009), essa área aplica métodos avançados com foco em confiabilidade, manutenção eficiente e redução de falhas. Viana (2002) complementa que a engenharia da manutenção tem como missão propor melhorias tecnológicas, aumentar a produtividade, garantir a segurança e minimizar impactos ambientais.

- **Gerente de Manutenção Industrial:**

De acordo com Viana (2002), o gerente deve possuir formação em engenharia, experiência prática em manutenção e bom domínio de planejamento, negociação e gestão. Ele responde por todas as decisões da área, incluindo custos e investimentos, e atua para garantir que os objetivos da manutenção estejam alinhados às metas organizacionais (VIANA, 2002).

2.4 Plano de Manutenção

Viana (2002) define que um plano de manutenção preventiva representa a estratégia essencial para preservar a eficiência e a longevidade dos equipamentos, baseando-se na execução sistemática de tarefas programadas. Segundo o autor, essa abordagem não apenas assegura o funcionamento ideal das máquinas, mas também estrutura a gestão das ordens de serviço (OMs) de maneira automatizada, garantindo que nenhuma atividade crítica seja negligenciada. Ele explica que ao equilibrar conteúdo (as ações técnicas necessárias) e forma (a metodologia de aplicação), o plano transforma-se em uma ferramenta indispensável para evitar falhas e otimizar a vida útil dos ativos (VIANA, 2002).

Conforme Teles (2019, p. 136), a principal finalidade de um plano de manutenção é reduzir ao máximo os efeitos negativos causados por ocorrências imprevistas, especialmente no que se refere à segurança, ao meio ambiente e à rentabilidade da operação. Além disso, Teles (2019) destaca que o FMEA é a ferramenta de confiabilidade mais relevante, sendo essencial para atingir e manter os objetivos estratégicos do setor de manutenção.

Viana (2002) cita que é importante destacar que um plano de manutenção eficaz é aquele que permanece em constante revisão. O autor nos mostra que à medida que os mantenedores executam as atividades previstas, é fundamental que tenham a liberdade e o compromisso de propor ajustes e melhorias nas instruções. Esse processo contínuo de aperfeiçoamento garante a evolução do conteúdo, tornando-o cada vez mais preciso, aplicável e alinhado às necessidades reais da operação (VIANA, 2002).

Um bom plano de manutenção preventiva, de acordo com Viana (2002), deve conter os seguintes itens:

- Plano de inspeções visuais;
- Roteiros de lubrificação;
- Monitoramento de características dos equipamentos;
- Manutenção de troca de itens de desgaste;
- Plano de intervenção preventiva.

A tabela 1 mostra as características desejáveis de um plano de manutenção:

Tabela 1: Planos de manutenção.

Planos de Manutenção	Características
Plano de Inspeções Visuais	• Observação de ruídos, temperatura, conservação, vibração; • Periodicidade padronizada; • Rota de inspeção.
Roteiros de Lubrificação	• TAG; • Tipo de lubrificante; • Método de aplicação.
Monitoramento de Características dos Equipamentos	• Acompanhamento em tempo real; • Baixo custo de manutenção; • Aumento dos níveis de qualidade.
Manutenção de Troca de Itens de Desgaste	• Itens de sacrifício; • Quais são os itens de cada equipamento; • Periodicidade de troca.
Plano de Intervenção Preventiva	• Equipamento em seu melhor estado operacional; • Gerar OMs periódicas; • Revisão dos planos de manutenção periodicamente.

Fonte: Adaptado de Viana (2002)

A Tabela 1 mostra que, conforme Viana (2002), os planos de manutenção são organizados em cinco categorias principais, que vão desde o plano de inspeções visuais até o plano de intervenção preventiva. A tabela também apresenta as particularidades de cada um desses planos.

As inspeções visuais têm como finalidade monitorar, de forma padronizada e periódica, o funcionamento dos equipamentos, com o intuito de identificar possíveis anomalias. De acordo com Viana (2002), para que esse acompanhamento seja mais eficiente, é recomendada a utilização da ferramenta conhecida como rota de inspeção. Essa ferramenta consiste no mapeamento dos equipamentos de um determinado setor, organizando-os conforme suas características e verificando pontos relevantes do maquinário (VIANA, 2002).

A Figura 5 apresenta um exemplo de documento utilizado na rota de inspeção:

INSPEÇÃO DE ROTA MECÂNICA

PCM

ÁREA: ENVASAMENTO ROTA: PÁGINA 1/1

SISTEMA: ENCHEDORA

DATA: / /

CERVEJARIA X
PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO

ITENS DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA											
EQUIPAMENTO	TAG	PRESSIONAMENTO	TEMPERATURA	RUIDO	VIBRAÇÃO	LIMPEZA	VEDAÇÃO	CONDIÇÕES GERAIS DE INTEGRIDADE	CONDUTORES ELÉTRICOS	ILUMINAÇÃO	LUBRIFICAÇÃO
ESTRUTURA DA ENCHEDORA	ECH-009-001-001										
MOTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-002										
REDUTOR PRINCIPAL	ECH-009-001-003										
BOMBA DE VÁCUO	ECH-009-001-004										
VÁLVULAS DE ENCHIMENTO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-005										
MACACOS DE ELEVAÇÃO (PARTE EXTERNA)	ECH-009-001-006										
HDE	ECH-009-001-007										
PAINEL DE CONTROLE	ECH-009-001-008										
INSTRUMENTAÇÃO	ECH-009-001-009										

LEGENDA: F - Equipamento Parado OK - Situação Conforme (Sem Problemas)
N - Situação Não Conforme (Problemática)

EXECUTANTE: _____ GT. ÁREA: _____

Obs.: Utilizar o verso da planilha para observações e detalhamento.

Figura 5: Exemplo de Rota de Inspeção;
Fonte: Viana (2002).

A Figura 5 demonstra a variedade de aspectos que devem ser considerados para os equipamentos listados na rota de inspeção. Entre os principais componentes mecânicos que necessitam de lubrificação estão os mancais, engrenagens, superfícies planas deslizantes e cilindros. No entanto, esses elementos, na maioria das vezes, não compartilham as mesmas características, o que exige atenção especial na elaboração do roteiro de manutenção.

Segundo Viana (2002), ao se elaborar um roteiro de lubrificação, o primeiro passo é identificar o tipo adequado de lubrificante para cada equipamento, podendo ser graxa ou óleo. Em seguida, é necessário definir a frequência com que cada máquina será lubrificada. Por fim, deve-se escolher o método de aplicação, como a lubrificação por camada limítrofe ou fluida. Também é essencial considerar as condições físicas do ambiente fabril na organização dos equipamentos, com o objetivo de tornar o processo mais eficiente.

A Figura 6 apresenta um exemplo de roteiro de lubrificação.

DATA DA MANUTENÇÃO: PÁGINA 1			
TIPO DE MANUTENÇÃO:			
CENTRO DE CUSTO:			
EQUIPE RESPONSÁVEL:			
ROTEIRO DE LUBRIFICAÇÃO:			
TAG: EQUIPAMENTO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO
ORDEN MANUTENÇÃO			
PTOS			
670.003	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
4			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1,0	KG
TAG: EQUIPAMENTO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO
ORDEN MANUTENÇÃO			
PTOS			
670.053	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
5			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1,0	KG
TAG: EQUIPAMENTO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO
ORDEN MANUTENÇÃO			
PTOS			
670.453	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
5			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1,0	KG
TAG: EQUIPAMENTO	TAREFA	DESCRIÇÃO	DATA MANUTENÇÃO
ORDEN MANUTENÇÃO			
PTOS			
670.345	10	LUBRIFICAR EQUIPAMENTO	27/07/2001
5			
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
334556	GRAXA TX-200	1,0	KG
OBSERVAÇÕES:			

Figura 6: Exemplo de Roteiro de lubrificação;
Fonte: Viana (2002).

Correias de transmissão, lonas de embreagem, gaxetas e escovas de motor são exemplos de componentes considerados itens de sacrifício, ou seja, não vale a pena recuperá-los. Após cumprirem sua função, esses itens são descartados e substituídos por novos. O primeiro passo para planejar a manutenção voltada à troca desses itens é identificar quais devem ser substituídos e com que frequência as intervenções devem ocorrer.

De acordo com Viana (2002), é fundamental estabelecer uma série de critérios que servirão como base para a construção de um plano de manutenção preventiva. Esses critérios estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Critérios;

Balizadores	Características
Título do plano de manutenção	Controle das ações.
Grupo de máquina	Informa o grupo de máquinas ao qual o plano se aplica.
Periodicidade	O intervalo de tempo entre as intervenções.
Tipo de dia	Informa se a contagem considera dias úteis ou corridos.
Data da ativação	Define o marco inicial do plano.
Equipe de manutenção	Responsável pela execução dos serviços.
Planejador	Responsável pela elaboração do plano.
Material de consumo	Itens necessários para a realização da manutenção.
Especialidades	Indica quais mantenedores realizarão as
EPI's	Equipamentos de proteção individual que devem ser usados durante as tarefas.
Ferramentas	Instrumentos necessários para executar a manutenção.
Equipamentos de apoio	Máquinas que auxiliam na realização das tarefas de manutenção.

Fonte: Adaptado de Viana (2002).

Segundo Viana (2002), os planos preditivos “não devem diferir quanto à forma, dos planos preventivos, pois os mesmos requisitos estabelecidos nestes serão levados a cabo naqueles”. Em outras palavras, embora o plano preventivo envolva ações diretas de intervenção nos equipamentos, o plano preditivo tem como foco o monitoramento contínuo das máquinas, mantendo, contudo, estrutura e requisitos semelhantes.

2.4.1 Planejando e Programando a Manutenção

Segundo Viana (2002), as carteiras de manutenção têm como fontes principais: as Ordens de Manutenção (OMs) preventivas, originadas dos planos vinculados aos equipamentos; as OMs solicitadas pelos operadores; as OMs destinadas a ações corretivas; e as OMs provenientes de inspeções em campo. Viana (2002) ainda destaca que a carteira é essencial para o PCM, pois é por meio dela que se organiza e executa todo o trabalho da equipe de manutenção, conforme ilustrado na figura 7.

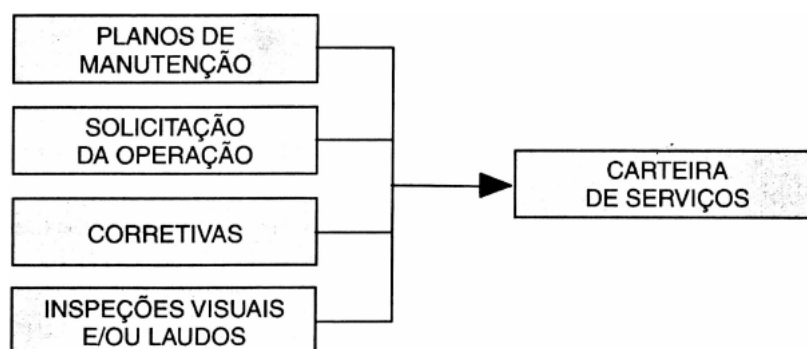


Figura 7: Fonte das carteiras de serviços
Fonte: Viana (2002)

2.4.2 Materiais Necessários

Viana (2002) enfatiza que cabe ao planejador solicitar os materiais de compra por meio da área responsável, sendo essencial uma comunicação eficiente entre o PCM e o setor de compras. A falta dessa troca de informações pode gerar falhas na manutenção devido à ausência de peças, levando a paradas inesperadas na produção.

Além disso, é fundamental o alinhamento entre o PCM, o almoxarifado e o setor de compras, a fim de evitar a solicitação de itens que já estejam disponíveis em estoque, o que resultaria em despesas desnecessárias (VIANA, 2002).

Viana (2002, p.119) ainda reforça que "os materiais das ordens de manutenção devem ser organizados pelo planejador em kits identificados com o número da OM correspondente, e disponibilizados com um dia de antecedência na oficina responsável pela execução".

2.4.3 Priorização das Ordens de Serviços

Conforme Viana (2002), todas as ordens de manutenção devem ser classificadas de acordo com um critério de prioridade. A definição dessas prioridades é da seguinte forma:

- **Prioridade 0:** destinada a serviços que envolvem questões críticas de segurança, meio ambiente, qualidade ou produção, e que devem ser resolvidos em até 14 dias;
- **Prioridade 1:** aplicada a serviços relacionados a segurança, meio ambiente, qualidade ou produção, mas com prazo de execução entre 14 e 30 dias;
- **Prioridade 2:** voltada para serviços que não envolvem diretamente segurança, meio ambiente, qualidade ou produção, podendo ter prazo de conclusão inferior ou superior a 30 dias.

2.5 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos teóricos que fundamentam o desenvolvimento deste trabalho, abordando a importância da manutenção industrial e seus diferentes métodos de aplicação, bem como os princípios do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e da elaboração de planos de manutenção. A revisão bibliográfica evidenciou que a adoção de práticas de manutenção planejadas pode contribuir para o aumento da confiabilidade e da disponibilidade dos equipamentos, reduzindo falhas, custos operacionais e paradas não programadas. Além disso, foram discutidos os principais elementos que compõem um sistema eficiente de gestão da manutenção, como o tagging dos equipamentos, o histórico de manutenção, a definição de prioridades, o gerenciamento de materiais e a utilização de indicadores de desempenho.

No capítulo seguinte, será apresentada a metodologia empregada na pesquisa, descrevendo os procedimentos adotados para a coleta, organização e análise dos dados utilizados na elaboração da proposta de manutenção.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipos de Pesquisa

Gil (2002) define a pesquisa como um processo lógico e estruturado que busca encontrar respostas para questões específicas. Segundo o autor, ela se torna necessária quando não há informações suficientes para solucionar um problema, ou quando os dados existentes estão tão desorganizados que não permitem uma análise clara.

Segundo Marconi e Lakatos (2007), a pesquisa é um processo estruturado que utiliza um método de pensamento reflexivo e exige um tratamento científico, sendo o meio para compreender a realidade ou revelar verdades ainda parciais.

Gil (2002) explica que esse processo é conduzido com base nos conhecimentos já existentes, utilizando métodos, técnicas e procedimentos científicos de forma criteriosa.

No que diz respeito à forma de abordagem, a pesquisa pode ser classificada em duas modalidades principais: qualitativa e quantitativa. Conforme Lakatos e Marconi (2021), a pesquisa quantitativa lida com dados expressos em números e estatísticas, permitindo a mensuração das informações obtidas ao longo do estudo, as quais, posteriormente, devem ser interpretadas e analisadas.

Já segundo Creswell *apud* Soares (2019), a pesquisa qualitativa ocorre quando o pesquisador analisa os fenômenos dentro de seus contextos naturais, buscando compreendê-los a partir da perspectiva dos envolvidos. Os autores mostram que esse tipo de investigação envolve a coleta e o uso de diversos materiais empíricos como estudos de caso, experiências pessoais, observações, relatos históricos, interações entre fatores ou fenômenos, entre outros que estejam relacionados ao cotidiano e aos desafios observados durante a análise do objeto de estudo.

Diante disso, tendo em vista essas duas definições de formas de pesquisa a que se melhor enquadra para coleta de informações é a pesquisa qualitativa, pois se trata de uma proposta de Plano de manutenção em uma empresa de mineração no setor de filtragem de rejeitos e lamas.

Para Gil (2002), há muitas razões que determinam a realização de uma pesquisa, elas podem, no entanto, serem classificadas em dois grandes grupos: razões de ordem intelectual e razões de ordem prática.

Segundo o autor, as primeiras decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer e as últimas decorrem do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz.

No que diz respeito aos procedimentos técnicos, Gil (2002) enumera diferentes métodos de pesquisa, como: bibliográfica, documental, experimental, ensaio clínico, estudo de caso, estudo de corte, levantamento de campo, pesquisa etnográfica, pesquisa fenomenológica, teoria fundamentada nos dados, pesquisa-ação, pesquisas mistas, participante e narrativa. É importante destacar que um trabalho pode se enquadrar em mais de um desses métodos simultaneamente.

De acordo com Gil (2002) a pesquisa bibliográfica é realizada com base em materiais já existentes, como livros e artigos científicos. O autor enfatiza que embora esse tipo de levantamento esteja presente em praticamente todos os estudos, há pesquisas que se baseiam unicamente nessas fontes. Da mesma forma, investigações sobre ideologias ou análises de diferentes pontos de vista sobre um determinado tema geralmente são feitas quase que exclusivamente a partir de material bibliográfico (GIL, 2002).

As fontes bibliográficas são em grande número e podem ser assim classificadas:

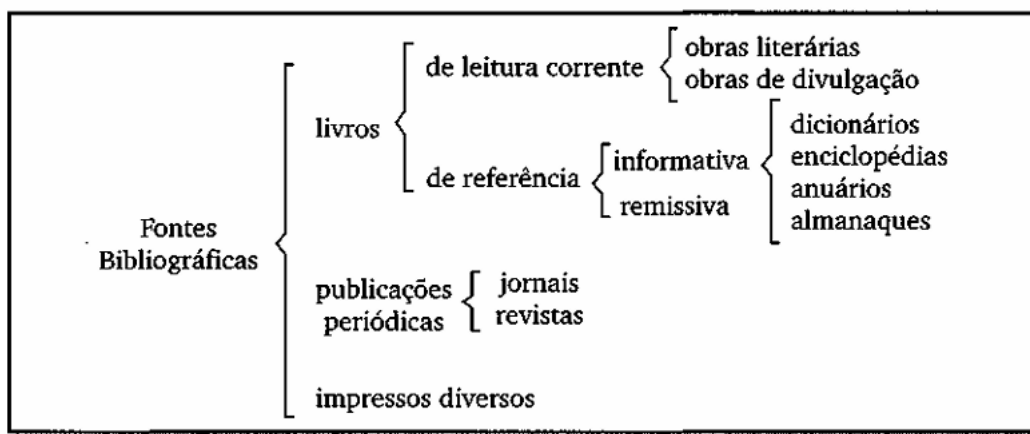


Figura 8: Classificação das fontes bibliográficas.
Fonte: Gil (2002)

Para Gil (2002) os livros são considerados as principais fontes bibliográficas. Dependendo da forma como são utilizados, eles podem ser divididos em duas categorias: livros de leitura corrente e livros de referência (GIL, 2002).

Os livros de leitura corrente incluem obras dos mais variados gêneros literários, como romances, poesias e peças teatrais, além de livros de divulgação científica ou técnica, voltados à transmissão de conhecimentos ao público em geral (GIL, 2002).

Já os livros de referência, também chamados de livros de consulta, têm como finalidade fornecer informações de forma rápida ou indicar onde essas informações podem ser encontradas (GIL, 2002).

De acordo com Gil (2002, p. 45): “a pesquisa documental assemelha-se muito à pesquisa bibliográfica. A diferença essencial entre ambas está na natureza das fontes/Enquanto a pesquisa bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições dos diversos autores sobre determinado assunto, a pesquisa documental vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa”.

Segundo Gil (2002) o estudo de caso é um tipo de pesquisa bastante comum nas ciências biomédicas e sociais. Ele se baseia na análise aprofundada e detalhada de um ou poucos casos, com o objetivo de obter um conhecimento amplo sobre o objeto estudado algo que seria difícil de alcançar com outros tipos de pesquisa salienta o autor.

Para GIL (2002) nas ciências biomédicas, o estudo de caso é frequentemente usado como estudo-piloto, ajudando a explorar diferentes aspectos do campo de pesquisa, ou ainda para descrever síndromes pouco comuns. Normalmente, os resultados obtidos por esse método são apresentados como hipóteses iniciais, e não como conclusões definitivas (GIL, 2002).

Este trabalho é caracterizado como pesquisa bibliográfica, pois faz uso de conceitos sobre manutenção, planejamento e procedimentos operacionais extraídos de diversos autores e artigos. Também se enquadra como pesquisa documental, uma vez que utiliza documentos internos da empresa para colaborar na solução do problema apresentado.

Por fim, trata-se ainda de um estudo de caso, pois analisa o Planejamento e Controle da Manutenção no setor de filtragem de rejeitos e lamas de uma empresa mineradora. O objetivo é compreender detalhadamente todas as etapas envolvidas na produção de um plano de manutenção para um filtro prensa, permitindo o enfrentamento de um problema real que possa ser comum, especialmente em empresas iniciantes no mercado.

3.2 Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho, foi preciso analisar as condições da área de manutenção da empresa. Com base nessa análise, foram definidas etapas a serem seguidas na elaboração dos procedimentos necessários para a implantação do Plano de Manutenção, conforme ilustrado na figura 9.

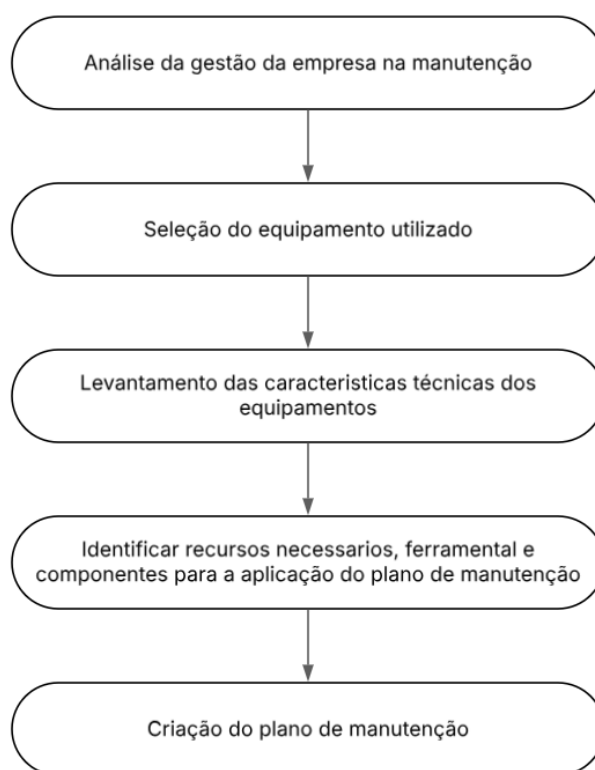


Figura 9: Etapas da metodologia proposta.
Fonte: Pesquisa Direta (2026)

Como observado na Figura 8, são divididas as etapas de metodologia que vai da análise da gestão da empresa na manutenção à criação do plano de manutenção.

A análise do processo de manutenção será realizada com base nos métodos de manutenção adotados pelos autores e pela empresa, com o objetivo de compreender como cada um é executado. A partir desse entendimento, será possível avançar para a análise do plano da manutenção, o qual desempenha um papel essencial na organização das atividades, já que é por meio dele que se determina quando ocorrerão as trocas de componentes.

A seleção do equipamento foi feita a partir da recorrência de uma falha específica nos filtros prensas, onde um pino travava e a comporta não fechava e como consequência o minério possuía um alto índice de água em sua composição. Portanto, era obtido um minério de baixa qualidade.

Diante disso foi identificado as características do filtro prensa da empresa, pois através do manual tem-se as informações dos fabricantes e técnicas, que perante a manutenção é importantíssimo, pois é dele que veremos a tendência de falha de cada componente, podendo assim definir o plano de manutenção.

A identificação dos recursos necessários, do ferramental e dos componentes é essencial para a execução eficaz do plano de manutenção. Esse processo envolve o dimensionamento da equipe e sua capacitação, a definição das ferramentas adequadas, o planejamento do uso de equipamentos de proteção e a previsão de materiais e peças de reposição. Também inclui o controle logístico e de estoque, garantindo que insumos críticos estejam disponíveis no momento da intervenção. Dessa forma, é possível reduzir paradas não planejadas, otimizar custos e aumentar a confiabilidade e a vida útil dos equipamentos.

Após se obter todos os itens citados, pode-se dar início a criação do plano de manutenção com foco em reduzir as falhas e sair do ciclo vicioso de falhas.

3.3 Variáveis e Indicadores

Para melhor entendimento do trabalho é necessário realizar o estudo das variáveis e dos indicadores. Segundo Gil (2002, p.32), o conceito de variável é:

Tudo que pode apresentar variações de acordo com cada situação específica ou circunstância é considerado uma variável. Por exemplo, a idade é uma variável, pois pode ter diferentes valores. Da mesma forma, a classe social também é uma variável, mesmo que não seja representada por números, já que pode ser dividida em categorias como alta, média e baixa.

Segundo Gil (2002), os indicadores são ferramentas usadas para medir os aspectos implícitos das variáveis, permitindo acompanhar o progresso da resolução do problema, seja por meio de dados numéricos ou não numéricos. Eles ajudam no monitoramento e no controle do processo.

A Tabela 3 apresenta as variáveis e seus respectivos indicadores aplicados ao plano da manutenção.

Tabela 3: Indicadores do Plano de manutenção;

Variáveis	Indicadores
Plano de manutenção	Características técnicas dos equipamentos
	Materiais para manutenção
	Periodicidade
	POP (Procedimento Operacional Padrão)
	Cronograma
	Equipe de manutenção e suas especialidades
	Arquivamento de desenhos e catálogos

Fonte: Adaptação de Viana (2002).

A Tabela 3 apresenta as variáveis e seus respectivos indicadores relacionados ao plano de manutenção, abrangendo desde as características técnicas dos equipamentos até o armazenamento de desenhos e catálogos.

3.4 Instrumentos de Coleta de Dados

A coleta de dados para este trabalho teve como principal referência o plano de manutenção ou histórico do equipamento. Para o levantamento dos materiais, foram utilizadas planilhas em Excel contendo dados referentes ao controle de manutenção de uma empresa do setor de mineração. Além disso, foram consideradas outras informações fornecidas pela própria empresa analisada.

3.5 Tabulação dos Dados

Os instrumentos para a tabulação de dados utilizados são *Microsoft Excel* para construção de gráficos e itens de troca, *Microsoft Word* para a criação e modelos de relatórios de planejamentos.

3.6 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo teve como objetivo apresentar a metodologia aplicada ao longo do trabalho, bem como as ferramentas e instrumentos utilizados. No capítulo seguinte, apresenta-se a análise dos resultados iniciais, abordando as características gerais da empresa e sua atuação no mercado de forma abrangente.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A atuação da empresa estudada é no setor de Mineração e Siderurgia. Seu modelo de produção está alinhado com os princípios da economia circular e reforça a posição da empresa como referência em práticas industriais mais sustentáveis.

Além disso, a organização investe continuamente em tecnologia, digitalização e eficiência operacional, buscando otimizar seus processos e oferecer soluções em aço cada vez mais inovadoras e alinhadas às demandas do mercado moderno.

A diversificação de seus produtos permite atender uma ampla gama de setores, como construção civil, infraestrutura, indústria, agronegócio, setor automotivo e energia. Com unidades industriais espalhadas por diversos países e um portfólio variado, a empresa consegue se adaptar aos diferentes contextos econômicos regionais e manter uma atuação competitiva em escala internacional.

Dentre os principais produtos oferecidos por essa empresa destacam-se: Aços Longos, Aços Especiais, Produtos de Arames e Fios e Produtos Semiacabados.

A produção de aços longos é um dos principais ramos da siderurgia e tem como objetivo fabricar produtos com formato alongado, como vergalhões, barras, fio-máquina, arames e perfis metálicos. Esses materiais são amplamente utilizados na construção civil, em estruturas de concreto armado, e em indústrias mecânicas e automobilísticas. O processo de fabricação começa com o uso de matérias-primas como minério de ferro, carvão e sucata metálica, que podem ser processadas por duas rotas principais: a integrada, com o uso de alto-forno, ou a semi-integrada, com forno elétrico a arco.

Após a fusão e o refino do aço líquido, o material é solidificado em tarugos por meio do lingotamento contínuo. Esses tarugos são então reaquecidos e laminados em cilindros que lhes conferem o formato final. A etapa de laminação é seguida por processos de acabamento, como corte, resfriamento, endireitamento e inspeções de qualidade, garantindo que o produto atenda às especificações mecânicas e dimensionais.

Os aços longos se destacam por sua alta ductilidade, boa soldabilidade e resistência mecânica ajustável, o que os torna ideais para aplicações que exigem deformação e resistência, como armações de concreto, molas e peças automotivas. Além disso, o setor tem investido em tecnologias mais sustentáveis, como o uso crescente de sucata reciclada e a automação dos processos industriais, reduzindo o consumo de energia e as emissões de carbono.

A produção de aços especiais envolve a fabricação de ligas metálicas com composições químicas e propriedades diferenciadas em relação aos aços comuns, sendo projetadas para atender a aplicações que exigem alto desempenho, resistência e durabilidade. Esses aços são utilizados em setores como a indústria automobilística, aeroespacial, petroquímica, naval e na fabricação de ferramentas e equipamentos de alta precisão.

O processo de produção segue etapas semelhantes às dos aços convencionais, começando pela fusão das matérias-primas que podem incluir minério de ferro, sucata e elementos de liga como cromo, níquel, molibdênio, vanádio e tungstênio. A fusão ocorre geralmente em fornos elétricos a arco ou fornos de indução, permitindo maior controle sobre a composição química.

Após o refino, o aço líquido é submetido ao lingotamento contínuo ou à moldagem em lingotes, e em seguida passa por laminação, forjamento ou outros processos mecânicos que determinam sua forma final.

O diferencial dos aços especiais está na combinação de elementos de liga e nos tratamentos térmicos aplicados, que conferem características específicas, como alta resistência à corrosão, dureza, tenacidade, resistência ao desgaste e estabilidade em altas temperaturas. Entre os principais tipos de aços especiais estão os aços inoxidáveis, os aços ferramenta, os aços de Alta Resistência e Baixa liga (ARBL) e os aços para rolamentos.

Além de apresentarem propriedades mecânicas superiores, os aços especiais exigem rigoroso controle de qualidade e pureza, pois pequenas variações químicas podem alterar significativamente seu desempenho. Por isso, utilizam-se tecnologias avançadas de análise e refino, como desgaseificação a vácuo e processos de refino secundário. Atualmente, a produção desses aços também busca ser mais sustentável, com reaproveitamento de sucata, redução de emissões e eficiência energética.

A produção dos aços para arames e fios pertence ao grupo dos aços longos e tem como principal etapa a laminação dos tarugos de aço, que são aquecidos e reduzidos em espessura até se transformarem em fio-máquina, o produto intermediário usado para fabricar os diversos tipos de arame. Após essa fase, o fio-máquina passa por processos como trefilação, em que é puxado através de matrizes que diminuem seu diâmetro e aumentam sua resistência, e por tratamentos térmicos, como o recozimento, que devolve a ductilidade perdida durante a deformação.

Para aplicações que exigem maior durabilidade e resistência à corrosão, o aço pode ser submetido à galvanização, processo que aplica uma camada de zinco protetora, essencial para produtos usados ao ar livre, como cercas e telas.

Os aços utilizados nesse tipo de produção geralmente são aços de baixo carbono, o que garante boa maleabilidade, ductilidade e facilidade de conformação, sem comprometer a resistência mecânica. Em alguns casos, pequenas adições de manganês ou silício são feitas para melhorar a resistência e o desempenho durante a trefilação.

Entre suas principais características estão a alta resistência à tração, boa soldabilidade, superfície lisa e uniforme e a capacidade de alongamento sem ruptura, qualidades fundamentais para produtos que exigem flexibilidade e precisão dimensional.

Os produtos semiacabados representam uma etapa intermediária essencial na cadeia de produção siderúrgica. Eles são obtidos a partir da solidificação do aço líquido por meio do processo de lingotamento contínuo e incluem itens como tarugos (*billets*), blocos (*blooms*) e placas (*slabs*).

Esses materiais ainda não possuem forma final, mas servem como matéria-prima para a fabricação de produtos acabados, como laminados planos, longos, arames e perfis metálicos.

Os tarugos, em especial, são os principais semiacabados usados na produção de aços longos, como vergalhões e fio-máquina. Eles possuem formato geralmente quadrado ou retangular e são produzidos com precisão dimensional e composição química controlada, garantindo qualidade nas etapas seguintes de laminação. Dependendo da estratégia da usina, esses produtos podem ser vendidos a outras empresas (para uso em processos de laminação e trefilação) ou utilizados internamente.

A fabricação dos semiacabados envolve refino do aço líquido, controle rigoroso de temperatura e pureza, e resfriamento controlado para evitar defeitos estruturais. Esse cuidado garante propriedades mecânicas uniformes, alta resistência, boa tenacidade e excelente qualidade superficial, fatores fundamentais para o desempenho dos produtos finais.

Os aços usados na produção de semiacabados podem variar quanto ao teor de carbono e elementos de liga, de acordo com o destino do material desde aços carbono comuns até aços especiais para aplicações mais exigentes.

A figura 10 mostra de uma forma simplificada o processo de produção do aço no Brasil.

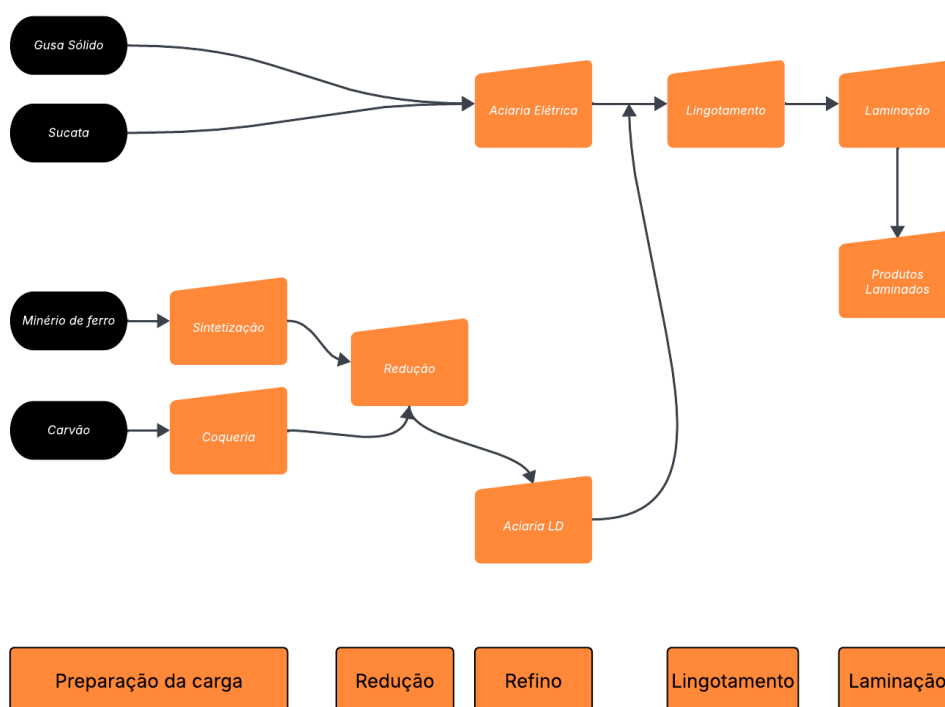


Figura 10: Processo de produção do aço.
Fonte: Pesquisa Direta (2026).

A produção ocorre por duas rotas tecnológicas distintas. A Rota da Sucata Siderúrgica, ou via eletrometalúrgica, utiliza sucata ferrosa como matéria-prima, que é fundida em Forno de Arco Elétrico através de energia elétrica. O aço líquido resultante é solidificado por Lingotamento ou Colada Contínua, gerando semiacabados que posteriormente são conformados mecanicamente por Laminação para obtenção dos produtos finais.

Em contraste, a Rota Integrada a Minério de Ferro inicia-se com a preparação da carga, envolvendo a sinterização do minério e a coqueria do carvão mineral. No Alto-Forno, o minério é reduzido a ferro-gusa mediante ação redutora do coque. Esta gusa é subsequentemente refinado em Conversor a Oxigênio (LD), onde impurezas são removidas por oxidação, convertendo-o em aço líquido. Por fim, o material segue para as mesmas etapas de solidificação e conformação da rota anterior: Lingotamento/Colada Contínua e Laminação.

A tabela 4 apresenta os dados de produção de aço no Brasil, comparando os resultados de outubro de 2020 e 2021, além do acumulado de janeiro a outubro desses anos, em mil toneladas.

Tabela 4: Dados sobre a produção de aço no Brasil.

Produto	■ Out (20-21) (Ton)	■ 21/20 (%)	■ Jan-Out (20-21) (Ton)	■ 21/20 (%)2	■
Aço Bruto /Crude Steel	2,854/2,943	3,1	25,453/20226		19,2
Laminados/Rolled Products	2,177/2,163	-0,7	17,756/22,353		25,9
Planos/Flats	1,257/1,229	-2,3	10,046/13,033		29,7
Longos/Longs	920/934	1,5	7,710/9,320		20,9
Semiacabados p/Vendas / Semifinished Products for Sale	658/685	4,1	6,524/6,922		6,1
Placas/Slabs	592/605	2,1	6,035/6,410		6,2
Lingotes, Blocos e Tarugos/Ingots, Blooms and Billets	66/81	22,6	489/512		4,7
Ferro Gusa (Usinas Integradas)/ Pig Iron(Integrated Steelworks)	2,172/2,249	3,5	19,937/23,737		19,1

Fonte: Portal Siderurgia (2022).

Observa-se, na tabela 4, um crescimento geral na produção em 2021 em relação a 2020. O aço bruto teve aumento de 3,1% em outubro e 19,2% no acumulado do ano. Nos laminados, houve leve queda de 0,7% em outubro, mas um expressivo crescimento de 25,9% no acumulado, com destaque para os aços planos, que cresceram 29,7%. Os aços longos também aumentaram 1,5% em outubro e 20,9% no ano. Os semiacabados para venda tiveram alta de 4,1% em outubro e 5,1% no acumulado. Já os lingotes, blocos e tarugos apresentaram o maior crescimento percentual em outubro (22,6%). O ferro-gusa, utilizado como insumo na produção de aço, cresceu 3,5% em outubro e 19,1% no acumulado de 2021.

A tabela 5 informa dados sobre a produção mundial de aço entre os anos de 2024 e 2025:

Tabela 5: Dados sobre a produção de aço mundial.

Rank	País	2024	2025	% 2024/2025
1	China	1005,1	1022,5	-1,7
2	Índia	149,6	140,8	6,3
3	Japão	84	87	-3,4
4	Estados Unidos	79,5	81,4	-2,4
5	Rússia	70,7	76	-7
6	Coreia do Sul	63,5	66,77	-4,7
7	Alemanha	37,2	35,4	5,2
8	Turquia	36,9	33,7	9,4
9	Brasil	33,7	32	5,3
10	Irã	31	30,7	0,8
11	Vietnã	22,1	19,2	14,9
12	Itália	20	21,1	-5
13	Taiwan, China	19,1	19,1	-0,3
14	Indonésia	17	16,8	0,9
15	México	13,7	16,4	-16,5

Fonte: Pesquisa Direta (2025).

A tabela 5 mostra que a produção mundial de aço entre 2024 e 2025 tem a China mantendo sua liderança esmagadora, apesar de uma leve queda de 1,7%. A Índia consolida o segundo lugar com crescimento sólido, enquanto economias emergentes como Vietnã, Turquia e Brasil registram expansões significativas. Em contraste, a maioria das nações industrializadas (Japão, EUA, Coreia do Sul, Alemanha) e o México apresentam quedas, indicando uma transição geoeconômica em curso, com o centro de gravidade da produção siderúrgica gradualmente se realocando para economias em desenvolvimento.

A figura 11 mostra o organograma da diretoria da empresa estudada:

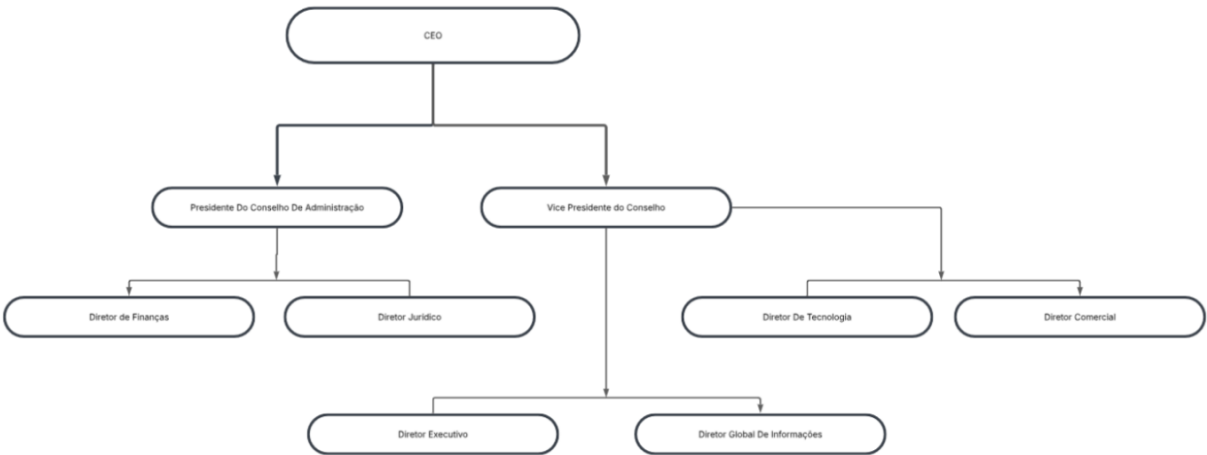


Figura 11: Organograma Diretoria.
Fonte: Pesquisa Direta (2026).

A figura 11 apresenta uma estrutura organizacional corporativa referente a diretoria da empresa estudada.

CEO: Nível estratégico máximo, composto pelo Presidente e Vice-Presidentes do Conselho de Administração, além de diretores de alto escalão;

Presidente do Conselho de Administração e Vice-Presidente Do Conselho: O Presidente do Conselho de Administração é responsável por liderar o conselho da empresa, supervisionando as decisões estratégicas, acompanhando a gestão do CEO e garantindo o cumprimento das diretrizes organizacionais, enquanto o Vice-Presidente do Conselho auxilia na coordenação estratégica da empresa, apoia a comunicação entre conselho e diretoria e assume as responsabilidades do presidente quando necessário.

Diretor Financeiro: Área responsável por finanças, jurídico, tecnologia, comercial e operações, com forte ênfase em tecnologia, dados e IA incluindo cargos como Diretor de Dados e IA, Diretor de Segurança da Informação e Chefia de Inovação;

Diretor Jurídico: Cuida de todos os assuntos legais da organização, como contratos, conformidade com leis e regulamentações, defesa judicial, riscos jurídicos e governança corporativa. Atua para proteger a empresa de problemas legais e garantir segurança jurídica;

Diretor de tecnologia: Responsável pela inovação tecnológica e pelo desenvolvimento de soluções que aumentem a eficiência operacional. Supervisiona sistemas, automação, infraestrutura tecnológica e projetos de transformação digital;

Diretor Comercial: Foca no crescimento das vendas e no relacionamento com clientes. Atua no desenvolvimento de estratégias comerciais, definição de metas de vendas, expansão de mercado, negociação com grandes clientes e fortalecimento da competitividade da empresa;

Diretor Executivo: Responsável pela operação do dia a dia da empresa, garantindo que os processos funcionem com eficiência. Coordena áreas operacionais, acompanha desempenho, produtividade e assegura que as metas estratégicas sejam bem executadas;

Diretor Global de Informações: Gerencia a informação estratégica da empresa e os sistemas de informação corporativos. Atua no controle de dados, segurança da informação, governança de TI e integração tecnológica entre os diversos setores, apoiando a tomada de decisões com base em dados confiáveis.

A figura 12 apresenta um organograma sobre a equipe de manutenção responsável pela área da Filtragem de Rejeitos e Lamas da empresa estudada.

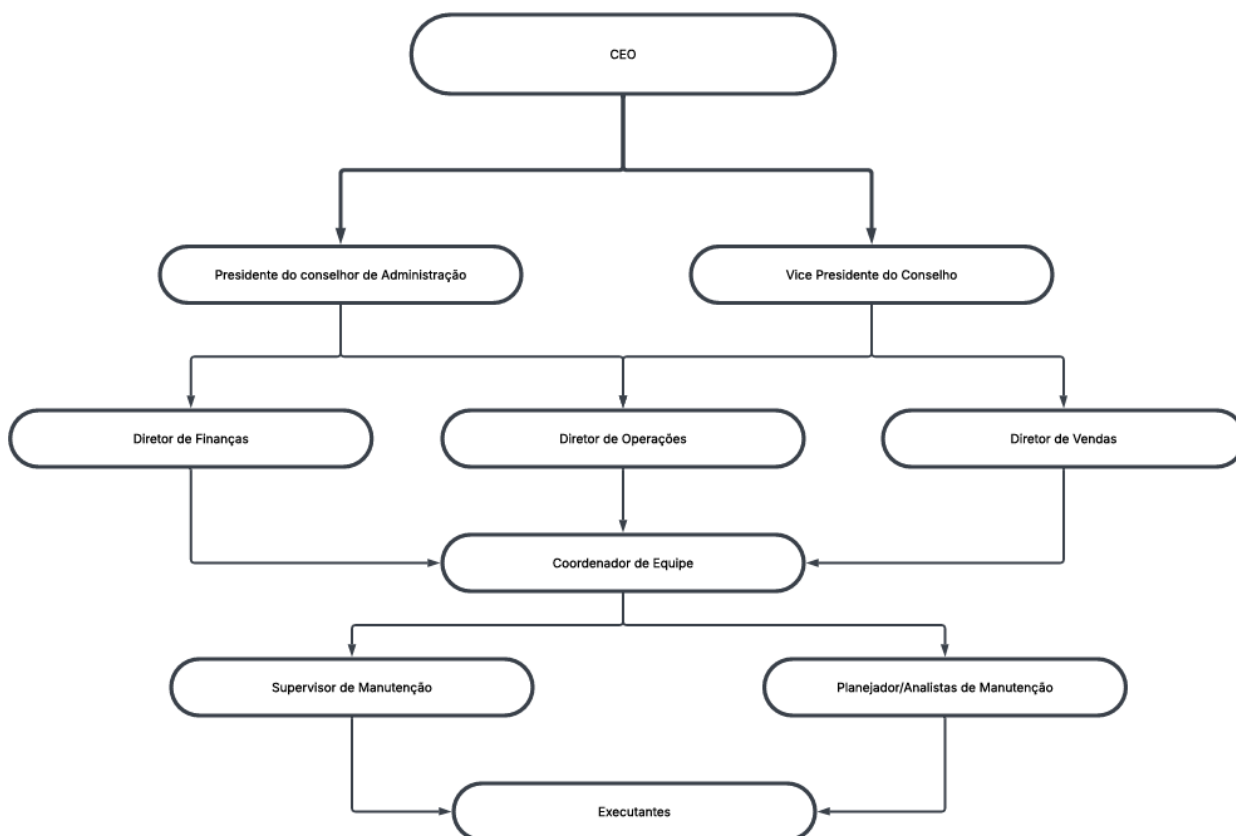


Figura 12: Organograma Manutenção.
Fonte: Pesquisa Direta (2026).

Observa-se na Figura 12 o organograma da equipe da manutenção da empresa estudada, ele compõe-se da seguinte forma:

Diretores: Executivos de alto nível responsáveis por grandes áreas ou departamentos da empresa (como Finanças, Operações, Vendas etc.), implementando a estratégia definida pelo CEO e pelo Conselho;

Coordenador de equipe: Profissional de supervisão operacional, responsável por gerenciar e orientar uma equipe específica, assegurando que as tarefas sejam realizadas conforme o planejado;

Supervisor de Manutenção Mecânica e Elétrica: Líder técnico diretamente responsável por todas as atividades de manutenção na planta. Supervisiona a equipe e assegura a execução correta e segura dos serviços;

Planejador/Analistas de manutenção: Profissionais que trabalham no planejamento, programação e análise das ordens de serviço. São responsáveis por definir prazos, recursos necessários e analisar dados para melhorar a eficiência da manutenção;

Executantes (Mecânicos, eletricitas, soldadores, lubrificadores, entre outros): É a equipe operacional que executa fisicamente os serviços de manutenção nas máquinas, equipamentos e instalações da empresa. Formam a base da pirâmide operacional.

A área de Filtragem de Rejeitos e Lamas é uma unidade operacional especializada e crítica dentro do contexto industrial, frequentemente vinculada aos setores de Operações, Utilidades ou Meio Ambiente. Sua função principal é gerenciar e processar resíduos industriais de consistência pastosa ou líquida as chamadas lamas, transformando-os em material sólido e estável por meio de equipamentos como filtros-prensa, espessadores ou centrífugas. Esse processo é vital para reduzir o volume de rejeitos, permitir uma disposição final ambientalmente segura e, em alguns casos, possibilitar o reaproveitamento de subprodutos.

A liderança dessa área geralmente fica a cargo de um Supervisor de Filtragem e Rejeitos, que responde a um coordenador ou gerente de operações. Esse supervisor é o responsável pela coordenação diária das atividades, pelo cumprimento de metas de desidratação, pela aplicação de normas de segurança e ambientais e pela interface com a manutenção.

A equipe operacional é composta por profissionais como o Operador de Sala de Controle, que monitora todo o processo por meio de sistemas automatizados, ajustando parâmetros como vazão, pressão e dosagem de produtos químicos, e o Operador de Campo, que atua diretamente nas instalações, realizando inspeções, coletando amostras para análise e assegurando o bom funcionamento de bombas, correias e válvulas.

Além disso, a área conta com suporte especializado de Técnicos de Manutenção, vinculados à equipe de Manutenção Mecânica e Elétrica, que realizam serviços corretivos e preventivos nos equipamentos específicos de filtragem, assegurando a continuidade e a confiabilidade do processo.

Em síntese, a área de Filtragem de Rejeitos e Lamas representa uma etapa crucial no ciclo produtivo de diversas indústrias, combinando conhecimento técnico, operacional e ambiental para transformar resíduos em materiais com destinação controlada, contribuindo para a eficiência operacional e a sustentabilidade do empreendimento.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO FILTRO PRENSA

O funcionamento de um filtro-prensa baseia-se em um processo cíclico de separação sólido-líquido por meio de pressão. O ciclo inicia-se com o fechamento hermético do equipamento, onde um sistema hidráulico comprime um conjunto de placas corrugadas cobertas por mantas filtrantes, formando entre si uma série de câmaras vedadas.

Uma bomba de alta pressão, geralmente do tipo pistão ou diafragma, alimenta a suspensão de lama (a mistura de sólidos e líquidos) no interior do filtro.

Conforme a lama é injetada sob pressão elevada, que pode chegar a mais de 15 bar, o líquido, denominado filtrado, atravessa os poros dos tecidos filtrantes, enquanto as partículas sólidas são retidas progressivamente na superfície das mantas. Esse acúmulo forma camadas compactas conhecidas como "bolo de filtro". À medida que o bolo cresce, a resistência ao fluxo aumenta, exigindo que a bomba mantenha ou eleve a pressão para garantir a máxima extração de líquido.

Em aplicações que exigem pureza ou recuperação de produtos, uma etapa opcional de lavagem pode ser realizada, na qual um líquido de lavagem, como água, é circulado através do bolo formado para remover impurezas residuais.

Após a fase de filtração e lavagem, ar comprimido pode ser injetado para expelir o líquido remanescente dos canais e do interior do bolo, promovendo uma secagem adicional e reduzindo ainda mais o teor de umidade. Em seguida, a bomba é desligada, a pressão hidráulica é liberada e as placas são separadas mecanicamente.

Os bolos sólidos, agora consistentes e com baixo teor de umidade, desprendem-se das mantas por gravidade e são descarregados para uma esteira ou recipiente coletor. Finalizado o descarregamento, o filtro-prensa está pronto para ser novamente fechado, reiniciando o ciclo.

Essa operação, embora descontínua, é altamente eficaz na produção de um resíduo sólido e estável, sendo fundamental em processos onde a redução de volume e a gestão ambiental de rejeitos são prioritárias.

O filtro-prensa é um equipamento de grande porte e construção robusta, composto por uma estrutura modular cujas dimensões e configuração variam conforme a capacidade produtiva e a aplicação específica. Sua estrutura básica é formada por componentes fundamentais que trabalham de forma integrada para realizar o processo de filtração.

A estrutura principal é constituída por duas robustas vigas laterais, que podem ser de aço maciço ou caixaria, sustentando todo o conjunto. Entre elas, encontra-se a estrutura de pressão, responsável por gerar a força necessária para compactar as placas. O tamanho do filtro-prensa é definido principalmente pelo número e pelas dimensões das suas placas filtrantes.

O equipamento pode possuir desde algumas dezenas até mais de uma centena de placas, com tamanhos que variam de aproximadamente 30 centímetros a mais de 2 metros de lado.

O comprimento total da máquina, portanto, é diretamente proporcional à quantidade de placas utilizadas, podendo atingir vários metros. A capacidade volumétrica é comumente expressa em litros ou metros cúbicos de volume de câmara, que representa o espaço total disponível para a formação dos bolos de filtro.

Os componentes essenciais incluem o sistema hidráulico, que é o coração mecânico do equipamento, gerando a alta pressão necessária para fechar o conjunto de placas e manter a vedação durante a operação.

As placas filtrantes são os elementos centrais do processo. Elas são fabricadas em materiais como polipropileno ou aço revestido, possuem superfícies corrugadas ou com desenhos em relevo que formam as câmaras de filtração e incorporam canais internos para a distribuição da lama e a coleta do filtrado.

Cada placa é recoberta por uma manta filtrante, um tecido técnico sintético cujo material e tamanho de poro são selecionados de acordo com as características da lama a ser processada; esta manta é o meio que efetivamente retém os sólidos e permite a passagem do líquido.

O sistema de alimentação é composto por uma bomba de alta pressão, tipicamente de pistão ou diafragma, que supera a resistência interna e injeta a lama no filtro-prensa.

Paralelamente, existe um sistema de coleta de filtrado, composto por calhas ou tubulações localizadas abaixo das placas, que canaliza o líquido que atravessou as mantas para o local de descarte ou reuso.

Para operações que requerem maior eficiência na secagem, um sistema de secagem por ar (*air blowing*) pode ser integrado, injetando ar comprimido para expulsar o líquido remanescente do interior dos bolos e dos canais após a fase principal de filtração.

Por fim, todos os ciclos de pressurização, alimentação, lavagem e abertura são gerenciados por um quadro de comando elétrico, que automatiza a sequência operacional e incorpora instrumentos para monitoramento de pressão, temperatura e vazão.

A figura 13 representa um desenho mecânico do filtro prensa, destacando seus principais componentes operacionais.

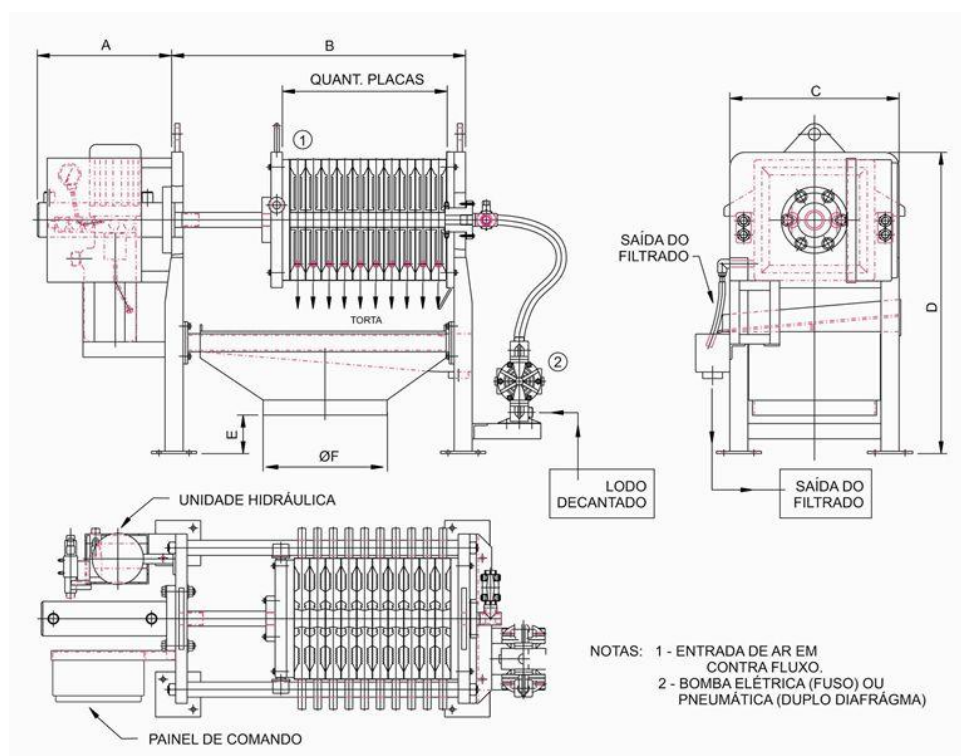


Figura 13: Desenho Mecânico Filtro Prensa.
Fonte: Pesquisa direta (2026).

A figura 13 apresenta os principais componentes de um Filtro Prensa hidráulico de placas e mostra como eles trabalham juntos no processo de filtração. Na extremidade esquerda está o cabeçote fixo, responsável por sustentar estruturalmente o conjunto e servir como ponto de conexão das linhas de alimentação e saída do filtrado. Na extremidade oposta encontra-se o cabeçote móvel, que se desloca para comprimir ou liberar o conjunto de placas filtrantes durante a operação e a descarga da torta.

Entre os dois cabeçotes está o conjunto de placas filtrantes, identificado na figura pela indicação “QUANT. PLACAS”. Essas placas são o elemento principal do filtro prensa, pois formam as câmaras de filtração onde ocorre a separação entre sólidos e líquidos. Em cada placa existe um tecido filtrante, mesmo que ele não apareça detalhado no desenho.

Esse tecido funciona como uma barreira permeável: o líquido consegue atravessá-lo, enquanto os sólidos ficam retidos, formando a chamada torta de filtração.

Quando o equipamento entra em operação, o lodo ou suspensão é bombeado para dentro das câmaras formadas entre as placas. A bomba indicada na figura pode ser elétrica do tipo fuso ou pneumática de duplo diafragma, conforme a observação técnica do desenho. À medida que o material entra sob pressão, o líquido atravessa o tecido filtrante e segue pelas galerias internas das placas até as saídas de filtrado, identificadas na figura 13 como “SAÍDA DO FILTRADO”. Já os sólidos permanecem acumulados no interior das câmaras até formarem uma torta compactada.

O fechamento do conjunto é realizado pelo sistema hidráulico, composto pela unidade hidráulica e pelo cilindro hidráulico. A unidade hidráulica gera a pressão necessária para acionar o cilindro, que empurra o cabeçote móvel e mantém as placas comprimidas durante toda a filtração. Essa força é essencial para evitar vazamentos e garantir que o processo ocorra sob pressão adequada.

Na parte inferior do desenho aparece o painel de comando, responsável pelo controle operacional do equipamento. Ele pode controlar o acionamento da bomba, a pressão hidráulica, a sequência de abertura e fechamento das placas e diversos sistemas de segurança e automação. O esquema também mostra uma entrada de ar em contrafluxo, utilizada para auxiliar na secagem da torta, removendo parte da umidade residual após a etapa principal de filtração.

Toda a estrutura metálica do filtro prensa, incluindo barras guia e suportes laterais, tem a função de sustentar o conjunto e manter o alinhamento correto das placas durante o funcionamento. Assim, todos os componentes mostrados na imagem trabalham de forma integrada para realizar a separação sólido-líquido de maneira eficiente e com alta pressão de compactação da torta filtrante.

4.3 PROPOSTA DO PLANO DE MANUTENÇÃO

4.3.1 Etapas para elaboração do Plano

Para realizar um plano de manutenção cada etapa deve estar bem definida e toda a equipe deve estar inteirada do processo. Segue o passo a passo para a proposta do plano de manutenção para o filtro prensa.

1. Definição do equipamento;
2. Definição do objetivo do plano;
3. Classificação do tipo de manutenção;
4. Definição das atividades de manutenção;
5. Definição do cronograma de manutenção;
6. Definição dos recursos necessários;
7. Definição dos indicadores de controle;
8. Definição da conclusão do plano.

Definição do equipamento: o primeiro passo para elaborar um plano de manutenção eficiente é definir claramente qual equipamento será analisado. Nessa etapa, é fundamental que o responsável estude o manual do fabricante, compreenda o princípio de funcionamento do equipamento, identifique seus principais componentes e entenda quais são as possíveis falhas que podem ocorrer durante a operação. Além disso, deve-se considerar as condições de uso do equipamento e a política de manutenção adotada pela empresa, para que seja possível escolher a estratégia de manutenção mais adequada;

Definição do objetivo do plano: após a definição do equipamento, é necessário estabelecer qual será o objetivo do plano de manutenção. Esse objetivo pode estar relacionado ao aumento da confiabilidade do equipamento, à redução de falhas inesperadas, à diminuição do tempo de parada, ao aumento da vida útil dos componentes ou à melhoria da segurança operacional. A definição clara desse objetivo orienta todas as etapas seguintes do plano;

Classificação do tipo de manutenção: nesta etapa é definido qual tipo de manutenção será aplicado ao equipamento. As principais classificações são: manutenção preventiva, que é realizada em intervalos planejados para evitar falhas; manutenção corretiva, executada após a ocorrência de uma falha; manutenção preditiva, baseada no monitoramento das condições do equipamento; e manutenção detectiva, utilizada para identificar falhas ocultas.

A escolha do tipo de manutenção depende da criticidade do equipamento, do custo envolvido e do impacto que uma falha pode causar no processo produtivo;

Além disso, busca-se estruturar as atividades de manutenção de forma organizada dentro do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), permitindo melhor controle das intervenções, otimização de recursos e aumento da vida útil do equipamento

Definição das atividades de manutenção: com o tipo de manutenção definido, devem ser especificadas todas as atividades que serão realizadas no equipamento. Essas atividades podem incluir inspeções visuais, lubrificação, limpeza, reaperto de componentes, substituição de peças desgastadas, calibração de instrumentos e testes de funcionamento;

Cada atividade deve ser descrita de forma clara, indicando o procedimento a ser seguido e os responsáveis pela execução. Para o filtro prensa, recomenda-se a aplicação de uma estratégia combinada de manutenção.

Cronograma de manutenção: o cronograma define quando cada atividade de manutenção será realizada. Ele pode ser estruturado em intervalos diários, semanais, mensais ou anuais, dependendo das características do equipamento e das recomendações do fabricante. Um cronograma bem elaborado permite organizar as intervenções de manutenção sem comprometer a produção, além de garantir que todas as atividades sejam realizadas no momento adequado;

Recursos necessários: nesta etapa são definidos todos os recursos necessários para a execução das atividades de manutenção. Isso inclui mão de obra qualificada, ferramentas específicas, equipamentos de medição, peças de reposição e materiais de consumo, como lubrificantes e produtos de limpeza. A correta definição dos recursos evita atrasos nas intervenções e garante que as atividades sejam executadas com qualidade;

Indicadores de controle: os indicadores de controle são utilizados para avaliar a eficiência do plano de manutenção. Alguns exemplos de indicadores são o tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio para reparo (MTTR), a taxa de disponibilidade do equipamento e o número de falhas ocorridas em determinado período. O acompanhamento desses indicadores permite identificar oportunidades de melhoria no plano de manutenção

Conclusão do plano: a conclusão do plano de manutenção reúne todas as informações definidas nas etapas anteriores e apresenta uma visão geral da estratégia adotada para garantir o bom funcionamento do equipamento.

4.3.2 Modelo do Plano de Manutenção

A figura 14 mostra o modelo final do Plano de Manutenção, para facilitar o entendimento do leitor ele está separado em dois campos representados abaixo:

Na Figura 14 pode-se observar os dois campos do Plano de Manutenção, sendo o campo 1 de identificação e o campo 2 referente as ações que deverão ser executadas.

A									
PLANO DE MANUTENÇÃO - FILTRO PRENSA									
EQUIPAMENTO: FILTRO PRENSA									
TAG: FP-001									
APLICAÇÃO: FILTRAGEM DE REJEITOS ELÁSTICOS									
CAPACIDADE ESTIMADA: 100 - 150 MMH									
PRESSÃO DE OPERAÇÃO: 6 - 16 BAR									
NÚMERO DE PLACA: 40 - 60 PLACAS									
SISTEMA DE FECHAMENTO: HIDRÁULICO									
RESPONSÁVEL:									
DATA:									
AÇÕES DE MANUTENÇÃO									
PERIODICIDADE	TEMPO (ESTIMADO)	RESPONSÁVEL	EPI	STATUS	OBSERVAÇÕES				
DIÁRIO	10 - 15 MIN ANTES DE INICIAR A OPERAÇÃO	OPERADOR		X	Verifique trincas, empenamentos, corrosão ou desgastes; Observe somido da sujeira ou resíduos; Confirme se estão bem fixadas; Se houver dano estrutural - programar substituição.				
DIÁRIO	10 - 20 MIN	OPERADOR	EQUIP. LIMPEZA	X	Cheque estado geral (ragões, desgastes, entupimento) Analisar se ainda estão absorvendo corretamente Confirme fricção no suporte Pneus muito altos ou danificados - substituir				
DIÁRIO	15 - 30 MIN	OPERADOR		X	Desligue o equipamento Remova resíduos com pano ou escova adequada Se necessário, use produto de limpeza compatível Evite deixar unidades excessivas Reinstale corretamente após limpeza				
SEMANAL	20 - 30 MIN	TÉC. MECÂNICO	MANÔMETRO	X	Inspeção mangueiras, conexões e válvulas; Verifique nível e condição do fluido; Observe pressão do sistema (se aplicável) Identifique vazamentos ou falhas.				
SEMANAL	15 - 20 MIN	TÉC. MECÂNICO	CHAVES	X	Procure sinais de óleo, fluido ou unidade Verifique juntas, conexões e selos; Use papel ou pano para identificar vazamentos pequenos; Corrija imediatamente (aperto ou troca de vedação).				
MENSAL	20 - 30 MIN	TÉC. MECÂNICO	GRAXA	X	Limpe o ponto antes de aplicar lubrificante; Use o lubrificante especificado; Aplique na quantidade correta (evitar excesso); Gire o componente para distribuir o lubrificante.				
MENSAL	30 - 60 MIN	TÉC. MECÂNICO	INSTRUMENTOS	X	Verifique tempo de operação e eficiência do sistema Observe queda de desempenho ou entupimento Acompanhe indicadores (pressão, vazão, etc.) Se necessário, programar troca de filtros				
MENSAL	20 - 40 MIN	TÉC. MECÂNICO	TORQUEMETRO	X	Use chave adequada (alinh, torque, etc.); Siga o torque especificado; Aperte da forma correta quando necessário; Verifique se há parafusos froutos ou danificados.				
SEMANAL	1 - 2 HRS	OPERADOR	NÍVEL	X	Cheque alinhamento de eixos, correias ou entalhes; Observe desgastes irregulares ou vibrações; Use ferramentas de medição (régua, nível, laser); Ajuste conforme necessário.				
3 - 6 MESES	2 - 3 HRS	OPERADOR	FERRAMENTAS	X	Remova os pneus usados com cuidado Limpe o suporte antes de instalar novos Instale corretamente (sem folgas ou dobras); Teste o funcionamento após troca.				
ANUAL	3 - 5 HRS	ESPECIALISTA	KIT VEDAÇÃO	X	Revisão mais completa do sistema Substituição de vedações, mangueiras ou válvulas Troca ou filtragem do fluido hidráulico Teste de pressão e funcionamento geral				

Figura 14: Plano de manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2026).

A Figura 15 nos apresentará o campo 1 do Plano de Manutenção realizado.

PLANO DE MANUTENÇÃO - FILTRO PRENSA
EQUIPAMENTO: FILTRO PRENSA
TAG: FP-001
APLICAÇÃO: FILTRAGEM DE REJEITOS E LAMAS
CAPACIDADE ESTIMADA: 100 - 150 M ³ /H
PRESSÃO DE OPERAÇÃO: 6 - 16 BAR
NÚMERO DE PLACA: 40 - 60 PLACAS
SISTEMA DE FECHAMENTO: HIDRÁULICO
RESPONSÁVEL:
DATA:

Figura 15: Campo 1 do Plano de Manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2026).

A figura 15 representa a Identificação, que corresponde à parte inicial do estudo, onde estão reunidas todas as informações gerais sobre o equipamento, no caso o filtro prensa.

Esse campo funciona como a caracterização do ativo, trazendo dados como nome do equipamento, código ou TAG, aplicação no processo, capacidade de operação estimada, pressão de trabalho, número de placas, tipo de sistema de fechamento, o responsável e a data de aplicação.

Trata-se de um conjunto de informações mais estáticas, que não mudam com frequência e servem para garantir que o plano esteja corretamente vinculado ao equipamento certo, facilitando a rastreabilidade, a organização e a gestão dentro do ambiente industrial.

A Figura 16 representa o campo 2 do plano de manutenção, ele pode ser identificado como as ações que deverão ser executadas no equipamento para obter uma manutenção adequada.

AÇÕES DE MANUTENÇÃO	PERIODICIDADE	TEMPO (ESTIMADO)	RESPONSÁVEL	EPI	STATUS	OBSERVAÇÕES
INSPEÇÃO VISUAL DAS PLACAS	DIÁRIO	10 - 15 MIN ANTES DE INICIAR A OPERAÇÃO	OPERADOR		X	Verifique trincas, empenamentos, corrosão ou desgaste; Observe acúmulo de sujeira ou resíduos; Confirme se estão bem fixadas Se houver dano estrutural — programar substituição.
VERIFICAÇÃO DOS PANDOS	DIÁRIO	10 - 20 MIN	OPERADOR	EQUIP. LIMPEZA	X	Checke estado geral (rasgos, desgaste, saturação) Avalie se ainda estão absorvendo corretamente Confirme fixação no suporte Pânos muito sujos ou danificados — substituir
LIMPEZA DAS CÂMARAS	DIÁRIO	15 - 30 MIN	OPERADOR		X	Desligue o equipamento Remova resíduos com pano ou escova adequada Se necessário, use produto de limpeza compatível Evite deixar umidade excessiva Reinstale corretamente após limpeza
VERIFICAÇÃO HIDRÁULICA	SEMANAL	20 - 30 MIN	TÉC. MECÂNICO	MANÔMETRO	X	Inspeção mangueiras, conexões e válvulas Verifique nível e condição do fluido; Observe pressão do sistema (se aplicável) Identifique vazamentos ou falhas.
INSPEÇÃO DE VAZAMENTOS	SEMANAL	15 - 20 MIN	TÉC. MECÂNICO	CHAVES	X	Procure sinais de óleo, fluido ou umidade Verifique juntas, conexões e selos; Use papel ou pano para identificar vazamentos pequenos; Corrija imediatamente (aperto ou troca de vedação).
LUBRIFICAÇÃO DE MANCAIS	MENSAL	20 - 30 MIN	TÉC. MECÂNICO	GRAXA	X	Limpe o ponto antes de aplicar lubrificante; Use o lubrificante especificado; Aplique na quantidade correta (evitar excesso); Gire o componente para distribuir o lubrificante.
MONITORAMENTO DO CICLO DE FILTRAGEM	MENSAL	30 - 60 MIN	TÉC. MECÂNICO	INSTRUMENTOS	X	Verifique tempo de operação e eficiência do sistema Observe queda de desempenho ou entupimento Acompanhe indicadores (pressão, vazão, etc.) Se necessário, programar troca de filtros Use chave adequada (allen, torque, etc.).
APERTO DE PARAFUSOS	MENSAL	20 - 40 MIN	TÉC. MECÂNICO	TORQUÍMETRO	X	Siga o torque especificado; Aperte de forma cruzada quando necessário; Verifique se há parafusos frouxos ou danificados.
VERIFICA ALINHAMENTO	SEMANAL	1 - 2 HRS	OPERADOR	NÍVEL	X	Checke alinhamento de eixos, correias ou estruturas; Observe desgaste irregular ou vibração; Use ferramentas de medição (régua, nível, laser); Ajuste conforme necessário.
TROCA DE PANDOS FILTRANTES	3 - 6 MESES	2 - 3 HRS	OPERADOR	FERRAMENTAS	X	Remova os panos usados com cuidado Limpe o suporte antes de instalar novos Instale corretamente (sem folgas ou dobras); Teste o funcionamento após troca.
REVISÃO HIDRÁULICA	ANUAL	3 - 5 HRS	ESPECIALISTA	KIT VEDAÇÃO	X	Revisão mais completa do sistema Substituição de vedações, mangueiras ou válvulas Troca ou filtragem do fluido hidráulico Teste de pressão e funcionamento geral

Figura 16: Campo 2 do Plano de Manutenção.
Fonte: Pesquisa direta (2026).

O segundo campo é referente as ações que deverão ser executadas, é a parte mais operacional e crítica de todo o estudo, pois é nele que se define, de forma estruturada, como o equipamento será mantido em funcionamento adequado ao longo do tempo. Essa seção transforma as necessidades do equipamento em rotinas práticas, organizadas e executáveis pela equipe de manutenção.

Nessa parte, cada linha da tabela representa uma atividade específica que deve ser realizada no filtro prensa, como inspeções visuais, limpezas, verificações de sistemas, lubrificações ou ajustes mecânicos.

Essas ações são baseadas nas condições de operação do equipamento, no tipo de material processado e nos modos de falha mais comuns. Por exemplo, inspeções visuais frequentes ajudam a identificar desgaste nas placas ou acúmulo de resíduos, enquanto a verificação hidráulica garante que o sistema de fechamento esteja operando com a pressão correta.

A periodicidade é um dos elementos mais importantes do plano de manutenção, pois define a frequência com que cada atividade deve ser executada. Ela pode variar de tarefas diárias, feitas pelo operador, até atividades anuais, que exigem um especialista. Essa definição é essencial para evitar tanto a manutenção excessiva quanto a negligência, equilibrando custo e confiabilidade do equipamento.

Outro ponto fundamental é o tempo estimado, que permite planejar a rotina de manutenção sem impactar excessivamente a produção. Com essa informação, é possível organizar paradas programadas e distribuir melhor as atividades ao longo da jornada de trabalho. Já o campo de responsável define claramente quem deve executar cada tarefa, evitando falhas de comunicação e garantindo que não haja atividades sem dono, o que é um problema comum em ambientes industriais. Com função definida, o trabalho segue de forma mais eficiente e os erros são minimizados.

A indicação de EPI (Equipamento de Proteção Individual) traz um aspecto importante de segurança, garantindo que cada atividade seja realizada com a segurança necessária, principalmente em operações que envolvem pressão, produtos químicos ou partes móveis.

O campo de status, por sua vez, permite o acompanhamento das atividades, indicando se foram realizadas, estão pendentes ou em atraso, sendo essencial para o controle e auditoria do plano.

A linha 1 do plano de manutenção descreve a atividade de inspeção visual das placas do equipamento, que deve ser realizada diariamente antes do início da operação. O procedimento é executado pelo operador responsável utilizando uma lanterna como ferramenta de apoio, com duração estimada entre 10 e 15 minutos. Durante a inspeção, devem ser verificadas possíveis trincas, empenamentos, corrosão, desgastes e acúmulo de sujeira ou resíduos nas placas, além da conferência do aperto e fixação correta dos componentes. Caso seja identificado algum dano estrutural, deve-se programar a substituição da peça para evitar falhas no funcionamento do equipamento.

Por fim, o campo de observações agrega um nível técnico mais detalhado, funcionando como um guia prático para execução das tarefas. Nele podem estar instruções específicas, critérios de aceitação, alertas sobre possíveis falhas e até boas práticas operacionais. Esse campo é especialmente importante para padronizar a manutenção, garantindo que diferentes profissionais executem a mesma atividade da mesma forma, mantendo a qualidade do serviço.

Após as discussões apresentadas, verifica-se que foi possível elaborar o Plano de Manutenção por meio da aplicação das etapas descritas ao longo deste trabalho. Ressalta-se a importância de seguir rigorosamente as orientações e procedimentos estabelecidos, uma vez que sua correta implementação pode contribuir para a redução da ocorrência de falhas nos equipamentos, aumenta a confiabilidade operacional e minimiza riscos relacionados à segurança, bem como outros eventos indesejados que possam comprometer o desempenho do processo produtivo.

Ao decorrer deste capítulo, foi descrita a caracterização da empresa e do equipamento de estudo. Também foi explicado o modelo do plano de manutenção, suas etapas e foi apresentado autores que comprovam a eficiência de um plano de manutenção bem estruturado. No próximo capítulo aborda-se a conclusão do trabalho e as possíveis recomendações para estudos futuros.

4.4 Resultados de outros estudos sobre planos de manutenção

César, Lima e Simon (2014) realizaram um estudo de caso em uma indústria alimentícia com o objetivo de estruturar as atividades de manutenção por meio da implantação de práticas sistematizadas de manutenção. Segundo os autores, antes da implantação, a linha de produção apresentava elevado índice de paradas decorrentes de quebras, falhas, *setups* e ajustes, totalizando aproximadamente 140 horas de parada por mês, o que representava uma perda de 28,5% da capacidade produtiva. Esse cenário estava relacionado à ausência de procedimentos padronizados, treinamento insuficiente dos operadores, deficiência nas rotinas de inspeção, limpeza e lubrificação e predominância de intervenções corretivas (CÉSAR; LIMA; SIMON, 2014).

Para solucionar esses problemas, César, Lima e Simon (2014) implantaram um plano estruturado de manutenção, contemplando a padronização das atividades de inspeção, limpeza e lubrificação, treinamento dos operadores, definição de rotinas periódicas de manutenção, utilização de gestão visual, realização de auditorias e monitoramento contínuo dos indicadores de desempenho.

Os resultados obtidos evidenciaram melhorias expressivas na gestão da manutenção. De acordo com César, Lima e Simon (2014), as horas de parada foram reduzidas de 140 para 47 horas mensais, correspondendo a uma redução aproximada de 66%. Em consequência, a eficiência operacional da linha aumentou de 71,4% para 90,4%, representando um ganho de aproximadamente 19 pontos percentuais.

Sob o aspecto econômico, César, Lima e Simon (2014) verificaram que as perdas financeiras provocadas pelas paradas passaram de aproximadamente R\$ 210.000,00 por mês para cerca de R\$ 70.500,00 mensais, representando uma economia aproximada de R\$ 135.000,00 por mês. Em termos anuais, as perdas foram reduzidas de aproximadamente R\$ 2,52 milhões para R\$ 846 mil, evidenciando o impacto positivo da estruturação das atividades de manutenção.

Por fim, César, Lima e Simon (2014) concluíram que a implantação das práticas de manutenção proporcionou aumento da confiabilidade dos equipamentos, redução das perdas operacionais, melhoria da disponibilidade da linha de produção, maior envolvimento dos operadores nas atividades de conservação e fortalecimento da cultura de manutenção preventiva. Os autores também destacam que o comprometimento da alta gestão e a padronização dos processos foram fatores fundamentais para o sucesso da implantação.

Pinto *et al.* (2020) realizaram um estudo de caso em uma empresa de usinagem CNC com o objetivo de implantar um plano estruturado de manutenção baseado nos princípios da Manutenção Produtiva Total (TPM). Segundo os autores, antes da implantação, a empresa não possuía planejamento das atividades de manutenção, histórico de falhas, sistema informatizado de controle, gestão de peças sobressalentes ou procedimentos padronizados de inspeção, o que resultava em elevado número de intervenções corretivas e baixa confiabilidade operacional.

Para modificar esse cenário, Pinto *et al.* (2020) desenvolveram um plano de manutenção contemplando a eliminação das principais perdas, manutenção planejada, participação dos operadores nas atividades rotineiras de conservação, elaboração de *checklists* de inspeção, implantação de planos preventivos, padronização dos procedimentos, aplicação do programa 5S, registro das intervenções e treinamento das equipes.

De acordo com Pinto *et al.* (2020), os resultados evidenciaram melhorias significativas no desempenho da manutenção. Os autores mostram que nos centros de usinagem CNC, o tempo de indisponibilidade dos equipamentos foi reduzido em 23,4%, enquanto o número de intervenções corretivas diminuiu 38,1%. Os autores atribuem esses resultados à implantação das atividades preventivas, à padronização dos procedimentos de manutenção e ao acompanhamento sistemático das condições dos equipamentos (PINTO *et al.* 2020).

Além dos ganhos quantitativos, Pinto *et al.* (2020) observaram melhorias importantes na gestão da manutenção, destacando-se o aumento da disponibilidade dos equipamentos, melhoria da organização e limpeza do ambiente de trabalho por meio do programa 5S, criação de histórico de falhas e intervenções, implantação de planos preventivos baseados nas recomendações dos fabricantes, maior participação dos operadores na conservação dos equipamentos, melhoria da comunicação entre os setores de produção e manutenção e maior controle das atividades por meio de *checklists* e indicadores de desempenho.

Em suas conclusões, Pinto *et al.* (2020) afirmam que a implantação de um plano estruturado de manutenção contribuiu para reduzir falhas, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, organizar os processos de manutenção e promover uma cultura de melhoria contínua, tornando a gestão da manutenção mais eficiente, confiável e alinhada aos objetivos organizacionais.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

A presente pesquisa teve como objetivo propor um Plano de Manutenção para o filtro prensa da área de Filtragem de Rejeitos e Lamas de uma empresa do setor de mineração, utilizando como base os conceitos do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) e os fundamentos dos vários tipos de manutenção. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais métodos de manutenção e elaborado um procedimento metodológico capaz de orientar o desenvolvimento de um plano estruturado para o equipamento estudado.

Os resultados obtidos demonstraram que foi possível desenvolver uma proposta de Plano de Manutenção composta por etapas organizadas e padronizadas, contemplando a identificação do equipamento, definição das atividades de manutenção, periodicidade das inspeções e intervenções, recursos necessários, responsáveis pela execução, equipamentos de proteção individual, indicadores de controle e orientações técnicas para cada atividade. Essa estrutura permite sistematizar as ações de manutenção e estabelecer uma rotina preventiva voltada à preservação das condições operacionais do filtro prensa.

Alguns estudos, como o realizado por César, Lima e Simon (2014) evidenciaram reduções expressivas nas horas de parada dos equipamentos, aumento da eficiência operacional, diminuição das perdas financeiras e fortalecimento da cultura de manutenção preventiva. De forma semelhante, Pinto *et al.* (2020) verificaram redução das intervenções corretivas e do tempo de indisponibilidade dos equipamentos, além de melhorias na organização das atividades de manutenção, no controle dos processos, na participação dos operadores e na disponibilidade dos ativos.

A importância da elaboração de um Plano de Manutenção evidencia-se pela possibilidade de transformar conhecimentos técnicos e históricos operacionais em procedimentos padronizados que auxiliam a tomada de decisão e fortalecem a gestão da manutenção. Nesse contexto, a proposta desenvolvida neste estudo representa uma ferramenta de apoio ao PCM, permitindo que as intervenções sejam realizadas de forma planejada, eficiente e alinhada às necessidades operacionais do equipamento.

Dessa forma, conclui-se ser possível propor um Plano de Manutenção aplicável ao filtro prensa estudado. Embora não tenha sido realizada sua implementação prática, a metodologia apresentada demonstra potencial para contribuir com a melhoria da confiabilidade, disponibilidade, segurança e eficiência operacional do equipamento, podendo servir como referência para futuras aplicações e aperfeiçoamentos na gestão da manutenção em empresas do setor de mineração.

5.2 Recomendações

Baseando-se nos resultados obtidos e na análise do Plano de Manutenção, são propostas as seguintes recomendações para estudos futuros:

- **Aplicação da Metodologia FMEA no Filtro Prensa:** investigar os principais modos de falha, suas causas e consequências, permitindo a elaboração de estratégias de manutenção mais eficientes e assertivas;
- **Otimização dos Planos de Manutenção:** Revisar e aprimorar os planos de manutenção preventiva, focando em intervalos de inspeção e troca de telas filtrantes com base nos dados históricos de desempenho e falhas;
- **Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC):** Desenvolver estudos voltados à aplicação da MCC em equipamentos de filtragem da mineração, visando aumentar a disponibilidade e reduzir falhas críticas;
- **Análise de Custos de Manutenção no Setor de Filtragem:** Desenvolver estudos comparativos entre manutenção corretiva, preventiva e preditiva, avaliando impactos financeiros, operacionais e produtivos na área de filtragem de rejeitos e lamas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DORIGO, L. C. **Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**. Tecém, 2013.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2002.

KARDEC, Alan; CARVALHO, C. **Gestão estratégica e terceirização**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019. 560 p.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa / pesquisa bibliográfica / teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. ISBN 978-85-970-1239-2.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

OLIVEIRA, M. **Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

- SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- TADACHI, N. T.; FLORES, M. C. X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- TELES, J. **Indicadores de Performance na Manutenção**, 2018.
- VACCARO, J. A. R. **Confiabilidade: Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.
- VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1997.
- VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- XAVIER, J. N. **Indicadores de manutenção. Manter – o portal da manutenção**, 2018.
- XENOS, H. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima, MG: Editora FDG, 1998.
- XENOS, H. G. D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 2. ed. São Paulo: Falconi, 2014.
- SUTHERLAND, K.; SUTHERLAND, K. S.; CHASE, G. **Filters and Filtration Handbook**. Países Baixos: Elsevier Science, 2011.
- CÉSAR, J. A.; LIMA, R. S.; SIMON, A. T. **Implantação da manutenção produtiva total em sua fase manutenção autônoma: um estudo de caso em uma indústria alimentícia**. In: **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, 2014, Curitiba.
- PINTO, G.; SILVA, F. J. G.; BAPTISTA, A.; FERNANDES, N. O.; CASAIS, R.; CARVALHO, C. **TPM implementation and maintenance strategic plan – a case study**. *Procedia Manufacturing*, v. 51, p. 1423–1430, 2020.

ANEXO