



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO NAS OFICINAS METALOMECÂNICAS: ESTUDO DE
CASO DAS MÁQUINAS - FERRAMENTA DO DEMA-FENG**

Autor:

Chichava, Tomás Júnior

Supervisor:

Eng. Roberto David

Maputo, Setembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO NAS OFICINAS METALOMECÂNICAS: ESTUDO DE
CASO DAS MÁQUINAS - FERRAMENTA DO DEMA-FENG**

Autor:

Chichava, Tomás Júnior

Supervisor:

Eng. Roberto David

Maputo, Sebembro de 2023

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante **Tomás Júnior Chichava** entregou no dia ____/____/2023 as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência:_____ intitulado: **GESTÃO DE MANUTENÇÃO NAS OFICINAS METALOMECÂNICAS: ESTUDO DE CASO DAS MÁQUINAS - FERRAMENTA DO DEMA-FENG.**

Maputo, ____ de Setembro de 2023

A Chefe da Secretaria

I. Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus, a quem só e exclusivamente tudo devo.

II. Resumo

O presente trabalho visando propor um plano de manutenção das máquinas-ferramentas do DEMA, compreende basicamente em três (3) etapas de um modo em geral, que iniciam com a investigação das práticas de manutenção empregues nas oficinas do DEMA, de modo a ter uma ideia sobre a situação da manutenção das referidas máquinas. De referir que, para recolha de dados foram feitas entrevistas dirigidas ao corpo directivo do DEMA, docentes, técnicos dos laboratórios e estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica e de Gestão Industrial, o que permitiu o levantamento sucinto dos factores que condicionam a manutenção das máquinas. De seguida, procede-se com a elaboração do Plano de manutenção preventiva adequado ao estado das máquinas-ferramentas do DEMA. Deste estudo resultará um relatório que possa servir de base para que as actividades de manutenção sejam planificadas e programadas pelos responsáveis pela gestão de manutenção das máquinas-ferramentas do DEMA. É neste contexto que surge o presente tema como forma de propor a implementação de um plano de manutenção preventiva nas oficinas Metalomecânicas, concretamente nas máquinas-ferramentas do DEMA-FENG, de modo que se possa permitir a prevenção da ocorrência de falhas ou paralisação dos equipamentos por avaria.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção, Máquinas-ferramentas, Plano de manutenção preventiva.

Capítulo I – Introdução	1
1.1 Formulação do problema.....	2
1.2 Objectivos.....	3
1.2.1 Objectivo geral.....	3
1.2.2 Objectivos específicos.....	3
1.3 Metodologia de colecta de dados.....	3
Capítulo - II Revisão bibliográfica	4
2.1 Conceitos básicos.....	4
2.2 Historial da manutenção.....	5
2.3 Tipos de manutenção.....	8
2.4 Importância da manutenção industrial.....	10
2.5 Como escolher a melhor estratégia de manutenção.....	11
2.6 Custos de manutenção.....	13
2.7 Gestão de aprovisionamento.....	15
2.7.1 Gestão de material.....	15
2.7.2 Objectivos da gestão do material.....	16
2.7.3 Gestão de stocks.....	19
2.7.4 Modelos determinísticos do inventário.....	20
2.8 Conceito e tipos de tornos.....	20
2.9 Plano de Manutenção.....	25
2.9.1 Etapas de um plano de manutenção preventiva.....	25
2.9.2 Definir objectivos e prioridades.....	25
2.9.3 Fazer um inventário de activos e a listagem de tarefas.....	25
2.9.4 Gerir prioridades e recursos.....	25
2.9.5 Criar KPLs para o plano de manutenção.....	26
2.9.6 Rever e melhorar o plano.....	27
2.9.7 Prática da manutenção preventiva em torno mecânico.....	28
2.9.8 Benefícios da manutenção preventiva em torno mecânico.....	31
2.9.9 Avaliação das falhas através da aplicação do FMEA.....	34

Capítulo III Contextualização	37
3.1 Descrição do problema.....	41
Capítulo – IV Metodologia de resolução do problema	42
4.1 Entrevista.....	42
4.2 Determinação dos indicadores de desempenho (MTBF e MTTR).....	43
Capítulo – V apresentação e discussão dos resultados	45
5.1 Tabelas do FMEA – Análise dos modos de falha e seus efeitos.....	49
Capítulo – VI Conclusões e Recomendações	54
6.2 Bibliografia.....	55

III. Lista de símbolos

DEMA – Departamento de engenharia Mecânica

FENG – Faculdade de Engenharia

PCM – Planejamento e controle da manutenção

CNC – Controle numérico computadorizado

KPLs – Key performance indicator (indicador-chave de desempenho)

FMEA – Failure mode and effect analysis (análise dos modos de falhas e seus efeitos)

MTBF – Mean time between failures (tempo médio entre falhas)

MTTR – Mean time to repair (tempo médio para reparo)

IV. Lista de tabelas

Tabela – 1 Quadro comparativo entre as estratégias de manutenção

Tabela – 2 Cronograma de manutenção preventiva

Tabela – 3 Tabela de comparação do risco associado ao modo de falha antes e depois do plano de manutenção preventiva

Tabela – 4 Índice de severidade para o torno mecânico

Tabela – 5 Índice de severidade para o torno mecânico

Tabela – 6 Índice de severidade para o torno mecânico

Tabela – 7 Índice de severidade para o torno mecânico

Tabela 8 – Plano de manutenção preventiva do torno paralelo 1224 B

Tabela 9 – Lubrificação do torno paralelo 1224 B

Capítulo I – Introdução

Actualmente, a velha prática de abandonar o que se está velho para não gastar com manutenção, vai ficando para trás. As grandes empresas, assim como outras entidades que operam equipamentos, acordam para a valorização deste patrimônio, e neste conceito aparece o fator vital, o gerenciamento planejado de todas as actividades inerentes à manutenção.

Como uma cadeia de vários segmentos, onde tudo deve caminhar na mesma velocidade da exigência do mercado consumidor por novos modelos e tecnologias, a manutenção é de extrema importância para o total funcionamento das indústrias e das oficinas metalomecânicas, caso algum equipamento falhe, uma cadeia de processos é interrompida ocasionando perdas não planejadas. Para suprir a alta demanda de produção é necessário que todos os equipamentos e máquinas estejam em total capacidade de executar os processos de fabricação e serem reparados usando o menor custo, para isso a gestão da manutenção busca a melhor forma de efectuar serviços, e de que forma fazê-los pegando informações juntamente com os sectores produtivos, otimizando as actividades.

O novo cenário de economia globalizada e o mercado competitivo exige uma nova postura da manutenção como fruto dos novos desafios, onde as mudanças surgem em alta velocidade e a manutenção vem como uma das actividades fundamentais do processo produtivo, concretamente no processo de produção de peças com recurso às máquinas-ferramentas em laboratórios universitários.

A manutenção deve ser um agente antecipativo para actuar preventivamente, as equipes precisam estar qualificadas e equipadas para evitarem falhas e, não somente corrigi-las. É neste diapasão que se enquadra o presente trabalho, o mesmo, visa analisar as actividades de manutenção empregues nas máquinas-ferramentas das oficinas do DEMA, assim como os conceitos e ferramentas aplicadas à Gestão de Manutenção e enfatizar sua importância para evitar ou diminuir a paralisação de equipamentos por falha ou mau funcionamento, e aumentar a vida útil do mesmo, através da aplicação de um plano de manutenção preventiva.

1.1 Formulação do problema

Como resultado do crescente aumento da competitividade, há um maior enfoque nas áreas estratégicas da produção, como a manutenção. Essa precisa estar voltada para os resultados da organização, seu objetivo não pode ser simplesmente reparar o equipamento ou instalação, mas sim manter sua função disponível para operação, reduzindo ao máximo a probabilidade de uma paralização ou falha deste.

Infelizmente, a manutenção na maioria das vezes, ainda não segue essa lógica, o que acontece é que ela simplesmente tem o papel de “apagar os incêndios”, ou seja, apenas reparar o que quebrou, sem a preocupação de realmente se fazer ajustes e análises periódicas, que contribuiriam para constante otimização do equipamento.

Tendo em linha de contas que o presente trabalho tem como tema: Gestão de manutenção nas oficinas metalomecânicas: estudo de caso das máquinas - ferramenta do DEMA-FENG, a questão que se coloca é: como maximizar a disponibilidade das máquinas-ferramentas, de modo que, possam servir integralmente no processo da formação dos estudantes do DEMA-FENG durante as aulas laboratoriais?

1.2 Objectivos

1.2.1 Objectivo Geral

- ✓ Elaboração de uma proposta de um plano de manutenção preventiva, para as máquinas-ferramentas das oficinas metalomecânicas do DEMA, de modo a prevenir a ocorrência de falhas ou paralisação dos equipamentos por avaria.

1.2.2 Objectivos Específicos

- ✓ Investigar as práticas de gestão da manutenção empregues nas oficinas do DEMA, através de algumas técnicas de recolha de dados;
- ✓ Elaborar um Plano de manutenção preventiva adequado ao estado das máquinas-ferramentas do DEMA; e
- ✓ Apresentar um relatório que possa servir de base para que as actividades de manutenção sejam planificadas e programadas pelos responsáveis pela gestão de manutenção das máquinas-ferramentas do DEMA.

1.3 Metodologia

Quanto a metodologia usada neste trabalho importa referir que o mesmo recorreu à revisão bibliográfica, que permitiu o aprofundamento sobre as matérias ligadas ao tema em causa, e por conseguinte, fazer uma análise comparativa da condição actual dos laboratórios em estudo e o que se recomenda sob ponto de vista técnico e de gestão em laboratórios universitários, no que diz respeito a manutenção das máquinas-ferramentas. De seguida, recorreu-se a observação, entrevistas e questionários.

Colhidos os dados, recorre-se a análise do modo e efeito de falha ou simplesmente FMEA (do inglês *failure Mode and Effect Analysis*) que é um estudo sistemático e estruturado de falhas potenciais que podem ocorrer em qualquer parte de um sistema, para determinar o efeito provável de cada uma sobre todas as outras peças do sistema e o provável sucesso operacional, tendo como objectivo melhoramentos no projecto, produto e desenvolvimento do processo. Tendo sido estudadas as falhas, de acordo com o FMEA, resulta o plano de manutenção.

Capítulo II – Revisão bibliográfica

2.1 Conceitos básicos

Manutenção

De acordo com MONCHY (1987, p. 3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate, o efectivo e o material num nível constante de aceitação”. KARDEC & NASCIF (2009, p. 23) define o acto de manter ou a manutenção industrial como “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”

Segundo Rui Assis (2004) manutenção constitui o acto de diagnosticar e reparar, ou prevenir falhas de uma máquina, equipamento ou sistema.

No geral, sobre o conceito de Manutenção todas estas definições tendem a apresentar esta função como sendo a garantia da disponibilidade dos equipamentos de produção pela avaliação das imperfeições no património tecnológico investido. Isto significa o trabalho necessário para manter o equipamento industrial de modo que possa ser utilizado na sua capacidade total e eficiência, durante o máximo tempo possível.

Gestão de manutenção é o processo de supervisionar o funcionamento regular dos recursos técnicos, além dos recursos permanentes como máquinas, equipamentos, instalações e ferramentas.

Conservação são acções aplicadas aos meios de produção para assegurar a sua disponibilidade de acordo com critérios definidos na política de manutenção.

Fiabilidade é a probabilidade de um órgão funcionar satisfatoriamente (sem falhas) durante um certo intervalo do tempo sob condições especificadas.

Manutenibilidade é a possibilidade de sistema ou equipamento ser reparado o mais rapidamente possível em caso de falha.

Componente é uma peça simples como um rolamento, vela de ignição, árvore de transmissão, etc.

Órgão é um conjunto de componentes que formam um dispositivo de complexidade média como um motor eléctrico, uma caixa de velocidades, etc.

Equipamento é um conjunto de órgãos que formam um conjunto complexo como uma máquina-ferramenta, camião, máquina de produção, etc.

Instalação é um conjunto de equipamento que formam um conjunto complexo como central de produção de energia, captação e distribuição de água, etc.

2.2 Historial da manutenção

As formas simples de manutenção, como conservação de objectos e ferramentas de trabalho, até pequenas actividades de reparo, podem ser observadas desde os primórdios das civilizações. No entanto, foi apenas com a Revolução Industrial do século XVIII, aliada a um grande avanço tecnológico, que a função manutenção emergiu na indústria, como forma de garantir a continuidade do trabalho. Neste caso, o próprio operador da máquina era responsável pela sua manutenção, sendo treinado para realizar reparos.

Esse cenário, com manutenção e produção realizadas pelo próprio operador, predominou até a I Guerra Mundial, onde as linhas de montagem introduzidas por Henry Ford iniciaram a demanda por sistemas de manutenção mais ágeis e eficazes, predominantemente direccionados para o que hoje se denomina manutenção correctiva.

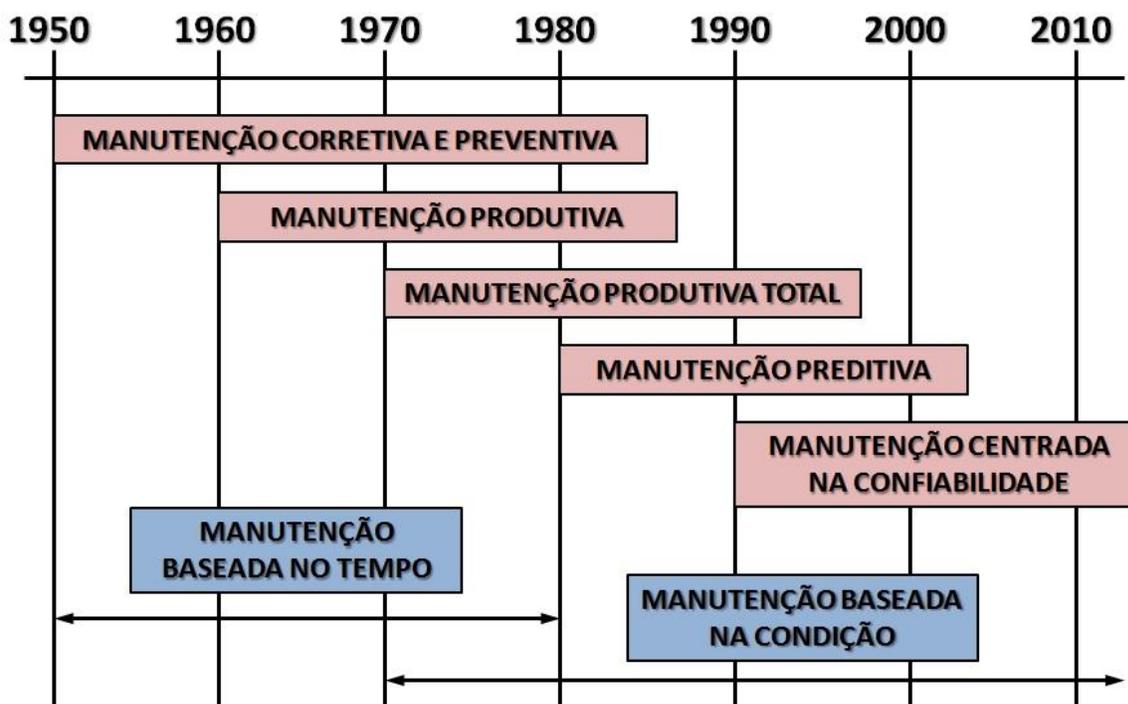
Apesar de existirem na indústria pessoas responsáveis pela manutenção, estes ainda eram subordinados à função operação e executavam manutenção correctiva emergencial, o que implicava em conserto após falha e eventual indisponibilidade de máquina. Apenas com a II Guerra Mundial, no final da década de 30, e com a necessidade de produções cada vez maiores e mais enxutas, é que se começou a praticar o monitoramento de máquinas e equipamentos com base no tempo, caracterizando o que hoje se conhece por manutenção preventiva. Assim, a função manutenção, correctiva e preventiva, viria a assumir dentro da indústria posição hierárquica igual à da função produção.

O aumento dos registos de ocorrências de manutenção, bem como os altos gastos com peças de reposição, que ficaram ainda mais evidentes com a prática da manutenção preventiva, impulsionaram as empresas a desenvolver o sector, entre as décadas de 40 e 50, aprimorando o planeamento e a gestão da manutenção, com o advento da Engenharia de Manutenção em nível departamental, subordinada a uma gerência de manutenção.

O foco no controle e prevenção de falhas passou a fazer parte do quotidiano da equipe de manutenção e trouxe bons resultados em termos de aumento da confiabilidade e disponibilidade de máquinas e equipamentos, diminuição dos riscos de segurança e saúde do trabalhador, entre outros. Ainda assim, as interrupções frequentes e os custos gerados pela manutenção preventiva tiveram repercussões negativas na produtividade, afectando o custo dos produtos. Aliado a tal fato, o avanço tecnológico, com difusão dos computadores a partir de meados da década de 60, trouxe inovações para controle, medição e análise de falhas, tanto em termos de tratamento de dados quanto em termos de disponibilidade de novos instrumentos e equipamentos. Assim, foram desenvolvidos critérios de previsão de falhas, com equipes focadas no melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, através de controles estatísticos, estudos das avarias e uso de sistemas informatizados. Neste contexto, surge a Manutenção Preditiva e a área de Planeamento e Controle da Manutenção - PCM.

No geral, o surgimento cronológico dos tipos de manutenção pode ser visto de acordo com a figura a seguir:

Figura 2.0 surgimento cronológico dos tipos de manutenção



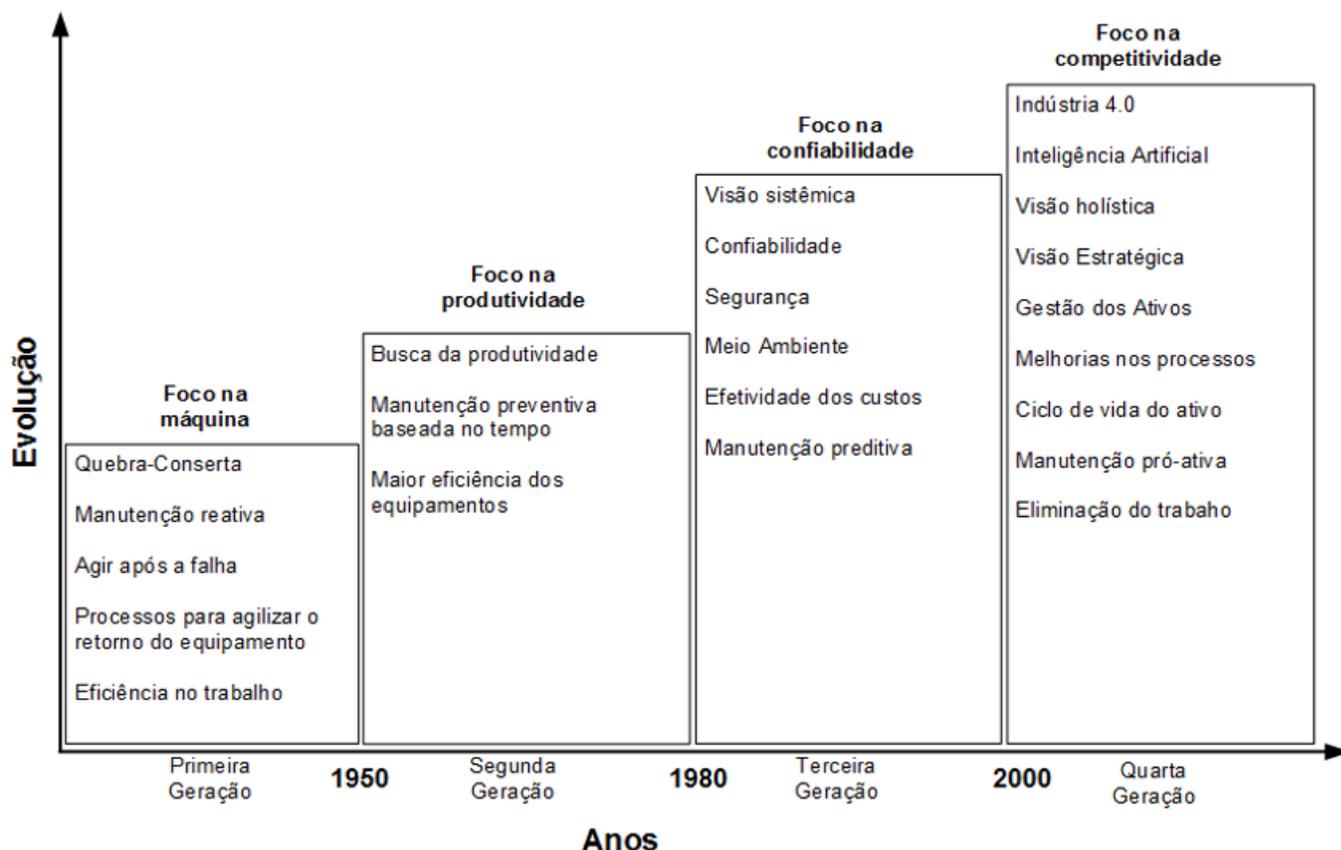
Fonte: Senai (2014)

A partir de 1980, com desenvolvimento dos microcomputadores a custos mais acessíveis e controles mais simples, as equipes de manutenção adquiriram maior independência para criar e aplicar seus programas, sem necessidade de analista externo à área. Isso possibilitou enorme avanço no manuseio de informações e análise de dados que envolviam manutenção e produção. Houve grande aproximação dessas duas áreas, que buscaram trabalhar com sinergia para otimizar qualidade e produtividade. Observou-se aumento da confiabilidade dos processos industriais e da disponibilidade de equipamentos e máquinas; intervenções mais curtas, conscientes e precisas com análises dos riscos envolvidos; melhoria da segurança e condições ambientais em geral; sistematização dos programas de manutenção, favorecendo a interseção com a própria produção.

Além disso, com a crescente exigência de qualidade dos produtos por parte dos consumidores, a manutenção foi obrigada a responder por suas intervenções com maior rigor e confiabilidade, diminuindo retrabalhos e falhas na produção. Neste contexto, a Manutenção assumiu papel não apenas importante, mas estratégico dentro das empresas.

O historial da manutenção pode ser enquadrado em quatro (4) gerações conforme pode ser visto na figura abaixo:

Figura 2.1 – etapas da evolução da manutenção



Fonte: Senai (2014)

2.3 Tipos de manutenção

As intervenções de manutenção no domínio industrial podem ser essencialmente de duas naturezas:

Manutenção acidental ou por avarias – consiste em intervir, somente, quando as máquinas ou os equipamentos se avariam. Neste caso, a produção fica parada enquanto a reparação é efectuada, a menos que existam uns equipamentos de reserva. Esta é a que, frequentemente, se realiza nas pequenas empresas.

Manutenção planificada – neste caso, os equipamentos são vistoriados e, se necessário, reconicionados segundo um programa de intervenção estabelecido de modo a evitar perturbações a produção. Os períodos de intervenção são escolhidos de modo a não prejudicar a produção, podendo ser: Férias, fim-de-semana, períodos nocturnos, paragens para mudanças de linhas de fabrico, etc.

A manutenção planificada por sua vez, é basicamente subdividida em:

Manutenção correctiva ou reactiva – é a actividade técnica executada depois da ocorrência de uma avaria e tem como objectivo restaurar o activo para uma condição em que pode funcionar como pretendido, quer pela sua reparação ou por substituição.

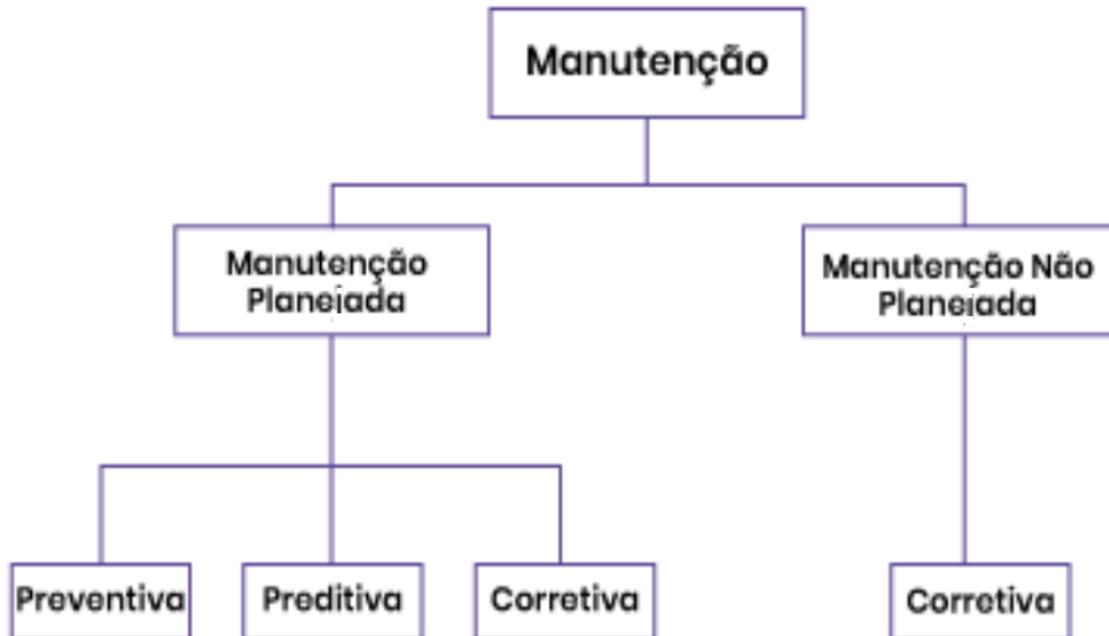
Manutenção preventiva – A manutenção preventiva ocorre de forma cíclica e programada, independentemente da condição do activo e com o objectivo de evitar avarias e minimizar as consequências de colapsos de equipamentos. A frequência da realização das actividades da manutenção preventiva é definida pelo gestor de manutenção com base na vida útil do equipamento e nas recomendações do fabricante.

Manutenção preditiva ou manutenção baseada na condição – é aquela que se baseia na constante monitorização do equipamento em funcionamento e na previsão de avarias.

A manutenção preditiva baseia-se na condição física e operacional dos equipamentos, através da monitorização regular e testes da condição e desempenho dos equipamentos, usando técnicas avançadas como análise de vibrações, temperatura, contaminantes nos óleos, acústica, etc.

A classificação dos tipos de manutenção de um modo geral está ilustrado na figura abaixo que se segue:

Figura 2.2 – Classificação dos tipos de manutenção



Fonte: Autor (2022)

2.4 Importância da manutenção industrial

Como já se sabe, objectivo de uma empresa é produzir e, para o efeito, ela combina vários factores de produção de entre os quais os equipamentos e para que os equipamentos produzam é necessário que eles funcionem. Portanto, produzir significa explorar equipamento de produção para obter produtos acabados.

É neste contexto que se enquadra o papel da Manutenção, na medida em que esta assegura a disponibilidade à produção e, portanto, garante a quantidade e a qualidade da produção. Por esta razão a Manutenção é uma actividade produtiva e nunca um encargo para a empresa.

Especificamente a manutenção tem vários benefícios alguns dos quais são:

- ✓ Aumento da segurança nos equipamentos;
- ✓ Melhoria da qualidade dos produtos;
- ✓ Aumento da confiabilidade nos equipamentos;
- ✓ Redução dos custos de produção;
- ✓ Redução do risco de acidentes que afectem tanto trabalhadores como o meio ambiente, etc.

2.5 Como escolher a melhor estratégia de manutenção

A escolha da melhor estratégia de manutenção requer a determinação das possibilidades mais viáveis de solução para cada caso e para cada equipamento, no geral, a decisão sobre a melhor estratégia de manutenção pode ser tomada com base em algumas perguntas como:

- i) o custo total do dano excede os custos de manutenção?
- ii) cada tarefa resolve um modo de falha específico?
- iii) é a opção mais barata eficaz para esse tipo de falha?

A seguir apresenta-se um quadro comparativo entre as diversas estratégias de manutenção:

Tabela 1 – quadro comparativo entre as estratégias de manutenção

Estratégia	Resumo	Custo de implementação	Vantagens	Desvantagens
Correctiva	Consertar após a falha ou quebra	Baixo	Ideal para equipamentos não essenciais	Pode levar a custos de reparo que aumentem inesperadamente
Preventiva	Manutenção feita de acordo com um cronograma pré-definido	Médio	Melhor estratégia para implementar quando não há conhecimento aprofundado sobre o assunto	Os cronogramas geralmente são ineficientes quando comparados com a preditiva e RCM

Preditiva	Baseada no monitoramento de condições e acompanhamento de medições de sensores	Alto	Monitoramento é informado em tempo real e fornece muitos dados úteis sobre a planta	Muito caro e é viável apenas para ativos essenciais
Manutenção baseada na Confiabilidade e	Investigação profunda das causas das falhas nos equipamentos	Mais alto de todas	Se executado de forma correcta, é o melhor plano de manutenção	Inviável para a maioria das organizações

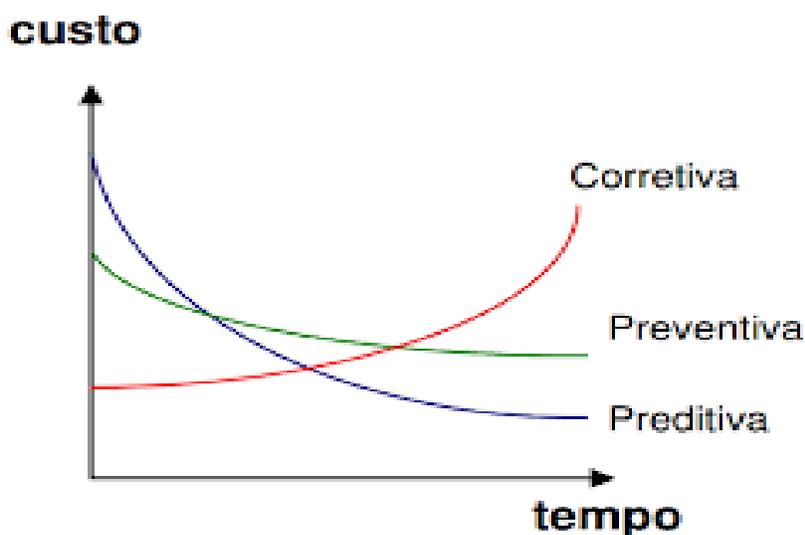
Fonte: Autor (2022)

De acordo com o quadro comparativo acima, e das perguntas anteriormente colocadas cujas respostas devem ser tomadas como base para a decisão sobre a melhor estratégia de manutenção, considera-se a manutenção preventiva como sendo aquela que melhor se adequa para as máquinas-ferramenta do DEMA-FENG pelas seguintes razões:

- ✓ As máquinas-ferramenta são de elevado valor económico e essenciais para o processo de formação dos estudantes durante as aulas laboratoriais, assim sendo, a manutenção preventiva através de um plano de manutenção, vai contribuir para prevenir a ocorrência de falhas ou paralisação dos equipamentos por avaria, evitando a reparação após falha que seria mais onerosa;
- ✓ A manutenção preventiva tem um custo de implementação menor, relativamente às manutenções preditiva e a manutenção baseada na confiabilidade, etc.

A escolha da melhor estratégia de manutenção pode ser analisada graficamente, verificando o comportamento dos custos da estratégia de manutenção ao longo do tempo como pode se ver no gráfico à seguir:

Figura 2.3 – variação do custo da manutenção com o tempo



Fonte: Senai (2014)

Como se pode ver no gráfico anterior, a curva que representa a manutenção correctiva tem um custo aparentemente baixo relativamente as outras estratégias de manutenção. No entanto, a médio e longo prazo os custos se tornam muito maiores, o que a torna uma estratégia de manutenção não sustentável.

A manutenção preditiva apesar de ter um custo que reduz com o decorrer do tempo, requer um investimento inicial bastante alto, justificando-se o seu custo para activos essenciais numa empresa ou organização. Assim, a estratégia que se mostra numa situação mais razoável é a manutenção preventiva.

2.6 Custos da manutenção

O preço final de um bem ou serviço produzido numa empresa engloba, entre outros, os custos inerentes à Manutenção. Estes **custos podem ser directos ou indirectos**.

Os **custos directos de** manutenção, numa dada intervenção, resultam de:

- ✓ Mão-de-obra: produto do tempo gasto pela taxa horária;
- ✓ Peças sobressalentes e consumíveis utilizados: valor do preço de compra acrescido dos custos de aquisição e de transporte;
- ✓ Trabalhos subcontratados: valor da factura emitida pela entidade prestadora de serviços, acrescido da parcela decorrente do apoio técnico como elaboração de cadernos de encargo, selecção de subcontratados ou controle de qualidade;

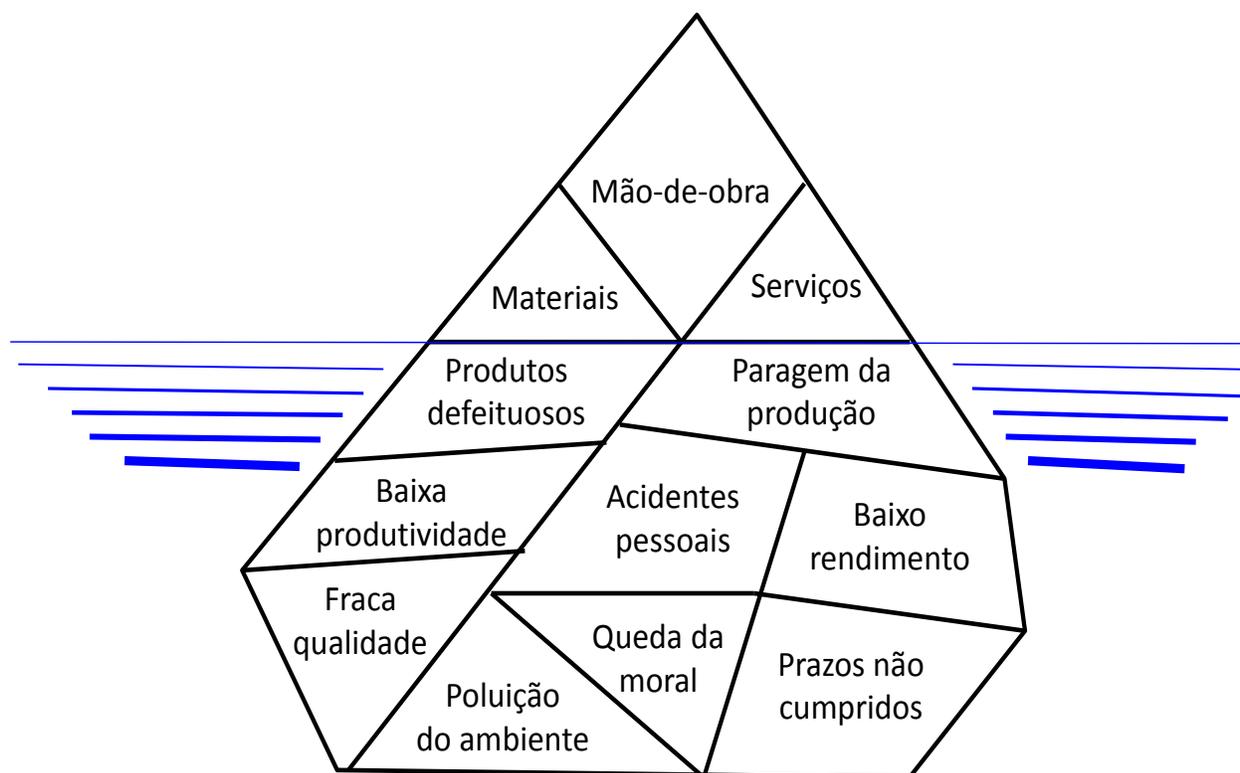
- ✓ Contratos de Manutenção: valor constante do contrato referente às obrigações secundárias, podendo incluir custos com avaliação e negociação do contrato ou de posterior verificação de conformidade;
- ✓ Custos globais de Manutenção: custos fixos e acessórios à Manutenção como o apoio administrativo, climatização, telecomunicações;
- ✓ Custos de posse de stock: gastos inerentes a posse de materiais em armazem, bem como a existência do próprio armazem e o pessoal envolvido;
- ✓ Custo de posse de ferramentas e equipamentos: custos caracterizados por uma taxa de amortização, compreendendo uma desvalorização, por uso ou obsolescência, e um valor residual;

Os custos indirectos de manutenção, ou de perda de produção, englobam os seguintes:

- ✓ Custos de desclassificação: consideram perdas dos produtos não fabricados, matérias-primas em curso de transformação, perda de qualidade e perda de produtos rejeitados;
- ✓ Custos de inactividade: inerentes à mão-de-obra da produção quando inactiva;
- ✓ Custos de inoperacionalidade: despesas de amortização de máquinas e equipamentos parados;
- ✓ Despesas induzidas: custos por não cumprimento de prazos, penalizações, perda de clientes ou fraca imagem, por perda da qualidade e por inicialização dos processos de produção.

Importa referir que os custos de Manutenção, ou aqueles que exprimem realmente o desempenho da função Manutenção numa empresa, não são os custos directos, pois estes constituem a parte visível e mais facilmente quantificável da totalidade dos custos de Manutenção. Enquanto os custos indirectos constituem a parte invisível e são dificilmente quantificáveis. Isto pode ser ilustrado através da teoria de “iceberg”, conforme mostra a Figura a seguir:

Figura 2.4 – Custos de Manutenção segundo teoria de “iceberg”



Fonte: Apointamentos da aula-1 MI (pág. 19)

2.7 Gestão do Aprovisionamento

Os materiais formam a maior parte dos custos de uma indústria. Por isso, as empresas necessitam de ter uma gestão efectiva dos materiais para assegurar que os custos de produção sejam minimizados, resultando no aumento da rentabilidade da organização. Qualquer organização necessita de manter certos níveis de inventários, não só, produtos acabados, como também, da matéria-prima, produtos em curso de fabricação, peças, componentes e materiais subsidiários comprados de fontes externas à organização. Entretanto, a aquisição e a posse do inventário representam custos

2.7.1 Gestão do Material

A gestão do material é definida como sendo a planificação, a aquisição, a movimentação, o armazenamento e o controle dos materiais com vista a otimizar a utilização dos meios, do pessoal e do capital e a prover serviços aos utentes de acordo com os objectivos da organização. Neste processo, são envolvidas três funções, a saber:

i) **Planificação e controle dos materiais** – esta função consiste na previsão dos requisitos em materiais, baseada na previsão da demanda e dos planos de produção. Esta função consiste, ainda, na preparação dos orçamentos para a aquisição dos materiais, previsão de níveis de inventários, programação das encomendas e monitoria do progresso relativamente à produção e as vendas.

ii) **Aquisição dos materiais** – Esta função inclui a selecção das fontes de fornecimento dos materiais, fixação dos termos e condições de compra, encomendas e pagamentos aos fornecedores. Refira-se que as fontes devem ser fiáveis e capazes de fornecer em quantidades e qualidades desejadas.

iii) **Armazenagem e controle do inventário** – A armazenagem dos materiais requer cuidados especiais. Por isso, os métodos de armazenagem devem assegurar a preservação dos materiais armazenados. A danificação, depreciação ou obsolescência devem ser minimizados através de inventariação conveniente e manuseamento eficiente dos materiais armazenados. Deve ser mantido um registo apropriado dos itens armazenados. Isto inclui registo dos itens na recepção e no despacho, preço, origem dos materiais etc. Os materiais armazenados devem ser localizados adequadamente, de modo a reduzir o manuseamento ao mínimo. Deve ser feita a verificação periódica dos materiais em armazém.

O controlo do inventário inclui a fixação dos níveis de inventário e de stock de segurança que devem ser mantidos e a análise dos tempos entre a encomenda e a recepção dos materiais para stocks.

Neste contexto, gestão do material tem por objectivo a provisão do material em quantidade certa, de quantidade certa, ao preço certo, em tempo certo e a partir de uma fonte certa.

2.7.2 Objectivos da gestão do material

Os principais objectivos que os sectores responsáveis pela gestão de materiais numa unidade produtiva devem alcançar, através da correta gestão do material, são:

- ✓ **Baixo custo de aquisição e de posse** – Aquisição de materiais ao preço mais baixo possível, mas mantendo requisitos tais como qualidade, datas de entrega etc. Os descontos conseguidos através de aquisição de grandes quantidades de materiais devem ser convenientemente ponderados tomando-se em conta os

custos envolvidos na posse de grandes quantidades de materiais em stock. Os custos de armazenamento devem ser os mais baixos possíveis. Isto implica o estabelecimento de políticas que permitam que os materiais de alto valor de utilização não sejam posto em stock em excesso de tal modo que os seus custos globais de aquisição e de armazenagem sejam muito altos.

- ✓ **Alta rotação do inventário** – Garantia de alta rotação do inventário, para reduzir os custos de posse e de depreciação ou obsolescência do material em stock.
- ✓ **Continuidade no fornecimento** – Os fornecedores devem ser seleccionados de tal modo que se possa assegurar a manutenção do fornecimento de materiais. Este factor é particularmente importante quando os materiais são importados. Pois, neste caso factores como acordos comerciais entre países, redução de taxas aduaneiras, etc., são determinantes para a manutenção do fornecimento de materiais.
- ✓ **Qualidade consistente** – Todo material adquirido deve ter qualidade consistente para evitar flutuação de qualidade nos produtos.
- ✓ **Baixos custos de manuseamento e armazenagem** – A óptima utilização do pessoal e equipamento empregue nas funções de armazenagem e de manuseamento dos materiais contribui para a redução dos custos totais da gestão dos materiais.
- ✓ **Relações favoráveis com os fornecedores** – Devem ser mantidas relações favoráveis entre a empresa e os seus fornecedores de modo que ambos procurem ganhar através do relacionamento mútuo. As organizações devem entender os problemas dos seus fornecedores e procurarem ajudar a estes últimos a melhorarem a qualidade dos serviços prestados.
- ✓ **Manutenção de registos adequados** – Deve ser mantido um sistema de registo de dados, relativos a gestão do material, correctos e actualizados. Pois, isto facilita a realização das previsões em necessidades de materiais para o futuro e auxilia a realização de análises de políticas de stocks.

Os outros objectivos que os sectores responsáveis pela gestão de materiais numa unidade produtiva devem alcançar, através da correcta gestão do material, são:

- ✓ **Novos materiais, processos e produtos** – Os gestores de materiais devem manter a atenção relativamente ao surgimento de novos materiais ou produtos que possam substituir os materiais e produtos existentes proporcionando vantagens. Eles devem manter atenção, também, de surgimento de novos meios ou processos que podem facilitar os processos de fabricação existentes.
- ✓ **Estandarização** – Os materiais devem ser estandarizados. Este processo contribui para a redução das dificuldades de manuseamento e de controlo de níveis de inventário e facilita os processos de aquisição dos materiais.
- ✓ **Melhoramento dos produtos** – Este é um objectivo secundário muito importante para a gestão dos materiais. Pois, desde que o gestor dos materiais está em contacto com os clientes através de fornecimento de produtos, então ele pode obter informações muito importantes, relativamente aos materiais usados na fabricação, que podem contribuir para a melhoria da qualidade dos produtos.
- ✓ **Decisões inerentes a produzir ou comprar** – Os gestores dos materiais devem ser capazes de avaliar opções para tomada de decisões relativamente a produção ou compra de materiais. As decisões devem ser baseadas nos requisitos em quantidade e qualidade dos materiais, tendo sempre em consideração o elemento custo. Importa notar que produzir implica custos fixos e variáveis. E por sua vez, comprar pode implicar termos de pagamentos que se estendem ao longo de todo período de existência da empresa. Geralmente, se localmente não existirem fornecedores capazes de prover materiais em quantidade e qualidade necessárias, pode-se decidir a favor de produzir. Além disso, as empresas podem decidir desenvolver as suas próprias capacidades de produção dos materiais que necessitam, por vezes, com vista a proteger os segredos industriais. Contudo, é geralmente mais barato comprar materiais do que produzir.

2.7.3 Gestão de stocks

Geralmente, o capital em forma de stock representa a maior parte dos activos correntes das firmas. A falta de produtos em stock pode representar prejuízos provocados pelas vendas não efetuadas, perda de clientes, etc. Em casos de firmas industriais, a falta de stock da matéria-prima pode resultar em paralisação da fábrica. Ao mesmo tempo, stock em excesso aumenta o custo da posse do stock. Pois, a posse do stock representa dinheiro empatado, custo de armazenagem, deterioração, obsolescência, segurança, etc. Assim, é importante que os gestores de stocks entendam as implicações da posse de stocks e que façam a gestão de stocks correctamente e de forma mais económica.

Qualquer que seja recurso, com valor económico e que esteja ocioso, representa stock. Pode ser em forma de matéria-prima, produtos em curso de fabricação ou produtos acabados.

Entretanto, o stock ajuda a suavizar irregularidades na cadeia de fornecimento. Por exemplo, em Moçambique a castanha de caju é colhida uma vez por ano, mas a produção da amêndoa de caju se estende para todo ano. Este facto, é possível apenas porque a castanha é comprada em quantidade suficiente ao durante a campanha de comercialização da castanha e posta em stock para o seu processamento ao longo do ano. Caso contrário, as empresas teriam que parar de produzir, por causa de falta de matéria-prima.

Além disso, o stock pode ser usado como meio de suprimento da mão-de-obra. Isto pode parecer ocasional, mas dado o carácter sazonal do consumo de determinados produtos, este método é usado regularmente na indústria. Por exemplo, o consumo de cerveja e de refrigerantes aumenta consideravelmente na época festiva. Este aumento repentino da demanda, geralmente, é satisfeito através do stock produzido e acumulado durante a época baixa da procura daqueles produtos. Isto permite suavizar o uso de recursos em termos de mão-de-obra ou da capacidade das máquinas e equipamentos para a produção. Isto indica que a produção, razoavelmente constante de stock na época baixa, pode ajudar a satisfazer a demanda durante a época alta. Deste modo, os gestores de stock devem duas questões básicas, para cada item em stock, para assegurar a eficácia e a eficiência na gestão do stock. Estas são:

- ✓ Que quantidade deverá ser encomendada, para um determinado item, na altura que seu inventário deverá ser reabastecido?
- ✓ Quando é que o inventário de um determinado item deverá ser reabastecido?

2.7.4 Modelos determinísticos do inventário

Nos modelos determinísticos do inventário assume-se que a demanda para o produto é conhecida com certeza. Neste caso, o custo total associado com a política do inventário é expresso na forma de equações matemáticas com vista a selecção da óptima política do inventário, que minimiza os custos totais. Alguns dos modelos determinísticos do inventário são os seguintes:

- ✓ Modelo para quantidade económica da encomenda (QEE) simples;
- ✓ Modelo para taxa de produção finita;
- ✓ Modelo para produção instantânea com custo de indisponibilidade finita;
- ✓ Modelo para quantidade económica da encomenda com descontos.

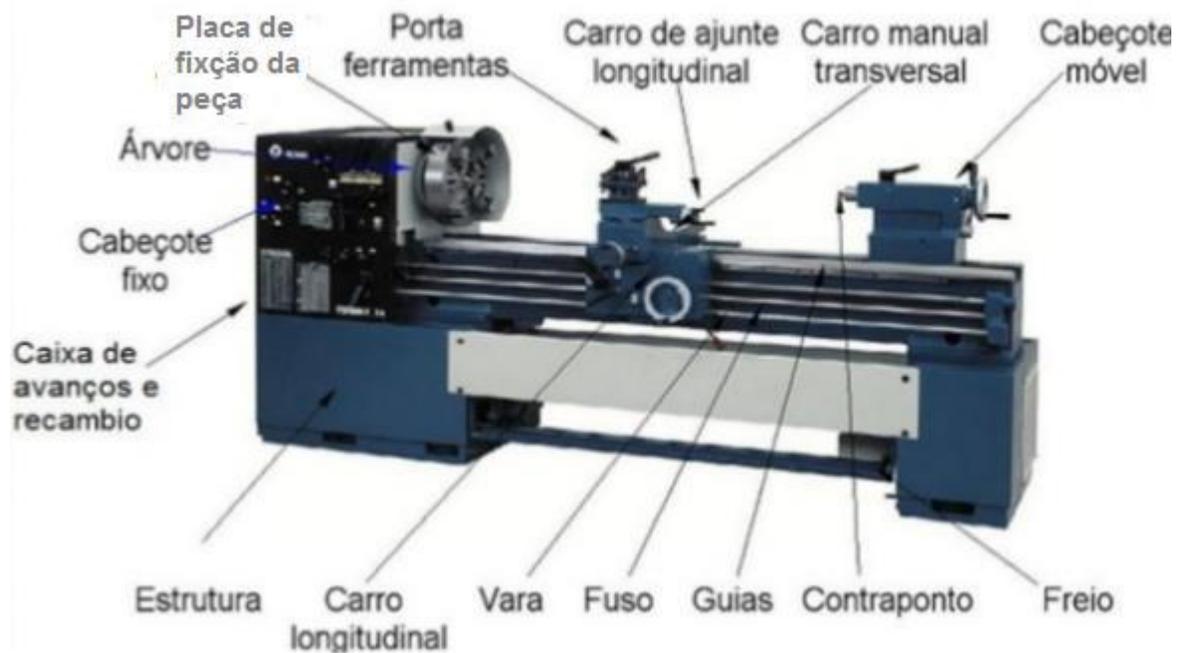
2.8 Conceito e tipos de tornos

Os tornos são definidos como máquinas que “executam trabalhos de torneamento destinados a remover material da superfície de uma peça em movimento de rotação por meio de uma ferramenta de corte que se desloca continuamente.

A principal característica do torno mecânico diz respeito ao movimento rotativo contínuo efectuado pelo eixo-árvore, aliado ao movimento de avanço que proporciona o corte no torneamento. O diâmetro do furo do eixo principal e a distância mantida entre as pontas e sua altura também são elementos fundamentais para sua actividade. O processo de torneamento ocorre em três etapas básicas, onde faz-se o corte mediante a rotação da peça; o avanço referente a translação da ferramenta e obtem-se profundidade com o movimento transversal da ferramenta.

Basicamente, o torno é formado pelos componentes apresentadas na figura abaixo:

Figura 2.5 – componentes principais de um torno mecânico



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

Existem diferentes tipos de tornos: 1) tornos paralelos, 2) tornos automáticos, 3) tornos revolver, 4) tornos de comando programado, etc. Deles mais frequentemente utilizam-se os tornos paralelos que são máquinas-ferramentas universais. O torno paralelo tem seguintes partes principais:

1. Barramento ou armação - uma parte inferior em que se colocam todas as outras partes;
2. Cabeçote fixo - encontra-se à esquerda, em cima do barramento, com árvore principal, que realiza a rotação da peça, com engrenagens da caixa de velocidade, alavancas, tabelas para sua regulação (velocidade de corte regula-se através de frequência de rotação da árvore principal);
3. Caixa de avanços com alavancas e manípulos para regulação;
4. Cabeçote móvel (ou contraponto) - encontra-se à direita, serve para instalação dos pontos giratórios (para apoiar a extremidade direita da peça) e ferramentas para tratamento dos furos (brocas, alargadores, mandris, etc.);

5. Carro longitudinal - encontra-se entre cabeçotes e realiza o deslocamento longitudinal das ferramentas (para trabalhar superfícies cilíndricas, etc.), tem manípulos e alavancas para ligação e desligação dos movimentos de avanço;
6. Carro transversal - encontra-se em cima do carro longitudinal e realiza o deslocamento transversal das ferramentas para sangrar, trabalhar faces, ranhuras, etc.;
7. Carro superior - encontra-se em cima do carro transversal e permite realizar o deslocamento manual das ferramentas sob qualquer ângulo relativamente ao eixo de rotação da peça para trabalhar as superfícies cónicas, cilíndricas, etc.;
8. Porta-ferramenta - encontra-se em cima do carro superior e serve para fixação dos ferros cortantes (simultaneamente pode-se pôr até 4 ferros cortantes).

Fonte: Max Chaves Varela (2019)

Entretanto, existem vários modelos de tornos, dentre eles:

- i) **Torno platô** também denominado de torno de placa, usado para o torneamento de peças curtas e com diâmetro elevado como rodas, polias volantes e outros elementos.

Figura 2.6 – torno platô



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

- ii) **Torno vertical** constituídos por um sistema de rotação vertical adoptado no torneamento de peças com dimensões e peso elevados.

Figura 2.7 – torno vertical



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

- iii) **Torno revólver** indicados para processos operacionais em grande escala, pois possuem diversas ferramentas dispostas e preparadas para efectuar as tarefas de modo ordenado e sucessivo, assegurando uma grande produção.

Figura 2.8 – torno revólver



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

- iv) **Torno copiador** essas máquinas realizam um movimento combinado, onde a função é “cortar um perfil na peça, que acompanha, por meio de uma guia, um outro semelhante tomado como modelo”

Figura 2.9 – torno copiador



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

- v) **Torno CNC** seu funcionamento é realizado através de programação computadorizada e operações automáticas ordenamento conforme as acções em cada operação. Também são indicados para processos de produção em larga escala.

Figura 2.9.1 – torno CNC



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

- vi) **Torno universal** também conhecido como torno horizontal devido ao seu barramento estar alocado nessa posição, com capacidade para efectuar

todas as operações como facejamento, torneamento interno e externo, além de bloqueamento, furação e corte.

Figura 2.9.2 – torno universal



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

2.9 Plano de manutenção

O plano de manutenção é usado para mapear as manutenções de rotina que devem ser realizadas em um determinado período, ou seja, é um documento que pode ser criado de diversas formas (em papel, planilhas ou sistemas) e que vem antes de todas as etapas do processo. É uma fase muito estratégica e envolve a planificação. O plano pode ser criado para serviços vinculados a equipamentos, máquinas ou ativos (veículos, prédios e outros).

2.9.1 Etapas de um plano de manutenção preventiva

A seguir apresentamos as 5 etapas de um plano de manutenção preventiva, são eles:

2.9.2 Definir objectivos e prioridades

Significa definir o que pretende, por exemplo: evitar avarias que comprometeram o funcionamento normal da empresa no passado ou proteger os equipamentos dispendiosos que seriam difíceis de substituir com facilidade.

2.9.3 Fazer um inventário de activos e a listagem de tarefas

Consiste em fazer o mapeamento dos activos divididos por famílias de equipamentos.

Deve-se incluir as seguintes informações:

- ✓ Prazos de garantia;
- ✓ Recomendações do fabricante ou manual do utilizador relativamente à manutenção do equipamento;
- ✓ Dados de verificações anteriores para verificar o funcionamento do equipamento;
- ✓ Dados de reparações anteriores especialmente se houve substituição de peças;
- ✓ Criticidade do activo; e
- ✓ Requisitos legais.

2.9.4 Gerir prioridades e recursos

Inicialmente define-se os objectivos à longo prazo, nesta etapa precisa-se traduzir os objectivos para o curto prazo, consoante o tempo e os recursos de que se dispõe. Nesta etapa recomenda-se que:

Acções de manutenção preventiva nos activos mais críticos (classe A), cuja avaria mais afecta os nossos objectivos, até os activos menos críticos (criticidade de classe B), manutenção correctiva programada (activos de classe C) que não justificam o investimento em manutenção preventiva. Em poucas palavras diríamos que dá-se prioridade aos activos mais críticos.

Uma avaliação de risco é extremamente útil para classificar o nível de prioridade de cada activo. A inspeção das fugas de gás, por exemplo, é sempre prioritária porque põe em risco a segurança de todos os utentes das instalações.

2.9.5 Criar KPLs para o plano de manutenção

Definidos os objectivos, nesta etapa precisa-se saber até que ponto os mesmos foram atingidos. Isto é feito através dos indicadores de performance (KPLs) previamente definidos, de forma a acompanhar o progresso e a eficácia do plano de manutenção.

Alguns dos indicadores mais comuns são os seguintes:

- ✓ Percentagem de manutenção planificada;

$$\% \text{ manut. planif} = \frac{\text{horas de manut planif}}{\text{total horas de manut}} \times 100$$

Se a percentagem de manutenção planificada for inferior a 85%, deve-se fazer mais exames, pois, isto significa que os técnicos de manutenção passam 15% do tempo a corrigir avarias que poderiam ter sido evitadas;

- ✓ Taxa de cumprimento da manutenção preventiva;

$$PMC = \frac{\text{No tarefas executadas}}{\text{No de tarefas planificadas}} \times 100$$

Esta taxa deve ser de pelo menos 90%.

- ✓ Eficácia geral do equipamento;
- ✓ Percentagem crítica de manutenção agendada;

$$\% \text{ crít. de manut. agend.} = \frac{\text{No dias de atraso} + \text{No dias no ciclo}}{\text{No dias do ciclo de PM}} \times 100$$

Esta taxa está relacionada com a percentagem de manutenção preventiva que se está a fazer com atraso.

- ✓ Tempo médio entre avarias;
- ✓ Custo total com a manutenção (incluindo a mão-de-obra, materiais, contratos de manutenção).

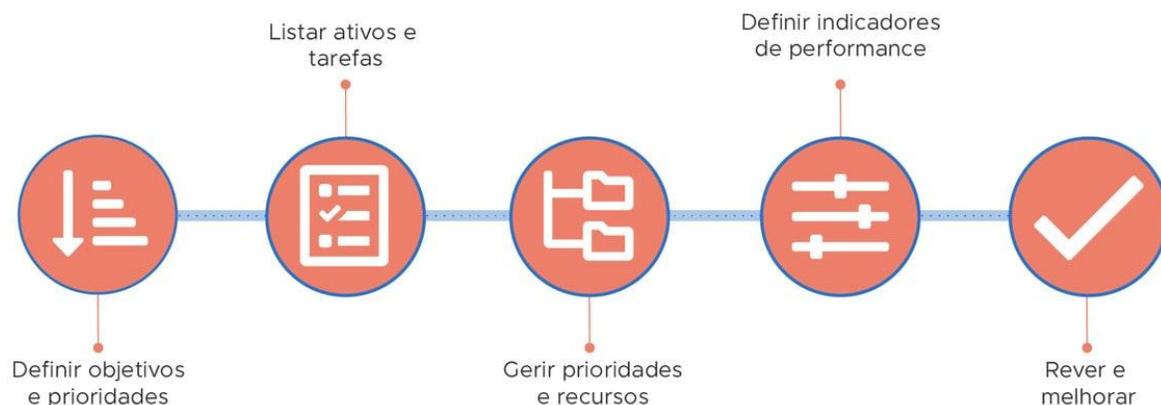
2.9.6 Rever e melhorar o plano

Consoante os resultados que se obtém (medidos de acordo com os KPLs que já se definiu na etapa anterior), deve-se fazer melhorias progressivas ao plano.

De um modo geral, as (cinco) 5 etapas básicas de um plano de manutenção preventiva podem ser visualizadas através do esquema seguinte:

Figura 2.9.3 – etapas de um plano de manutenção preventiva

OS 5 PASSOS DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA



2.9.7 Prática da manutenção preventiva em torno mecânico

Como já foi referenciado anteriormente, a manutenção preventiva visa evitar a paralisação de máquinas ou equipamentos, através da avaliação de factores como previsão e fiabilidade, exigindo um conhecimento detalhado do equipamento para que a manutenção ocorra adequadamente, conforme as recomendações do fabricante e características operacionais.

A política de manutenção preventiva deve seguir um cronograma conforme ilustra a tabela a seguir:

Tabela 2 – cronograma de manutenção preventiva

Fases	Actividade	Descrição
1ª fase	Sector	Organização das ferramentas e do sector de manutenção
2ª fase	Documentação	Cadastrar e codificar os componentes críticos do equipamento
3ª fase	Plano	Elaborar um plano de manutenção preventiva indicando as frequências de inspecção
4ª fase	Banco de dados	Criar um banco de dados para armazenar as informações
5ª fase	Indicadores	Definir os indicadores
6ª fase	Treinamento	Preparação da equipe para a inspecção

Fonte: Autor (2022)

Conforme a tabela acima, torna-se preciso organizar as ferramentas que serão utilizadas na manutenção do torno, efectuar a documentação necessária, possibilitando

o reconhecimento dos componentes mais críticos do equipamento e melhorando manutenções preventivas futuras.

De seguida, elabora-se um plano de manutenção preventiva e cria-se um banco de dados. Por fim torna-se necessário a definição de indicadores e conseqüentemente a preparação da equipe para realizar a inspeção. É de extrema importância, manter e controlar as fichas dos equipamentos actualizadas, pois é nestes registros de inspeção que está a base das informações e programação da sua manutenção.

De seguida, segue-se uma lista dos serviços a executar durante a inspeção da manutenção preventiva em um torno mecânico, juntamente com as especificações de como deve ser realizada a inspeção, com a máquina ligada, desligada ou em operação. Esta lista também apresenta dados sobre a frequência do serviço, sendo normalmente definido como um procedimento de rotina ou programada. Os serviços gerais incluem: verificação das condições de fios, cabos e parte eléctrica externa; fixação e apoio do torno no piso, bem como de todos os seus elementos constituintes; condição das protecções de segurança; funcionamento da iluminação; e possível vazamento de ar quando o torno se encontra ligado ao sistema pneumático.

Após a análise geral, faz-se a verificação do cabeçote, inspeccionando o nível de óleo na caixa; possíveis vazamentos de óleo; identificação de barulhos e ruídos fora do normal; inspeção dos elementos internos como engrenagens, tubulação e condição de lubrificação; observação de folgas e vibração da árvore; e estado dos manípulos e alavancas. Na caixa de roscas, recâmbio, avental, cabeçote móvel e conjunto dos carros, o responsável pela manutenção preventiva busca verificar o nível de óleo, vazamentos e ruídos. Na placa, a inspeção abrange a verificação da fixação e funcionamento da mesma, sendo normalmente indicado realizar a desmontagem, limpeza e lubrificação para manter as condições ideais, sendo necessário ainda inspeccionar o estado das castanhas.

Abaixo estão ilustrados os visores do nível de óleo das caixas e do carro principal:

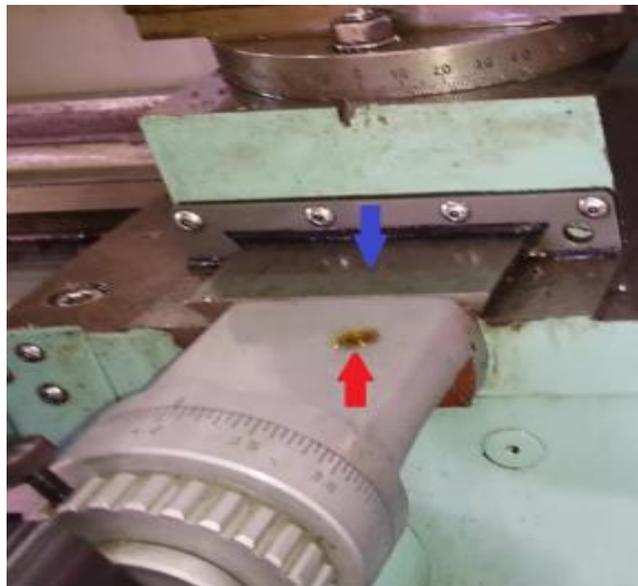
Figura 2.9.4 – Visores do nível de óleo das caixas e do carro principal



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

Apresenta-se a seguir uma manutenção preventiva realizada em torno Nardini que necessita de lubrificação. A seta vermelha indica onde deve-se efectuar a lubrificação do equipamento com o uso de almotolia, enquanto a seta azul indica onde o óleo deve ser passado mediante fina camada para facilitar o movimento do carro transversal, conforme figura abaixo:

Figura 2.9.5 – Lubrificação em torno Nardini



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

Alguns tornos como o American não necessitam de lubrificação manual, pois possuem um sistema de auto lubrificação, sendo necessário apenas assegurar o nível de óleo do compartimento, conforme demonstrado na figura que se segue:

Figura 2.9.6 – Torno American



Fonte: Max Chaves Varela (2019)

A transmissão também deve ser inspeccionada para a identificação de ruídos e vibrações do motor, bem como sua condição e fixação, possibilitando a observação das polias, tensão das correias, sistema eléctrico, adequações da corrente eléctrica e alinhamento. Na inspecção do freio, deve-se garantir que o nível do fluído nunca permaneça inferior a $\frac{3}{4}$ da capacidade, verificando também os aspectos de funcionamento.

Com relação à refrigeração, é indispensável inspeccionar a moto-bomba, assim como o líquido de refrigeração para eventual troca e identificação do risco de vazamento. Os componentes do comando eléctrico também devem passar pela manutenção preventiva perante a observação de fenómenos como oxidação e humidade para ser efectuada a correcta vedação. Faz-se também a limpeza interna e verificação da chave geral. Por fim, a identificação de riscos está relacionada com a observação dos avisos e advertências escritos no torno, que precisam estar sempre legíveis, sendo substituídos quando isso não ocorrer.

2.9.8 Benefícios da manutenção preventiva em torno mecânico

De acordo com Lottermann (2014) normalmente a manutenção realizada em fresadoras e tornos mecânicos são do tipo correctiva, onde o conserto é efetuado apenas quando é verificada a paralisação do equipamento e conseqüentemente a

quebra de alguns de seus elementos constituintes. Além de acarretar maiores custos de manutenção, se torna um ciclo vicioso, já que o esforço não permanece voltado para a solução da causa e nem para a redução do tempo de interrupção do equipamento.

O maior benefício da manutenção em tornos, relaciona-se com a melhoria contínua do processo de fabricação do produto, a partir de metodologias e tarefas padronizadas que garantem a excelência das mercadorias comercializadas. No entanto, as principais dificuldades no processo de implantação da manutenção preventiva são a resistência e falta de comprometimento dos funcionários e colaboradores, implicando em falhas operacionais, além dos custos um pouco elevados e falta de compreensão das normativas.

Em estudo recente, Nascimento (2017) demonstrou que a manutenção preventiva em tornos incide na diminuição dos custos com componentes, elevando a vida útil do equipamento como um todo, bem como a disponibilidade para o uso das máquinas e equipamentos. O autor afirma que:

No início de sua implantação os benefícios não serão tão nítidos, pois a um alto custo de implantação e o planeamento exigido pelo plano demandam disponibilidade e dedicação. Mas após o tempo de adaptação já será possível notar todos os benefícios citados acima. Dessa forma pode-se concluir que mesmo sendo mais trabalhoso e exigindo maior empenho por parte dos responsáveis pela manutenção, o plano de manutenção preventiva ao longo prazo é mais recomendado e eficiente em relação à manutenção correctiva.

Nos benefícios mais importantes da manutenção preventiva estão à redução tanto dos custos quanto dos riscos operacionais, otimizando os processos e desenvolvendo diferenciais estratégicos. Constata-se que os custos são diminuídos através da extinção de despesas desnecessárias e racionalização de recursos humanos, físicos e financeiros.

No mesmo estudo, Lottermann (2014) descreve que normalmente as máquinas que não recebem manutenção preventiva, já ultrapassaram o tempo de vida útil no sector de produção, entrando em desgaste ou degradação rapidamente. Com a falta de inspeção periódica, o equipamento recebe consertos apenas quando necessário,

prejudicando intensamente a produtividade. Com isso, a manutenção não deve ser realizada apenas com o intuito de assegurar a qualidade do processo, mas sim de evitar problemas que prejudiquem a rotina industrial.

Com isso, a prática da manutenção preventiva em tornos mecânicos evita a ocorrência de falhas e problemas que podem levar à paralisações bruscas do equipamento e até mesmo quebra dos constituintes, ocasionando maiores gastos e redução da produtividade. Deve-se actuar previamente, evitando a quebra da máquina, assegurando eficientemente a produção contínua e o funcionamento adequado.

A seguir apresenta-se um modelo de manutenção preventiva em tornos, numa empresa cujo objectivo era reduzir o tempo de paralizações mensais e os custos a elas associadas:

Tabela 3 – Tabela comparativa do risco associado ao modo de falha antes e depois de um Plano de Manutenção

ANTES						DEPOIS				
Modo de falha	Tarefa indicada	Tipo de man.	responsável	intervalo	risco	Tarefa indicada	Tipo de man.	responsável	intervalo	risco
Quebra dos rolamentos da árvore	Realização de preventiva de lubrificação	Preventiva-recuperação programada	operacão	quinzenal	84	Realização de preventiva de lubrificação	Preventiva-recuperação programada	Operacão	Semanal	56
Vazamento de óleo	Completar reservatório e inspeccionar local de vazamento	Preventiva-recuperação programada	operacão	20 em 20 dias	126	Completar reservatório e inspeccionar local de vazamento	Preventiva-recuperação programada	Operacão	Semanal	72

Contaminação do lubrificante	Troca de retentores da árvore/trocar lubrificante	Preventiva-substituição programada	manutenção	mensal	210	Troca de retentores da árvore/trocar lubrificante	Preventiva-substituição programada	Manutenção	quinzenal	48
------------------------------	---	------------------------------------	------------	--------	-----	---	------------------------------------	------------	-----------	----

Fonte: Max Chaves Varela (2019)

O plano de manutenção da tabela anterior representa dois períodos diferentes (antes e depois), comparando os dois períodos, podemos constatar que no primeiro, os valores do risco de ocorrência de falhas são maiores relativamente aos do segundo período.

A base para a redução do valor do risco foi a alteração da periodicidade para as acções de manutenção, de modo que estas fossem realizadas em intervalos de tempo definidos tendo em conta o manual de manutenção das máquinas, o tempo de vida das máquinas e a realidade objectiva em que operam.

2.9.9 Avaliação das falhas através da aplicação do FMEA

A avaliação das avarias é essencial, pois permite compreender o comportamento dos equipamentos, possibilitando o desenvolvimento de estratégias de melhoria contínua, a fim de reduzir os riscos de problemas e consequências desastrosas para a vida útil do torno. Enfatiza-se que o controle e classificação dessas avarias estabelecem quais serviços dispõem de mais recursos quando comparados a outros.

Em sistemas de operação contínua, a proporção de tempo para a ocorrência de falhas é analisada a partir de dois elementos, as taxas de avaria e a de reparação.

O tempo médio entre falhas MTBF possui a função de definir a média para o tempo de funcionamento entre a ocorrência de uma falha até a outra para cada equipamento. Quando esta média se torna cada vez maior, significa que a manutenção preventiva está alcançando seus objectivos, visto que o número de intervenções para a correção estará diminuindo e as horas de operação aumentando.

Esta média é obtida através da equação a seguir:

$$MTBF = \frac{T}{N}$$

Onde:

T = Tempo de funcionamento

N = Número de falhas

Outro factor importante refere-se ao Tempo Médio para Reparo, MTTR, que possibilita investigar o tempo que os colaboradores responsáveis pela manutenção levam para reparar o equipamento, variando conforme as condições de operação, capacitação dos trabalhadores que manuseiam o equipamento. Pode ser verificada através da equação:

$$MTTR = \frac{TRTP}{N}$$

Onde:

TRPT = tempo de reparo total

N = número de ciclos de trabalho

A análise do modo e efeito de falha ou simplesmente FMEA (do inglês *failure Mode and Effect Analysis*) é um estudo sistemático e estruturado de falhas potenciais que podem ocorrer em qualquer parte de um sistema, para determinar o efeito provável de cada uma sobre todas as outras peças do sistema e o provável sucesso operacional, tendo como objectivo melhoramentos no projecto, produto e desenvolvimento do processo.

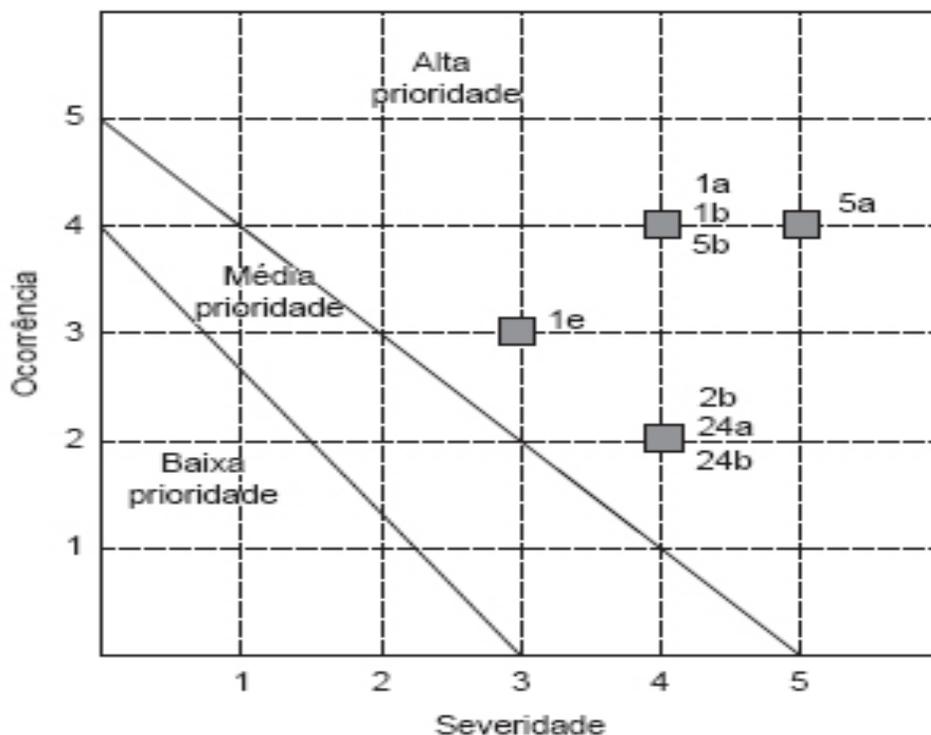
Esta técnica foi desenvolvida por engenheiros de qualidade na década 50 para estudar os problemas que possam surgir a partir de falhas de sistemas militares, é muitas das vezes o primeiro passo de um estudo de confiabilidade do sistema. Trata-se de rever todos os componentes, montagens e subsistemas, com o objectivo de identificar possíveis falhas, suas causas e efeitos.

Para cada componente os modos de falha e seus efeitos são registados em uma planilha FMEA específica.

A organização do FMEA pode ser executada através de construção de tabelas que descrevem a severidade, ocorrência e detectabilidade, através do índice dessas tabelas é gerada tabela de risco.

A seguir apresenta-se um gráfico que representa o grau de prioridades em termos de manutenção:

Figura 2.9.7 – Método gráfico para determinação de prioridades



Fonte: Senai (2014)

Índice de Severidade é a gravidade do efeito de falha sobre o processo.

Índice de ocorrência este está relacionado directamente com a frequência da falha, ou seja, o número de ocorrência de falhas em função do tempo de funcionamento.

Índice de detectabilidade refere-se à probabilidade da falha ser detectada antes que se realize.

Capítulo III – Contextualização

A faculdade de engenharia (FENG) da Universidade Eduardo Mondlane está localizada na cidade de Maputo, bairro Luís Cabral, avenida de Moçambique. Nesta faculdade encontramos vários departamentos dentre eles o Departamento de Engenharia Mecânica (DEMA). Este conta com 8 (oito) laboratórios, nomeadamente:

- ✓ Laboratório de Máquinas e ferramentas/oficinais gerais;
- ✓ Laboratório de Motores de combustão interna
- ✓ Laboratório de Termodinâmica;
- ✓ Laboratório de Resistência dos materiais;
- ✓ Laboratório de Mecânica dos fluídos e aerodinâmica;
- ✓ Laboratório de Mecânica aplicada;
- ✓ Laboratório de Ensaio não destrutivo e
- ✓ Laboratório de Pré-fabricação.

De referir que, Boa parte dos equipamentos foi instalada a partir da década 60, outra ao longo da década de 90.

Conforme visto anteriormente, a política de manutenção prevê inicialmente organizar as ferramentas que serão utilizadas na manutenção e efectuar a documentação necessária conforme as indicações da empresa/organização, possibilitando o reconhecimento dos componentes mais críticos do equipamento e melhorando manutenções preventivas futuras (GARCIA; NUNES, 2014), pelo que, foi identificada a máquina-ferramenta para a qual se irá elaborar o plano de manutenção.

O laboratório de máquinas e ferramentas está equipado com diferentes equipamentos, entre eles encontramos vários tipos de tornos, como o torno paralelo modelo 1224 B que no caso é objecto de estudo.

Figura 3.0 – Torno paralelo 1224 B (vista frontal)



Fonte: Autor (2022)

Figura 3.1 – Torno paralelo 1224 B (vista lateral)

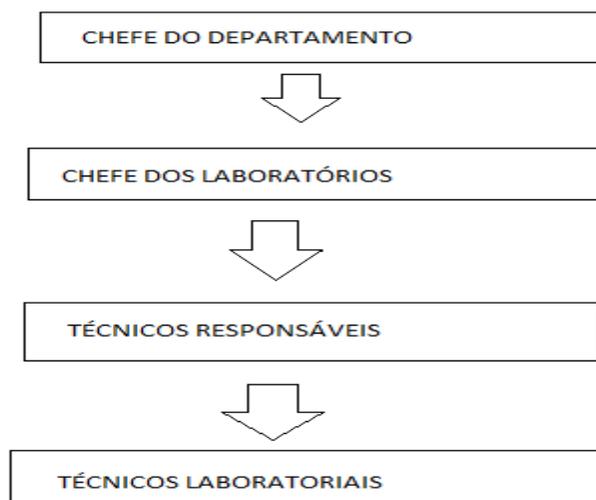


Fonte: Autor (2022)

Depois, elaborar-se-á o plano de manutenção preventiva e um banco de dados. Por fim, a definição de indicadores e consequentemente a preparação da equipe para realizar a inspecção.

A administração e gestão dos laboratórios do DEMA são feitas de acordo com a seguinte hierarquia:

Figura 3.2 – Hierarquia da gestão dos laboratórios do DEMA



Fonte: Autor (2022)

Aqui destaca-se o papel dos técnicos responsáveis e técnicos laboratoriais que tem respectivamente as seguintes atribuições:

- ✓ **Técnicos responsáveis de cada um dos laboratórios** – garantir a organização e funcionamento adequado dos laboratórios,
- ✓ **Técnicos laboratoriais** – preparação e acompanhamento de aulas laboratoriais por parte dos estudantes.

Em 2020 foi realizado um inventário, deste, verificou-se que existem cerca de 130 equipamentos instalados em todos os recintos laboratoriais, no que diz respeito aos recursos humanos sabe-se que existe um total de 12 técnicos, dos quais, 11 com nível técnico médio, e apenas 1 em formação superior.

O laboratório de máquinas e ferramentas funciona sem técnicos para operar algumas máquinas como é o caso de limadoras, rectificadoras, tornos e fresas de comando programado instalados. Dos 7 técnicos afectos a este laboratório, 3 pertencem a secção de soldadura, 1 a serralharia, 2 a fresagem e 1 a torneamento.

Para além dos técnicos do DEMA, são solicitados os técnicos do departamento de engenharia eléctrica para dar a assistência necessária aos equipamentos quando assim se justifica (em caso de avaria).

No que aos EPI para os estudantes diz respeito, importa referir que no laboratório de máquinas-ferramentas os estudantes devem se apresentar com roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção, entre outros.

3.1 Descrição do problema

Infelizmente, o departamento de engenharia mecânica (DEMA), não possui um plano concreto de manutenção das máquinas-ferramentas e outros equipamentos. Portanto, as avarias nos equipamentos em particular dos tornos são feitas após a ocorrência de falha ou avaria pelos técnicos dos departamentos das engenharias mecânica e eléctrica (no caso de avarias da parte eléctrica) respectivamente. Assim sendo este estudo se justifica pelo facto de servir de norteador das actividades de manutenção para o torno paralelo 1224 B, de modo a minimizar o risco de ocorrência de avarias que levariam a paralisação dos equipamentos, consequentemente influenciar negativamente o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes.

A manutenção dos tornos conforme já foi referenciado, é feita pelos técnicos do departamento de engenharia mecânica (DEMA), entretanto, no caso de avarias relacionadas com a parte eléctrica, são solicitados os técnicos do departamento de engenharia eléctrica para reparar a avaria, ou seja, para fazer a manutenção correctiva. Mas, até a máquina ser reparada, ficam comprometidas as aulas laboratoriais regulares para os estudantes. Daí, a questão que se coloca é: como aumentar a disponibilidade das máquinas-ferramentas (no caso vertente, do torno paralelo 1224 B) de modo que, possa servir integralmente no processo da formação dos estudantes do DEMA-FENG durante as aulas laboratoriais e elevar a vida útil do equipamento como um todo, bem como a disponibilidade para o uso das máquinas e equipamentos para outros fins?

Capítulo IV – Metodologia de resolução do problema

Talvez a parte mais fundamental para recolha de dados, além da elaboração do questionário, entrevistas, observação e revisão bibliográfica tenha sido a selecção do público alvo para os quais os questionários deveriam ser enviados. Isto porque, como citado anteriormente, muitos laboratórios ainda se encontram no velho paradigma da manutenção, utilizando em quase 100% das oportunidades a manutenção corretiva.

Sendo assim, foram seleccionados para entrevistas e questionários as seguintes entidades: chefe do departamento de engenharia mecânica, chefe do laboratório de máquinas-ferramentas, técnicos do laboratório de máquinas-ferramentas e estudantes de oficinas gerais.

A razão da escolha do público-alvo foi pelo facto do presente trabalho estar direccionado para a manutenção das máquinas-ferramentas, portanto houve a preocupação de encaminhar o questionário unicamente para pessoas ligadas aos laboratórios de máquinas-ferramentas, concretamente os técnicos que operam os tornos paralelos 1224 B, capazes de facultar dados fidedignos.

4.1 Entrevista

A entrevista que pode ser visualizada nos anexos (anexo – I) foi elaborada com perguntas consideradas como coerentes com todo o estudo detalhado neste trabalho.

A entrevista foi direccionada para o publico-alvo constituído por 4 grupos, nomeadamente: estudantes, técnicos do laboratório, docentes e chefe do departamento de engenharia mecânica, a mesma, consisti de perguntas direccionadas para cada um dos 4 grupos do publico-alvo.

A entrevista permitiu compreender o papel dos usuários e gestores do laboratório, no que a manutenção da máquinas-ferramentas diz respeito.

Em suma, visou englobar pontos-chave do estudo e, no caso das perguntas abertas, buscou também obter uma ou outra informação que tenha escapado ou cuja relevância tenha sido ignorada ao longo do desenvolvimento do trabalho.

4.2 Determinação dos indicadores de desempenho (MTBF e MTTR)

De acordo com os dados recolhidos, calcula-se os dois indicadores de performance que servem de suporte para avaliação do FMEA, nomeadamente:

i) MTBF (confiabilidade)

Esta média é obtida através da equação a seguir:

$$MTBF = \frac{T}{N}$$

Onde:

T = Tempo de funcionamento

N = Número de falhas

O MTBF foi calculado para um tempo de operação de 8 horas de funcionamento por dia, durante 1 (um) mês nos dias úteis da semana, considerando uma média de duas falhas durante esse intervalo de tempo.

Dados

T = 8 horas x 22 dias úteis por mês = 176 horas/mês

N = 2

$$MTBF = \frac{176 \text{ h}}{2} = 88 \text{ horas}$$

ii) MTTR (Manutenibilidade)

Esta média é obtida através da seguinte equação:

$$MTTR = \frac{TRTP}{N}$$

TRPT = tempo de reparo total

N = número de ciclos de trabalho

Dados

TRPT = 48 horas

N = 2

$$MTTR = \frac{48 \text{ h}}{2} = 24 \text{ horas}$$

iii) Disponibilidade

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100\% = \frac{88h}{88h + 24h} \times 100\% = 78,57\%$$

Com base nos valores do MTBF e MTTR calcula-se a disponibilidade, conforme a expressão anterior, entretanto, de referir que pretende-se aumentar a disponibilidade do equipamento para pelo menos 90%, aumentando o MTBF e reduzindo o MTTR; para tal é necessário a elaboração de um plano de manutenção preventiva.

Capítulo V – Apresentação e discussão dos resultados

As técnicas de recolha de dados permitiram em parte, aferir a sensibilidade dos estudantes sobre a questão da manutenção das máquinas-ferramentas. Essencialmente, os dados revelam o plano da cadeira de oficinas gerais não possui itens específicos sobre os cuidados básicos de manutenção, apenas aborda-se o assunto de forma superficial sobre como deve se fazer a manutenção de cada máquina.

Os estudantes são orientados a adquirir o fardamento para as oficinas, pois, a faculdade não possui EPI e EPC em número suficiente para todos, entretanto, pouco ou quase nada se fala por exemplo sobre a questão da limpeza das máquinas antes e depois das actividades, assim como de outros cuidados para manter a boa integridade das máquinas. Os técnicos têm os catálogos e ou fichas técnicas ao seu dispor para enriquecer os conhecimentos sobre a manutenção das máquinas.

O segundo grupo do publico-alvo (técnicos do laboratório), de forma peremptória, afirma que não existe nenhum plano de manutenção das máquinas, assim como não há nenhuma verba destinada a este fim. Em caso de avaria, os técnicos da mecânica reparam as avarias “leves” e em caso de avarias complexas, as máquinas ficam entregues a sua sorte.

A avaria mais comum tem sido o desgaste ou rompimento da correia, ocorrendo em média uma vez por ano. Já em caso de avarias da parte eléctrica, são solicitados os técnicos do departamento de engenharia eléctrica.

Notas

Para a elaboração do plano de manutenção preventiva para o torno 1224 B conforme proposto no objectivo geral do presente trabalho, é adoptado o FMEA, por ser uma técnica altamente estruturada e sistematizada para análise de falhas, mesmo em máquinas sem histórico de falhas como é o presente caso.

O FMEA envolve a revisão do maior número de componentes, montagens e subsistemas para identificar os modos de falha, suas causas e efeitos, portanto o FMEA é uma ferramenta de análise qualitativa, que transforma as informações em dados quantitativos.

Deste modo apresenta-se a aplicação do FMEA para o torno paralelo 1224 B, usado pelos estudantes nas aulas práticas da cadeira de oficinas gerais.

i) Identificação de todos componentes ou órgãos que podem falhar (componentes críticos);

Os componentes susceptíveis de apresentar falhas, ou seja, componentes críticos, identificados para o torno 1224B, são os seguintes: caixa de engrenagens, cabeçote móvel, porta ferramenta, cabeçote fixo, motor e base.

ii) Descrição dos possíveis modos de falha de cada componente

- ✓ Ma fixação e apoio do torno no piso bem como de todos os seus elementos constituintes;
- ✓ Iluminação deficiente;
- ✓ Ma instalação da ferramenta de corte;
- ✓ Aquecimento excessivo;
- ✓ Barulhos e ruídos fora do normal, provenientes das engrenagens ou do motor;
- ✓ Folgas e vibração da árvore;

iii) Identificação das possíveis causas da falha;

A quebra de engrenagens pode ser causada através de vários tipos de destruição dos dentes de engrenagem como por gripagem, quebra dos dentes, destruição das superfícies activas dos dentes por fadiga, desgaste abrasivo dos dentes, etc.

O motor pode parar de funcionar se forem negativamente afectados os sistemas eléctrico e o conjunto de protecção. Sendo que o sistema eléctrico comporta o próprio motor, botão de emergência e accionamento e o transformador; o conjunto de protecção comporta as chaves, indicador luminoso, contador e relé.

Entretanto, existem outras possíveis causas de falha, tais como:

- ✓ Vazamento de ar quando o torno se encontra ligado ao sistema pneumático;
- ✓ Vazamentos de óleo
- ✓ Instalação impropria
- ✓ Operação imprópria
- ✓ Falha de projecto ou de fabricação
- ✓ Falta de limpeza e lubrificação na placa e em outros componentes para manter as condições ideais;

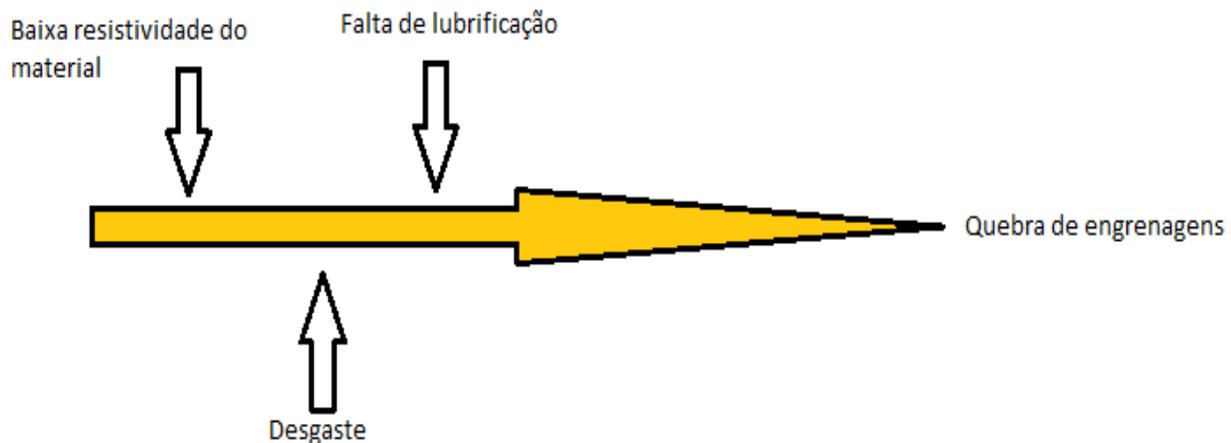
- ✓ Vazamento de ar quando o torno se encontra ligado ao sistema pneumático;
- ✓ Falta de cobertura ou protecção da máquina no momento de inoperância;
- ✓ Nível de óleo pode ser incorrecto, vazamentos e ruídos na caixa de roscas, recâmbio, avental, cabeçote móvel e conjunto dos carros;
- ✓ Fixação incorrecta do contraponto.

iv) Identificação das possíveis consequências das falhas, ou seja, até que ponto a operação foi afectada e

As possíveis consequências das falhas do torno podem ser ilustradas pelos diagramas à seguir:

- ✓ O desgaste, a falta de lubrificação, e a baixa resistividade do material vão causar a quebra de engrenagens, que por sua vez irá contribuir para baixar o rendimento, a precisão bem como variar a relação de transmissão, como pode ser visto no diagrama abaixo:

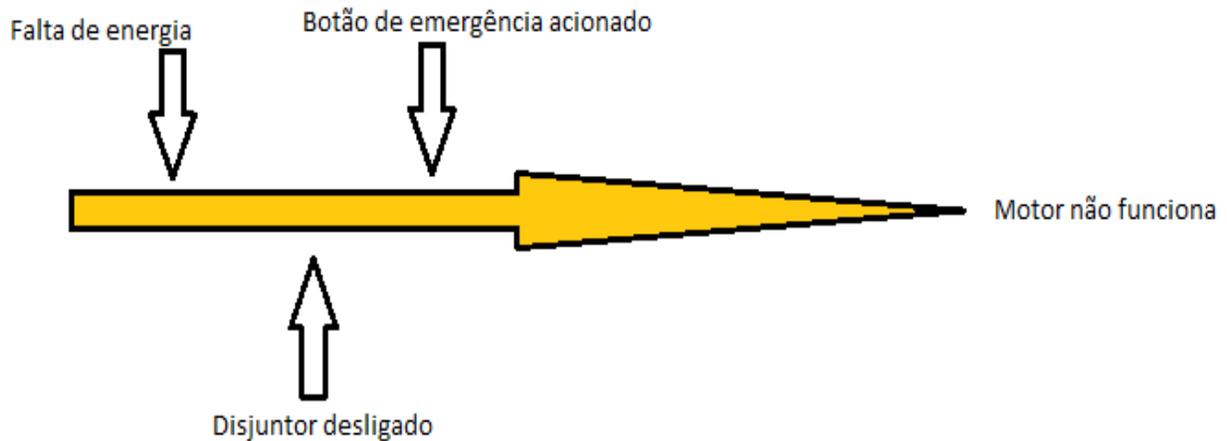
Figura 5.1 – Diagrama da quebra de engrenagem



Fonte: Autor (2022)

- ✓ A falta de energia, botão de emergência accionado, ou disjuntor desligado causam o não funcionamento do motor, que por sua vez, vai impedir a produção do torque necessário para os movimentos do torno.

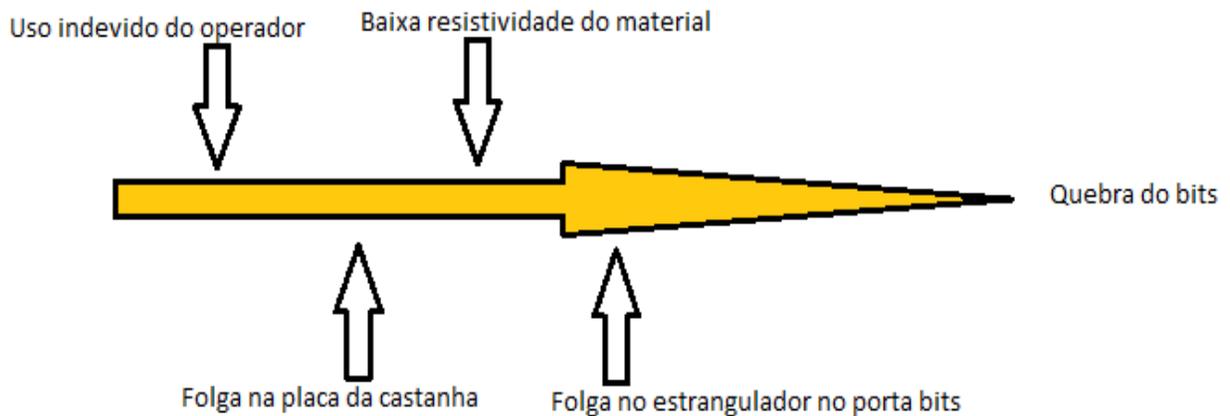
Figura 5.2 – Diagrama da paralisação do motor



Fonte: Autor (2022)

- ✓ O uso indevido por parte do operador, folga na placa da castanha, baixa resistividade do material e folga do estrangulador no porta bits, causam a quebra do bits, o que poderá afectar na remoção de camada de material.

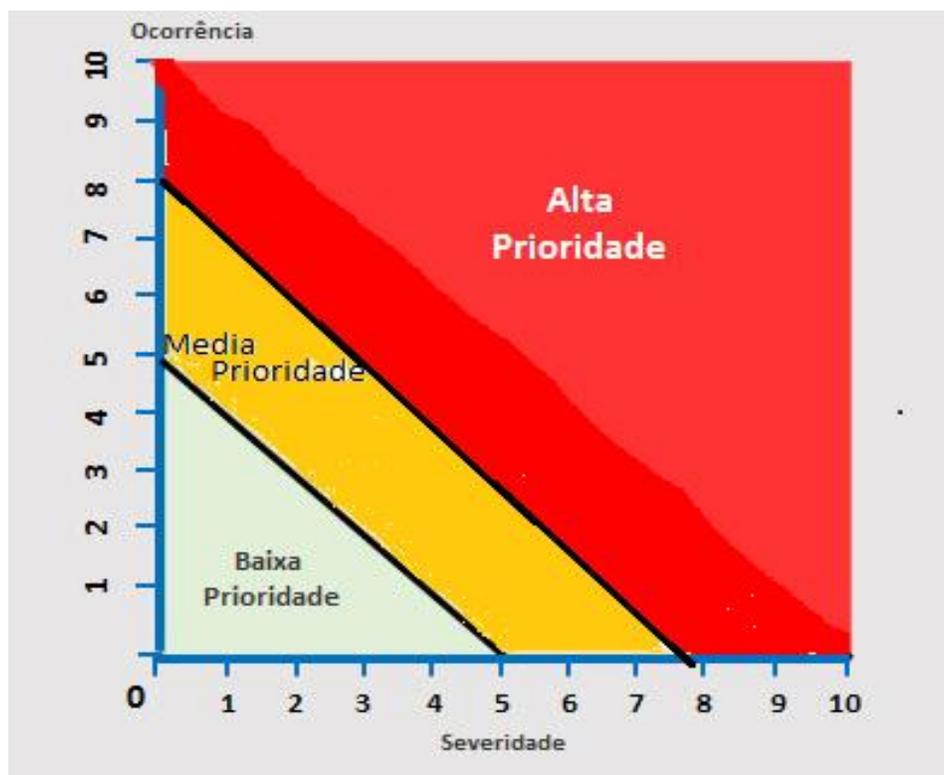
Figura 5.3 – Diagrama da quebra do bits



Fonte: Autor (2022)

A seguir é apresentado o gráfico do índice de ocorrência em função do índice de severidade que traduz a prioridade de resolução da avaria:

Figura 5.4 – gráfico do índice de ocorrência vs índice de severidade



Fonte: Senai (2014)

Tomando como base o gráfico anterior que apresenta o índice de ocorrência em função do índice de severidade, gerando a prioridade em termos de manutenção, foram geradas as tabelas de severidade, ocorrência e detectabilidade e risco geradas para o FMEA do torno mecânico em causa.

5.1 Tabelas do FMEA – Análise dos modos de falha e seus efeitos

A seguir, apresenta-se a organização do FMEA do torno 1224 B através de construção de tabelas que descrevem a severidade, ocorrência e detectabilidade, através do índice dessas tabelas é gerada tabela de risco. Sabe-se que:

Índice de Severidade é a gravidade do efeito de falha sobre o processo.

Índice de ocorrência este está relacionado directamente com a frequência da falha, ou seja, o número de ocorrência de falhas em função do tempo de funcionamento.

Índice de detectabilidade refere-se à probabilidade da falha ser detectada antes que se realize.

Nota: o risco é o produto da severidade (S), ocorrência (O) e detectabilidade (D).

$$\text{RISCO} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

Tabela 4 – Índice de severidade para o torno mecânico

Índice	Descrição	Classificação da sever.
1	Quebra do bits	Leve
2	Quebra da engrenagem	Média
3	Paragem do motor	Grave

Fonte: Autor (2022)

Tabela 5 – Índice de ocorrência para o torno mecânico

Índice	Descrição	Periodicidade da falha
3	Paragem do motor	6 a 10 vezes/ano
2	Quebra do bits	2 vez/ano
1	Quebra da engrenagem	1 vez/ano

Fonte: Autor (2022)

Tabela 6 – Índice de detectabilidade para o torno mecânico

Índice	Descrição	Possibil. detectabilidade
3	Quebra da engrenagem	Alta probabilidade
2	Quebra do bits	Moderada probabilidade
1	Paragem do motor	Baixa probabilidade

Fonte: Autor (2022)

Tabela 7 – Tabela de risco para o torno mecânico

Descrição	D	S	O	Risco	Peso
Quebra do bits	2	1	2	4	Pequeno
Quebra da engrenagem	3	2	1	6	Médio
Paragem do motor	1	3	3	9	Grande

Fonte: Autor (2022)

A escassez de informação sobre os cuidados básicos a ter com as máquinas-ferramentas, deriva em parte pelo facto de na cadeira como oficinas gerais, não conter itens específicos que abordam sobre as práticas de manutenção que devem ser observadas nas oficinas.

Infelizmente não existe um plano concreto de manutenção das máquinas-ferramentas, o que contraria o autor Stevenson, (2001) que diz o seguinte:

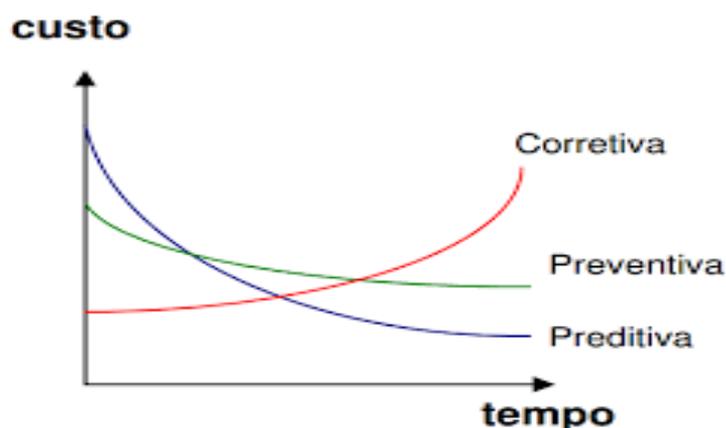
“Equipamentos precisam de manutenção periódica, a fim de assegurar a máxima conservação, visando sua operação regular e permanente, evitando problemas técnicos que podem interferir em sua produtividade”

O tipo de manutenção que se tem usado é a correctiva, e como se sabe, esta, é a actividade técnica executada depois da ocorrência de uma avaria e tem como objectivo restaurar o activo para uma condição em que pode funcionar como pretendido, quer pela sua reparação ou por substituição, isto contrasta com o pensamento dos autores Pinto e Xavier, (2001) que esclarecem o seguinte:

“A manutenção existe para que não haja manutenção, ou seja, a equipe de manutenção deve agir evitando as falhas, e não reagir quando elas acontecem”

De acordo com a literatura, o pensamento dos autores Pinto e Xavier, (2001) encontra enquadramento e validade analisando o gráfico abaixo:

Figura 5.5 – gráfico da variação do custo da manutenção com o tempo



Fonte: Senai (2014)

Como se pode ver no gráfico anterior, a curva que representa a manutenção correctiva tem um custo aparentemente baixo relativamente as outras estratégias de manutenção no início. No entanto, a médio e longo prazo os custos se tornam muito maiores, o que a torna a manutenção correctiva uma estratégia de manutenção não sustentável.

Para a elaboração do plano de manutenção preventiva foi adoptado o FMEA. O objectivo clássico da utilização da FMEA é detectar falhas antes mesmo que possam ocorrer em processos de fabricação. Marconcin, (2004) *relata que, a medida em que as causas das falhas são eliminadas pela utilização da FMEA a confiabilidade do processo aumenta consideravelmente.*

A utilização de FMEA de processo elimina os pontos fracos reduzindo risco de falhas a valores aceitáveis. Garcia (2000) *afirma que quando utilizado com eficiência a FMEA de processo além de ser um método poderoso na análise de processos, permite a melhoria contínua e serve de registo histórico para futuros estudos.*

Após da aplicação do FMEA para o torno paralelo 1224 B, verifica-se que os possíveis modos de falha mais leves concorrem para consequências mais drásticas como: a paragem do motor, a quebra de engrenagens e quebra do bits, conforme foi visto nos diagramas das figuras 5.1, 5.2 e 5.3.

Daí torna-se necessário a classificação dos modos de falha de acordo com o índice de severidade, índice de ocorrência e de detectabilidade.

As tabelas que descrevem a severidade, ocorrência e detectabilidade revelam que a paragem do motor tem maior índice de severidade com índice 3, ou seja, a paragem do

motor representa maior gravidade do efeito de falha sobre o processo. De seguida temos a quebra de engrenagem e a quebra do bits com índice de severidade 2 e 1 respectivamente.

A paragem do motor tem maior índice de ocorrência seguida da quebra do bits e da engrenagem.

A tabela do índice de detectabilidade revela que a quebra da engrenagem tem probabilidade de ser detectada antes que ocorra, relativamente a quebra do bits e da paragem do motor.

A tabela de risco do torno 1224 B, mostra que a paragem do motor é classificada como a de grande risco com o valor 9, sendo de alta prioridade de acordo com o gráfico da figura 3.7, de seguida, a quebra de engrenagem e do bits têm riscos iguais a 6 e 4 respectivamente, de acordo com o gráfico anteriormente mencionado, os riscos da quebra da engrenagem e do bits representam a média e baixa prioridade em termos de manutenção.

Em resposta aos dados revelados pelo FMEA, surge o plano de manutenção preventiva para o torno paralelo 1224 B, com vista a aumentar a disponibilidade das máquinas-ferramentas, ou seja, para valor acima do calculado (78,57%), de modo que, possam servir integralmente no processo da formação dos estudantes do DEMA-FENG durante as aulas laboratoriais.

Capítulo VI – Conclusões e Recomendações

O presente trabalho sobre Gestão de manutenção nas oficinas metalomecânicas: estudo de caso das máquinas-ferramentas do DEMA-FENG teve as seguintes conclusões:

- ❖ Todos os utentes e gestores dos laboratórios do DEMA a todos os níveis, têm o entendimento de que é pertinente a existência de um plano concreto de manutenção para as máquinas, no entanto, a verdade é que na prática isto não se verifica;
- ❖ A falta de um plano de manutenção deve ser ultrapassada a partir do topo da gestão dos laboratórios, pois, nos laboratórios estão providos de materiais como catálogos e fichas técnicas, por um lado e por outro lado, contam com técnicos formados e experientes em mecânica e o departamento tem a prerrogativa de solicitar técnicos do departamento de engenharia eléctrica para dar cobro a problemas de natureza eléctrica;
- ❖ A aplicação do FMEA para o torno paralelo 1224 B, permitiu constatar que os possíveis modos de falha mais leves concorrem para consequências mais drásticas como: a paragem do motor, a quebra de engrenagens e a quebra do bits; informações estas que foram tomadas como base para elaboração do plano de manutenção preventiva, que poderá contribuir para aumentar a disponibilidade do equipamento dos actuais 78,57% calculados para pelo menos 90%.

6.1 Recomendação

- ❖ De acordo com o trabalho realizado, recomenda-se aos gestores dos laboratórios do DEMA, a implementação do plano de manutenção preventiva para o torno paralelo 1224 B que consta dos anexos do presente trabalho pois o mesmo vai aumentar a disponibilidade do equipamento.

6.2 Bibliografia

- ❖ Aguiar, Rafaela Goretti. 2018 - Elaboração de um aplicativo que visa a otimização da manutenção centrada na confiabilidade, Juiz de fora, São Paulo.
- ❖ Ali, Alexandre Charifo. Lições de manutenção industrial, DEMA – FEUEM.
- ❖ Assis, Rui. 2004 – Apoio à decisão em gestão da manutenção, Lisboa.
- ❖ Baran, Leonardo Roberto. 2011 – Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso. Gestão industrial: Produção e manutenção da universidade tecnológica federal do Panamá.
- ❖ Branco, Gil F. 2008 - A Organização, o Planeamento e o Controle da Manutenção, N-3, Editora Ciência Moderna, Rio de Janeiro.
- ❖ De Oliveira, Thiago Augusto Brandão. 2016 - Gestão da manutenção, implementando uma simulação no sector de manutenção da pedreira um valemix, UFOP, Ouro verde.
- ❖ Garcia, F. L; Nunes, F. L. 2014 – Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso, v. 10, n. 2, p. 1-27, Minas gerais.
- ❖ <https://.scrib.com/document/219030849/APOSTILA-SENAI-Manutenção-Mecânica>.
- ❖ Kardec, A; Nascif J. 2009 – Manutenção: função estratégica, 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobràs.
- ❖ Kegler, Fábio Jonas. 2018 - Análise do torno mecânico convencional marca clever modelo I-2660a conforme exigências da norma regulamentadora de segurança em máquinas e equipamentos (nr-12), instituto federal de educação, Jaraguá do sul.
- ❖ Varela, Max Chaves. 2019 - Aplicação de manutenção preventiva em torno mecânico, LAGES, v 1, São Paulo.

ANEXOS

Anexo I – Instrumentos de recolha de dados no DEMA

i) Entrevista aos estudantes no laboratório de máquinas-ferramentas (secção de usinagem)

1. Qual é o curso e a cadeira que frequentam?

2. Quem orienta as aulas laboratoriais?

3. No início da cadeira houve alguma informação sobre a manutenção das máquinas

Sim _____ Não _____

4. Que cuidados foram instruídos a ter nas oficinas com as máquinas relativamente à manutenção das mesmas?

4.1 Antes do trabalho

4.2 Durante o trabalho

4.3 Depois do trabalho

5. Quais são as outras medidas que acha que poderiam contribuir para a manutenção das máquinas?

ii) Entrevista aos técnicos do laboratório de máquinas-ferramentas

1. Em que área é formado? _____

2. A quanto tempo trabalha nos laboratórios do DEMA? _____

3. Quem é responsável pela manutenção das máquinas-ferramentas?

4. Existe algum plano de manutenção das máquinas-ferramentas?

Se sim, qual é _____

Se não, como é feita a manutenção em caso de avaria?

5. As fichas técnicas ou catálogos das máquinas são usadas para orientar a manutenção das máquinas? SIM _____ NÃO _____

6. Quais são as falhas mais comuns no torno 1224B e qual é a periodicidade das falhas?

7.O DEMA disponibiliza recursos financeiros que suportam as despesas de manutenção dos laboratórios?

7.1 Se sim, esses recursos são suficientes para fazer face as necessidades de manutenção?

8. O que acha que pode contribuir para aumentar a vida útil das máquinas e evitar avarias inesperadas?

iii) Entrevista aos docentes do DEMA (oficinas gerais)

1. Em que área é formado? _____

2. A quanto tempo trabalha no DEMA? _____

3. O plano de disciplina da cadeira de oficinas gerais contém alguma abordagem sobre a manutenção das máquinas-ferramentas?

Sim _____ Não _____

3.1 Em caso afirmativo, quais são os itens que abordam sobre manutenção das máquinas-ferramentas?

4. O laboratório está equipado de EPC's e EPI's para os técnicos, estudantes e outros utentes?

Sim _____ Não _____

Outra

5. Existe alguma orientação para o uso das fichas técnicas ou catálogos das máquinas para orientar a manutenção das máquinas?

Sim _____ Não _____

Outra resposta:

6. Em caso de avaria das máquinas durante as aulas laboratoriais devido a não observância dos procedimentos básicos de manutenção existe alguma responsabilização ao estudante?

Sim _____ Não _____ Outra resposta:

7. Já beneficiou de alguma formação/capacitação sobre manutenção ou cuidados a ter com máquinas?

Sim _____ Não _____ Outra resposta:

8. O que acha que pode contribuir para aumentar a vida útil das máquinas e evitar avarias inesperadas?

Iv) Entrevista ao chefe de departamento de engenharia mecânica

1. Qual é o papel do departamento sobre os laboratórios aqui presentes?

2. Quem tem a responsabilidade de fazer a manutenção das máquinas-ferramentas do DEMA?

3. Existe algum plano/programa por parte do departamento para a manutenção das máquinas?

Sim _____ Não _____

3.1 Se sim, como é executado?

4. Existem a nível do departamento, técnicos especializados para a área da manutenção industrial?

Sim _____ Não _____

5. Existem, a nível interno, programas de formação/capacitação desses técnicos

Sim _____ Não _____

6. Em caso de aquisição de novos equipamentos, o departamento prevê algum plano de manutenção?

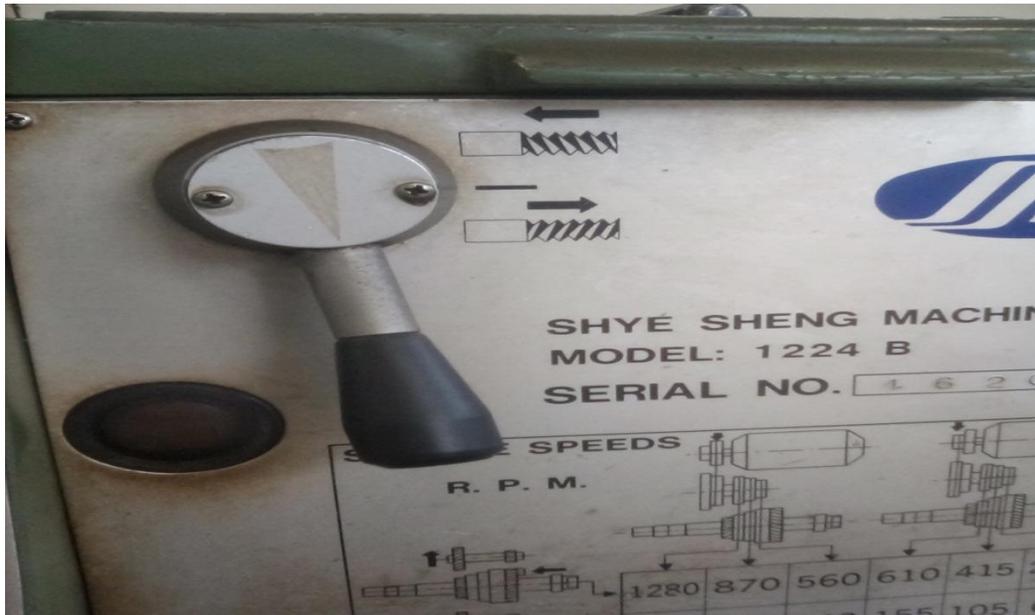
Sim _____ Não _____

7. Onde vêm os recursos financeiros que suportam as despesas de manutenção dos laboratórios?

8. Que planos existem para reparação dos equipamentos avariados nos laboratórios do DEMA?

9. O que acha que pode contribuir para aumentar a vida útil das máquinas e evitar avarias inesperadas?

Anexo II – imagens do torno paralelo 1224 B no laboratório de máquinas-ferramentas



Modelo e numero de série do torno paralelo 1224 B



Torno paralelo 1224 B – vista frontal



Estudantes em aula pratica de oficinas gerais – torneamento



Ilustração da engrenagem cilíndrica de dentes rectos

