

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO LUCAS DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO
PARA O LABORATÓRIO DE USINAGEM DA UTFPR CAMPUS GUARAPUAVA**

GUARAPUAVA

2023

JOÃO LUCAS DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO
PARA O LABORATÓRIO DE USINAGEM DA UTFPR CAMPUS GUARAPUAVA**

***DEVELOPMENT OF A MAINTENANCE PLAN
FOR THE MACHINING LABORATORY OF UTFPR CAMPUS GUARAPUAVA***

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Carlos Bernardo Gouvea Pereira.

GUARAPUAVA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JOÃO LUCAS DE LIMA

**DESENVOLVIMENTO DO PLANO DE MANUTENÇÃO
PARA O LABORATÓRIO DE USINAGEM DA UTFPR CAMPUS GUARAPUAVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 12 de dezembro de 2023

Carlos Bernardo Gouvea Pereira
Doutor em Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

David Lira Nuñez
Doutor em Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Denise Alves Ramalho
Doutora em Engenharia Mecânica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GUARAPUAVA

2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus por iluminar meu caminho nesta jornada, permitindo a realização desse sonho. Quero agradecer à minha família pelo apoio e o esforço dedicado durante todo o percurso. Também sou grato ao meu orientador, Prof. Carlos Bernardo Gouvea Pereira, e aos professores que compartilharam seus conhecimentos comigo. Por fim, não posso deixar de expressar minha gratidão aos colegas que estiveram presentes em tantas ocasiões, sou grato a todos por sua contribuição.

RESUMO

O propósito deste trabalho consiste em compreender a relevância da manutenção realizada em maquinários, bem como desenvolver um plano de manutenção preventiva para os equipamentos do laboratório de usinagem da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Guarapuava. Estudos indicam que o desempenho inadequado dos equipamentos está associado a perdas na produtividade e aumento de custos. A implementação de estratégias de manutenção preventiva tem como objetivo mitigar os riscos de falhas e avarias nos equipamentos, promovendo a extensão de sua vida útil e beneficiando os processos produtivos. A elaboração do plano de manutenção é crucial para prevenir acidentes de trabalho, minimizar paralisações não programadas, reduzir quebras, gerenciar eficientemente os recursos, aprimorar a segurança, proporcionar a organização das atividades e assegurar a disponibilidade dos recursos necessários. Máquinas em ótimo estado de funcionamento contribuem para a eficiência do processo, garantindo a produção de produtos ou peças com os acabamentos e dimensões desejados. A criação desse plano servirá como guia para a equipe de manutenção, fornecendo as informações cruciais para o adequado funcionamento dos equipamentos e prevenindo paralisações não planejadas ou custos imprevistos.

Palavras-chave: manutenção preventiva; laboratório de usinagem; produtividade; disponibilidade.

ABSTRACT

This work aims to understand the importance of maintenance performed on machinery and to develop a preventive maintenance plan for the machining laboratory equipment at the Federal Technological University of Paraná - Guarapuava campus. Studies have shown that unsatisfactory equipment performance results in productivity losses and increased costs. The adoption of preventive maintenance strategies aims to reduce the risks of equipment failures and breakdowns, extending their lifespan and benefiting productive processes. The maintenance plan is essential to prevent workplace accidents, minimize unplanned downtime, reduce breakdowns, manage resources effectively, improve safety, provide activity organization, and ensure the availability of necessary resources. Machines in good working condition increase process efficiency and ensure the production of products or parts with desired finishes and dimensions. The creation of this plan will serve as a guide for the maintenance team, providing essential information for the proper functioning of equipment and avoiding unplanned downtime or unforeseen costs.

Keywords: preventive maintenance; machining laboratory; productivity; availability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Torno do Laboratório de Usinagem da UTFPR - GP	25
Figura (2) - Torno Vertical	26
Figura (3) - Torno CNC	27
Figura (4) - Fresadora Vertical	29
Figura (5) - Fresadora Horizontal	30
Figura (6) - Fresadora universal do laboratório de usinagem da UTFPR - GP ...	31
Figura (7) - Central de Usinagem CNC do Laboratório de Usinagem da UTFPR -GP	32
Figura (8) - Tornos do laboratório de usinagem da UTFPR - GP	42
Figura (9) - Motor do torno Nardini	43
Figura (10) - Conjunto de correias	44
Figura (11) - Pontos para aplicar lubrificação nas partes deslizantes	45
Figura (12) - Barramento	45
Figura (13) - Áreas do cabeçote móvel do torno que requerem lubrificação	46
Figura (14) - Visores do nível de óleo da Caixa Norton, (a) e (b) e do carro principal (c)	46
Figura (15) - Caixa de óleo refrigerante	47
Figura (16) - Placa de três castanhas	48
Figura (17) - Régua Cônica	48
Figura (18) - Central de Usinagem CNC do laboratório de usinagem da UTFPR - GP	50
Figura (19) - Partes internas do CNC	51
Figura (20) - Reservatório de lubrificação automática	51
Figura (21) - Reservatório do sistema de refrigeração	52
Figura (22) - Lubrificador do sistema pneumático	52
Figura (23) - Válvula	53
Figura (24) - Pressões pneumáticas antes de acionar a válvula	54
Figura (25) - Pressões pneumáticas após acionar a válvula	54
Figura (26) - Garras do T.A.F	55
Figura (27) - Filtros e ventiladores do painel elétrico	56
Figura (28) - Baterias do servo acionamento	56
Figura (29) - Dissipadores dos acionamentos	57
Figura (30) - Painel elétrico do CNC	58
Figura (31) - Fresadora-Ferramenteira do laboratório de usinagem da UTFPR - GP	60
Figura (32) - Motor da fresadora	61
Figura (33) - Travas de segurança	62
Figura (34) - Proteção da fresadora	62
Figura (35) - Manivela de frenagem	63

Figura (36) - Correia da fresadora.....	64
Figura (37) - Guia deslizante.....	64
Figura (38) - Guia deslizante.....	65
Figura (39) - Lugares para aplicar o lubrificante da caixa de engrenagens.....	66
Figura (40) - Lubrificador automático.....	66
Figura (41) - Fusos de elevação.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro (1) - Exemplo do Plano de Manutenção para o Torno Nardini.....	34
Quadro (2) - Exemplo do Plano de Manutenção para a Central de Usinagem CNC.....	35
Quadro (3) - Exemplo do Plano de Manutenção para a Fresadora.....	36
Quadro (4) - Exemplo de modelo para Ordem de Serviço.....	38
Quadro (5) - Exemplo para aviso de manutenção preventiva.....	39
Quadro (6) - Exemplo para realização da requisição de materiais.....	40
Quadro (7) - Plano de manutenção para os Tornos Nardini MS 175/ MS 205.....	49
Quadro (8) - Plano de manutenção para a Central de Usinagem CNC.....	59
Quadro (9) - Plano de manutenção da Fresadora-Ferramenteira.....	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Objetivo Geral.....	13
1.1.2 Objetivos Específicos.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Manutenção.....	14
2.1.1 Manutenção corretiva.....	15
2.1.2 Manutenção preventiva.....	16
2.1.3 Manutenção preditiva.....	17
2.2 Planejamento da manutenção.....	18
2.3 O motivo das falhas.....	19
2.4 Indicadores de desempenho.....	19
2.4.1 MTBF (Mean Time Between Failures) ou TMEF (Tempo Médio Entre Falhas).....	20
2.4.2 MTTR (Mean Time To Repair) ou TMR (Tempo Médio de Reparo).....	20
2.4.3 TMPF (Tempo médio para falha).....	21
2.4.4 Disponibilidade física da maquinária.....	21
2.4.6 Custos de manutenção por valor de reposição.....	22
2.5 Considerações sobre a escolha do tipo de manutenção.....	23
2.6 Torno mecânico.....	23
2.6.1 Torno horizontal	25
2.6.2 Torno vertical	26
2.6.3 Torno CNC	27
2.7 Fresadora	28
2.7.1 Fresadora vertical	29
2.7.2 Fresadora horizontal	30
2.7.3 Fresadora universal	31
2.8 Central de usinagem CNC	32
2.9 Roteiro para execução da manutenção preventiva.....	33
2.10 Modelos para fichas técnicas	37
2.10.1 Ordem de serviço	37
2.10.2 Aviso da realização de uma manutenção preventiva.....	39
2.10.3 Requisição de materiais.....	40
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	41
4. PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS MAQUINÁRIOS.....	42
4.1 Plano de manutenção preventiva para o torno Nardini MS 175/ MS 205 da UTFPR campus Guarapuava.....	42
4.2 Plano de manutenção preventiva para a Central de Usinagem CNC marca ROMI, modelo D600.....	50

4.3 Plano de manutenção preventiva para as Fresadoras-Ferramenteiras diplomat, modelo FVF 2500.....	60
4.4 Modelo para descrever qualquer atividade de melhoria relacionada aos maquinários.....	69
5. CONCLUSÃO	70
6. REFERÊNCIAS.....	71

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Cabral (2006), a manutenção em máquinas se faz importante para assegurar a sua produtividade, ou seja, com a implementação de um determinado tipo de manutenção, sendo ela escolhida para a solução de uma problemática, algumas dessas adversidades que acontecem nos maquinários se tornam cada vez menores. Por estas razões, será proposta a aplicação de um plano de manutenção preventiva em alguns equipamentos que se encontram no laboratório da UTFPR - campus Guarapuava. Sendo assim, com a forma de manutenção determinada, será possível disponibilizar máquinas operando de maneira correta, fazendo com que o processo seja mais confiável, evitando paradas inesperadas por motivos de falta de planejamento e pela degradação das mesmas. Gerando assim, produtos com qualidade, tolerância desejadas e maior disponibilidade do maquinário.

O presente trabalho apresenta um plano de manutenção que busca prevenir alguns tipos de falhas que possam ocorrer nos maquinários, alcançar a qualidade desejada ao término da operação, otimizar o processo como um todo, proporcionando melhor eficiência para a realização das tarefas. Os planos de manutenção elaborados abrangem as seguintes máquinas, os tornos mecânicos da UTFPR - campus Guarapuava, em particular, o Torno Paralelo Universal, MS 175/ MS 205 da indústria Nardini, as Fresadoras-Ferramenteira, Diplomat, modelo FVF 2500 e a máquina CNC (Comando Numérico Computadorizado), marca Romi, modelo D600. Devido a esta disponibilidade e preservação, os estudantes terão acesso a um laboratório equipado com máquinas operando de forma eficaz, permitindo-lhes aplicar na prática durante o semestre o que absorverem na parte teórica.

Após implementar o Plano de Manutenção, será fundamental manter um acompanhamento contínuo para garantir seu funcionamento adequado, para isto, conta-se com a contribuição dos responsáveis pela gestão do laboratório.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na elaboração de plano de manutenção preventiva/inspeção para os equipamentos do laboratório de usinagem da UTFPR - campus Guarapuava, a fim de substituir o modo de manutenção corretiva já utilizada.

Este plano visa minimizar paradas não planejadas, reduzir quebras, gerenciar recursos de maneira eficaz, melhorar a segurança, maximizar a disponibilidade das máquinas, prolongar a sua vida útil, entre outras ações com intuito de melhorar o seu desempenho. Com isso, o laboratório terá equipamentos em bom estado de conservação, garantindo um funcionamento mais eficiente.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar os principais conceitos de manutenção e suas abordagens.
- Identificar a periodicidade em que é necessário fazer a manutenção nas máquinas.
- Elaborar um plano para a realização da manutenção preventiva.
- Elaborar fichas técnicas que auxiliem na execução das tarefas.
- Proporcionar um melhor funcionamento para os maquinários.
- Definir o fluxo da ordem de serviço com seus respectivos responsáveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

Com o intuito de proporcionar o bom funcionamento e a máxima eficiência de um determinado tipo de maquinário, se faz necessário estabelecer o planejamento adequado para a concretização desta tarefa, ou seja, determinar a forma em que será feita a manutenção, dentre essas formas, as comumente utilizadas são denominadas como, corretiva, preventiva, preditiva. Conforme descreve Viana (2002), uma manutenção planejada assegura que o equipamento analisado tenha sua conservação mantida e que o mesmo consiga desempenhar bem o trabalho proposto, dentro de padrões estipulados a curto, médio e longo prazo. Evitando paradas indesejadas que levarão tempo para a análise e verificação do motivo da falha, e que seja necessário algum imprevisto para que a máquina volte a funcionar.

Segundo Kardec e Nascif (2009, p.11), para a manutenção ser considerada estratégica, é fundamental que ela esteja alinhada aos objetivos da organização. Nesse sentido, é necessário ir além da eficiência e buscar a eficácia, ou seja, não se limitar à reparação rápida de equipamentos ou instalações, mas priorizar a manutenção da funcionalidade desses equipamentos, de forma a evitar paradas de produção não planejadas.

Prevenir a degradação é o objetivo principal de uma manutenção planejada, que devido ao uso constante, ocorre o desgaste e por isso, começam ocorrer as falhas, ficando perceptível ao ser analisado o desempenho, a qualidade final de cada produto ou até mesmo a ocorrência de interrupções totais no maquinário.

Portanto, a manutenção quando planejada de forma correta, tornará o processo mais seguro e fará com que seja possível ter a disposição todas as funções dos equipamentos, proporcionando assim, um processo de produção mais confiável.

As formas frequentemente utilizadas para a realização da manutenção serão apresentadas a seguir.

2.1.1 Manutenção corretiva

Neste modo de manutenção, de acordo com Kardec e Nascif (2009), se diferem em duas maneiras de como são realizadas, sendo elas, manutenção corretiva planejada ou manutenção corretiva emergencial. Referente a corretiva emergencial, são utilizadas algumas medidas que buscam atender de maneira imediata a produção, ou seja, resolver o problema do maquinário que por algum motivo tenha dado defeito, buscando restabelecer seu funcionamento para que execute normalmente suas funções. Esta falta de planejamento, faz com que gere elevados custos para a organização, pelo motivo de que a partir de uma quebra repentina, a produção irá ficar paralisada ou terá uma queda em relação a qualidade do produto, o que acaba gerando urgência para a compra do material que deu defeito, podendo acarretar na obtenção de peças com elevado valor.

Segundo a Norma Brasileira, NBR 5462, manutenção corretiva é a manutenção é realizada após a ocorrência de uma falha, com o objetivo de restaurar um item a uma condição adequada para executar uma função específica.

Outro problema que ocorre devido a esta falta de planejamento, é o fato de que o funcionário destinado para fazer alguns reparos no cotidiano da empresa, terá que de certa forma abandonar o que estava fazendo, para consertar a máquina que está apresentando problema, a fim de não deixar a produção parada.

Em relação a manutenção corretiva planejada, segundo Kardec e Nascif (2009, p.41), é a forma que busca ajustar o desempenho que está sendo menor do que o esperado ou realizar a correção de alguma falha por decisão gerencial. Geralmente essa decisão por parte da gerência é baseada com a modificação dos parâmetros de condição, os quais são detectados pela manutenção preditiva.

Esta forma de manutenção corretiva, proporciona uma melhoria da qualidade, pelo fato de ser executada de maneira planejada, além de tornar o processo mais barato, mais rápido e gerando maior segurança em comparação a não planejada. Ao realizar a inspeção de modo contínuo no equipamento, a qualidade da informação extraída para análise será maior e de melhor entendimento, ficando a critério da gerência o funcionamento até a falha total, já tendo um planejamento feito anteriormente, para que quando a falha ocorresse, já substituiria por outro equipamento que fizesse o mesmo trabalho, não gerando prejuízos maiores.

2.1.2 Manutenção preventiva

Conforme descreve Kardec e Nascif (2009), este modo de realizar a manutenção visa a prevenção de falhas de maneira antecipada, ou seja, é o trabalho realizado em equipamentos para que os mesmos continuem operando da melhor maneira, sem que ocorra algum defeito inesperado e acabe atrasando o processo de produção. Este é o modo de realizar a manutenção mais utilizado pelas empresas, justamente pelo fato de evitar que todo o trabalho pare por ocorrência de falhas.

Segundo Viana (2002, p. 10) na manutenção preventiva, os serviços são realizados em intervalos específicos ou de acordo com critérios estabelecidos para minimizar a possibilidade de falhas, proporcionando assim a estabilidade operacional necessária para garantir o bom funcionamento das atividades produtivas.

Almeida (2016, p.20), diz que a gestão da manutenção preventiva requer o controle da frequência das intervenções de manutenção, insumos utilizados, peças substituídas e profissionais envolvidos para garantir a rastreabilidade das operações e a eficiência das máquinas, equipamentos e instalações. Isso possibilita um planejamento e controle da produção mais eficiente, eliminando paradas inesperadas por quebras de máquinas.

A definição das técnicas de manutenção a serem adotadas ocorre após uma análise prévia realizada pelos profissionais responsáveis pela manutenção, isso evita a utilização de improvisos para solucionar problemas e contribui para uma redução significativa de falhas. Como resultado, o índice de qualidade de serviço pode atingir níveis mais elevados em comparação a ambientes que dependem exclusivamente da manutenção corretiva.

A efetividade da manutenção preventiva está relacionada diretamente com a facilidade na substituição de peças, com a prevenção dos altos custos gerados a partir das falhas, com os prejuízos causados na produção e com a gravidade das implicações das falhas na segurança pessoal e operacional. Portanto, proporciona uma maior simplicidade na reposição, um menor custo de falhas, impactando diretamente na produção e na segurança dos operadores, esses aspectos tornam a adoção da manutenção preventiva mais vantajosa.

Alguns aspectos negativos da implantação desta forma de controle, é que podem ocorrer falhas dos procedimentos de manutenção, gerando defeitos no equipamento não existentes até então.

2.1.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva utiliza técnicas de monitoramento e análise de dados para identificar o momento ideal para realizar a manutenção de um equipamento, antes que ocorram problemas que possam afetar a produção ou a segurança.

Conforme descreve a NBR 5462, a manutenção preditiva consiste na aplicação sistemática de técnicas de análise para garantir a qualidade de serviço desejada. Isso pode ser alcançado por meio de supervisão centralizada ou amostragem, visando minimizar a necessidade de manutenção preventiva e reduzir ao máximo a manutenção corretiva.

Viana (2002, p.12), expressa que a intenção desse tipo específico de manutenção é estabelecer com precisão o momento em que é necessário realizar intervenções de manutenção, a fim de evitar desmontagens desnecessárias para inspeção e prolongar a vida útil dos componentes. Em outras palavras, o objetivo é utilizar o equipamento de forma otimizada, sem sacrificar a sua segurança e eficiência, buscando reduzir os custos e tempos de parada para manutenção corretiva. Isso é alcançado por meio da análise de dados e do monitoramento constante da condição dos equipamentos, de modo a identificar antecipadamente possíveis falhas e programar as intervenções de manutenção necessárias.

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p.46), a adoção de políticas de manutenção preditiva envolve a análise de diversos fatores. Entre eles, destacam-se a segurança pessoal e operacional, a redução de custos por meio do acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias, e a possibilidade de manter os equipamentos operando de forma segura por mais tempo. Esses fatores são importantes para garantir a eficácia da manutenção preditiva e maximizar seus benefícios para a empresa.

A fim de atingir a qualidade desejada ao implementar esta forma de manutenção, é crucial que a equipe responsável por conduzir análises e diagnósticos esteja bem treinada, a fim de evitar ações desnecessárias.

2.2 Planejamento da manutenção

O planejamento da manutenção, segundo Viana (2002), é uma metodologia que tem por objetivo aumentar a eficiência e a eficácia do processo de manutenção, visando minimizar os custos e maximizar a disponibilidade dos equipamentos. Ainda de acordo com Viana, o planejamento da manutenção deve seguir alguns passos para que tenha êxito em seu propósito, sendo eles:

- Identificação dos equipamentos críticos, pelo motivo de ser necessário definir quais são os equipamentos fundamentais para a produção e que necessitam de maior atenção da equipe de manutenção.
- Definição do tipo de manutenção, com base na análise dos equipamentos críticos, é preciso definir qual o tipo de manutenção será aplicado em cada um, se será corretiva, preventiva ou preditiva.
- Criação do plano de manutenção, uma vez definido o tipo de manutenção a ser aplicado em cada equipamento, é necessário criar um plano de manutenção detalhado, que contenha informações sobre a periodicidade das intervenções, as atividades a serem realizadas e os recursos necessários.
- Definição das prioridades, é importante definir as prioridades de manutenção, para que os equipamentos mais críticos recebam a atenção necessária e para que a equipe de manutenção possa trabalhar de forma mais eficiente.
- Programação das atividades, com base no plano de manutenção e nas prioridades definidas, é preciso programar as atividades de manutenção de forma a minimizar o tempo de parada dos equipamentos.
- Controle e acompanhamento, é importante controlar e acompanhar as atividades de manutenção para garantir que o plano está sendo executado de forma adequada e que os objetivos de disponibilidade e custo estão sendo alcançados.

Desta forma, definir qual será o plano de manutenção que melhor se adequa aos diferentes tipos de maquinários faz grande diferença para garantia de performance dos equipamentos e a segurança dos trabalhadores, além de contribuir para a redução de custos e o aumento da disponibilidade.

2.3 O motivo das falhas

Analisar o funcionamento do equipamento e identificar quais são os pontos em que acontecem as falhas é primordial, para que após o diagnóstico seja possível a elaboração do planejamento já baseado nas falhas. Conforme descreve o livro Novo Telecurso - Profissionalizante de mecânica manutenção (2009), as falhas normalmente ocorrem devido a diferentes motivos, os quais podem ser identificados como erro de especificação ou projeto, defeito de fabricação, instalação imprópria, manutenção imprópria e operação imprópria são todos fatores que podem levar a falhas e danos em máquinas e componentes. Quando algum dos componentes não atende às necessidades de operação, ocorre um erro de especificação ou projeto. Por outro lado, um defeito de fabricação acontece quando a máquina é montada com elementos defeituosos ou de forma incorreta. A instalação imprópria pode resultar em problemas como desalinhamentos, sobrecargas, vibrações ou trincas. A manutenção imprópria também é um aspecto crucial, já que a falta de cuidados adequados pode levar à perda de ajustes e eficiência, incluindo sujeira, ausência ou lubrificação inadequada, superaquecimento e falta de reaperto. Além disso, a operação imprópria pode causar sobrecargas e choques que danificam os componentes e levam a falhas.

Portanto, é fundamental que a manutenção seja realizada de forma adequada e observe o progresso dos defeitos, a fim de substituir as peças no momento apropriado, evitando danos maiores e garantindo o funcionamento correto das máquinas.

2.4 Indicadores de desempenho

Os indicadores de desempenho na manutenção são medidas que permitem avaliar o desempenho da equipe de manutenção, identificar problemas e oportunidades de melhoria, além de medir a eficácia das ações corretivas implementadas. Abaixo, estão listados alguns exemplos de indicadores de desempenho na manutenção. Viana (2002) cita que há seis indicadores conhecidos como índice de classe mundial, cuja nomenclatura se justifica pelo fato de que a maioria dos países ocidentais os emprega.

2.4.1 MTBF (Mean Time Between Failures) ou TMEF (Tempo Médio Entre Falhas)

Este indicador é utilizado para medir o tempo médio que um equipamento funciona sem apresentar falhas. Quanto maior o TMEF melhor é o desempenho da equipe de manutenção.

$$TMEF = \frac{HD}{NC}$$

HD se refere às horas disponíveis do equipamento para operação.

NC representa o número de intervenções corretivas realizadas no equipamento.

Esse índice demonstra que um aumento no valor do TMEF ao longo do tempo indica uma redução no número de intervenções corretivas e, conseqüentemente, um aumento no número total de horas disponíveis para operação. Viana (2002. p,142)

2.4.2 MTTR (Mean Time To Repair) ou TMR (Tempo Médio de Reparo)

O cálculo do tempo médio de reparo é obtido dividindo-se a soma das horas de indisponibilidade devido a manutenção (HIM) pelo número de ocorrências de manutenção corretiva no período (NC).

$$MTTR = \frac{HIM}{NC}$$

Essa fórmula demonstra que, à medida que o MTTR diminui ao longo do tempo, o progresso da manutenção melhora, pois os reparos corretivos se tornam cada vez menos impactantes na produção. Viana (2002. p,142)

2.4.3 TPF (Tempo médio para falha)

Certos componentes não são passíveis de reparo, o que significa que, ao falharem, são descartados e substituídos por novos, resultando em um MTTR igual a zero. O tempo médio de falha se concentra nesse tipo de componente e é calculado pela relação entre o total de horas disponíveis no equipamento para operação (HD) e o número de falhas detectadas em componentes não reparáveis.

$$TPMF = \frac{HD}{N^{\circ} \text{ de Falhas}}$$

É importante destacar que o TPF e o MTBF são diferentes porque o primeiro considera as falhas em componentes reparáveis, enquanto o último leva em conta as falhas nos componentes não reparáveis. Viana (2002. p,143)

2.4.4 Disponibilidade física da maquinária

De acordo com a NBR 5462, a Disponibilidade Física (DF) é definida como a medida da capacidade de um equipamento, sistema ou instalação de estar operacional e pronto para desempenhar suas funções quando necessário, durante um determinado período de tempo. A disponibilidade física é expressa como a proporção das horas trabalhadas em relação às horas totais do período, apresentada em percentual. Essa métrica reflete a eficiência operacional de um sistema, fornecendo uma indicação da sua capacidade de estar disponível para desempenhar suas funções quando necessário.

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\%$$

HT corresponde às horas trabalhadas.

HG é as horas totais do período.

2.4.6 Custos de manutenção por valor de reposição

O índice de custos de manutenção por valor de reposição representa a relação entre o custo total de manutenção de um equipamento específico e o seu valor de compra. Esse cálculo é particularmente útil quando se trata de equipamentos críticos de alta importância. Devido à ampla variedade de equipamentos presentes em uma instalação industrial, o controle detalhado de todos eles pode se tornar de elevado custo e impreciso. Portanto, calcular o custo da manutenção em relação ao valor de reposição é uma abordagem mais viável e precisa. Essa métrica ajuda a avaliar a eficiência dos gastos com manutenção em relação ao valor investido no equipamento, permitindo uma análise mais estratégica.

$$CPMV = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra do equipamento}} \times 100\%$$

De acordo com Totvs (2023), o valor considerado aceitável para esse indicador é um CMPV (Custo de Manutenção por Valor de Compra) inferior a 6% durante um período de um ano, mas este indicador pode sofrer alterações de um ativo para outro.

No entanto, é importante ressaltar que esse limite pode variar dependendo do retorno financeiro e estratégico proporcionado pelo equipamento em análise. Em alguns casos, um custo de manutenção mais elevado pode ser justificado se o equipamento em questão oferecer benefícios significativos em termos de retorno financeiro ou estratégico para a empresa. Portanto, a determinação do limite aceitável do CMPV deve levar em consideração a análise detalhada das circunstâncias específicas e dos benefícios proporcionados pelo equipamento.

2.5 Considerações sobre a escolha do tipo de manutenção

Kardec e Nascif (2009, p.59), destaca que toda planta ou instalação necessita de diferentes tipos de manutenção. A escolha do tipo de manutenção a ser utilizado é uma decisão da administração, baseada em diversos fatores, como a importância operacional do equipamento, a segurança pessoal e da instalação, e a preservação ambiental. Também são considerados os custos envolvidos em relação ao processo total, a possibilidade de reparo ou substituição, as consequências de uma possível falha e a capacidade de adaptação do equipamento, favorecendo a aplicação de uma das formas de manutenção disponíveis.

2.6 Torno mecânico

Conforme descrito pela SEDUC Ceará (2012), o processo de torneamento envolve a remoção gradual de material da peça em processo. Esse material, conhecido como cavaco, é cortado por uma ferramenta com apenas uma borda afiada, que deve ser mais resistente do que o material da peça. Durante o torneamento, a ferramenta penetra na peça, que gira de forma uniforme em torno do eixo, permitindo um corte constante e suave do material. A força necessária para remover o cavaco é aplicada na peça, enquanto a ferramenta, que está fixada ao porta-ferramentas, equilibra a reação dessa força.

Para que seja possível a realização do torneamento, três movimentos são necessários, entre a peça e a ferramenta, sendo eles o movimento de corte, movimento de avanço e o movimento de penetração. Em relação ao movimento de corte, esta é a ação principal que possibilita a remoção do material, onde o movimento é feito de maneira rotativa e realizado pela própria peça. Para o movimento de avanço, o mesmo se dá pelo deslocamento da ferramenta por toda a extensão da superfície da peça. Quanto ao movimento de penetração, esse movimento controla a profundidade do corte ao guiar a ferramenta para o interior da peça, regulando tanto a profundidade do passe quanto a espessura do cavaco. Ao ajustar os movimentos, a posição e o design da ferramenta, é possível realizar uma ampla variedade de operações.

O torno é capaz de processar uma ampla variedade de peças com formas de revolução, devido ao movimento principal de rotação da peça em trabalhada,

enquanto a ferramenta executa movimentos de avanço e deslocamento. Isso significa que ele pode usinar qualquer objeto que tenha uma seção circular ou qualquer combinação dessas seções. O torno é usado para criar eixos, polias, pinos, buchas e uma variedade de peças com roscas. Além de torneiar superfícies tanto externas quanto internas em forma cilíndrica, o torno pode ser empregado na usinagem de superfícies planas na extremidade das peças, superfícies cônicas, esféricas e com perfis específicos. Ele também é utilizado para realizar operações como faceamento, abertura de rasgos, entalhes, ressaltos e golas. Além disso, o torno pode ser adaptado para furar, alargar, recartilhar, criar detalhes, enrolar molas e até mesmo polir peças utilizando limas finas, lixas ou esmeris. As principais operações realizadas por um torno incluem cilindragem, rosqueamento, faceamento, sangramento, torneamento cônico, perfilagem, broqueamento e mandrilagem.

Existem diferentes tipos de tornos mecânicos, sendo os mais comuns o torno horizontal, o torno vertical e o torno CNC (Controle Numérico Computadorizado), representados pelas figuras (1), (2) e (3) respectivamente.

2.6.1 Torno horizontal

De acordo com Seduc Ceará (2012), os tornos horizontais (figura 1), são amplamente utilizados e são os mais comuns, no entanto, devido à sua limitação na troca de ferramentas, não proporcionam muitas oportunidades para produção em massa.

Figura 1: Torno do Laboratório de Usinagem da UTFPR - GP



Fonte: Autoria Própria

2.6.2 Torno vertical

Segundo Seduc Ceará (2012), os tornos verticais, que possuem um eixo de rotação na vertical, são utilizados para trabalhar em peças volumosas, como volantes, polias e rodas dentadas. Devido ao tamanho dessas peças, que muitas vezes são bastante pesadas, é mais fácil montá-las em uma plataforma horizontal redonda do que em uma plataforma vertical. Representado pela figura (2).

Figura (2) - Torno Vertical



Fonte: Seduc Ceará. Torno Vertical. Em: **Mecânica de Usinagem com Máquinas Convencionais.**

2.6.3 Torno CNC

Seduc Ceará (2012) explica que existem tornos que utilizam um processo de produção moderno e alternativo, controlado por um computador que gerencia os movimentos da máquina. Esse computador é chamado de Controle Numérico Computadorizado, ou CNC, abreviadamente. Esse sistema oferece uma maior flexibilidade, eficiência e capacidade de realizar diversas operações, proporcionando uma alta precisão em um tempo menor. Além disso, é altamente produtivo e é especialmente útil na fabricação de peças complexas, economizando dispositivos e ferramentas especiais.

O Controle Numérico Computadorizado, figura (3), interpreta um conjunto de instruções pré-programadas, codificadas em formatos simbólicos, permitindo que a máquina execute essas instruções e verifique os resultados para manter a precisão. As desvantagens estão relacionadas principalmente ao alto custo inicial de investimento e às dificuldades na programação. No entanto, ao longo do tempo, esses obstáculos vêm diminuindo devido à redução dos custos de implementação dos sistemas de CAD/CAM, tornando essa tecnologia cada vez mais acessível.

Figura (3) - Torno CNC



Fonte: Seduc Ceará. Torno Vertical. Em: **Mecânica de Usinagem com Máquinas Convencionais.**

2.7 Fresadora

De acordo com o site Mecânica Industrial, uma fresadora é classificada como sendo vertical, horizontal ou universal, e tem uma variedade de funções, incluindo moldar, perfurar e rotear, entre outras. Embora seja mais frequentemente utilizada para moldar metais, também é capaz de moldar outros materiais sólidos.

Na indústria de manufatura, a fresadora é uma das máquinas-ferramentas mais cruciais. Sua aplicação principal é moldar materiais sólidos, especialmente metais. Primariamente, a fresadora é empregada para criar superfícies planas e irregulares. Além de sua função principal, a fresadora também pode executar outras operações, como perfuração, roteamento, corte de engrenagens, mandrilamento e produção de ranhuras, entre outras. Existem tipos específicos de fresadoras que são mais eficientes em determinadas tarefas. Para escolher a fresadora mais adequada para uma aplicação específica, é essencial entender as distinções entre os tipos de fresadoras disponíveis, sendo as principais categorias as fresadoras verticais e horizontais.

2.7.1 Fresadora vertical

Mecânica industrial descreve que existem duas variações populares de fresadoras verticais. Em uma delas, o fuso pode deslocar-se paralelamente ao seu próprio eixo, enquanto a mesa movimenta-se de maneira oposta, perpendicularmente ao eixo do fuso. Por outro lado, a configuração da outra fresadora mantém o fuso imóvel durante as operações de corte, permitindo que a mesa mova-se tanto nas direções perpendiculares quanto verticais em relação ao eixo do fuso. Embora esse tipo de fresadora seja menor, é considerado o mais versátil. Correspondente a figura (4).

Figura (4) - Fresadora Vertical



Fonte: Mecânica industrial, 2023.

2.7.2 Fresadora horizontal

Segundo o site Mecânica industrial, os moinhos horizontais, figura (5), dispõem de cortadores fixados em um mandril ao longo da mesa. Nessa configuração, as peças podem ser alimentadas a partir de três eixos diferentes. Embora esses moinhos possam realizar moagem lateral, eles são mais frequentemente utilizados para operações de corte final e acabamento superficial. Contudo, uma das principais desvantagens dessas máquinas é a complexidade dos controles, o que torna o funcionamento delas relativamente mais lento.

Ao escolher uma fresadora, há vários fatores cruciais a serem considerados. Estes incluem a direção da alimentação durante a fresagem, as velocidades de corte, as taxas de avanço e a adequada lubrificação. A direção da alimentação é crucial, pois afeta o desempenho da máquina e a qualidade das peças produzidas.

As velocidades de corte devem ser ajustadas conforme o tipo de material e o tipo de cortador usado. Além disso, as velocidades de corte precisam ser adequadas ao tipo de trabalho realizado, especialmente em operações de acabamento. Vários fabricantes fornecem uma lista recomendada de taxas de avanço para garantir o funcionamento eficiente das fresadoras. Importante notar que essas taxas de avanço recomendadas variam de acordo com o tipo específico de fresadora.

Figura (5) - Fresadora Horizontal



Fonte: Mecânica industrial, 2023.

2.7.3 Fresadora universal

Tendo como referência o site Mecânica Industrial, a fresadora universal, figura (6), é um dispositivo que combina as funcionalidades das fresadoras horizontais e verticais. Este equipamento híbrido é extremamente versátil, capaz de realizar uma ampla variedade de aplicações atendidas pelos dois tipos de fresadoras separadamente.

Figura (6) - Fresadora universal do laboratório de usinagem da UTFPR - GP



Fonte: Autoria Própria

2.8 Central de usinagem CNC

Conforme descreve Eurostec, os centros de usinagem CNC, figura (7), são máquinas extremamente versáteis, capazes de realizar uma ampla variedade de operações de usinagem, como fresamento, furação, mandrilamento e rosqueamento. Essas máquinas possibilitam a fabricação de peças complexas em uma única configuração, eliminando a necessidade de múltiplos ajustes e aumentando a eficiência da produção.

Controladas por sistemas de Comando Numérico Computadorizado (CNC), essas máquinas desempenham uma variedade de funções cruciais na indústria. Os Centros de Usinagem, caracterizados por sua alta precisão, podem realizar tarefas como fresamento, perfuração, aplainamento, desbaste, entre outras, sem a necessidade constante de ajustes nas peças e ferramentas para fins específicos.

Além das operações de usinagem, esses equipamentos têm a capacidade de executar diversas outras funções, como o acabamento de superfícies, a criação de saliências e reentrâncias. Eles também são proficientes na produção eficiente de furos passantes, furos rosqueados e na fabricação em série de peças, tudo isso com um custo reduzido.

Figura (7) - Central de Usinagem CNC do Laboratório de Usinagem da UTFPR -GP



Fonte: Autoria Própria

2.9 Roteiro para execução da manutenção preventiva

Para auxiliar o responsável pela manutenção dos equipamentos, são utilizados roteiros que visam facilitar o trabalho e garantir que as atividades de manutenção sejam realizadas de forma consistente e adequada. Bertoldo (2014), exhibe alguns modelos de como podem ser elaborados os planos de manutenção preventiva, e com base nos exemplos que o mesmo elaborou, desenvolvi para os Tornos mecânicos, para a Central de Usinagem CNC e para a Fresadora o plano de manutenção preventiva, representados pelos quadros (1),(2) e (3).

Nestes planos, são mostradas as periodicidades em que se deve realizar as ações a fim de preservar todos os componentes dos maquinários, os procedimentos apresentados para tal, devem ser executados diariamente (D), semanalmente (S), mensalmente (M), de forma semestral (SM) ou anual (A).

São apresentados junto ao plano de manutenção preventiva os EPI'S (Equipamento de proteção individual) necessários para proporcionar a segurança do operador da máquina.

Quadro (1) - Exemplo do Plano de Manutenção para o Torno Nardini

PLANO DE MANUTENÇÃO DOS TORNOS NARDINI				
EPI'S: Óculos de proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas e calçado de segurança.				
Atividades \ Periodicidade	D	S	M	SM
Verificar motor quanto a ruídos anormais.	x			
Verificar lubrificação do motor.			x	
Verificar tensão das correias e caso necessário substitua o jogo de correias.		x		
Verificar partes deslizantes quanto à lubrificação adequada.	x			
Lubrificar pontos da mesa, cabeçote móvel e engrenagens do recâmbio.		x		
Verificar reservatórios de óleo e adicionar óleo se necessário.		x		
Verificar nível de óleo refrigerante, completar se necessário.		x		
Limpar o equipamento retirando todos os cavacos.	x			
Limpar filtro do tanque de refrigeração.			x	
Verificar se há contaminação dos óleos hidráulicos lubrificantes e refrigerantes se houver contaminação trocá-los.			x	
Verificar o nível do fluido de freio, se necessário completar.		x		
Verificar as condições de lubrificação da placa de 3 castanhas.		x		
Trocar óleo da caixa de roscas.				x
Trocar óleo do avental.				x
Trocar óleo do cabeçote.				x
Trocar a graxa do recâmbio.				x
Trocar a graxa do mancal de fuso.				x
Verificar folgas na régua cônicas.			x	

Fonte: Bertoldo (2014)

Quadro (2) - Exemplo do Plano de Manutenção para a Central de Usinagem CNC

PLANO DE MANUTENÇÃO DO TORNO ROMI GALAXY 15S				
EPI'S: Óculos de proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas.				
Atividades \ Periodicidade	D	S	M	SM
Realizar a limpeza	x			
Verificar necessidade de Lubrificação		x		
Verificar funcionamento geral		x		
Verificar cabos em geral			x	
Verificar botões			x	
Verificar componentes eletrônicos			x	

Fonte: Bertoldo (2014)

Quadro (3) - Exemplo do Plano de Manutenção para a Fresadora

PLANO DE MANUTENÇÃO DA FRESADORA DIPLOMAT 3001				
EPI'S: Oculos de proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas e calçado de segurança.				
Atividades \ Periodicidade	D	S	M	SM
Verificar os motores e partes deslizantes quanto a ruídos anormais;	x			
Verificar as proteções e dispositivos de segurança para que funcionem adequadamente;	x			
Limpar a máquina e as proteções retirando todos os cavacos;	x			
Verificar os motores e partes deslizantes com relação à lubrificação adequada;		x		
Verifique a tensão das correias, verificar as folgas e o desgaste;		x		
Lubrificar o cabeçote da máquina nos guias deslizantes e fuso de guia.	x			
Verificar o desgaste da correia sincronizadora, trocar se necessário;		x		
Trocar o óleo da caixa de engrenagem;				x
Verificar o nivelamento da máquina através da mesa de trabalho longitudinal e transversalmente com um instrumento de precisão;			x	
Verificar o alinhamento do parafuso de alinhamento do mandril, se o mesmo estiver desalinhado substituir;			x	
Verificar o ajuste da régua da mesa;			x	
Verificar o ajuste do carro transversal e guias do console;			x	

Fonte: Bertoldo (2014)

2.10 Modelos para fichas técnicas

As fichas técnicas são documentos que incluem as informações essenciais para o cumprimento do plano de manutenção. Essas informações consistem na ordem de serviço, quadro (4), no aviso de manutenção preventiva, quadro (5) e também para a requisição de materiais, quadro (6).

2.10.1 Ordem de serviço

No contexto das ordens de serviço, registram-se as tarefas a serem realizadas pelo setor de manutenção. A ordem de serviço é um documento essencial que deve conter campos preenchidos com as informações necessárias relacionadas ao serviço a ser executado, bem como um espaço para observações, no qual o responsável pela manutenção pode fornecer um feedback das atividades realizadas. Ao escolher ou elaborar um modelo de ordem de serviço, é importante evitar campos desnecessários. Todo e qualquer serviço deve ser precedido por uma ordem de manutenção, seja para um programa de manutenção preventiva, corretiva ou modificações. É necessário realizar uma avaliação da falha ou dano do equipamento para determinar o grau do problema e, em seguida, fazer um levantamento dos materiais necessários para o reparo. Durante a ordem de serviço, algumas perguntas devem ser respondidas: o que, onde, como, quem e quando.

- O que será feito: A ordem de serviço deve incluir o título do trabalho a ser realizado e o tipo de trabalho a ser executado. No caso de uma ordem de manutenção preventiva, também deve constar a periodicidade da revisão, para informar aos usuários do equipamento por que ele estará fora de serviço durante determinado período.
- Onde o trabalho será executado: Deve ser claramente indicado o local onde o serviço será realizado e incluir o campo para preenchimento do código do equipamento. Caso haja equipamentos semelhantes, é importante especificar claramente a qual equipamento se refere, a fim de evitar perda de tempo e erros durante a localização.
- Como o trabalho será executado: Deve ser especificado como a tarefa será realizada e quais parâmetros são relevantes, especialmente em trabalhos de manutenção preventiva. Em teoria, toda a sequência de trabalhos deve estar

descrita na ordem de serviço. Quando a sequência de trabalhos for longa e a descrição das tarefas for extensa, uma Instrução de Manutenção (IM) contendo as informações relevantes deve ser anexada à ordem de serviço. A IM deve ser mantida sempre atualizada para garantir a segurança, a qualidade do trabalho e evitar acidentes.

- Quem realizará o trabalho: Deve ser indicada a pessoa responsável pela execução do trabalho.
- Quando o trabalho será executado: É importante mencionar a data e o horário de emissão, recebimento e início do reparo, bem como o total de horas e o custo total da manutenção.

A ordem de serviço também deve conter um espaço adicional para as demais informações e, por fim, um local designado para a assinatura do responsável pela manutenção.

Quadro (4) - Exemplo de modelo para Ordem de Serviço

ORDEM DE SERVIÇO PARA AS MÁQUINAS DO LABORATÓRIO DE USINAGEM DA UTFPR - GP					
DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO					
Máquinário:	Modelo:		Nº da Ordem de Serviço:		
Trabalho realizado:			Periodicidade:		
TIPO DE DANO:					
EPIS'S E FERRAMENTAS NECESSÁRIAS:					
DESCRIÇÃO DA SEQUENCIA DE SERVIÇOS EXECUTADOS:					
LISTA DE MATERIAIS UTILIZADOS:					
EMISSÃO:		RECEPÇÃO:		REPARO:	
DATA:	__ / __ / __	DATA:	__ / __ / __	DATA:	__ / __ / __
HORA:	__ : __	HORA:	__ : __	HORA:	__ : __
HORAS TOTAIS:			CUSTO TOTAL: R\$		
CONSIDERAÇÕES:					
EXECUTANTE DA TAREFA:				ASSINATURA:	

2.10.2 Aviso da realização de uma manutenção preventiva

É essencial fornecer um aviso quando a manutenção for realizada em dias e horários em que o equipamento a ser reparado normalmente estaria em uso. Além disso, o aviso deve ser enviado com antecedência, a fim de evitar qualquer tipo de desentendimento.

O aviso deve conter as seguintes informações: nome do responsável pela manutenção, o dia que aconteceu a parada da máquina, o local onde se encontra o equipamento, nome e número do equipamento, horário de início e término do serviço e a tarefa que será executada.

Quadro (5) - Exemplo para aviso de manutenção preventiva

AVISO				
REALIZAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NA MÁQUINA				
Laboratório de usinagem - UTFPR				
Informamos que será efetuada a manutenção preventiva no dia __ / __ / __				
EQUIPAMENTO	TAREFA A SER EXECUTADA	INÍCIO		FINAL
DATA DE EMISSÃO: __ / __ / __		NOME DO RESPONSÁVEL: _____		

Fonte: Bertoldo (2014)

2.10.3 Requisição de materiais

A criação de formulários para a solicitação de materiais é de extrema importância para o gerenciamento do estoque de peças e também para o controle da saída dessas peças. Com os formulários de solicitação, o encarregado do laboratório terá conhecimento da necessidade ou não de adquirir novas peças, sem a necessidade de realizar uma contagem física das mesmas. No formulário de solicitação, devem constar: a data, um número sequencial exclusivo, o nome da peça, a quantidade, o nome e a assinatura da pessoa que está fazendo a solicitação, a assinatura do responsável pelo laboratório e um espaço para observações.

Quadro (6) - Exemplo para realização da requisição de materiais

REQUISIÇÃO DE MATERIAIS	
Laboratório de usinagem - UTFPR	
Quantidade	Descrição
Nome: _____	Assinatura: _____
Assinatura do responsável pelo laboratório: _____	Data: ____ / ____ / ____
Observações:	

Fonte: Bertoldo (2014)

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Com o intuito de implementar um Plano de Manutenção Preventiva para os maquinários do laboratório de usinagem da UTFPR - campus Guarapuava, especificamente para o torno mecânico, para a fresadora e a CNC. Inicialmente foram realizadas análises detalhadas do processo de manutenção relacionado aos maquinários, verificando a existência de todos os dados referentes às manutenções anteriores, assim como os registros de compras de peças ou serviços ao longo dos anos. Essas informações são essenciais para garantir a realização adequada das atividades de manutenção e preservar o bom funcionamento do equipamento.

Como descrito anteriormente, foi realizada uma pesquisa para verificar os registros das manutenções corretivas executadas ao longo dos anos nos Tornos Paralelo Universal, modelos MS 175/MS 205, Nardini, as Fresadoras-Ferramenteira, Diplomat, modelo FVF 2500 e a máquina CNC (Comando Numérico Computadorizado), marca Romi, modelo D600, pertencentes a UTFPR - campus Guarapuava. O objetivo foi obter um histórico completo de reparos e aprimoramentos realizados nestas máquinas. Como alguns desses registros não foram encontrados, torna-se essencial estabelecer um controle de informações que permitam análises e identificação das áreas que requerem melhorias e maior atenção em relação aos processos envolvendo os equipamentos. Para garantir essa organização, é indispensável a utilização de fichas documentando todas as atividades de manutenção relacionadas aos equipamentos. Com esse propósito, foi desenvolvido um modelo que servirá como base para registrar as anotações referentes a qualquer atividade pertinente a estas máquinas.

4. PLANOS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS MAQUINÁRIOS

Após a realização de inspeções e vistorias detalhadas nos maquinários, foi possível realizar uma avaliação e identificar as necessidades específicas de cada um dos equipamentos, bem como determinar a frequência necessária para a realização de manutenções, visando otimizar o desempenho e aumentar a vida útil dos mesmos. Com base nessas análises, foram desenvolvidos os planos de manutenção, quadro (7), quadro (8) e quadro (9), onde apresentam as atividades a serem executadas e a sua respectiva frequência, permitindo assim a concretização dos objetivos mencionados anteriormente.

4.1 Plano de manutenção preventiva para o torno Nardini MS 175/ MS 205 da UTFPR campus Guarapuava

No laboratório, há quatro desses tornos em funcionamento. Abaixo, encontram-se fotos dos tornos Nardini utilizados, figura (8).

Figura (8) - Tornos do laboratório de usinagem da UTFPR - GP



Fonte: Autoria Própria

4.1.1 Procedimentos para realização da manutenção

Seguindo o plano de manutenção já apresentado anteriormente, para auxiliar o responsável pela realização da mesma, serão mostrados a partir de fotos os locais indicando onde deverão ser realizadas as tarefas já determinadas.

4.1.2 Realizar inspeção no motor em busca de sons atípicos

A seguir está representado o local onde se encontra o motor do torno Nardini, o mesmo está localizado na parte inferior do maquinário, conforme a figura (9).

Figura (9) - Motor do torno Nardini

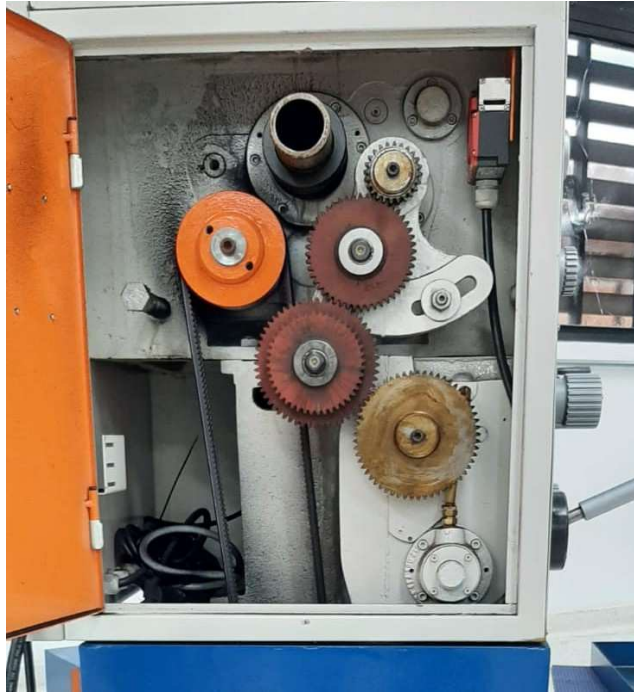


Fonte: Autoria Própria

4.1.3 Verificar tensão nas correias

A próxima imagem, está demonstrando o local onde se encontra o conjunto de correias, mais especificamente, na parte lateral da máquina, representado pela figura (10).

Figura (10) - Conjunto de correias

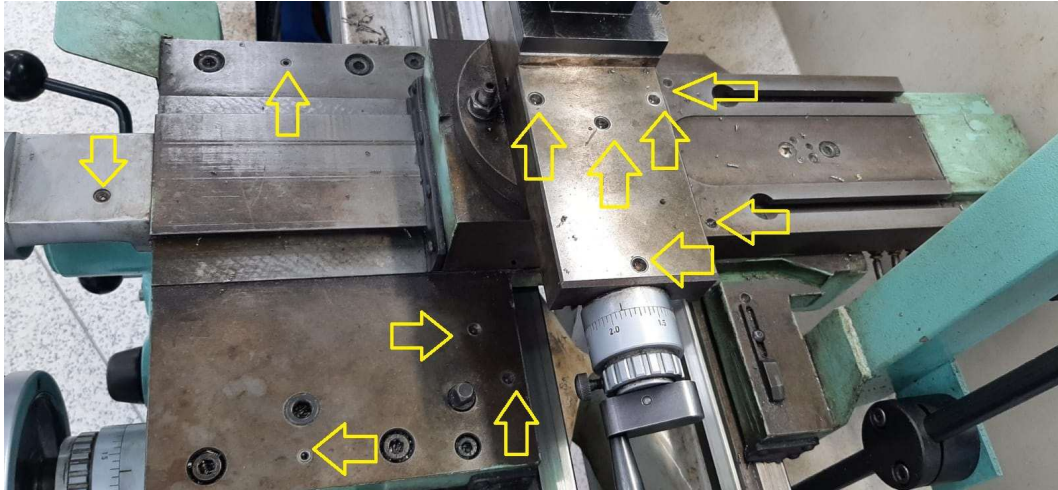


Fonte: Autoria Própria

4.1.4 Verificar as partes deslizantes para garantir a lubrificação adequada

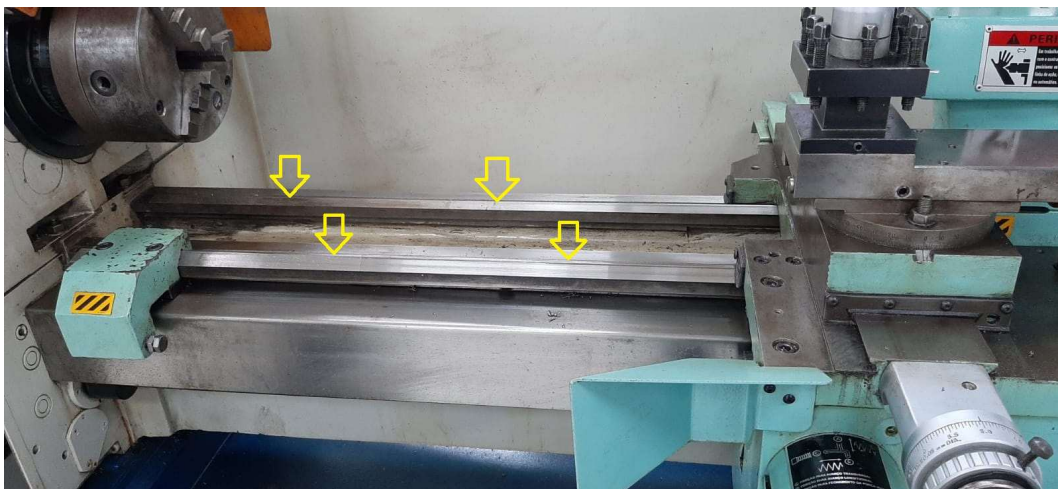
Certas regiões dos tornos requerem cuidados específicos e contínuos, especialmente aquelas que necessitam de lubrificação. Nas ilustrações a seguir, figuras (11) e (12), as guias do torno, que estão sendo indicadas pelas setas, devem ser regularmente lubrificadas com uma camada fina de óleo. Isso é essencial para facilitar o movimento do carro principal.

Figura (11) - Pontos para aplicar lubrificação nas partes deslizantes



Fonte: Autoria Própria

Figura (12) - Barramento

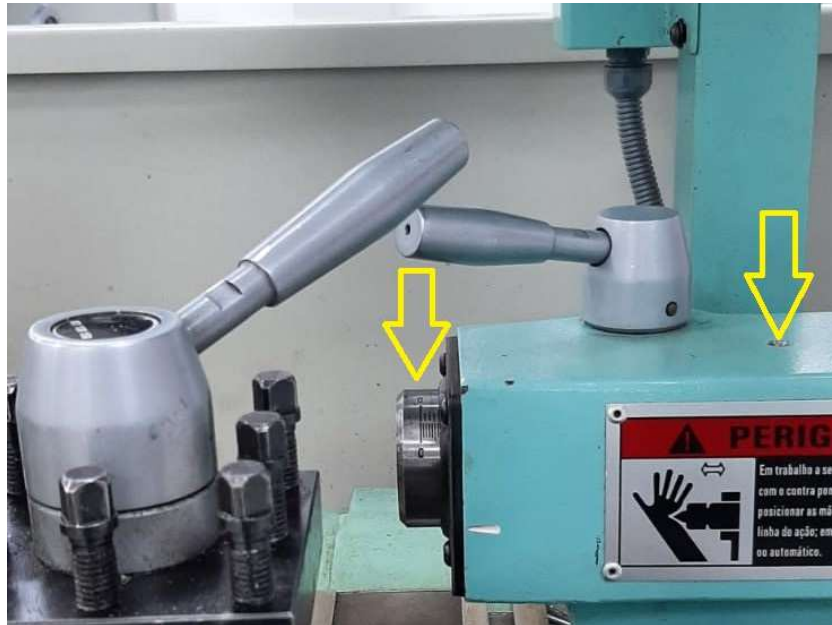


Fonte: Autoria Própria

4.1.5 Lubrificação no cabeçote móvel

A parte móvel do cabeçote do torno também necessita de lubrificação no local marcado pela seta amarela na figura abaixo, garantindo um deslizamento suave do mangote. Além disso, é aplicada uma fina camada de lubrificante sobre o mangote, conforme indicado pela seta, para melhorar ainda mais o deslizamento. Figura (13).

Figura (13) - Áreas do cabeçote móvel do torno que requerem lubrificação

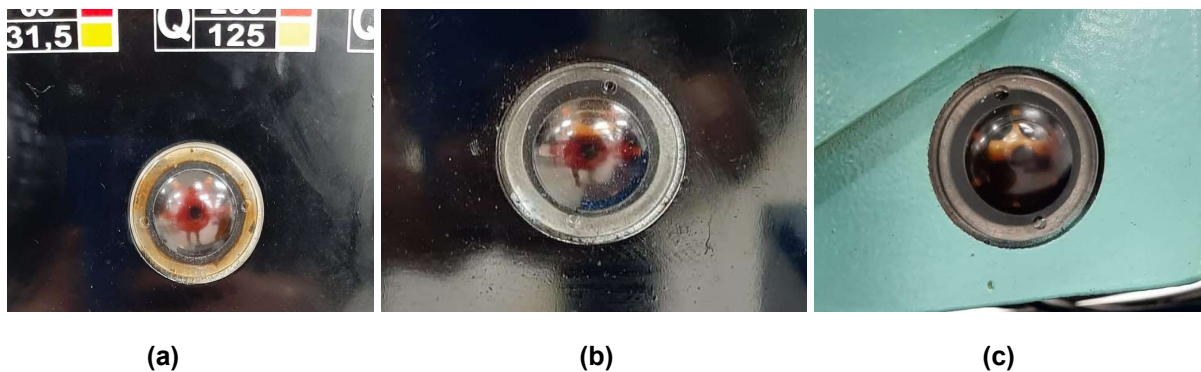


Fonte: Autoria Própria

4.1.6 Verificar os reservatórios de óleo

A Caixa Norton e o carro principal estão equipados com visores que permitem verificar se há necessidade de adicionar óleo lubrificante. O nível de óleo deve ser mantido na metade da capacidade máxima. Os mesmos estão representados pela figura (14).

Figura (14) - Visores do nível de óleo da Caixa Norton, (a) e (b) e do carro principal (c)



(a)

(b)

(c)

Fonte: Autoria Própria

4.1.7 Verificar o nível de óleo refrigerante

Segundo Chemicals Universal, a caixa de óleo refrigerante, figura (15), em um torno tem a função de fornecer um fluxo constante de óleo refrigerante que serve para lubrificar e refrigerar as ferramentas e a peça que está sendo usinada. O óleo refrigerante é um lubrificante que reduz o atrito e o desgaste das ferramentas e da peça, além de ajudar a dissipar o calor gerado durante o processo de usinagem.

Figura (15) - Caixa de óleo refrigerante



Fonte: Autoria Própria

4.1.8 Verificar as condições de lubrificação da placa das três castanhas

Segundo DNC, realizar a verificação da placa das três castanhas é crucial, pelo fato de ser imprescindível aplicação de lubrificação na placa de três castanhas de um torno a fim de assegurar o seu adequado desempenho e estender a sua durabilidade. O lubrificante específico destinado a essa finalidade, a graxa para placa de torno, garante uma lubrificação prolongada e constante, além de proporcionar proteção ao equipamento. A aplicação desse lubrificante pode ser realizada mediante o uso de um pincel ou uma pistola graxeira. A ausência de lubrificação apropriada pode resultar em desgaste precoce das peças, mau funcionamento e até mesmo danos irreparáveis ao equipamento. A placa está representada pela figura (16).

Figura (16) - Placa de três castanhas



Fonte: Autoria Própria

4.1.9 Verificar folgas na régua cônica

Realizar a verificação de folgas na régua cônica, figura (17), pelo fato de poder afetar na precisão de peças usinadas.

Figura (17) - Régua Cônica



Fonte: Autoria Própria

Quadro (7) - Plano de manutenção para os Tornos Nardini MS 175/ MS 205

PLANO DE MANUTENÇÃO PARA OS TORNOS NARDINI					
EPI'S Recomendados: Óculos para proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas e calçado de segurança.	D	S	M	SM	A
Tarefas para executar					
Realizar inspeção do motor em busca de sons atípicos.	X				
Verificar a tensão das correias e, se necessário, substituir o conjunto de correias.			X		
Verificar as partes deslizantes para garantir a lubrificação adequada.	X				
Aplicar lubrificação nos pontos da mesa, cabeçote móvel e engrenagens do recâmbio	X				
Verificar os reservatórios de óleo e, se necessário, realizar o reabastecimento adequado.			X		
Verificar o nível de óleo refrigerante e, se necessário, completá-lo adequadamente.			X		
Realizar a limpeza do equipamento, removendo todos os cavacos.	X				
Realizar a limpeza do reservatório do óleo refrigerante			X		
Verificar a presença de contaminação nos óleos hidráulicos, lubrificantes e refrigerantes. Caso haja contaminação, é aconselhável substituí-los.				X	
Verificar o estado das pastilhas de freio					X
Verificar as condições de lubrificação da placa de 3 castanhas.				X	
Realizar a troca do óleo da caixa de roscas.					X
Realizar a troca do óleo do avental.					X
Realizar a troca óleo do cabeçote.					X
Realizar a troca da graxa do recâmbio					X
Realizar a troca da graxa do mancal de fuso.					X
Verificar folgas na régua cônica.				X	

Fonte: Autoria Própria

4.2 Plano de manutenção preventiva para a Central de Usinagem CNC marca ROMI, modelo D600

No laboratório se encontra uma máquina CNC, abaixo está uma foto representando a mesma. Figura (18).

Figura (18) - Central de Usinagem CNC do laboratório de usinagem da UTFPR - GP



Fonte: Autoria Própria

4.2.1 Efetuar a limpeza

Segundo Bioub (2020), devido ao funcionamento da máquina, fragmentos de metais, ligas metálicas e fluidos frequentemente se acumulam em todas as cavidades do equipamento, assim como nos seus reservatórios. Essa contaminação tem o potencial de impactar o desempenho da máquina, causando instabilidades ou prejudicando os materiais que a compõem, levando à oxidação de componentes do torno. Figura (19).

Figura (19) - Partes internas do CNC



Fonte: Aatoria Própria

4.2.2 Limpeza do reservatório de lubrificação automática

O reservatório de lubrificação automática, figura (20), fica na parte de trás do maquinário, demonstrado pela foto a seguir.

Figura (20) - Reservatório de lubrificação automática.



Fonte: Aatoria Própria

4.2.3 Limpeza do reservatório do sistema de refrigeração

Em relação ao reservatório do sistema de refrigeração, figura (21), o mesmo fica na parte inferior esquerda do maquinário, representado pelas imagens a seguir.

Figura (21) - Reservatório do sistema de refrigeração



Fonte: Autoria Própria

4.2.4 Limpeza do reservatório do lubrificador do sistema pneumático

O lubrificador do sistema pneumático está representado pela figura (22).

Figura (22) - Lubrificador do sistema pneumático



Fonte: Autoria Própria

4.2.5 Inspeccionar pressões pneumáticas

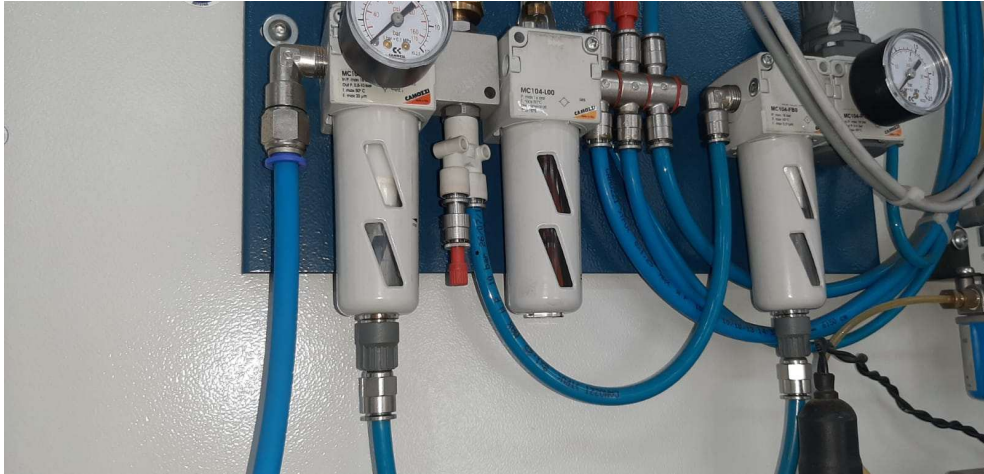
Para realizar essa verificação, é necessário que ao acionar a válvula indicada na figura (23), as pressões que são mostradas no visor saiam do zero, figura (24), e subam para os valores exibidos pela figura (25).

Figura (23) - Válvula



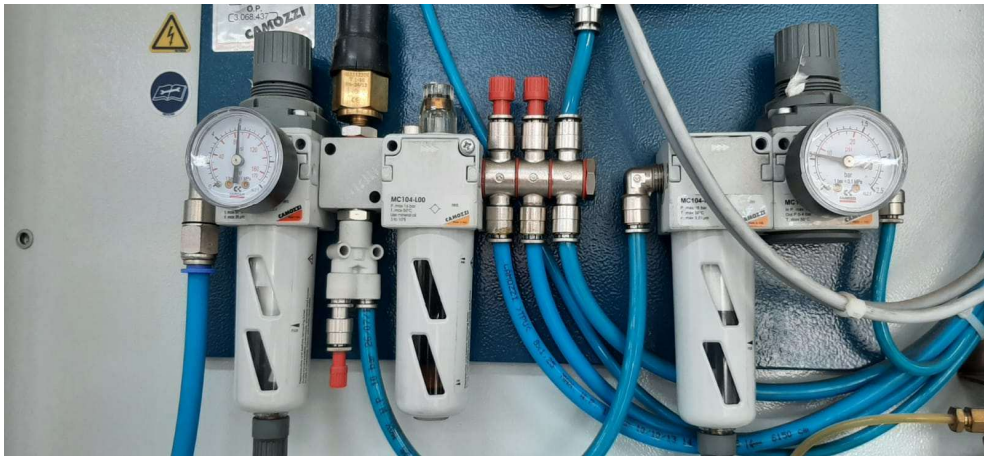
Fonte: Autoria Própria

Figura (24) - Pressões pneumáticas antes de acionar a válvula



Fonte: Autoria Própria

Figura (25) - Pressões pneumáticas após acionar a válvula



Fonte: Autoria Própria

4.2.6 Inspeccionar garras do T.A.F

As garras do T.A.F (Troca Automática de Ferramentas), figura (26), são componentes essenciais em uma central de usinagem CNC, pelo fato de serem responsáveis pela troca rápida de ferramentas, abaixo está representada pela foto.

Figura (26) - Garras do T.A.F



Fonte: Autoria Própria

4.2.7 Lubrificar os trilhos guia do carro da T.A.F

Em relação a lubrificação dos trilhos guia, a mesma desempenha um papel crucial no correto funcionamento e na prevenção de desgastes prematuros, evitando possíveis folgas ou imprecisões durante a operação da troca de ferramentas. É essencial destacar que em sistemas nos quais superfícies deslizantes interagem, uma lubrificação eficaz desempenha um papel fundamental na minimização do atrito e, por conseguinte, na redução da carga sobre o motor.

4.2.8 Limpeza dos filtros e ventiladores do painel elétrico

Sobre a limpeza dos filtros e ventiladores do painel elétrico, o componente de filtração desempenha a função de tratar o ar que é admitido para refrigerar o painel eletrônico. Sua manutenção é essencial devido à acumulação de partículas que gradualmente obstruem o elemento filtrante, resultando na restrição do fluxo de ar.

Com essa diminuição, ocorre uma troca de calor reduzida no painel eletrônico, levando ao aquecimento e potencial comprometimento de componentes da placa. Representado pela figura (27).

Figura (27) - Filtros e ventiladores do painel elétrico

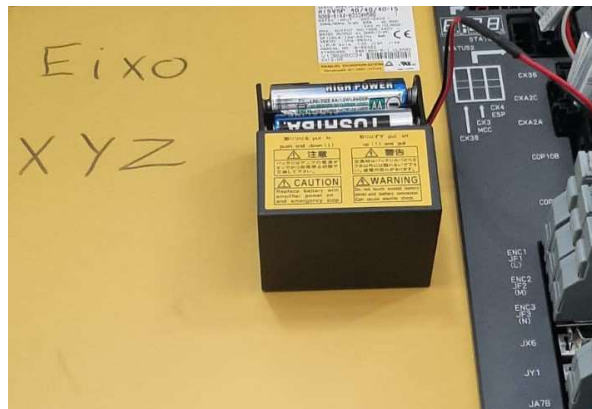


Fonte: Autoria Própria

4.2.9 Inspeccionar e trocar baterias da memória do servo acionamento

O sistema de acionamento servo, figura (28), é empregado na indústria em aplicações que demandam precisão, repetibilidade e alto desempenho, o qual está representado pela imagem a seguir.

Figura (28) - Baterias do servo acionamento

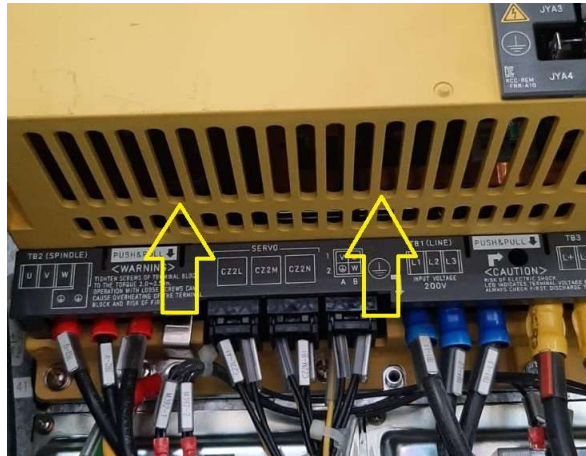


Fonte: Autoria Própria

4.2.10 Inspecionar a limpeza dos dissipadores dos acionamentos

A inspeção da limpeza dos dissipadores dos acionamentos, figura (29), é relevante para que os componentes mecânicos e elétricos estejam em bom funcionamento.

Figura (29) - Dissipadores dos acionamentos

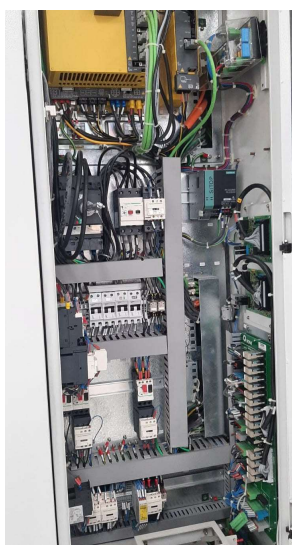


Fonte: Autoria Própria

4.2.11 Reaperto da fiação do painel elétrico

Conforme descrito por FAMATEL (2022), o reajuste da fiação é necessário para garantir que as conexões elétricas estejam seguras e firmes, evitando problemas como mau contato, curto-circuito e até mesmo incêndios. Além disso, o reajuste da fiação também ajuda a prevenir o desgaste dos componentes de um sistema elétrico e protege contra sobrecargas. O painel está representado pela figura (30).

Figura (30) - Painel elétrico do CNC



Fonte: Autoria Própria

Quadro (8) - Plano de manutenção para a Central de Usinagem CNC

PLANO DE MANUTENÇÃO DO CENTRO DE USINAGEM CNC					
EPI'S Recomendados: Óculos para proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas e calçado de segurança.	D	S	M	SM	A
Tarefas para executar					
Efetuar a limpeza	X				
Limpeza do reservatório de lubrificação automática					X
Limpeza do reservatório do sistema de refrigeração					X
Limpeza do reservatório do lubrificador do sistema pneumático				X	
Período de abastecimento/substituição do sistema de lubrificação automática			X		
Período de abastecimento/substituição do sistema de refrigeração				X	
Período de abastecimento/substituição do lubrificador do sistema pneumático					X
Limpeza de filtros				X	
Verificar nível de óleo lubrificante		X			
Inspecionar pressões pneumáticas	X				
Verificar vazamentos de ar comprimido, sistema de lubrificação, sistema de refrigeração	X				
Inspecionar garras do T.A.F		X			
Lubrificar trilhos guia do carro da T.A.F.				X	
Limpeza completa do tanque de refrigeração					X
Limpeza de filtros e ventiladores do painel elétrico				X	
Inspecionar lubrificação de guias e fusos		X			
Inspecionar e trocar baterias da memória do servo acionamento			X		
Inspecionar a limpeza dos dissipadores dos acionamentos					X
Reaperto da fiação do painel elétrico					X

Fonte: Autoria Própria

4.3 Plano de manutenção preventiva para as Fresadoras-Ferramenteiras diplomat, modelo FVF 2500

O laboratório conta com duas Fresadoras-Ferramenteira, as quais são do mesmo modelo, representadas pela figura (31).

Figura (31) - Fresadora-Ferramenteira do laboratório de usinagem da UTFPR - GP



Fonte: Autoria Própria

4.3.1 Realizar inspeção no motor em busca de sons atípicos

De acordo com Haas Automation (2015), a inspeção do motor da fresadora, figura (32), em busca de sons atípicos é crucial para garantir o funcionamento adequado da máquina e identificar possíveis problemas. Ao realizar essa inspeção, os operadores podem detectar irregularidades no funcionamento do motor do fuso, como fiação incorreta, desgaste excessivo, ou problemas de lubrificação, que podem resultar em ruídos anormais. Além disso, a inspeção regular do motor da fresadora pode contribuir para a identificação precoce de falhas, evitando danos mais graves e custos de reparo mais elevados no futuro.

Figura (32) - Motor da fresadora



Fonte: Autoria Própria

4.3.2 Certificar-se que as proteções e dispositivos de segurança estão operando de modo adequado

A importância de certificar-se de que as proteções e dispositivos de segurança estão operando de modo adequado em uma fresadora é fundamental para garantir a segurança dos operadores e o funcionamento correto da máquina. A verificação regular desses dispositivos pode ajudar a prevenir acidentes e lesões, assegurando que a fresadora opere dentro dos padrões de segurança estabelecidos. Conforme a figura (33) e figura (34).

Figura (33) - Travas de segurança



Fonte: Autoria Própria

Figura (34) - Proteção da fresadora



Fonte: Autoria Própria

4.3.3 Realizar a limpeza do equipamento, removendo todos os cavacos

A limpeza do equipamento, removendo todos os cavacos em uma fresadora, é fundamental para assegurar o bom funcionamento da máquina, a qualidade das peças usinadas e a segurança dos operadores. A remoção dos cavacos, que são os resíduos metálicos resultantes do processo de usinagem, auxiliam na preservação do equipamento.

4.3.4 Verificação de folgas no sistema de frenagem

A verificação de folgas no sistema de frenagem, figura (35), em uma fresadora é de extrema importância para garantir a segurança e o desempenho adequado da máquina.

Figura (35) - Manivela de frenagem

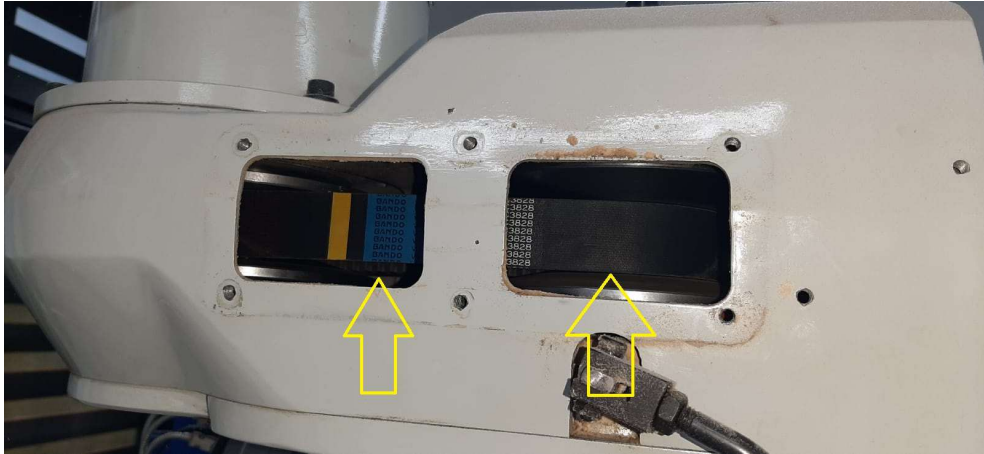


Fonte: Autoria Própria

4.3.5 Verificação de tensão nas correias

Conforme descreve Haas Automation (2011), a verificação da tensão nas correias de uma fresadora é crucial para garantir o funcionamento adequado da máquina e prevenir possíveis falhas. As correias desempenham um papel fundamental na transmissão de energia do motor para o fuso da fresadora, e a manutenção da tensão correta é essencial para evitar deslizamentos, vibrações excessivas e desgaste prematuro das correias. A correia está representada pela figura (36).

Figura (36) - Correia da fresadora



Fonte: Autoria Própria

4.3.6 Aplicar lubrificante nas guias deslizantes e no fuso de guia do cabeçote do eixo árvore

A aplicação de lubrificante nas guias deslizantes e no fuso de guia do cabeçote do eixo árvore de uma fresadora, figura (37) e (38), é essencial para o bom funcionamento e a durabilidade do equipamento. O lubrificante reduz o atrito entre as peças móveis, minimizando o desgaste e aumentando a eficiência do processo de fresagem.

Figura (37) - Guia deslizante



Fonte: Autoria Própria

Figura (38) - Guia deslizante



Fonte: Autoria Própria

4.3.7 Aplicar lubrificante na caixa de engrenagens de avanço do eixo árvore

A aplicação de lubrificante na caixa de engrenagens de avanço do eixo árvore de uma fresadora, figura (39), é crucial para garantir o bom funcionamento e a durabilidade do equipamento. O lubrificante reduz o atrito entre as engrenagens, minimizando o desgaste e aumentando a eficiência do processo de fresagem.

Figura (39) - Lugares para aplicar o lubrificante da caixa de engrenagens



Fonte: Autoria Própria

4.3.8 Verificar o nível do lubrificador automático

O lubrificador automático, figura (40), é responsável por fornecer lubrificante para as partes móveis do torno, reduzindo o atrito e minimizando o desgaste. Portanto, é importante verificar regularmente o nível do lubrificante para garantir que o equipamento esteja recebendo a quantidade adequada de lubrificação.

Figura (40) - Lubrificador automático

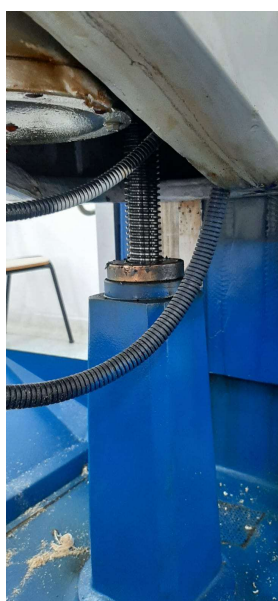


Fonte: Autoria Própria

4.3.9 Verificar os fusos de elevação e cremalheira do torpedeiro

Os fusos de elevação são responsáveis por movimentar a mesa da fresadora na vertical, permitindo que a ferramenta de corte realize operações de fresagem em diferentes profundidades. Por sua vez, a cremalheira do torpedeiro desempenha um papel crucial na transmissão do movimento entre os componentes da fresadora. Correspondente a figura (41).

Figura (41) - Fusos de elevação



Fonte: Autoria Própria

Quadro (9) - Plano de manutenção da Fresadora-Ferramenteira

PLANO DE MANUTENÇÃO DA FRESADORA					
EPI'S Recomendados: Óculos para proteção, creme de proteção para as mãos contra óleos e graxas e calçado de segurança.	D	S	M	SM	A
Tarefas para executar					
Realizar inspeção do motor em busca de sons atípicos.	X				
Certificar-se de que as proteções e dispositivos de segurança estão operando de modo adequado	X				
Realizar a limpeza do equipamento, removendo todos os cavacos.	X				
Verificação de folgas no sistema de frenagem		X			
Verificação da tensão nas correias, assim como nas folgas e no desgaste.				X	
Aplicar lubrificante nas guias deslizantes e no fuso de guia do cabeçote da máquina.		X			
Aplicar lubrificante na caixa de engrenagens de avanço do eixo árvore				X	
Aplicar lubrificante nas engrenagens do sistema de elevação (vertical)			X		
Avaliar o ajuste da régua da mesa.		X			
Verificar o nível do lubrificador automático	X				
Verificar fusos de elevação e cremalheira do torpedo			X		

Fonte: Autoria Própria

4.4 Modelo para descrever qualquer atividade de melhoria relacionada aos maquinários

O histórico de manutenção fornece uma visão abrangente do desempenho passado de um maquinário, destacando quaisquer padrões de falhas recorrentes. Isso possibilita a antecipação e prevenção de problemas futuros, contribuindo para a eficiência operacional.

Quadro (10): Exemplo de modelo para descrição das atividades

	HISTÓRICO DE ATIVIDADES RELACIONADAS AS MÁQUINAS	DATA
1		_/_/##_
2		_/_/##_
3		_/_/##_
4		_/_/##_
5		_/_/##_
6		_/_/##_
7		_/_/##_
8		_/_/##_
9		_/_/##_
10		_/_/##_
11		_/_/##_
12		_/_/##_
13		_/_/##_
14		_/_/##_
15		_/_/##_
16		_/_/##_
17		_/_/##_
18		_/_/##_
19		_/_/##_
20		_/_/##_

Fonte: Autoria Própria

5. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada para este trabalho destacou a importância vital de um plano de manutenção preventiva para o laboratório de usinagem. A implementação desse plano é crucial para ter um controle mais eficaz sobre a manutenção dos equipamentos, visando reduzir o número de falhas inesperadas e otimizar os resultados.

Conforme evidenciado na literatura, os benefícios de um plano de manutenção preventiva são vastos, como por exemplo o aumento da confiabilidade, melhor desempenho, redução de custos, o aumento da vida útil dos componentes e das máquinas, fazendo com que os produtos tenham uma melhor qualidade. Embora os benefícios não sejam imediatamente evidentes durante a fase inicial de implementação, após um período de adaptação, os resultados positivos se tornam notáveis.

Apesar de demandar mais esforço e dedicação por parte da equipe responsável pela manutenção, a longo prazo, o plano de manutenção preventiva é mais eficaz e econômico do que a manutenção corretiva. Portanto, a implementação desse plano torna-se fundamental para proporcionar uma melhor eficiência e prolongar a vida útil dos equipamentos no laboratório de usinagem.

Portanto, ao implementar esses planos de manutenção, almejamos alcançar uma disponibilidade satisfatória, assegurando, ao mesmo tempo, a qualidade e eficiência dos equipamentos utilizados nas aulas práticas, também auxiliar na elaboração dos orçamentos anuais destinados à aquisição de materiais necessários para a manutenção dos equipamentos. Ao investir no desenvolvimento e execução de um plano de manutenção preventiva, além de preservar os ativos do laboratório, também promove um ambiente propício ao ensino prático de qualidade e à gestão financeira eficiente, sustentando assim a excelência nas atividades acadêmicas.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. Editora Saraiva, 2015. E-book. ISBN 9788536519791. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519791/>. Acesso em: 19 abr. 2023. Aplicada

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial - Princípios Técnicos e Operações**. Editora Saraiva, 2016. E-book. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519807/>. Acesso em: 19 abr. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 5462: 1994**. Confiabilidade e Mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BERTOLDO, Jonas Marlon. **Elaboração do Plano de Manutenção da Área Mecânica**. Pato Branco: Trabalho de Conclusão de Curso, 2014.

Biolub. **Ideias para Conservar seu Torno Mecânico**. Disponível em: <https://biolub.com.br/blog/ideias-para-conservar-seu-torno-mecanico/>. Acesso em: 03 nov. 2023.

CABRAL, José Paulo Saraiva. **Organização e gestão da manutenção: dos conceitos à prática**. Lisboa: Lidel, 2006.

Chemicals Universal. **Óleo Refrigerante para Usinagem**. Disponível em: <https://www.chemicalsuniversal.com.br/oleo-refrigerante-usinagem>. Acesso em: 26 out. 2023.

DNC - Distribuidora de Componentes Eletrônicos. **Graxa para Placa de Torno**. Disponível em: <https://www.dnc.com.br/graxa-placa-torno>. Acesso em: 29 out. 2023.

Eurostec. **Centros de Usinagem**. Disponível em: <https://www.eurostec.com.br/centros-de-usinagem>. Acesso em: 01 nov. 2023.

FAMATEL BR. **Guia Completo: Manutenção de Painéis Elétricos Industriais**. Disponível em: <https://www.famatelbr.com/guia-completo-manutencao-de-paineis-eletricos-industriais/>. Acesso em: 03 nov. 2023.

GROOVER, Mikell P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. Grupo GEN, 2014. E-book. ISBN 978-85-216-2640-4. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2640-4/>. Acesso em: 10 mai. 2023.

Haas Automation, Inc. **Manual do Operador - Máquina Fresadora. 2011**. Disponível em: <http://alvarestech.com/temp/HaasTreinamento2011/96-0228%20Portuguese%20Mill.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2023.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção – Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013.

Haas Automation, Inc. **Manual do Operador - Máquina Fresadora. 2015.** Disponível em: <https://www.haascnc.com/content/dam/haascnc/additional-languages/pt/service/manual/operator/portuguese---mill-operator's-manual---2015.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2023.

Mecânica Industrial. **O que é fresadora?** Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/o-que-e-fresadora/>. Acesso em: 19 out. 2023.

NARDINI. **Manual de Instruções: Torno Paralelo Universal MS 175 MS 205.** São Paulo: DebMaq do Brasil LTDA.

NASCIMENTO, Alice Tiemi Inamassu do. **Plano de Manutenção para o Laboratório de Usinagem.** Ponta Grossa: Trabalho de Conclusão de Curso, 2017.

SEDUC Ceará. **Mecânica de Usinagem com Máquinas Convencionais.** Disponível em: https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2012/06/mecanica_usinagem_com_maquinas_convencionais.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

SHAW, Milton Clayton. **Metal Cutting Principles. 2. ed.** New York, NY, USA: Oxford University Press, 2005.

TELECURSO 2000 – **PROFISSIONALIZANTE: MECÂNICA MANUTENÇÃO.** São Paulo: Editora Globo S. A.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM, **Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

TOTVS. **Indicadores de Manutenção Industrial.** Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/indicadores-de-manutencao-industrial/>. Acesso em: 16 out. 2023.