

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

LEONARDO SIMÕES GONCALVES BOLLENTINI

MANUTENÇÃO DE RETIFICADORA CILÍNDRICA UNIVERSAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**RIO DE JANEIRO
2025**

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA
FONSECA**

LEONARDO SIMÕES GONCALVES BOLLENTINI

MANUTENÇÃO DE RETIFICADORA CILÍNDRICA UNIVERSAL

Projeto final apresentado em cumprimento às normas do Departamento de Educação Superior do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Orientador: Tatiane de Campos Chuvás, D.Sc.

**RIO DE JANEIRO
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

B691 Bollentini, Leonardo Simões Goncalves
Manutenção de retificadora cilíndrica universal / Leonardo
Simões Goncalves Bollentini – 2025.
52f.: il. (algumas color.) + anexos , enc.

Projeto Final (Graduação). Centro Federal de Educação
Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2025.

Bibliografia: f. 48-52.

Orientadora: Tatiane de Campos Chuvas.

1. Engenharia mecânica. 2. Retificação e polimento.
3. Lubrificação. 4. Máquinas – Manutenção e reparos.
I. Chuvas, Tatiane de Campos (Orient.). II. Título.

CDD 620.1

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao CEFET-RJ por permitir e apoiar o desenvolvimento dessa atividade. Agradece-se também ao corpo docente por sua excelência e afinho no decorrer do curso de graduação.

RESUMO

Bollentini, Leonardo Simões Goncalves. **MANUTENÇÃO DE RETIFICADORA CILINDRICA UNIVERSAL**. 58 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

A manutenção é área da engenharia muito importante e presente em vários ramos da indústria. Particularmente, o gerenciamento da manutenção de máquinas-operatrizes é fundamental dentro de ambientes educacionais de áreas tecnológicas, como o CEFET/RJ. Este trabalho visa analisar os requisitos de manutenção para uma máquina retificadora cilíndrica universal, localizada no laboratório de retífica do CEFET-RJ campus Maracanã. O emprego do conhecimento adquirido no decorrer da graduação em disciplinas como: elementos de máquinas, lubrificação, manutenção e máquinas operatrizes permitiu desenvolver uma análise sobre o manutenção da máquina, concluindo em uma estratégia de manutenção para a retificadora. Ao final foi possível reconduzir a retificadora a uso e foram sugeridas ações preventivas para prolongar a vida útil do equipamento.

Palavras-chave: manutenção; retificação; lubrificação; máquinas-operatrizes

ABSTRACT

Bollentini, Leonardo Simões Goncalves. **MAINTENANCE OF A UNIVERSAL CYLINDRICAL GRINDING MACHINE**. 58 pages. Trabalho de Conclusão de Curso – Federal Center of Technological Education. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

Maintenance is an important area of engineering and is present in several branches of industry. In particular, the maintenance management of machine tools is essential within educational environments in technological areas, such as CEFET/RJ. This work aims to analyze the maintenance requirements for a universal cylindrical grinding machine, located in the grinding laboratory of CEFET-RJ campus Maracanã. The use of knowledge acquired during the undergraduate course in subjects such as: machine elements, lubrication, maintenance and machine tools allowed the development of an analysis on the maintenance of the machine, concluding in a maintenance strategy for the grinding machine. In the end, it was possible to return the grinding machine to use and preventive actions were suggested to extend the useful life of the equipment.

Keywords: Maintenance; grinding; lubrication; machine tools

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre retificação plana (a) e cilíndrica(b).	13
Figura 2: Usinagem de prisma ótico.	14
Figura 3: Comparação retificação tradicional (a) com exemplo (b) creep-feed.	15
Figura 4:Principais partes de uma retificadora Fonte: Autor	15
Figura 5: Matriz de criticidade	18
Figura 6: Etapas do FMEA	20
Figura 7:Sequência do FMEA de processo	21
Figura 8: Comparação entre viscosidade de diferentes normas	22
Figura 9: Lado esquerdo da máquina (A) e lado direito (B).	29
Figura 10: Estado atual (a) e estado inicial da polia (b)	36
Figura 11: Periodicidade de verificação	37
Figura 12: Ações de verificação	38
Figura 13: Procedimento para tensionar as correias Fonte: Gates (2010) 42	
Figura 14: Distância entre centros das polias do porta peças	43
Figura 15: Distância entre centros das polias do rebolo.	44
Figura 16: Fluxograma de verificação (a) por uso e (b) a cada 8 horas de uso.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição dos sistemas de uma retificadora cilíndrica	16
Tabela 2: Análise inicial do MCC	19
Tabela 3: Comparação entre óleo e graxa.....	23
Tabela 4: Classificações de óleos	24
Tabela 5: Tipos de graxa e aplicações	25
Tabela 6: Dimensões e capacidade da retificadora cilíndrica universal. ...	30
Tabela 7: Lista de componentes Fonte: Manual	31
Tabela 8: Lista de motores	31
Tabela 9: Definição da criticidade.....	33
Tabela 10: Análise inicial do FMEA	39
Tabela 11: Cálculo do RPN.....	40
Tabela 12: Itens substituídos na máquina.	44

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	10
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 RETIFICAÇÃO	12
2.1.1 PRINCIPAIS PARTES DE UMA RETIFICADORA	15
2.2 MANUTENÇÃO	17
2.2.1 GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO	18
2.2.2 LUBRIFICAÇÃO	21
2.2.3 CORREIAS DE TRANSMISSÃO	26
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 RETIFICADORA CILÍNDRICA UNIVERSAL	32
3.2 METODOLOGIA	32
4 - RESULTADOS	33
4.1 ANÁLISE INICIAL	36
4.2 LUBRIFICAÇÃO PERIÓDICA	37
4.3 ANÁLISE DE CRITICIDADE E FMEA.....	38
4.4 CORREIAS	41
5 - CONCLUSÕES	46
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	53

1 – INTRODUÇÃO

O uso de materiais abrasivos pode ser considerado o método de fabricação mais antigo que se tem registro. Dentre os processos como lapidação, brunimento, esmerilhamento, a retificação se destaca como o mais presente na indústria (GROOVER, 2010).

A retificação tem grande importância dentro da indústria por ser um processo de finalização de peças, onde se torna possível atingir excelentes níveis de precisão geométrica e tolerância dimensional, além de baixos níveis de rugosidade (SILVA *et al.*, 2018). Dessa forma, o ensino desse processo de usinagem em cursos como o técnico de mecânica e de engenharia mecânica é importância.

Dentro do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) há uma variedade de máquinas-operatrizes, que são utilizadas em atividades práticas com os alunos. Entretanto, verifica-se a necessidade de melhorar os planos de manutenção dos equipamentos presentes, com o objetivo de garantir um funcionamento seguro e aumentar a vida útil dessas máquinas.

Na indústria, a manutenção adequada não só garante a longevidade dos equipamentos, mas também minimiza o tempo de inatividade, melhora a qualidade do produto e reduz os custos operacionais. Assim, a correta implementação dessa prática em máquinas para fins educacionais pode ser muito benéfica.

Assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar a manutenibilidade de uma retificadora cilíndrica, presente no CEFET/RJ. Inicialmente, foi avaliado o estado inicial do equipamento e, após laudo técnico, um plano de reparo foi desenvolvido e executado. Ao final foi possível recolocar o equipamento em uso. Complementarmente, o papel de prevenção foi analisar os itens que estavam em condição de uso e determinar um tempo de operação para que a verificação

deles seja refeita, levando em consideração ferramentas qualitativas e quantitativas utilizadas.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – RETIFICAÇÃO

A retificação é definida como uma operação e usinagem convencional com ferramentas de corte de geometria não definida. O termo retificação é utilizado para operações de usinagem onde uma pequena quantidade de material é removida por ferramentas abrasivas, buscando-se obter uma boa precisão geométrica e dimensional (Groover, 2010).

Nas máquinas-operatrizes, denominadas retificadoras ou retíficas, a ferramenta de remoção de material é chamada de rebolo, classificado como um compósito de engenharia pois possui uma matriz aglutinante e grãos dispersos na matriz que são especialmente escolhidos para a operação objetivo. Os grãos abrasivos realizam o corte enquanto a matriz promove resistência estrutural (Malkin & Guo, 2008).

Para realizar a operação de retificação, inicialmente, é necessário fazer a seleção de um rebolo. Entretanto, algumas características são importantes para a correta seleção da ferramenta. O balanço na escolha da matriz e do tipo de grão abrasivo irá determinar qual tipo de material aquele rebolo irá trabalhar, pois para que uma ferramenta cisalhe ou corte o outro, é necessário que este seja comparativamente mais duro, logo, o rebolo deverá sempre ser escolhido com base, principalmente, na dureza do material que se deseja cortar. Além disso, o tamanho do grão abrasivo é fundamental para se obter um bom acabamento (Rowe, 2014).

Com relação aos equipamentos, para que seja possível executar as diversas operações de retificação desejadas na indústria, existem dois tipos principais de máquinas-operatriz: As retificadoras planas trabalham com a peça fixada sobre sua mesa de trabalho, que realiza os movimentos de avanço longitudinal e transversal; o rebolo gira sobre a peça e executa o movimento de profundidade, conforme apresenta a Figura 1 (Anjos *et al.* 2016).

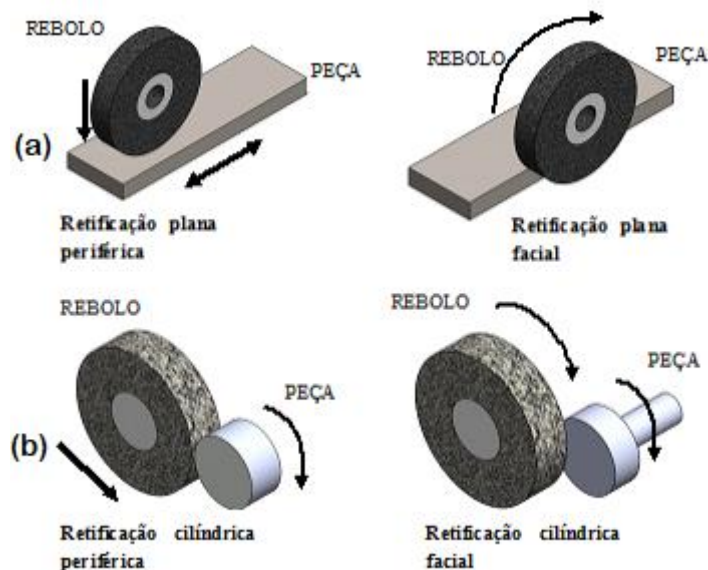


Figura 1: Comparação entre retificação plana (a) e cilíndrica(b).

Fonte: Adaptado, Anjos et al., 2016.

Processos abrasivos como a retificação tem como objetivo gerar superfícies (Oliveira *et al.* 2009), a engenharia de superfícies é a área de conhecimento responsável por desenvolver tecnologias que associam a uma determinada peça ou componente, superfícies com propriedades adequadas para realizar uma função em um conjunto mecânico.

De acordo com Bell (1992), a engenharia de superfícies foca amplamente em tratamentos termoquímicos para redução do atrito, porém deve olhar também para as cargas que serão impostas a superfície e sua forma de transmissão. Quando a função que a superfície irá desempenhar define os requisitos para fabricação, ela é chamada de superfície de engenharia. Neste sentido, a retificação apresenta-se como principal ferramenta para fabricação e acabamento, permitindo que se obtenha baixos índices de rugosidade e excelente precisão geométrica e dimensional.

As superfícies fabricadas com etapas de retificação podem ser encontradas amplamente na engenharia. No ramo de automóveis, produtos como eixos, virabrequins, cames, rolamentos e bicos injetores são exemplos de componentes metálicos que necessitam da retificação para atingir tolerâncias operacionais. Em seu estudo Bilha (2015), verificou que na fabricação de bicos injetores a retificação apresenta papel essencial em garantir a eficiência dos

motores, devido à baixa rugosidade permissível na superfície que realiza a atomização do óleo diesel.

Pode-se citar também a fabricação de instrumentos óticos como prismas, espelhos de precisão e lentes (figura 2). Lentes esféricas, por exemplo, são componentes fabricados primariamente por retíficas e a qualidade do processo fabril irá determinar a eficiência do produto em indústrias vitais como, engenharia militar, aeronáutica, astronomia e comunicação óptica (Gu *et al.* 2023).



Figura 2: Usinagem de prisma ótico.

Fonte: www.schneider-om.com.

Por ser um processo de acabamento, a retificação normalmente representa grande parte da janela de produção de um componente (Malkin & Guo, 2008).

A taxa de remoção é um dos fatores que determina quanto tempo levará uma operação, Fujita *et al.* (2006), verificou que danos superficiais ou subsuperficiais podem ocorrer quando altas taxas de remoção são aplicadas.

O Creep-Feed é um método de operação que visa reduzir o tempo alocado com a retificação, neste é aplicado uma grande profundidade de corte para remoção de maior quantidade de material (figura 3). Torna-se necessário reduzir a velocidade de avanço para não promover transformações martensíticas deletérias na superfície da peça, maior pressão de fluido de corte pode ser necessária.

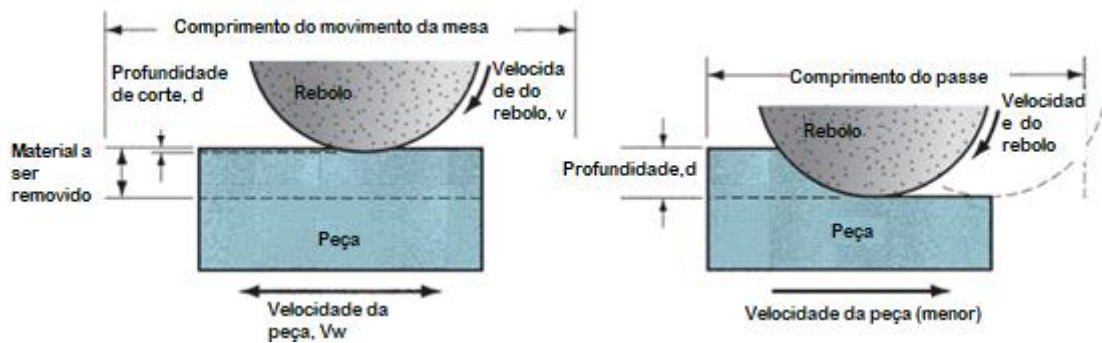


Figura 3: Comparação retificação tradicional (a) com exemplo (b) creep-feed.

Fonte: GROOVER, 2010, Adaptado.

A redução nos custos operacionais é algo que visa balancear o alto custo produtivo relacionado a retificação. Em seu estudo Samantaraya *et al.* 2018 verificaram que na produção de uma engrenagem helicoidal endurecida de aço 20Mn5Cr5 o custo para retificação e acabamento era de 36,5 % do total dedicado a fabricação.

2.1.1 – PRINCIPAIS PARTES DE UMA RETIFICADORA

Os principais componentes de uma retificadora estão retratados na figura 4, onde é representado os conjuntos que formam uma retificadora plana, a descrição desses conjuntos pode ser encontrada na tabela 1.

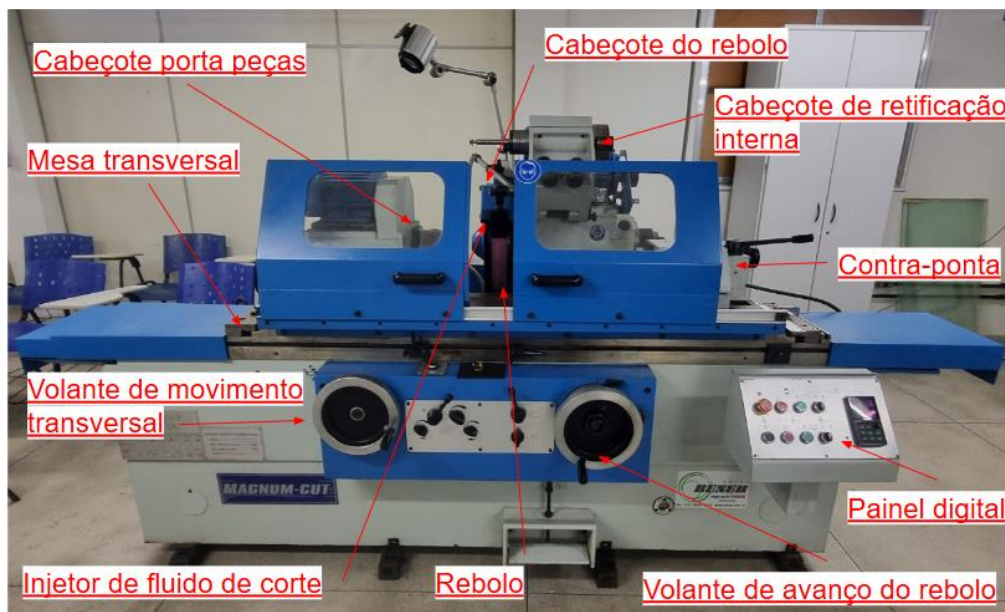


Figura 4: Principais partes de uma retificadora

Fonte: Autor

Tabela 1: Descrição dos sistemas de uma retificadora cilíndrica

Cabeçote do rebolo	Cabeçote onde é fixado a ferramenta de corte
Cabeçote porta-peças	Cabeçote onde é fixado a peça
Cabeçote de retificação interna	Cabeçote para retificação interna
Rebolo	Ferramenta de corte formada por aglutinante e matriz
Injetor de fluido de corte	Local de saída do fluido de corte, que promove refrigeração da peça e da ferramenta de corte
Mesa transversal	Mesa de trabalho, normalmente magnética, onde é fixada a peça
Contra ponta	Dispositivo para fixar a mesa de trabalho na extremidade livre
Comandos elétricos	Controles para operar os sistemas elétricos da máquina
Volante transversal e de avanço do rebolo	Volantes movimento transversal de movimento de aproximação do rebolo

Fonte: Autor

2.2 – MANUTENÇÃO

Na indústria, a manutenção adequada não só garante a longevidade dos equipamentos, mas também minimiza o tempo de inatividade, melhora a qualidade do produto e reduz os custos operacionais.

A norma técnica brasileira define manutenção como o agregado de ações tanto administrativas quanto técnicas, que focam em manter ou reinstalar a capacidade de operação de um item. Neste sentido, dois termos são definidos: denomina-se defeito o desvio da característica de um item em relação aos seus requisitos e o termo falha é utilizado para indicar o término da capacidade de um item desempenhar sua função. Assim, um item que falhou, apresenta um estado de pane. (NBR 5462,1994).

Assim, fica a cargo da equipe de manutenção manter e restaurar as capacidades operacionais dos ativos, bem como prever possíveis itens de manutenção que poderão vir a apresentar defeitos ou falhas. Dentre os principais tipo de manutenção, é possível citar: manutenção preventiva, preditiva e corretiva.

A manutenção preventiva é planejada e realizada em intervalos regulares para prevenir falhas e garantir o funcionamento contínuo das máquinas. Mobley, (2002) destaca que a manutenção preventiva é fundamental para reduzir o tempo de inatividade das máquinas industriais.

Diferenciando-se da preventiva, a manutenção preditiva utiliza técnicas de monitoramento para prever falhas antes que ocorram. De acordo com Jardine *et al.* (2006) a manutenção preditiva permite uma intervenção direcionada aos pontos necessários, otimizando a utilização de recursos.

A manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha, este tipo de manutenção pode gerar menor disponibilidade dos recursos e custos mais altos (Waeyenbergh & Pintelon, 2002).

2.2.1 – GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO

Para a análise qualitativa do plano de manutenção, o conceito manutenção centrada na confiabilidade (MCC), definido por MOUBRAY, (1997) pode ser utilizado. O MCC é uma abordagem metodológica de manutenção que visa garantir que os sistemas e equipamentos continuem a desempenhar suas funções dentro de um contexto operacional específico.

Esta metodologia é fundamental para otimizar a eficácia dos programas de manutenção, equilibrando desempenho, confiabilidade e criticidade. A figura 5 demonstra uma matriz de criticidade utilizado no MCC.

Categoria	Código	Objetivos	A Alto Impacto	B Médio Impacto	C Baixo Impacto
Segurança do trabalho / Meio ambiente	S	Risco Potencial de um acidente de trabalho ou ambiental através de uma falha	Risco alto de acidente	Risco Médio ou baixo	Risco Descartado
Qualidade	Q	Risco de Perdas por retrabalho ou reclamações	Risco alto de perdas ou retrabalho	Risco Médio para perdas ou retrabalho	Risco baixo ou descartado para retrabalho
Produção	P	Tempo de Operação do Equipamento	100% do tempo em produção	75 % do tempo em produção	Abaixo de 75% do tempo em produção
Custo/ Financeiro	C	Impacto no processo por falha, custo de equipamento parado	Interrompe todo o processo de produção	Interrompe parcialmente o processo ou parte dele	Não tem impacto significativo ao processo
Manutenção	M	Tempo Médio de Reparo (MTTR)	MTTR > 2h	0,5 > MTTR < 2h	MTTR < 0,5h

Figura 5: Matriz de criticidade

Fonte: Michelón (2020)

O método parte do princípio de que a manutenção deve ser planejada e executada de acordo com a importância funcional dos sistemas e componentes, bem como com as consequências potenciais de suas falhas.

A abordagem foi inicialmente desenvolvida na indústria aeronáutica por volta de 1960 e, desde então, tem sido amplamente adotada em diversos setores, incluindo a indústria de petróleo e gás, manufatura e transporte. A análise MCC é composta pelas etapas de: Identificação de Funções Críticas, análise de falhas e consequências, estabelecimento de Estratégias de Manutenção e o Monitoramento do ativo (Moubray, 1997), a descrição das etapas citadas pode ser encontrada na tabela 2.

Tabela 2: Análise inicial do MCC

Identificação de Funções Críticas	Função crítica é associado ao componente ou sistema cuja a falha resultaria em sérios impactos em uma operação.
Análise de falhas e consequências	Modo como que a falha ocorreu e as consequências associadas diretamente ou indiretamente
Estratégias de manutenção	Procedimentos para garantir que os sistemas e componentes funcionem de forma confiável e eficiente, reduzindo o tempo de inatividade e os custos de manutenção.
Monitoramento do ativo	Avaliação da performance e desempenho da máquina, identificando pontos de intervenção preventivamente.

Fonte: Autor

A análise de falhas e consequências utilizadas no MCC pode ser relacionada a um método de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), para obter uma visão mais detalhada sobre o defeito, falha ou mal funcionamento e suas consequências. Através da combinação o MCC com o FMEA, Leonardo ,*et al.* (2015), desenvolveram um plano de manutenção, o que culminou em uma redução significativa no número de ônibus fora de serviço por problemas relacionados a manutenção.

O FMEA é utilizado na engenharia de manutenção e gestão de qualidade para identificar e mitigar potenciais falhas em processos, produtos ou sistemas, visando garantir a segurança, confiabilidade e eficiência dos produtos e processos. (Moblely, 2002). As etapas para definição de um processo FMEA estão sequenciadas na figura 6.

Etapa do processo Função	Requisito	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	SEV	CLASS	Causas Potenciais de falha	OCOR	Controle atual Prevenção	Controle atual Detecção	DET	R.P.N.	Ação Preventiva Recomendada	Responsável e data de conclusão	Resultados da ação				
														Ações Tomadas		SEV	OCOR	DET
Op 70/ Aplicação manual de cera no interior do painel da porta	Cubra a porta interna e superfícies da torre com cera com a espessura especificada	Cobertura insuficiente de cera na superfície	Painéis interiores da porta corroídos	7		Cabeça de pulverização não inserida o suficiente	8	Não existe	Variáveis verificam a espessura do filme	5	280	Adicionar parada de profundidade positiva ao pulverizador	Engenharia de produção 10/2015	Parada do pulverizador é verificada on-line	7	2	5	70
			Permite violação de integridade do painel interno da porta			Cabeça de pulverização entupida Viscosidade muito alta Temperatura muito baixa Pressão muito baixa		5	Testar spray no arranque e após períodos de inatividade. Manutenção preventiva para limpar as cabeças			Variáveis verificam a espessura do filme		5				

Figura 7: Sequência do FMEA de processo

Fonte: Adaptado, FMEA manual AIAG (2008)

Os itens de manutenção são descritos na primeira coluna enquanto as funções, requisitos, efeitos, e causas são analisados na tabela. Além da análise qualitativa, são associados pesos de 1 a 10 ao grau de severidade, ocorrência e detecção. Após o cálculo do produto dos pesos numéricos (RPN), os itens são elencados de maior ao menor RPN e as ações de manutenção são definidas pela criticidade encontrada.

2.2.2 – LUBRIFICAÇÃO

A lubrificação tem grande importância na manutenção de máquinas-operatrizes. Para Lima E Souza, (2019) o lubrificante desempenha um papel vital na redução do atrito, prevenção do desgaste, dissipação do calor e na proteção contra a corrosão. Dessa forma, graxas ou óleos devem ser selecionados cuidadosamente para garantir o desempenho ideal de diferentes máquinas e equipamentos.

A escolha do tipo de óleo lubrificante depende de necessidades específicas, incluindo condições operacionais, requisitos de desempenho e orçamento. Além de diferentes viscosidades, os aditivos também devem ser considerados. De acordo com Paul, (2024) o desenvolvimento tecnológico de óleos lubrificantes com aditivos foi um marco crítico na indústria.

A figura 8 compara diferentes classificações da óleos lubrificantes, bem como os diferentes índices de viscosidade medidos. A viscosidade de Saybolt é muito utilizada para analisar derivados de petróleo. Seu princípio de

funcionamento é a medição do tempo para escoamento um fluido através de um furo capilar em temperatura controlada (ASTM, 2020).

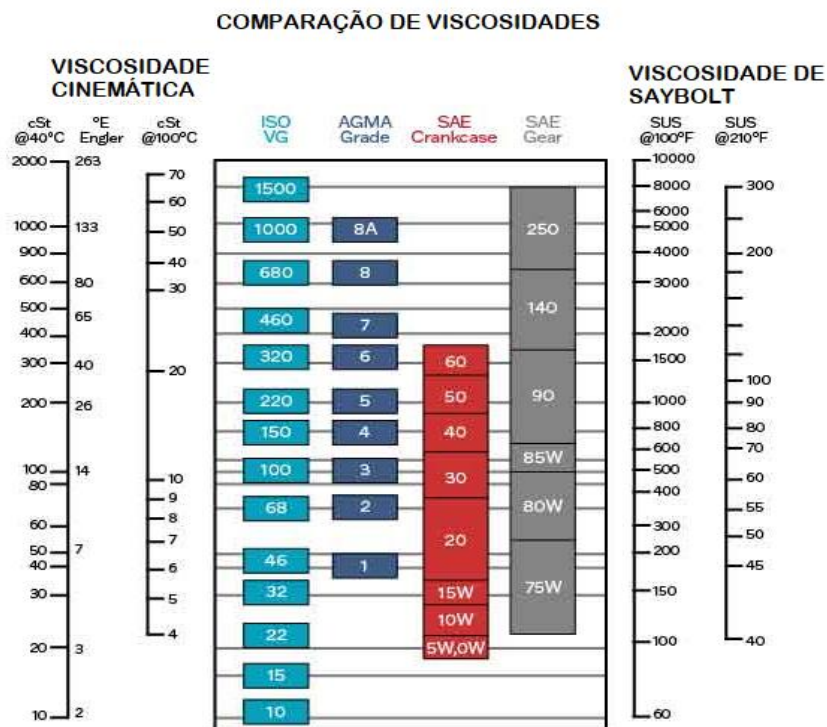


Figura 8: Comparação entre viscosidade de diferentes normas

Fonte: <https://www.49northlubricants.com/understanding-a-viscosity-chart/>, acesso 14/12/2024)

A temperatura de trabalho também é um fator central na escolha do lubrificante. Auxiliando na remoção de calor de áreas críticas, o óleo lubrificante auxilia no controle da temperatura. (Stachowiak e Batchelor, 2013).

Em contraste com sistemas de circulação de óleo, a aplicação da graxa deve ser feita manualmente ou através de aplicadores. Devido a sua maior viscosidade, graxas não podem ser facilmente bombeadas, sendo o engraxamento um ponto de intervenção para a manutenção. A seleção correta do lubrificante para uma aplicação específica é fundamental para otimizar a eficiência operacional e reduzir o risco de tempo de inatividade (Mobil, 2016).

Operadores, técnicos e engenheiros devem se atentar ao manual do fabricante dos equipamentos, onde é disposto detalhes sobre a periodicidade e tipo de aplicação. Além do manual do equipamento a tabela 3 traz uma comparação entre óleos, graxas e suas principais diferenças.

Práticas adequadas de manutenção, incluindo lubrificação regular, são fundamentais para garantir o bom funcionamento dos sistemas industriais e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Tabela 3: Comparação entre óleo e graxa

Características	Graxa	Óleo
Estado físico	Semi-sólido (pastoso)	Líquido
Capacidade de aderência	Alta retenção	Baixa retenção
Tipo de aplicação	Equipamentos de baixa e média rotação, partes de difícil acesso, alta carga e vibração	Equipamentos de alta rotação, alta dissipação de calor, sistemas com circulação contínua
Viscosidade	Maior, tende a não escorrer	Menor, mais fluida
Ambiente	Exposição a sujeira, poeira, umidade	Ambientes limpos, controlados, alta temperatura
Exemplos de aplicação	Rolamentos, eixos, juntas, compressores de baixa/média velocidade	Motores, sistemas hidráulicos, compressores de alta velocidade

Fonte: Autor

2.2.2.1– ÓLEOS LUBRIFICANTES

Óleos lubrificantes desempenham um papel fundamental na indústria, a sua correta seleção garante o funcionamento seguro e eficiente de máquinas e equipamentos. Em setores como a indústria de manufatura, de energia e no ramo automobilístico, óleos lubrificantes são aplicados em grande escala. Toda logística referente a escolha, uso e descarte é prevista em normas internacionais.

Para escolha correta de óleos automotivos, por exemplo, mais de uma norma poderá ser levada em consideração, a norma SAE para viscosidades e a norma API para grau de proteção e aditivos. A Tabela 4 traz um comparativo entre as diversas classificações para óleo. No caso de máquinas industriais a classificação aplicável é a ISO.

Tabela 4: Classificações de óleos

NORMATIVA	DESCRIÇÃO
API (Instituto de petróleo Americano)	A API é responsável por estabelecer padrões de desempenho para óleos lubrificantes. Essas classificações indicam a adequação do óleo para diferentes tipos de motores e condições de operação.
ACEA (Associação dos fabricantes de automóveis europeus)	ACEA define especificações técnicas para lubrificantes utilizados em veículos europeus. Suas classificações incluem categorias como A/B (motores a gasolina e diesel de carros de passeio) e C (veículos com sistemas de controle de emissões).
SAE (Sociedade dos engenheiros automotivos)	A SAE estabelece a classificação de viscosidade dos óleos lubrificantes, como SAE 5W-30 e SAE 10W-40. Essas especificações ajudam os consumidores e engenheiros a escolherem o lubrificante correto para diferentes condições climáticas e aplicações. A figura 8 ajuda a ilustrar a viscosidade de lubrificantes em diferentes normas de mercado.
ISO (Organização internacional para padronização)	A ISO publica padrões técnicos para a indústria de lubrificantes. A norma ISO 6743, por exemplo, classifica os lubrificantes de acordo com suas aplicações industriais.
Normas Ambientais	No Brasil a NBR 10004 classifica óleo lubrificante usado (OLUC) como resíduo perigoso Classe I. A Resolução Conama nº 362, de 2005, estabelece as regras para a coleta e destinação do OLUC. Os produtores e importadores de óleo lubrificante devem coletar o OLUC ou garantir o custeio da coleta.

Fonte: Autor

O tipo de graxa a ser utilizado em aplicações industriais depende das condições de operação da máquina, como temperatura, velocidade, carga e

exposição ambiental. A tabela 5 demonstra os diferentes tipos de graxa, suas aplicações e temperatura de trabalho.

Tabela 5: Tipos de graxa e aplicações

TIPO	APLICAÇÃO
Graxa de Lítio	Base de sabão de lítio pode ser utilizada em rolamentos, engrenagens, garantindo desempenho satisfatório em aplicações gerais. Também está presente como espessante em outras graxas. (-20°C até 120°C).
Graxa de Cálcio	Comparada com a graxa de lítio, garante melhor resistência contra água e absorção de contaminantes. (-5°C até 60°C).
Graxa Poliureia	Graxas de poliureia possuem excelente estabilidade térmica, podem submetidas a temperaturas de (-30°C até 170°C).
Graxa Complexo de alumínio	Graxas de complexo de alumínio são utilizadas no contato metal-metal. Além de resistir grandes cargas devido a partículas sólidas de alumínio, atuam também como composto anti-travamento em parafusos e roscas. (-18°C até 175°C).
Graxa de Polialfaolefinas	Polialfaolefinas (PAO), de origem sintética possui elevada estabilidade química, combinado com um sabão espessante se torna uma graxa sintética de alta qualidade. (-40°C até 200°C).
Graxa Bissulfeto de molibdênio	A graxa de bissulfeto de molibdênio (MoS ₂) é uma graxa voltada para alta pressão, como prensas industriais e transmissões. O MOS ₂ atua como micropartícula sólida, evitando o contato direto entre superfícies. (-5°C até 130°C).
Graxa Grafitada	Emulsão de sabão espessante com grafite lubrificante. Não compromete a vida útil de borrachas e sintéticos. (-5°C até 60°C).

Fonte: Adaptado, <https://www.lubrax.com.br/> acesso 14/12/2024.

2.2.3 – Correias de transmissão

As correias de transmissão são componentes cruciais em aplicações industriais, acionando máquinas, transportadores e vários sistemas mecânicos. Essas correias estão sujeitas a desgaste contínuo devido ao atrito, tensão e fatores ambientais.

Maximizar a vida útil das correias de transmissão é essencial para minimizar os custos de manutenção, reduzir o tempo de inatividade e aumentar a eficiência operacional. As correias são fabricadas em vários materiais, incluindo borracha, poliuretano e compostos sintéticos, cada um com propriedades distintas adequadas para ambientes específicos. O processo de seleção deve considerar fatores como requisitos de carga, velocidade, condições ambientais e exposição química (GATES, 2019).

As três principais variações de correias encontradas nos catálogos dos fabricantes são em V, síncrona e plana:

- Correia em V: Usadas em aplicações de alta carga e proporcionam uma boa aderência nas polias.
- Correia Sincronizadora: Tarefas de sincronização precisas, garantindo uma operação consistente.
- Correia Plana: Preferida para aplicações de baixa velocidade e alto torque.

A correia micro-v é uma variação amplamente utilizada das correias em “V” para aplicações automotivas e industriais, superior por sua eficiência na transmissão de energia, essas correias são caracterizadas por sua seção transversal menor e mais compacta em comparação às correias em “V” tradicionais e são normalmente utilizadas em sistemas de alto desempenho e com espaço limitado, como compartimentos de motor, compressores e várias máquinas industriais.

A maioria das correias micro-v modernas são feitas de compostos de borracha sintética reforçados com fibras, como poliéster, aramida ou outros materiais compostos. Possuem boa resistência a água, óleo e calor e são

silenciosas. Quando comparada com correias tradicionais possuem maior flexibilidade, menor concentração de calor e são mais resistentes a fissuras (NUNEZ, 2023). Para garantir a correta utilização, algumas práticas podem ser seguidas para maximizar a vida útil da correia (GATES, 2019):

- **Instalação e tensionamento:** A instalação adequada, incluindo a tensão correta da correia, é essencial para a longevidade das correias micro-v. O tensionamento excessivo pode forçar a correia, enquanto o tensionamento insuficiente pode levar ao deslizamento e ao baixo desempenho. É recomendável funcionar a máquina periodicamente para que não haja pontos de tensão localizada na correia.
- **Inspeções regulares:** Inspeções de rotina da correia para sinais de desgaste, rachaduras, vitrificação ou desfiamento podem ajudar a detectar problemas potenciais precocemente. Substituir as correias aos primeiros sinais de desgaste ou danos ajuda a evitar falhas mais significativas no sistema.
- **Operação limpa e Seca:** Manter a correia e as polias limpas de contaminantes como poeira, sujeira ou óleo é essencial. A contaminação pode acelerar o desgaste e comprometer a aderência da correia na polia. Fabricantes como a Dayco desenvolveram procedimentos para utilização de correias sintéticas e proteções térmicas para operar em ambientes severos. (DAYCO PRODUCTS LLC,2021)
- **Monitoramento das condições ambientais:** temperatura e umidade podem impactar o desempenho das correias micro-v. Altas temperaturas podem causar a degradação da borracha, enquanto ambientes extremamente frios podem tornar o material frágil. Maitra, (2009) analisa detalhadamente a manutenção preventiva de correias, com ênfase no controle da temperatura para ambientes severos e proteções térmicas.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – RETIFICADORA CILÍNDRICA UNIVERSAL

A máquina-operatriz utilizada no presente trabalho é a retificadora cilíndrica universal localizada no laboratório de retificação (LABRE) do CEFET/RJ.

Capaz de realizar operações de retificação cilíndrica, interna ou externa, paralela ou cônica, com diâmetros de até 200 mm e comprimento de até 750 mm. As dimensões e capacidades da retificadora cilíndrica universal (figura 9) estão descritas na tabela 6.



Figura 9: Lado esquerdo da máquina (A) e lado direito (B).

Fonte: Autor

Tabela 6: Dimensões e capacidade da retificadora cilíndrica universal.

Distância máxima entre centros	750 mm
Altura dos centros à mesa	135 mm
Diâmetro máximo externo	5-200 mm
Retificação interna - Dia/comp. max.	25-100/100 mm
Velocidade do rebolo de retificação interna	10.000 rpm
Avanço máx. do rebolo de retificação interna	6 mm
Velocidade do cabeçote porta peças	30-456 rpm
Velocidade do cabeçote porta rebolo	1.670 rpm
Velocidades do longitudinal da mesa	0,1/4,0 m/min
Curso transversal rápido do porta-rebolo	50 mm
Curso máximo do cabeçote porta rebolo	205 mm
Avanço transv. do rebolo por volta do volante	2/0,5 mm
Avanço transv. do rebolo por divisão do dial	0,01/0,0025 mm
Dimensões do rebolo	400 x 50 x 203 mm
Giro angular da mesa - (horário/anti-horário)	3°/8°
Motor do cabeçote porta-rebolo/porta-peças	5,33/0,75 hp
Peso aproximado	4000 kg

Fonte: Manual

A retificadora cilíndrica universal é construída em uma base de ferro fundido, possui uma mesa transversal móvel e um cabeçote de avanço do rebolo, ambos movidos por sistema hidráulico. O cabeçote porta peças possui um ajuste angular no plano da mesa de até 90°, o ajuste do cabeçote de avanço do rebolo é de até 10° (tabela 6).

A lista dos principais componentes mecânicos da retificadora está retratada na tabela 7. O porta-peças, os rebolos cilíndricos externos e internos e as bombas de óleo hidráulico e de fluido de corte, são movidos por motores elétricos independentes, descritos na tabela 8.

Tabela 7: Lista de componentes

COMPONENTES MECÂNICOS	DESCRIÇÃO
Cabeçote porta-peças	Cabeçote principal onde será fixado a castanha de 3 pontas ou demais placas de torno.
Mesa Transversal	Mesa de trabalho móvel transversal onde o cabeçote porta peças está localizado
Transmissão do rebolo cilíndrico	Conjunto responsável por transmitir a potência para o rebolo principal
Transmissão do rebolo interno	Conjunto responsável por transmitir a potência para o cabeçote interno
Transmissão do porta peças	Conjunto responsável por transmitir a potência para o cabeçote porta peças
Cabeçote do rebolo	Parte móvel onde fica localizado o rebolo, responsável pelo movimento de avanço e retração do conjunto do rebolo.
Cabeçote do rebolo interno	Parte móvel onde fica localizado o rebolo interno, responsável pelo movimento de avanço e retração do conjunto do rebolo.
Contra ponta	Parte móvel destinada a suportar a extremidade da peça de trabalho.

Fonte: Manual

A máquina possui acessórios para operação e uso básico, para o modelo em questão, os acessórios são: rebolo com flange, dressador, luneta de 2 apoios, extrator de rebolo, contra ponta, unidade de refrigeração, placa de 3 castanhas para cabeçote porta peças, cabeçote para retificação interna 10.000 rpm, lâmpada de trabalho e catálogo operacional.

Tabela 8: Lista de motores

SISTEMA MOTOR	POTÊNCIA (kW)	Velocidade de rotação (rpm)	
		60Hz	
Motor do Rebolo	4	1500	1800
Motor do porta-peças	0,75	1500	1800
Motor da retificadora interna	1,1	3000	3600
Motor da bomba Hidráulica	0,75	1500	1800
Motor do fluido de corte	0,125	3000	3600

Fonte: Manual

3.2 – METODOLOGIA

Após a identificação de todos os componentes, foram realizados testes na máquina para verificar a funcionalidade dos sistemas. A partir do primeiro laudo, foram levantados os itens que deveriam ser adquiridos para o pleno funcionamento da mesma.

Além da compra de peças de reposição, foram verificados os itens básicos de manutenção como lubrificação, nível de óleo, condição da mesa transversal e dos trilhos, corrosão dos componentes e reaperto dos fixadores e parafusos.

Através da análise do manual da máquina e seus componentes foi possível compreender o processo de utilização, etapas de manutenção e referencias para peças de reposição da retificadora cilíndrica.

Para as correias de transmissão, referencias teóricas para tensionamento e melhores práticas foram buscadas, visando minimizar a frequência de reposição de componentes. Antes da troca das correias foi verificado de modo satisfatório a condição dos rolamentos e eixos principais da máquina e feita a limpeza completa das polias, que apresentavam detritos da última correia, (figura 10).

Além dos itens de manutenção corretiva, o trabalho irá se basear nos conceitos do FMEA associados ao MCC para estabelecer estratégias de manutenção visando garantir a operação da máquina, mesmo com o uso sazonal ou constante.

3.2.1. – Manutenção centrada na confiabilidade

A análise de falhas e consequências utilizadas no MCC pode ser relacionada a um método de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), para obter uma visão mais detalhada sobre o defeito, falha ou mal funcionamento de um sistema. As estratégias de manutenção são normalmente documentadas em um plano de manutenção, onde ações como manutenção preventiva, preditiva ou corretiva são associados a indicadores que normatizam a periodicidade e determinam qual deve ser o tipo de intervenção.

O desenvolvimento do plano de manutenção para a máquina em questão é motivado pelo quesito operacional da máquina, o uso da retificadora em laboratórios com fins didáticos torna necessário que a máquina apresente alta confiabilidade. Para identificação da criticidade, a tabela 9 foi elaborada, considerando o mais crítico sendo a indisponibilidade da máquina. Para definição da criticidade dos defeitos a NBR 5462 (1994) foi referenciada.

Tabela 9: Definição da criticidade

Criticidade	Efeito
Alta	Defeito Crítico (condição perigosa, danos materiais significativos).
Média	Defeito Maior (falha ou redução significativa da utilização).
Baixa	Defeito Menor (não é um defeito maior).

Fonte: Adaptado, NBR 5462 (1994).

3.2.2. – Método FMEA

Etapas na construção de um FMEA de sistema (Adaptado MOBLEY, 1997):

1. Definir o escopo da análise

- Objetivo: identificar e avaliar modos de falha potenciais e seus efeitos no desempenho da máquina.
- Componentes da máquina: listar todos os principais componentes, subsistemas ou conjuntos da máquina a serem analisados.

2. Reunir informações

- Documentação da máquina: coletar manuais técnicos, especificações de projeto e documentação operacional, analisar dados de falhas anteriores e registros de manutenção
- Condições operacionais: Operações típicas da máquina, incluindo velocidade, carga, condições ambientais, etc.

3. Identificação dos modos de falha

- Modo de Falha: Um modo de falha é a maneira pela qual um componente da máquina pode falhar (por exemplo, desgaste, travamento, fadiga etc.).
- Processo: Para cada componente da máquina, determinar modos de falha potenciais, fatores humanos, mecânicos, elétricos devem ser considerados.

4. Identificar os efeitos de cada modo de falha

- Para cada modo de falha, determinar como ele impactará a operação e desempenho da máquina (por exemplo, perda de potência, eficiência reduzida).

5. Classificação de Severidade (S)

- Classificação da gravidade de cada efeito identificado em uma escala de 1 a 10, onde:
 - 1 = Nenhum efeito ou consequência insignificante.
 - 10 = Falha catastrófica com consequências severas (por exemplo, riscos à segurança, danos severos à máquina).

6. Identificar e definir as causas potenciais da falha

A causa raiz ou mecanismo que leva ao modo de falha, como:

- Falhas de projeto.
- Defeitos de fabricação.
- Fatores operacionais (por exemplo, manuseio inadequado, sobrecarga).

7. Classificação de Ocorrência (O)

Definir a frequência de cada causa e estimar com que frequência ela pode acontecer sob condições operacionais típicas.

- Classificação da probabilidade do modo de falha ocorrer em uma escala de 1 a 10, onde:
 - 1 = Falha é rara ou muito difícil.
 - 10 = Falha é quase certa.

8. Classificação de detecção (D)

Detecção é a capacidade de detectar o modo de falha antes que ele cause impacto significativo (por exemplo, por meio de inspeção, alarmes ou sistemas de monitoramento).

- Classificação da eficácia do mecanismo de detecção atual em uma escala de 1 a 10, onde:
 - 1 = A detecção é quase certa.
 - 10 = A detecção é muito difícil ou impossível.

9. Calcular o Número de Prioridade de Risco (RPN)

Cálculo do RPN: Multiplique as classificações de Gravidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D) para cada modo de falha: $RPN=S \times O \times D$
Isso fornece um valor numérico que indica a prioridade de abordar cada modo de falha.

10. Priorizar os modos de falha

- Classifique os modos de falha por seu valor de RPN em ordem decrescente. Os modos de falha com valores mais altos indicam maior prioridade para ação corretiva.

4- RESULTADOS

4.1 – ANÁLISE INICIAL

A manutenção corretiva realizada visou o reestabelecimento das condições de operação para a retificadora em ambiente acadêmico.

Primeiramente o estado da máquina foi analisado. Foi constatado que a parte elétrica estava em pleno funcionamento, incluindo os motores de acionamento.

Mecanicamente, as correias estavam em estado de total deterioramento, impedindo totalmente a transmissão de potência para os rebolos e o cabeçote porta-peças.

Antes da troca das correias foi verificado de modo satisfatório a condição dos rolamentos e eixos principais da máquina e feita a limpeza completa das polias, que apresentavam detritos da correia, como ilustrado na figura 10.

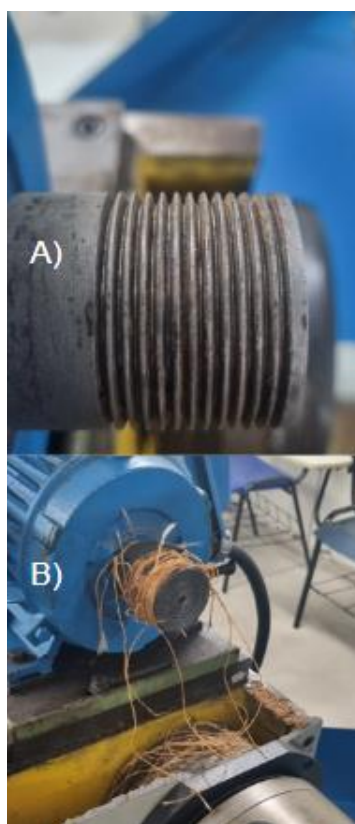


Figura 10: Estado atual (a) e estado inicial da polia (b)

Fonte: Autor

4.2 – LUBRIFICAÇÃO PERIÓDICA

Na indústria é comum ver que os pontos de atenção críticos ao funcionamento são mapeados por planos de manutenção. Na máquina em questão, o plano básico é definido pelo esquema de lubrificação e periodicidade, representado no corpo da máquina (parte frontal) e no manual da máquina, conforme indica as figuras 11 e 12.

A figura 11 representa numericamente os pontos de lubrificação. Na figura 12 fica detalhado a descrição do item e tipo de lubrificação adequada, juntamente com a periodicidade.

As informações de periodicidade de verificação de partes móveis, inspeção e limpeza de superfícies são vitais para maximizar a vida útil do ativo e já possuem uma estratégia de manutenção bem consolidada.

Gráfico de lubrificação

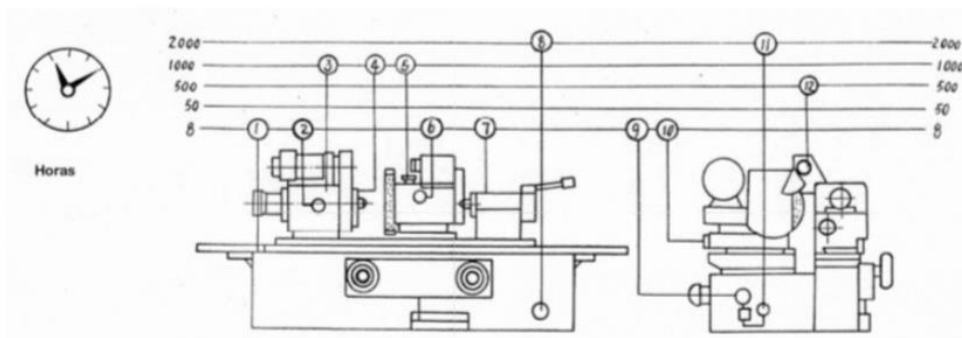


Figura 11: Periodicidade de verificação

Fonte: Manual

Componente de máquina	Pista do leito	Tabela da cabeça de trabalho			Chapa de acionamento do cabeçote fixo	Fuso do cabeçote do rebolo		Luva do contracabeçote	Unidade hidráulica			Mancais de retificação interna	Pista de deslizamento de rolamento
		1	2	3		4	5		6	7	8		
Ponto de ação	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	10
Símbolo de ação													
Natureza de ação													
Verificar	h	8								8			8
Verificar e encher se necessário	h		8				8						
Operar	h												
Reabastecer	h							8					
Impar ou substituir	h				1000						2000	500	
Mudar	h			1000		1000				2000			
Designação de lubrificante		N32G	N10	N10		N2	N2	N32	N32G	N32G	N32G	Graxa à base de lítio	Graxa à base de
Capacidade de reservatório	l			5		36		0,003	140			0,008	0,008

Obs.: 1) Verifique todos os pontos antes de lubrificar.
2) O óleo hidráulico e o óleo do fuso listado na tabela são especificados de acordo com as normas GB2512-81 e SY1229-8L.
3) O óleo de lubrificação para o fuso do cabeçote do rebolo deve ser sedimentado por um longo tempo e passar por uma filtragem fina antes de ser utilizado.

Figura 12: Ações de verificação

Fonte: Manual

4.3 – ANÁLISE DE CRITICIDADE E FMEA

A análise de criticidade dos componentes da máquina, realizada com base na tabela 9, é apresentada a seguir:

- Pista do Leito – Criticidade: Baixa
- Cabeçote porta-peças – Criticidade: Média
- Cabeçote do rebolo – Criticidade: Média
- Contra ponta – Criticidade: Média
- Unidade hidráulica – Criticidade: Baixa
- Cabeçote de retificação interna – Criticidade: Média
- Correia de trabalho – Criticidade: Alta
- Correia do Rebolo – Criticidade: Alta
- Correia de retificação interna – Criticidade: Alta
- Sistema do fluido de corte – Criticidade: Baixa
- Lâmpada de trabalho – Criticidade: Baixa

A análise de falhas, causas e efeito (FMEA) pode ter várias aplicações como sistemas, processos, serviços e projetos. Para a máquina em questão foi elaborado um FMEA de sistema visando definir os pontos críticos da manutenção e as consequências relacionadas a falha dos mesmos. Para isso, foram identificados e descritos os componentes de retificadora, conforme apresenta a tabela 10.

Tabela 10: Análise inicial do FMEA

item	Componente	Modo de falha	Efeito	Causa
1	Correia de trabalho	Rompimento da correia	Perda da transmissão, inoperabilidade	Esforços excessivos na transmissão e ressecamento da matriz polimérica
2	Correia do Rebolo	Rompimento da correia	Perda da transmissão, inoperabilidade.	Esforços excessivos na transmissão e ressecamento da matriz polimérica
3	Correia de retificação interna	Rompimento da correia	Perda da transmissão, inoperabilidade.	Esforços excessivos na transmissão e ressecamento da matriz polimérica
4	Cabeçote porta peças	Corrosão	Aumento dos esforços na transmissão, redução da força útil de trabalho	Lubrificação insuficiente
5	Cabeçote do rebolo	Corrosão	Aumento dos esforços na transmissão, redução da força útil de trabalho	Lubrificação insuficiente
6	Cabeçote de retificação interna	Travamento	Aumento dos esforços na transmissão, redução da força útil de trabalho	Lubrificação insuficiente
7	Contra ponta	Travamento dos trilhos	Redução no movimento, perda de precisão	Lubrificação insuficiente, corrosão
8	Pista de deslizamento	Travamento	Redução no movimento, perda de precisão	Lubrificação insuficiente, corrosão

9	Fuso do cabeçote do rebolo	Aumento dos esforços para movimentação	Aumento dos esforços no fuso	Lubrificação insuficiente, corrosão
10	Unidade hidráulica	Vazamentos e perda de propriedade do óleo	Perda do sistema hidráulico	Vazamento hidráulico
12	Sistema de injeção de fluido lubrificante	Pane	Perda do sistema de injeção de fluido	Entupimento, queima do motor da bomba
13	Lâmpada de trabalho	Queima	Perda do sistema de iluminação	Queima por tempo de uso

Fonte: Autor

Tabela 11: Cálculo do RPN

item	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteccção(D)	RPN	Criticidade (MCC)	AÇÃO RECOMENDADA
1	10	8	2	160	Alta	Verificação visual da correia a cada uso
2	10	8	2	160	Alta	Verificação visual da correia a cada uso
3	10	8	2	160	Alta	Verificação visual da correia a cada uso
4	6	5	5	150	Média	Antes do uso deve ser verificado se os eixos giram livremente.
5	6	5	5	150	Média	Antes do uso deve ser verificado se os eixos giram livremente.
6	5	4	7	140	Média	Verificar condições da superfície a cada 8 horas de uso

7	5	6	3	90	Média	Verificar condições da superfície a cada 8 horas de uso
8	5	6	3	90	Baixa	Verificar condições da superfície a cada 8 horas de uso
9	5	4	5	80	Médio	Deve ser verificado se o movimento da mesa ocorre sem intercorrências a cada 8 horas de uso
10	4	5	3	60	Baixa	Verificação do sistema hidráulico a cada uso através do visor. Verificação do filtro – 8 horas.
12	7	4	1	32	Baixa	Verificar em uso
13	2	2	4	16	Baixa	Verificar em uso

Fonte: Autor

4.4 – CORREIAS

O tensionamento de correias é uma etapa crítica para manter a eficiência e a longevidade dos sistemas de transmissão. O tensionamento adequado garante a transmissão de potência ideal, evita deslizamentos reduzindo o desgaste (METSO, 2022).

Métodos de tensionamento para sistemas de transmissão com polia:

- **Tensionamento manual:** a tensão é obtida ajustando o mancal ou base do motor através de deslizamento até que a correia atinja a tensão adequada.
- **Tensionadores com mola:** usam um mecanismo com molas para manter a tensão constante automaticamente.

- **Ajuste de parafuso:** utiliza uma haste ou parafuso roscado ligado a uma polia para aumentar ou diminuir a tensão.

Na retificadora, o tensionamento das correias é realizado através da movimentação dos mancais dos motores. A tensão deverá ser ajustada conforme manual do fabricante da máquina ou da correia. Para o caso da retificadora, o fabricante da máquina não disponibiliza dados para tensionamento das correias de transmissão.

Em contrapartida, Gates (2010), descreve o procedimento para o tensionamento e correto ajuste de correias. A figura 13 retrata o procedimento definido pelo fabricante para garantir a correta tensão. A partir de uma força determinada pelo modelo da correia e vão entre as polias, deverá ser medido uma deflexão central na correia de 1/64” a cada polegada do vão.

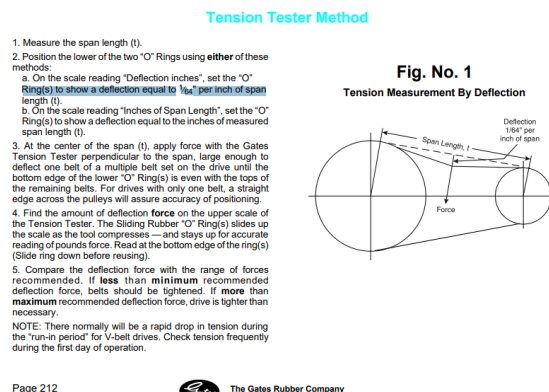


Figura 13: Procedimento para tensionar as correias
Fonte: Gates (2010)

A correia de transmissão do porta peças deve ser tensionada através do mancal de deslizamento do motor (figura 14), a tensão deverá ser conforme o vão (240 mm) e manual do fabricante – $\frac{1}{64} \times 240 \text{ mm} = 3,75 \text{ mm}$ de deflexão central.



Figura 14: Distância entre centros das polias do porta peças

Fonte: Autor

A correia de transmissão do rebolo deve ser tensionada através do mancal de deslizamento do motor a tensão deverá ser conforme o vão (420 mm) e manual do fabricante – $1/64 \cdot 420 \text{ mm} = 6,56 \text{ mm}$ de deflexão central. (figura 15).



Figura 15: Distância entre centros das polias do rebolo.

Fonte: Autor.

Após substituição de todas as peças de reparo (tabela 12) e inspeção de todos os sistemas, foram realizados novamente testes funcionais para verificar o estado da máquina. A funcionalidade de todos os componentes foi verificada com êxito. Os procedimentos para substituição das correias do porta peças, rebolo e retificadora interna estão descritos respectivamente no ANEXO A, ANEXO B e ANEXO C.

Tabela 12: Itens substituídos na máquina

Itens de troca	Referência
Correia porta-peças	PL 1270 x 750 x 12
Correia do rebolo	PJ 864 x 1270 x 22
Correia do cabeçote de retificação interna	0.5 x 50 x 1300

Fonte: Autor

O sistema hidráulico permanece selado e não foi aberto para verificação. Os visores para verificar o nível de óleo hidráulico apresentaram uma leitura adequada e sem sinais de contaminação. A limpeza do tanque de fluido de corte

também foi realizada, o descarte do fluido contaminado foi feito de maneira adequada e ecológica.

5– CONCLUSÕES

O presente trabalho que teve por objetivo recolocar uma retificadora cilíndrica universal em funcionamento permite as seguintes conclusões:

Após a análise inicial do estado do equipamento, constatou-se a deterioração de elementos de máquinas básico, as correias.

A manutenção corretiva permitiu que a máquina fosse colocada em operação novamente através das etapas de: Identificação de componentes, troca das correias, limpeza e ajuste.

O estudo de criticidade indicou que as correias de transmissão são os itens mais críticos do sistema. O cabeçote porta peça, do rebolo e a pista de deslizamento também devem ser inspecionados periodicamente para evitar a corrosão. Apesar de crítico, o sistema hidráulico possui um visor indicativo, permitindo a verificação visual da condição do óleo e sua circulação.

Foi identificado que a própria máquina já apresenta um detalhamento de lubrificação bem detalhado, que deve ser seguido pelo corpo técnico para garantir um melhor funcionamento da máquina. O fluxograma de verificação por tempo de uso está descrito na figura 16.

Através da análise e consolidação de informações feita por este trabalho, em paralelo com o manual técnico da máquina, torna-se palpável o gerenciamento da manutenção desse ativo.

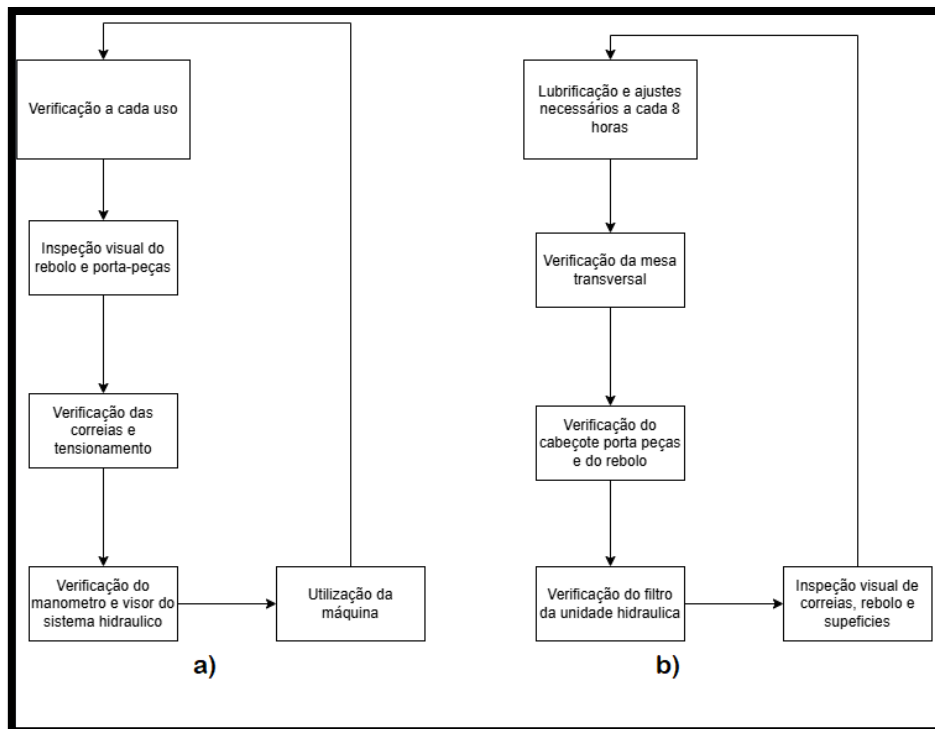


Figura 16: Fluxograma de verificação (a) por uso e (b) a cada 8 horas de uso.

Fonte: Autor.

6 – REFERENCIAS

ANJOS, M. A., CARLOS, B. M., MELLO, H. B., AGUIAR, P., ESTAMBASSE, E., HILDEBRANDT, R. (2016). ESTUDO EXPERIMENTAL DO USO DE REBOLOS CONVENCIONAIS NA USINAGEM DO AÇO VP-50 UTILIZADO NA RETIFICAÇÃO CILÍNDRICA, POR MEIO DE DIFERENTES MÉTODOS DE LUBRIRREFRIGERAÇÃO. *MATÉRIA (RIO DE JANEIRO)*, 21, 169–184.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1994). *NBR 5462: CONFIABILIDADE E MANTENABILIDADE: TERMINOLOGIA.* RIO DE JANEIRO, RJ: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). *ABNT NBR 10004: RESÍDUOS SÓLIDOS - CLASSIFICAÇÃO.* RIO DE JANEIRO, RJ: ABNT.

ASTM. (2007). *ASTM D88-07: STANDARD TEST METHOD FOR SAYBOLT VISCOSITY.* WEST CONSHOHOCKEN: ASTM INTERNATIONAL.

BARDAHL. GUIA PARA LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://BLOG.BARDAHL-LUBRIFICANTE-COMPRAR/](https://blog.bardahl-lubrificante-comprar/). ACESSO EM: 1 JAN. 2025.

BELL, T. (1992). JORNAL DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA: FÍSICA APLICADA. *WOLFSON INSTITUTE FOR SURFACE ENGINEERING*, 25, A297.

BILHA, V. M. (2015). *ANÁLISE DO PROCESSO DE RETIFICAÇÃO INTERNA APLICADO À FABRICAÇÃO DE BICOS INJETORES DIESEL (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO).* UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA, BRASIL.

CATÁLOGO MW 1420. *CATÁLOGO DE SERVIÇOS RETIFICADORA UNIVERSAL SÉRIE 200.*

CONAMA. (2005). DISPÕE SOBRE O RECOLHIMENTO, COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO OU CONTAMINADO (RESOLUÇÃO Nº 362). PUBLICADA NO DOU Nº 121, DE 27 DE JUNHO DE 2005, SEÇÃO 1, PÁGINAS 128–130.

DAYCO (2021) *HIGH-TEMPERATURE BELT SOLUTIONS*. DAYCO TECHNICAL BULLETIN.

FUJITA, H., BIANCHI, E. C., AGUIAR, P. R., SANCHEZ, L. E. DE A., & SILVA JR., C. E. DA. (2006). CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA RETIFICAÇÃO ABRASIVA DE MATERIAIS CERÂMICOS.

GATES, ENGINEERING. (2019). *BELT DRIVE SYSTEMS: DESIGN GUIDE AND APPLICATIONS*. GATES ENGINEERING.

GATES (2010), **HEAVY DUTY VBELT DRIVE**. DISPONÍVEL EM: HTTPS://WWW.GATES.COM/CONTENT/DAM/GATES/HOME/KNOWLEDGE-CENTER/RESOURCE-LIBRARY/CATALOGS/HEAVY_DUTY_VBELT_DRIVE_DESIGN_MANUAL.PDF, ACESSO 12/02/2025.

GROOVER, M. P. (2010). *FUNDAMENTALS OF MODERN MANUFACTURING: MATERIALS, PROCESSES, AND SYSTEMS* (4ª ED.). WILEY.

GU, P., CHEN, J., HUANG, W., SHI, Z., ZHANG, X., & ZHU, L. (2024). EVALUATION OF SURFACE QUALITY AND ERROR COMPENSATION FOR OPTICAL ASPHERICAL SURFACE GRINDING. *JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY*, 327. DISPONÍVEL EM: <HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JMPT.2024>.

JARDINE, A. K. S., LIN, D., & BANJEVIC, D. (2006). A REVIEW ON MACHINERY DIAGNOSTICS AND PROGNOSTICS IMPLEMENTING CONDITION-BASED MAINTENANCE. *MECHANICAL SYSTEMS AND SIGNAL PROCESSING*, 1483–1510.

LAI, K. K., & BAUR, G. (2015). THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON RUBBER MATERIALS USED IN AUTOMOTIVE BELTS. *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE*, 50(9), 3095–3105.

LEONARDO, M. T., & JUNIOR, W. M. (2015). ANÁLISE DE MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE APLICADA AO SISTEMA DE AR-CONDICIONADO DE UM ÔNIBUS DE USO

URBANO NO RIO DE JANEIRO (PROJETO FINAL). CEFET-RJ CAMPUS MARACANÃ - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA, BRASIL.

LIMA, G. R., & SOUZA, M. B. (2019). LUBRIFICAÇÃO E SUAS FUNÇÕES NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: ANÁLISE CRÍTICA. *REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA*, 19(2), 98–106.

LUBRAX. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.LUBRAX.COM.BR/](https://www.lubrax.com.br/). ACESSO EM: 14 DEZ. 2024.

MAITRA, G. M. (2009). *HANDBOOK OF MECHANICAL DESIGN*. NEW DELHI: TATA MCGRAW-HILL.

MALKIN, S., & GUO, C. (2008). *GRINDING TECHNOLOGY: THEORY AND APPLICATION OF MACHINING WITH ABRASIVES (2ND ED.)*. NEW YORK: INDUSTRIAL PRESS.

MENG, H., & LUDEMA, K. C. (1995). WEAR MODELS AND PREDICTIVE EQUATIONS: THEIR FORM AND CONTENT. *WEAR*, 181–183, 443–457. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/0043-1648\(95\)90158-2](https://doi.org/10.1016/0043-1648(95)90158-2).

METSO. (2022). SERVICE TIPS: TENSIONAMENTO DAS CORREIAS. METSO. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.METSO.COM/PT/INSIGHTS/BLOG/MINERACAO-E-METAIS/SERVICE-TIPS-TENSIONAMENTO-DAS-CORREIAS](https://www.metso.com/pt/insights/blog/mineracao-e-metais/service-tips-tensionamento-das-correias)

MICHELON, É. C. (2020). ANÁLISE DA CRITICIDADE COMO PROCESSO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO). UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA, BRASIL.

MOBIL, (2016) GUIA DE LUBRIFICANTES. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.MOBIL.COM/EN/LUBRICANTS/FOR-BUSINESSES/INDUSTRIAL](https://www.mobil.com/en/lubricants/for-businesses/industrial) ACESSO EM 05/02/2025

MOBLEY, R. K. (1997). AN INTRODUCTION TO PREDICTIVE MAINTENANCE. BOSTON: BUTTERWORTH-HEINEMANN.

OLIVEIRA, F. G., SILVA, E. J., GUO, C., & HASHIMOTO, F. (2009). INDUSTRIAL CHALLENGES IN GRINDING. *CIRP ANNALS*, 58(2).

PIECHNICKI, A. S. (2011). *METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO: AS MELHORES PRÁTICAS (MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO)*. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, PONTA GROSSA, BRASIL.

ROWE, W. B. (2014). *PRINCIPLES OF MODERN GRINDING TECHNOLOGY (2ND ED.)*. AMSTERDAM: ELSEVIER.

SAMANTARAYA, D., & LAKADE, S. (2020). ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MACHINING FOR HARDENED STEELS. IN P. PAWAR, B. RONGE, R. BALASUBRAMANIAM, A. VIBHUTE, & S. APTE (EDS.), *TECHNO-SOCIETAL 2018*. SPRINGER, CHAM. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/978-3-030-16962-650](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16962-650).

SCHUITEK, A., SEVERIANO, A., & BELLOS, N. L. (2001). OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO DE RETIFICAÇÃO UTILIZANDO REBOLOS DE CBN. IN *PRIMEIRO CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO*.

SILVA, L. B. V., MENDES, M. C., CHUVAS, T.C. (2018). EFEITOS DA VARIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CORTE NA MICROESTRUTURA DE UM AÇO DO TIPO AISI 4340 RETIFICADO. X CONEM – CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA. SALVADOR - BA

SIQUEIRA, Y. P. D. S. (2009). *MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE: MANUAL DE IMPLANTAÇÃO (1ª ED.)*. RIO DE JANEIRO: QUALITYMARK.

STACHOWIAK, G. W., & BATCHELOR, A. W. (2013). *ENGINEERING TRIBOLOGY (4ª ED.)*. BUTTERWORTH-HEINEMANN.

WAEYENBERGH, G., & PINTELON, L. (2002). A FRAMEWORK FOR MAINTENANCE CONCEPT DEVELOPMENT. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS*, 77(3), 299–313.



Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

ANEXO A: PROCEDIMENTO PARA SUBSTITUIÇÃO DA CORREIA DO PORTA PEÇA

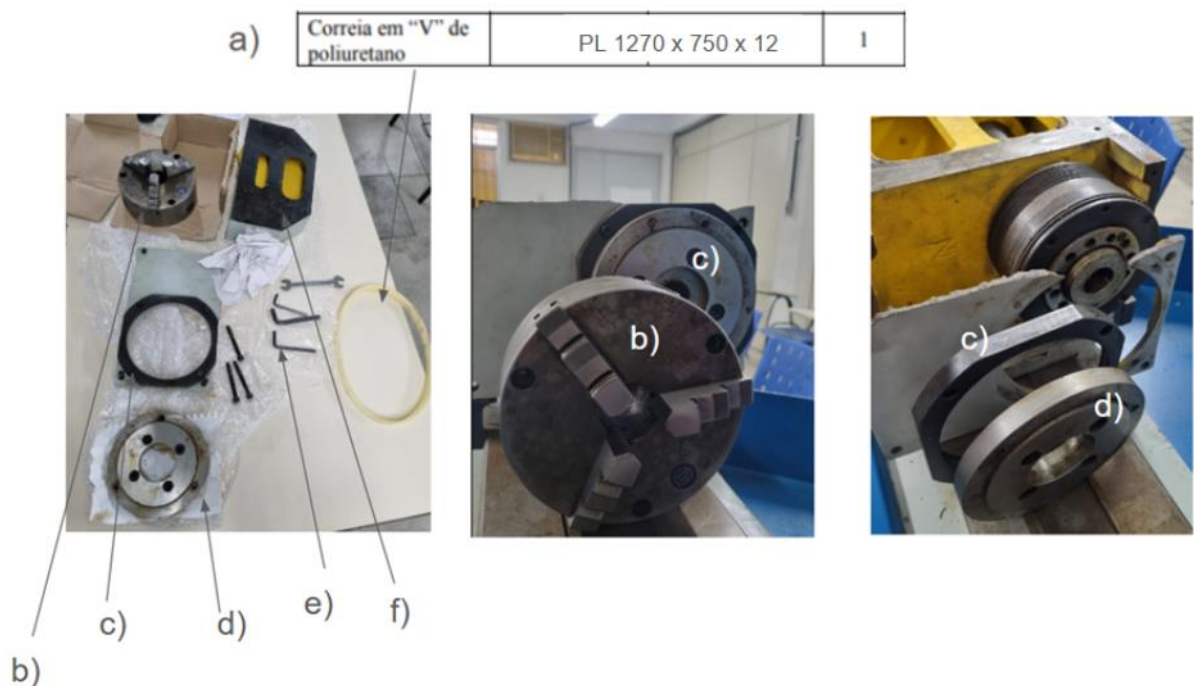


Figura A-1: Etapas para troca da correia

Fonte: Manual

Item	Descrição
a)	Correia em Poliuretano - PL 1270 x 750 X 12
b)	Placa de fixação
c)	Acabamento
d)	Suporte da placa
e)	Jogo de chaves "L" 5,6 e 8 mm
f)	Proteção da correia
g)	Mancal do motor



Figura A-2: Transmissão do cabeçote porta-peças

Fonte: Autor

Etapas para troca da correia da porta peça	
1.	Remova a proteção da correia
2.	Remova a placa de fixação através do 3x parafusos fixadores
3.	Remova o suporte da placa através dos 4x parafusos fixadores
4.	Remova o acabamento através dos 4x parafusos que o fixam ao cabeçote
5.	Solte o mancal do motor
6.	Coloque a correia "a"
7.	Tensione a correia de transmissão através do mancal de deslizamento do motor, a tensão deverá ser conforme o vão (240 mm) e manual do fabricante – $1/64 * 240 \text{ mm} = 3,75 \text{ mm}$ de deflexão central



Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

ANEXO B: PROCEDIMENTO PARA TROCA DA CORREIA DO REBOLO

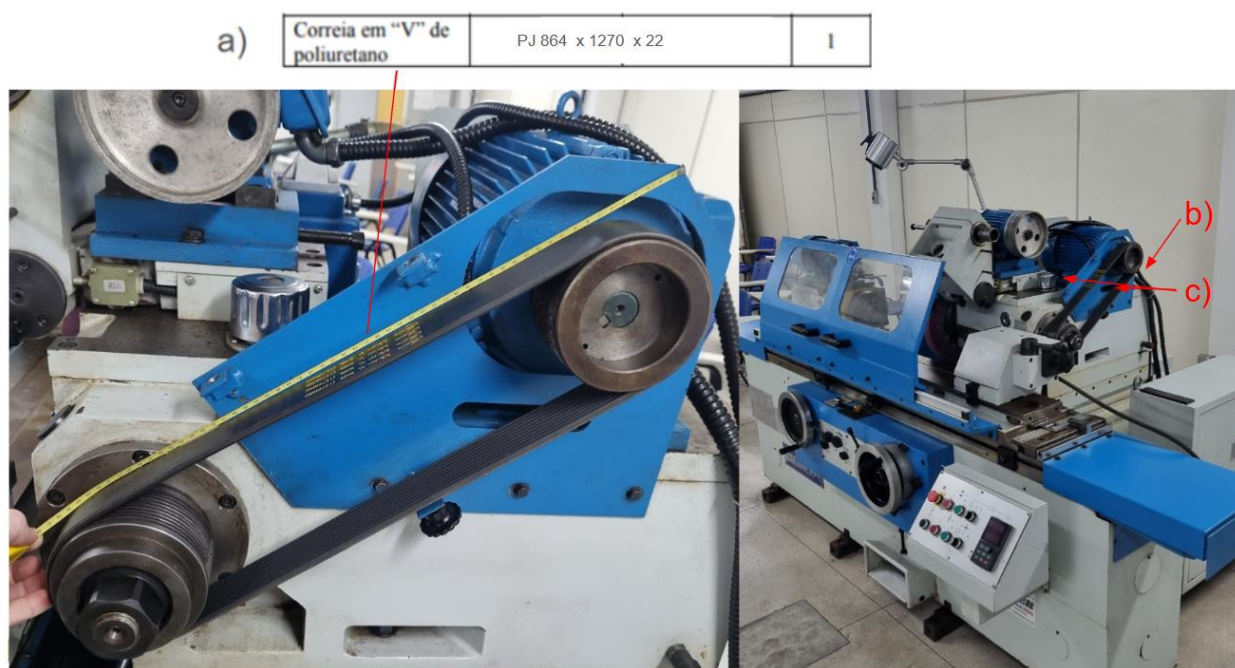


Figura B-1:Partes da troca

Fonte: Autor

Item	Descrição
a)	Correia em Poliuretano - PJ 864 x 1270 x 22
b)	Parafuso para tensionamento do motor 22 mm
c)	Parafuso para fixação do motor 12 mm

Etapas para troca da correia do porta peça
1. Remova a proteção da correia
2. Solte o mancal do motor e o tensionador
3. Coloque a correia "a)" PJ 864 x 1270 x 22

4. Tensione a correia de transmissão através do mancal de deslizamento do motor, a tensão deverá ser conforme o vão (420 mm) e manual do fabricante – $1/64 * 420 \text{ mm} = 6,56 \text{ mm}$ de deflexão central



Figura B-2: Distância entre centros da transmissão do rebolo

Fonte: Autor



Ministério da Educação
Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

ANEXO C: PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO CABEÇOTE DE RETIFICAÇÃO INTERNA

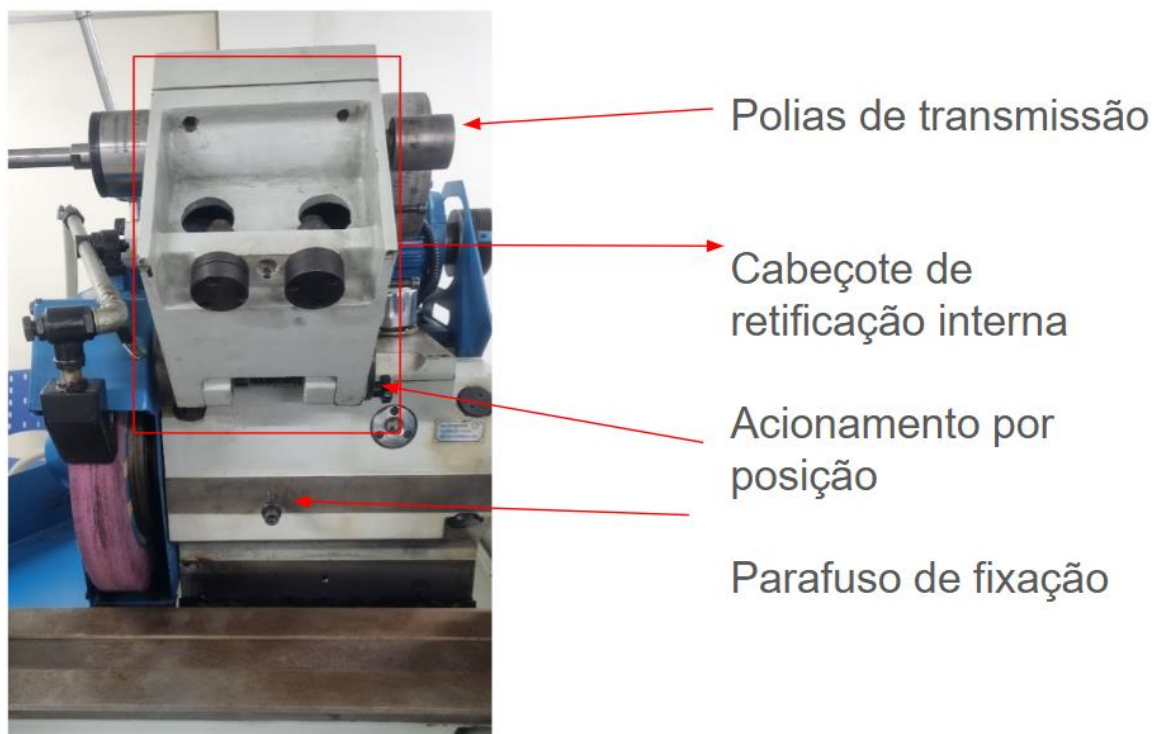


Figura C-1: Identificação dos componentes

Fonte: Catálogo da máquina

Item	Descrição
Polias de transmissão	Polias para utilização da retificadora interna
Cabeçote de retificação interna	Cabeçote móvel de operação
Acionamento por posição	Acionador por posição, com o cabeçote acionado o reboło principal fica desativado por segurança.
Parafuso de fixação	Parafuso para fixação do cabeçote para uso.

Etapas para utilização do porta peças	
1.	Puxe a trava de segurança
2.	Abaixe cuidadosamente o cabeçote até contato dos batentes
3.	Posicione a correia plana 0.5 x 50 x 1300
4.	Aperte o parafuso de fixação para tensionamento da correia e fixação do cabeçote.

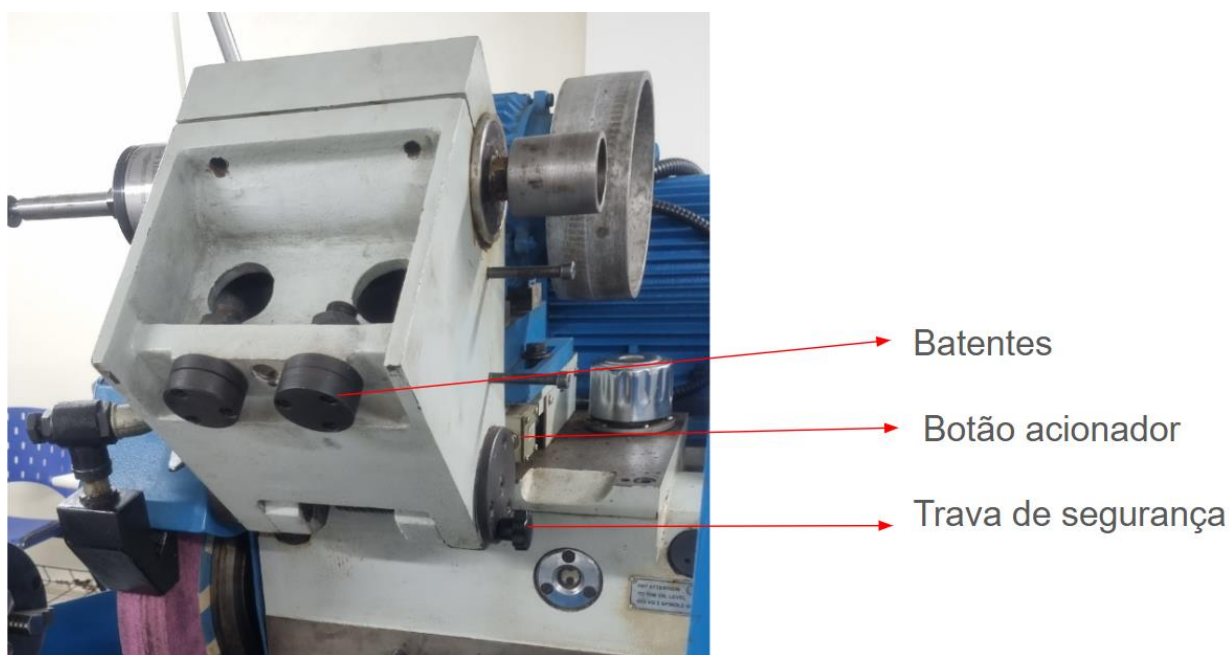


Figura C-2: Demais itens do cabeçote de retificação interna.
 Fonte: Autor