

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS CARDOSO MIYAMOTO

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
METALÚRGICA**

PONTA GROSSA

2022

MATHEUS CARDOSO MIYAMOTO

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
METALÚRGICA**

ELABORATION OF A LUBRIFICATION PLAN IN A METALLURGICAL INDUSTRY

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: Prof. Dr. Oscar Regis Junior

PONTA GROSSA

2022



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

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

MATHEUS CARDOSO MIYAMOTO

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
METALÚRGICA**

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: Vinte e um de junho de 2022

Prof. Dr. Oscar Regis Junior
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ponta Grossa

Prof. Dr. Gilberto Zammar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ponta Grossa

Prof. Dr. Roger Navarro Verástequi
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Ponta Grossa

PONTA GROSSA

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que por sua bondade e misericórdia me deu forças e ânimo para chegar até aqui, e pelo zelo diário ao longo de todos os anos passados.

Agradeço a meus pais por todo o investimento feito ao longo dos anos, por toda a educação passada e principalmente pelo apoio.

A minha esposa, pela compreensão e apoio mesmo em momentos de ausência ao longo dessa trajetória.

Ao meu orientador por todo o conhecimento passado, pelo auxílio na construção do seguinte trabalho.

A meus amigos, pelo companheirismo e amizade em todos os momentos vividos, fossem bons ou ruins.

Enfim, a todos que direta e indiretamente fizeram parte dessa etapa da minha vida.

RESUMO

Ao longo dos anos a manutenção de prevenção de quebras dos equipamentos na indústria tem se tornado mais frequente, um dos pontos importantes dentro dessa análise é o plano de lubrificação de máquinas. O objetivo do trabalho é a elaboração do plano de lubrificação de uma indústria metalúrgica. Todos os equipamentos constituintes do plano foram listados, assim como suas condições físicas e local de instalação. A partir dessas informações foi selecionado o tipo de lubrificante para cada respectivo ponto de lubrificação. O intervalo de lubrificação dos pontos foi estimado através de informações em manuais das máquinas, consulta a literatura, além de sugestões do gestor da fábrica. Reunidas todas as informações, foi elaborado um plano de lubrificação. As atividades de lubrificação foram distribuídas de maneira semanal num total de 52 semanas pertencentes ao ano. Foi possível observar a necessidade de um plano de lubrificação nas atividades industriais, a fim de garantir uma maior disponibilidade dos equipamentos, prevenindo quebras e danos, reduzindo assim os custos de manutenções não planejadas.

Palavras-chave: Plano de lubrificação; Lubrificação; Manutenção.

ABSTRACT

Over the years, the preventive maintenance of equipment breakage in the industry has become more often, one of the key points in this analysis is the machines lubrication plan. This work aims to elaborate a lubrication plan for a metallurgical industry. All equipment comprising the plan were listed, besides their physical conditions and installation location. Based on this information, the type of lubricant was selected for each respective lubrication point. The lubrication interval of the points was estimated through information in the manuals of the machines, consulting the literature, in addition to suggestions from the factory manager. Having gathered all the information, a lubrication plan that contains all the lubrication points in the plant was prepared. The activities were distributed on a weekly basis, in a total of 52 weeks/year. The need for a lubrication plan in industrial activities could be concluded, in order to guarantee greater availability of equipment, preventing breaks and damage, thus reducing the costs of unplanned maintenance.

Keywords: Lubrification Plan; Lubrification; Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Comparativo de Performance entre os tipos de Manutenção	19
Figura 2: Óleo lubrificante entre duas superfícies	20
Figura 3: Engrenagens lubrificadas com graxa.....	23
Figura 4: Tabela de Classificação NGLI	24
Figura 5: Determinação do ponto de gota.....	25
Figura 6: Viscosidade x Temperatura.....	26
Figura 7: Lubrificante de graxa em rolamento.....	29
Figura 8: Níveis Estruturais dos Ativos.....	32
Figura 9: Layout das linhas de produção.....	33
Figura 10: Guilhotina hidráulica Braffemam	36
Figura 11: Informações sobre lubrificação das puncionadeiras.....	40
Figura 12: Intervalo de Relubrificação de rolamentos.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Listagem dos ativos que farão parte do plano de lubrificação.....	37
Tabela 2: Lubrificantes utilizados	39
Tabela 3: Intervalos de lubrificação dos ativos	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
1.3	OBJETIVOS	14
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	HISTÓRIA DA LUBRIFICAÇÃO	16
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO	16
2.2.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA	17
2.2.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	17
2.2.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA	18
2.3	ATRITO	19
2.4	LUBRIFICAÇÃO	20
2.4.1	LUBRIFICAÇÃO LIMITE	21
2.4.2	LUBRIFICAÇÃO PLENA	22
2.5	TIPOS DE ÓLEO LUBRIFICANTE	22
2.5.1	GRAXAS	22
2.5.2	ÓLEOS	25
2.6	MÉTODOS DE LUBRIFICAÇÃO	27
2.7	LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL	27
2.7.1	LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS	28
2.7.2	LUBRIFICAÇÃO DE MANCAIS	29
2.7.3	LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS	29
<u>2.7.3.1</u>	<u>LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS FECHADAS</u>	<u>30</u>
<u>2.7.3.2</u>	<u>LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS ABERTAS</u>	<u>30</u>
2.8	PLANEJAMENTO DE LUBRIFICAÇÃO	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1	LINHAS DE PRODUÇÃO	32
3.2	MÁQUINAS LINHA DE PRODUÇÃO	34
3.2.1	DESBOBINADEIRA.....	35
3.2.2	PUNCIONADEIRA.....	35
3.2.3	PERFILADEIRA.....	35
3.2.4	GUILHOTINA HIDRÁULICA.....	36

3.2.5	DOBRADEIRA.....	36
3.3	COMPONENTES A SEREM LUBRIFICADOS	36
3.4	SELEÇÃO DE LUBRIFICANTES	39
3.5	INTERVALOS DE LUBRIFICAÇÃO	40
3.6	ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE LUBRIFICAÇÃO	43
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
5	REFERÊNCIAS.....	46
	APÊNDICE A - QUADRO COM INFORMAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 01.....	48
	APÊNDICE B - CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 01 ..	50
	APÊNDICE C - QUADRO COM INFORMAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 02.....	52
	APÊNDICE D - CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 02 ..	54
	APÊNDICE E - QUADRO COM INFORMAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 03.....	56
	APÊNDICE F - CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 03 ..	58
	APÊNDICE g - QUADRO COM INFORMAÇÕES DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 04.....	62
	APÊNDICE H - CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO DA LINHA 04 ..	62

1 INTRODUÇÃO

As indústrias metalúrgicas fazem parte de uma grande área do cenário econômico brasileiro, servindo de base para outros grandes mercados como o farmacêutico, automobilístico, dentre outras empresas, que dependem do produto gerado a partir do produto desenvolvido e produzido pela indústria que em 2019 representava cerca de 22% da economia brasileira segundo a CNI (Confederação Nacional da Indústria).

No ramo das indústrias metalúrgicas surgem as empresas especialistas em sistemas de armazenagem e logística, utilizando-se de recursos como porta-pallets, elevadores de carga dentre outros. Os mesmos são utilizados principalmente para estoque em todos os diferentes modelos de comercialização das empresas, independentemente de seu tamanho. Para a fabricação dos mesmos, as empresas precisam trabalhar com folhas de aço e executar a conformação do material, gerando assim os produtos finais. Para que este processo ocorra, alguns tipos de maquinários são utilizados, como por exemplo, prensas, dobradeiras, guilhotinas, estampadoras, perfiladeiras, dentre outras.

Como em todas as linhas de produção ao redor do globo, as máquinas utilizadas para a produção dos produtos desejados, precisam de lubrificação e manutenção para o seu bom funcionamento. Esses planejamentos trazem uma maior eficácia para o processo como um todo, assim como prolongar a vida útil dos componentes da máquina (VIANA, 2012).

O planejamento de lubrificação em especial, tem o presente motivo de minimizar os danos a máquina e seus componentes, esses danos sendo causados por atrito, velocidade, aquecimento, dentre outros, o que causa o desgaste aos componentes, chegando até mesmo à quebra dos mesmos. Neste ponto, se faz muito caro a manutenção da máquina, onde uma quebra ou mal funcionamento, poderia ter sido evitado por um planejamento de manutenção e lubrificação dos componentes (KARDEF;NASCIF, 2009).

Este trabalho procurou encontrar um plano de lubrificação eficiente e de baixo custo para uma empresa do ramo metalmeccânico da região dos Campos Gerais no Paraná. As linhas de produção foram analisadas por conta de problemas citados pelos gestores.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A empresa tem por um de seus principais problemas na falta de dados e planejamento de lubrificação dos componentes de seus maquinários, no que se refere a dados de intervalos e especificação de óleos lubrificantes.

Até o seguinte momento a empresa não se utiliza de lubrificações controladas nas linhas de produção, a maioria das máquinas são lubrificadas de maneira semestral, sem muitos cuidados quanto a seus componentes.

1.2 JUSTIFICATIVA

As paradas de linha para manutenção corretiva se fazem muito prejudiciais para a empresa no momento em que influenciam em inúmeros fatores para a economia da empresa, o controle e redução dessas manutenções é de grande valia para a saúde da mesma.

Através de um planejamento de lubrificação é possível controlar melhor a condição dos componentes da máquina, acompanhando juntamente a verificações visuais dos mesmos, evitando assim uma grande parte das quebras da máquina por falta de análise prévia.

Durante a lubrificação, o manutentor foi instruído a observar possíveis problemas nos equipamentos. O levantamento das informações é primordial para que a empresa atinja uma independência de manutenções corretivas, com a possibilidade de criação de uma manutenção preventiva ou mesmo preditiva, melhorando assim o controle de produção da linha.

1.3 OBJETIVOS

O trabalho tem por objetivo formar e estabelecer um plano de lubrificação para os equipamentos de uma indústria metalúrgica situada em Ponta Grossa, Paraná.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar as máquinas que farão parte do plano de lubrificação e identificar os pontos que necessitam de lubrificação;

- Identificar os lubrificantes a serem usados nos componentes;
- Identificar o tempo médio ótimo de lubrificação dos componentes
- Criar um plano de lubrificação;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRIA DA LUBRIFICAÇÃO

A história da lubrificação, começa com os egípcios em 2500 a.C, onde os mesmos desejavam por evitar o atrito entre o solo e as carroças de transporte, que transportavam pedras utilizadas para suas construções, a partir de então, fora utilizado gordura animal, para facilitar o movimento das mesmas, e assim seguiu na civilização grega (PINTO; NASCIF, 2001).

Os primeiros lubrificantes a base de petróleo utilizados surgiram no século XVII, onde a lubrificação de equipamentos mais complexos exigia um lubrificante melhor do que os derivados de sebo animal.

Durante o período da revolução industrial os lubrificantes passaram a ter um uso mais comum dentre as fabricas de manufatura na época, além da época da segunda guerra mundial, onde houve um alto padrão de lubrificação nos equipamentos de guerra e carros de guerra, que eram movidos por engrenagens (PINTO; NASCIF, 2001).

Com o avanço da tecnologia e dos estudos de manutenção, novos métodos de lubrificação passaram a ser utilizados nas indústrias, dentre eles lubrificantes modificados ou criados em laboratório, desenvolvidos para que a sua funcionalidade seja ainda maior, do que apenas a facilitação do movimento da máquina, baseados em estudos amplos em todas as áreas, desde duração de componentes por seu esforço até mesmo estudos financeiros de risco, possibilitando uma gestão dos ativos (SIQUEIRA, 2012).

Lubrificantes sintéticos e semissintéticos passaram a ser utilizados com uma maior frequência na indústria, pois seu tempo útil de lubrificação é maior do que os naturais, e consegue atender a uma demanda mais ampla do que os naturais, além do fato de que podem ser alterados para atender as necessidades especiais de cada componente.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção industrial é de altíssima importância, dado que as máquinas devem ficar paradas o mínimo tempo possível para que a produtividade seja a maior possível, além do fato de que quebras e problemas gerados no maquinário podem

gerar defeitos de qualidade do produto final e principalmente tem um alto custo de reparo dos componentes.

Dentre os principais modelos de manutenção conhecidos hoje, temos a manutenção preventiva, preditiva e a corretiva. Todas elas podem ser usadas a qualquer momento dentro da indústria, de modo ideal para que o prejuízo da companhia seja o mínimo possível, seja por meio de reparos, ou tempo de produção.

2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Esse tipo de manutenção é o mais comum nas companhias brasileiras, segundo a NBR 5462 a manutenção corretiva é definida como uma manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

A manutenção corretiva é realizada no ponto em que a produção está apresentando defeitos ou falhas e o serviço é realizado afim de retornar as atividades normais (GUIMARÃES, 2005). A Manutenção Corretiva é definida como qualquer trabalho ou operação que mantém o sistema funcionando sem problemas (SOUZA 2009).

PINTO; NASCIF (2001) cita a existência de dois motivos que ocasionam a manutenção corretiva, o mau funcionamento dos componentes e a falha do equipamento propriamente dita.

A manutenção corretiva dentre os três modelos, é o pior dentre eles, dado que é executada após a pane do equipamento, o que gera além de dano no componente já desgastado, dano nos outros componentes por força extra gerada para compensar a falha de um dos componentes (PINTO; NASCIF 2001).

Existem, porém, duas formas de manutenção corretiva, a manutenção corretiva não planejada, a mais comum, e a manutenção corretiva planejada (PINTO; NASCIF 2001). A manutenção corretiva não planejada acontece quando a parada do equipamento não é esperada e a sua solução é resolvida na hora. Já a manutenção corretiva planejada, ocorre de modo em que se espera a falha para realizar a troca.

2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com a NBR-5462, a manutenção preventiva é “efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com cenários prescritos, determinada a

reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de um item”. Ou seja, a manutenção dos componentes da máquina é realizada a partir do tempo de “vida útil” do componente, não necessariamente sendo o mesmo em todos os componentes de uma determinada máquina.

A manutenção preventiva é mais nova no cenário industrial brasileira, dado que exige um certo conhecimento e principalmente controle do maquinário utilizado no chão de fábrica, o que por muitas vezes não ocorre nas empresas, deixando assim de ser frequentemente utilizado em todos os maquinários.

A manutenção preventiva, por maior controle, preparo e estudo inicial que se faça necessário, com o uso de históricos de manutenção da máquina e analisando dados sobre a mesma, se faz muito eficaz contra a quebra do maquinário e contra as falhas que possam ocorrer, que podem acarretar além da quebra do componente, em maiores danos a outros componentes ou peças da máquina, gerando um maior prejuízo tanto como custo para reposição dos itens como tempo para a manutenção corretiva.

GUIMARÃES (2005) cita que a manutenção preventiva lida com operações até mesmo diárias, buscando sempre prevenir defeitos e falhas com o objetivo de prolongar o tempo útil de componentes baseado em seu histórico de falhas.

Um bom plano preventivo, feito baseado no histórico de falhas e necessidades do equipamento, reduz consideravelmente os indicadores de falhas e quebras dos equipamentos, possibilitando uma redução no custo de peças de reposição (VIANA, 2012).

2.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

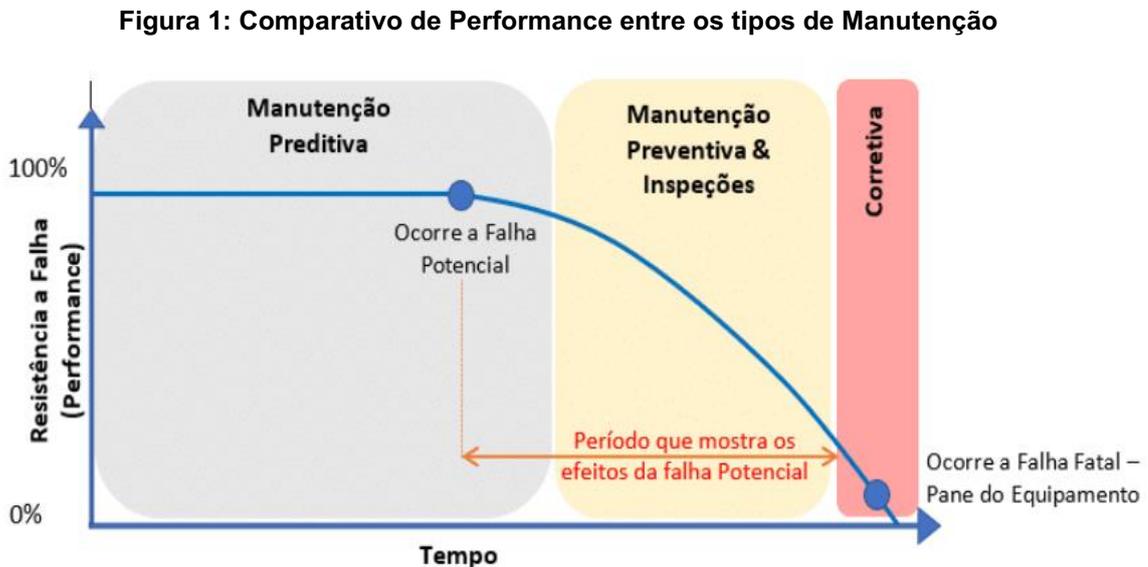
A manutenção preditiva acontece de maneira a encontrar um custo ótimo entre a manutenção preventiva e a corretiva, onde ela acontece a partir da identificação de sintomas e assim então a ação ocorre (VIANA, 2012). Como principal foco através do monitoramento, a ação preditiva é feita antes da falha da máquina, o que pretende evitar um gasto exagerado seja com a manutenção preditiva ou a corretiva.

Esse estilo de manutenção é muito utilizado quando busca encontrar o melhor momento para manutenção da máquina, seja por planejamento de produção, por troca de turno ou a não parada da linha em horário de produção, dado que o tempo de não produção, custa muito dinheiro a empresa, de mesma maneira.

Segundo a NBR 5462 a manutenção preditiva permite prever as falhas dos equipamentos antes da ocorrência das mesmas. Para isso é necessário se utilizar de técnicas para a identificação prévia das falhas dos equipamentos. Os métodos mais utilizados no meio industrial hoje são as análises termográficas, análises por ultrassom e análises de óleo lubrificante.

A manutenção preditiva dos equipamentos diminui os riscos de quebras de componentes por falhas não esperadas e reduzem em sua maioria as falhas gerais, que são causadas pelo efeito cascata da falha de componentes (KARDEC, NASCIF 2013).

A figura 1 mostra o comparativo de performance versus tempo das manutenções realizadas na indústria.



Fonte: Modular Cursos (2021)

2.3 ATRITO

A força de resistência de contato entre duas superfícies é denominada atrito. Essa força denominada também como força resistiva, pode vir a existir através de uma camada de fluido entre as superfícies. (CARRETEIRO E MOURA; 1998)

(ALMEIDA, 2017) ainda cita os estudos do cientista francês Coulomb, que determinou as seguintes leis do atrito estático:

- O atrito independe da área de contato entre as superfícies;

- O atrito é influenciado pela natureza do material, fatores como rugosidade e resistência do material;

- A força de atrito é diretamente proporcional a força normal aplicada.

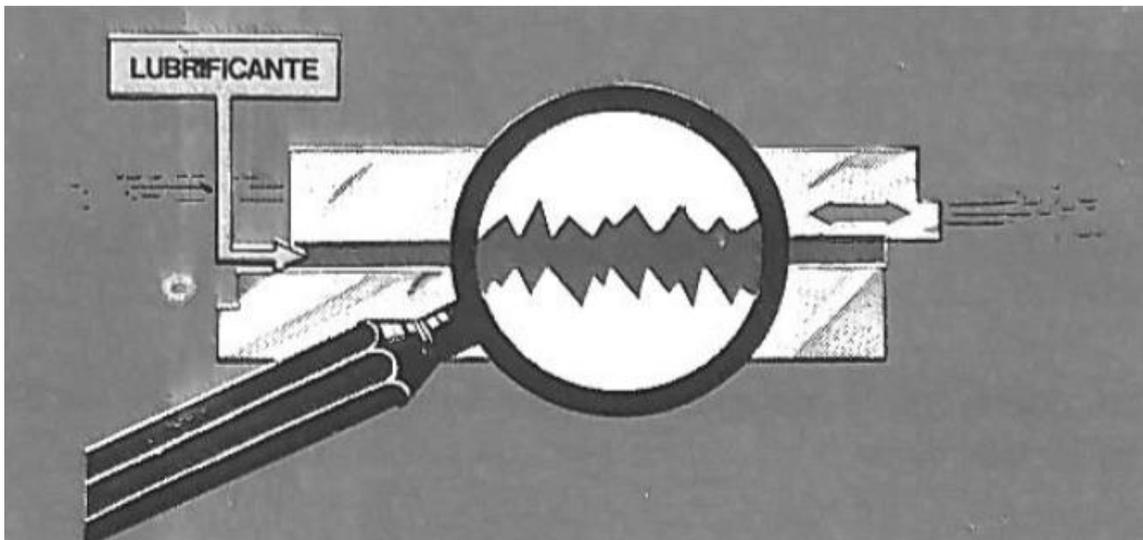
O atrito gerado após o movimento, conhecido por atrito dinâmico possui força menor do que o atrito estático. O atrito dinâmico é dividido de duas maneiras, atrito de deslizamento e atrito de rolamento.

É denominado atrito de deslizamento o movimento de escorregamento direto entre duas superfícies em contato, as quais se movimentam diretamente em direção uma à outra. As superfícies não necessitam de uma forma geométrica específica para realizar esse movimento (ALMEIDA; 2013)

O atrito de rolamento ocorre quando o movimento das superfícies é mediado através da rotação de corpos esféricos, ou seja, entre as duas superfícies existem corpos que tornam menor a força de atrito por possuir menor área de contato entre as regiões (ALMEIDA, 2013).

Na figura 2 (SENAI, 1997) mostra uma película lubrificante separando duas superfícies.

Figura 2: Óleo lubrificante entre duas superfícies



Fonte: Senai (1997)

2.4 LUBRIFICAÇÃO

Somente após a aplicação e avaliação de desempenho, a qualidade de um lubrificante pode ser determinada. A composição química do lubrificante, que é

derivado do petróleo bruto, influenciará seu desempenho. (BELMIRO E CARRETEIRO, 2006).

A lubrificação nas indústrias busca a total capacidade de funcionamento dos equipamentos, com o objetivo de atender a produção de maneira segura, adequada evitando altos custos (KARDEF;NASCIF, 2009).

O desgaste de peças pelo atrito é muito comum em máquinas com componentes não lubrificados, ou mesmo mal lubrificados, a ação de lubrificar permite que uma camada se interponha dentre as superfícies evitando o contato direto e assim consequentemente evitando avarias nas peças. O lubrificante é um produto químico que atua como um amortecedor entre duas superfícies, reduzindo a resistência ao movimento (MEDEIROS, 2010).

A seleção de lubrificantes é fundamental para atingir os objetivos; uma má seleção de lubrificante pode resultar em desgaste de componentes, corrosão acelerada em componentes e aumento de temperatura devido ao atrito, entre outras coisas. Os lubrificantes derivados de petróleo têm uma ampla gama de aplicações industriais devido à sua capacidade de adesão e qualidades que auxiliam na criação de uma camada lubrificante adequada (ALMEIDA, 2013).

(KARDEF; NASCIF, 2009) cita a lubrificação como maneira de manutenção preventiva, buscando reduzir ou evitar a quebra de equipamentos, seguindo um cronograma definido com intervalos de tempo de ação. A lubrificação industrial então vem como uma das principais ações da manutenção preventiva, buscando assim paradas de equipamento de maneira inesperada.

(ALMEIDA, 2013) divide a lubrificação de modo generalizado, com exceções de casos, mas principalmente em duas principais categorias, a lubrificação limite e a lubrificação plena.

2.4.1 LUBRIFICAÇÃO LIMITE

Quando existe uma camada muito fina de lubrificante, é chamada de lubrificação de limite. É, em outras palavras, uma camada protetora entre as superfícies que marca a transição do atrito seco para a lubrificação hidrodinâmica (PURQUÉRIO; 1998).

Devido à pequena margem de tolerância a erros e falta de lubrificação nas superfícies, a lubrificação limite, também conhecida como lubrificação restrita, é

controlada pelos operadores e deve ser devidamente documentada e realizada dentro dos prazos estipulados pelo planejamento de lubrificação da máquina.

2.4.2 LUBRIFICAÇÃO PLENA

A lubrificação plena, que geralmente é utilizada em superfícies deslizantes, possui uma camada de lubrificação mais espessa que permite que o fluido lubrificante se espalhe por todo o sistema e todas as peças compostas. Como a resistência do fluido é menor que as forças de cisalhamento, as forças de atrito do sistema são praticamente nulas (ALMEIDA, 2013).

(ALMEIDA; 2013) considera a viscosidade o aspecto mais significativo nesta abordagem de lubrificação, pois a viscosidade determina a espessura necessária para lubrificação do sistema, evitando o desgaste, pois as superfícies nunca estão em contato devido à espessa camada de lubrificante.

2.5 TIPOS DE ÓLEO LUBRIFICANTE

Na lubrificação os principais tipos de lubrificantes são divididos em quatro classificações: pastosos, líquidos, sólidos e gasosos. Estas divisões que são feitas baseadas no estado físico dos mesmos.

2.5.1 GRAXAS

Os pastosos, mais popularmente conhecidos por graxas, são os mais comuns na indústria, devido a sua versatilidade de aplicação em componentes mecânicos, capazes de proteger as máquinas tanto com velocidades, temperaturas e forças aplicadas nos componentes, além de ser o mais resistente a poeiras e sujeiras.

Carreteiro e Moura (1998) citam as graxas como excelentes lubrificantes para mancais de rolamentos devido a vários fatores, incluindo boa retenção, lubrificação instantânea na partida, vazamento mínimo, uso de mancais selados, eliminação de contaminação, operação em várias posições, aplicações menos frequentes e baixo consumo de lubrificante.

Segundo Cosseau (2013) a constituição mais comum das graxas é de 65% a 95% de óleo base, 5% a 35% de óleo espessante e 0 a 10% de aditivos. Esses valores de composição proporcionam a vantagem da graxa sobre o óleo lubrificante. Onde a possibilidade de alteração do comportamento do lubrificante, permitindo que não sofra

de maneira fácil escoamento a baixa tensão e também que não escoe facilmente a altas tensões, garantindo um bom escoamento com baixo atrito.

As graxas são comumente usadas em componentes onde o escoamento dos óleos torna não possível a sua utilização, como caixas de engrenagens abertas como mostra a figura 3 abaixo. As graxas são fortemente usadas também em ambientes com sujeiras, ou onde componentes precisam ser vedados para a proteção contra essas sujeiras (CARRETEIRO E MOURA, 1998).

Figura 3: Engrenagens lubrificadas com graxa



Fonte: Direct Industry (2021)

O conhecimento das propriedades da graxa é fundamental para a escolha de lubrificação nos equipamentos da empresa, cada graxa pode atingir uma necessidade especial, conforme citado acima.

As principais características analisadas de uma graxa são medidas através de:

- **Consistência da Graxa** - O grau em que um material plástico resiste à deformação quando submetido a uma força é definido por consistência. Para graxas lubrificantes, a consistência é uma medida de dureza ou suavidade relativa que se relaciona com as propriedades de fluxo e distribuição. No Brasil, a consistência é medida usando a ASTM D 217, Cone de penetração em graxa lubrificante, e é frequentemente relatada em termos de classificação NLGI. O teste do cone de penetração permite o cálculo da consistência demais da amostra ser submetida a 60 golpes duplos na unidade ASTM de trabalho de graxa em temperatura definida

de 25°C. Após preparação da graxa, o cone do penetrômetro é solto e consequentemente afunda na graxa devido a seu peso durante 5 segundos. A medição da profundidade de penetração do cone é feita em décimos de milímetros. A maciez da graxa e o resultado de penetração são diretamente proporcionais a penetração do cone na graxa (MOBIL, 2009).

A figura 4 mostra a tabela de classificação NGLI.

Figura 4: Tabela de Classificação NGLI

Classificação de Consistência NLGI	Faixa de penetração (1/10 mm)		Descrição
000	445	475	Fluida
00	400	430	Semifluida
0	355	385	Muito fluida
1	310	340	Macia
2	265	295	Média
3	220	250	Intermediária dura
4	175	205	Dura
5	130	160	Muito dura
6	85	115	Bloco

Fonte: Mobil (2009)

- Ponto de Gota – O ponto de gota, demonstrado na figura 5 abaixo, é o ponto específico de temperatura em que a graxa lubrificante começa a se tornar líquida, em outras palavras, começa a gotejar. O ensaio utilizado é o ASTM D-566. A temperatura do ponto de gota é diretamente relacionada ao espessante usado na mistura da graxa. Elevados pontos de gota acima de 240°C são mais comumente encontrados em graxas de complexo de lítio, cálcio, alumínio, poliureia, no entanto temperaturas

menores são encontradas em graxas mais comuns de lítio (180°C), cálcio (180°C) e sódio (120°C) (MOBIL, 2009).

Figura 5: Determinação do ponto de gota



Fonte: Mobil (2009)

2.5.2 ÓLEOS

Os lubrificantes líquidos aparecem mais em componentes que exigem uma alta performance por serem lubrificantes de baixa viscosidade, são eficientes em velocidade elevada e forças elevadas. Almeida (2017) classifica os óleos em quatro categorias, a partir da sua origem, são as seguintes: óleos minerais, óleos vegetais, óleos animais e óleos sintéticos.

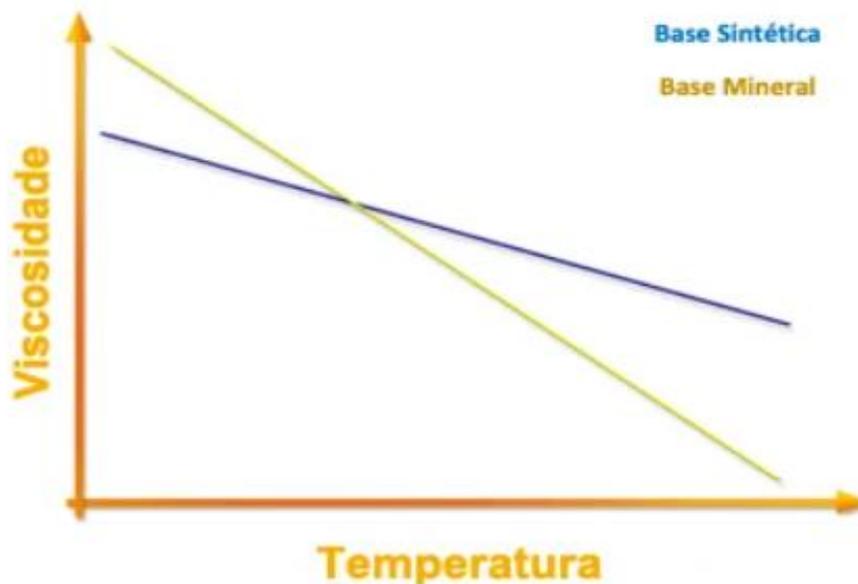
Óleos Minerais são resultados da combinação de aditivos e óleos provindos da extração do petróleo, são os mais comuns na indústria. As propriedades dos óleos minerais são provenientes das propriedades do óleo inicial e dos processos nas refinarias (CARRETEIRO e MOURA, 1998). Os óleos vegetais e animais podem ser resumidos a óleos graxos, os mesmos não são frequentemente usados em lubrificação de componentes devido a sua alta taxa de oxidação, o que pode acarretar em severos problemas. A sua utilização é devido a sua alta capacidade de aderência a metais (CARRETEIRO e MOURA, 1998).

Já os óleos sintéticos, oriundos da necessidade de aperfeiçoamento das capacidades já existentes, devido a condições diferentes e extremas em que se chegam os componentes, são oriundos de sínteses químicas, que permitem ao óleo, uma melhor capacidade de lubrificação, com menor esforço, menores temperaturas e baixo atrito gerado (CARRETEIRO e MOURA, 1998).

Dentre as principais propriedades dos óleos está a viscosidade, unidade que referencia quanto um fluido resiste ao escoamento (cisalhamento), óleos menos viscosos são mais propícios ao escoamento, por serem mais “líquidos”, já óleos mais viscosos tendem a serem mais densos, com menos facilidade de escoamento (CARRETEIRO E MOURA, 1998).

Na figura 6 é possível analisar a variação dos óleos baseado na comparação viscosidade versus temperatura.

Figura 6: Viscosidade x Temperatura



Fonte: Motul Expert (2022)

Ainda em óleos lubrificantes podem ser acrescentados aditivos, para aprimoramento das propriedades do óleo, seja reforçando ou reduzindo os efeitos. São comuns dois tipos de aditivos, aqueles que modificam características físicas e os que tem efeito de natureza química (CARRETEIRO e MOURA, 1998).

Dentre os aditivos mais utilizados nos óleos lubrificantes, temos: Antioxidantes, Inibidores de ferrugem e corrosão, Detergentes, Dispersantes, Antiespumantes,

Agentes Antidesgaste, Aditivos de Extrema Pressão, Melhorador de Índice de Viscosidade e Diminuidores do Ponto de Fluidez (ENGELUB, 2021).

Menos comuns, porém presentes na indústria, temos ainda os lubrificantes sólidos, que são utilizados em situações de força extrema, onde haverá um alto índice de atrito. E por último, temos os lubrificantes gasosos, que são usados em componentes de baixa carga onde é exigida uma alta precisão entre os componentes, o que demanda uma camada fina de lubrificação (ALMEIDA, 2017).

2.6 MÉTODOS DE LUBRIFICAÇÃO

Os sistemas de lubrificação são baseados no tipo de lubrificante (óleo ou graxa), a quantidade de lubrificante a ser usado na máquina e a viscosidade do lubrificante (ABECOM, 2021).

Os sistemas de lubrificação também dependem da seleção de equipamentos para fornecer lubrificação adequada, evitar excesso ou insuficiência de lubrificante e prolongar a vida útil dos componentes (ABECOM, 2021).

- Lubrificação por gravidade
- Lubrificação por capilaridade
- Lubrificação por salpico
- Lubrificação por imersão
- Lubrificação forçada

2.7 LUBRIFICAÇÃO INDUSTRIAL

A lubrificação dos componentes é fundamental para o bom funcionamento dos equipamentos industriais, dentre os principais componentes na indústria estão as engrenagens, mancais, rolamentos, dentre outros. Estes componentes que inclusive, não recebem todos a mesma forma de lubrificação, cada um tem sua necessidade específica de acordo com o funcionamento e utilização.

Dentre as possibilidades de lubrificação dos componentes, existem a lubrificação industrial total, a lubrificação limite e a lubrificação mista (SENAI, 2008).

A lubrificação total se baseia no fato onde a camada protetora de lubrificante sobrepõe completamente as superfícies dos componentes, evitando o contato direto

entre os mesmos, tornando nulos os efeitos reais de atrito na peça. A lubrificação limite possui uma camada mais compacta de lubrificação, onde o atrito estará presente em algum movimento dos componentes.

Por fim a lubrificação mista se baseia nos formatos anteriores de maneira conjunta, onde em partes da máquina há uma película fina de lubrificação e no momento em que é exigida uma velocidade maior da máquina, os componentes sofrem uma pressão separando as partes evitando o atrito (SENAI, 2008).

Os lubrificantes são fundamentais devido a sua excelente capacidade de proteger os equipamentos dos danos causados por atrito, oxidação, corrosão, temperaturas altas, dentre outros.

2.7.1 LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS

A lubrificação de rolamentos é dividida em lubrificação por óleo ou lubrificação por graxa, a escolha do processo em si, depende totalmente da necessidade do equipamento.

A lubrificação por óleo facilita a velocidade de movimento, possui uma alta eficiência no controle de temperatura, além da fluidez que possui. Porém não é adequada em lugares com muita sujeira ou de difícil manutenção. A limpeza do lubrificante se faz totalmente necessário para a longevidade dos componentes (CARRETEIRO E BELMIRO, 2006).

Já a lubrificação por graxa possui um simples sistema de vedação, sem necessitar de extrema limpeza, o que facilita o cuidado e proteção aos rolamentos. Porém não é indicada para altas velocidades e para controle de temperatura. Na figura 7 é possível ver a aplicação de graxa em um rolamento.

Figura 7: Lubrificante de graxa em rolamento



Fonte: Abecom (2020)

2.7.2 LUBRIFICAÇÃO DE MANCAIS

Entre o mancal de deslizamento e o eixo há uma folga, mesmo que internamente do mancal exista uma bucha, essa folga é prevista e é preenchida pelo lubrificante, no caso dos mancais, o óleo, que forma uma camada protetora, também denominada por película (ALMEIDA, 2018)

A camada de lubrificação do mancal quando está parada, é suficiente para iniciar o movimento do eixo sem atrito para danificar as partes, porém a efetividade da camada protetora ocorre quando o movimento se inicia, e o eixo comprime a película protetora, onde com o aumento da rotação entre as peças vai formando o filme de proteção adequado, reduzindo a mínimos impactos o desgaste e o atrito (ALMEIDA, 2018).

2.7.3 LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS

O conjunto de rodas dentadas que realizam a transmissão de potência, é chamado de conjunto de engrenagens, que possuem ao menos 2 engrenagens, onde a com maior número de dentes é chamada coroa, e a com menor pinhão (CARRETEIRO E BELMIRO, 2006).

O movimento gerado pelo conjunto é misto, deslizamento e rolamento, que permitem a transmissão de movimento entre eixos, permitindo a transferência de elevados valores de força e potência nos componentes (QUEIJO, 2017).

A lubrificação de conjuntos de engrenagens dividida por Carreteiro e Belmiro, 2006, é feita de duas maneiras distintas, o conjunto de engrenagens em caixa fechada e o conjunto de engrenagens abertas.

2.7.3.1 LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS FECHADAS

A lubrificação de engrenagens em caixa fechada é feita considerando diversos fatores como os tipos de engrenagens, a temperatura de serviço, o grau de redução de potência, a contaminação dentre outros. De modo geral, são divididas em duas principais maneiras, a lubrificação por circulação e a lubrificação por salpico (CARRETEIRO E BELMIRO, 2006).

A lubrificação por salpico acontece ao ponto em que a coroa (a engrenagem maior) entra no óleo, transfere-o e pulveriza-o no ponto de engrenamento e nos rolamentos. Caso ocorram níveis baixos de lubrificação, ocorrerá distribuição e lubrificação inadequadas; níveis elevados criarão agitação excessiva, consumindo força e gerando calor, resultando em aumento de temperatura, o que afetará a viscosidade do óleo (CARRETEIRO E BELMIRO, 2006).

CARRETEIRO E BELMIRO, 2006 também definem a lubrificação por circulação em dois sistemas, onde em um deles é fornecido o óleo lubrificante no ponto de engrenamento através de uma bomba, que também fornece óleo aos mancais. A filtragem do óleo nesse sistema é bastante útil, dado a manutenção da limpeza do óleo lubrificante para evitar que sujeiras causem desgaste e danos aos componentes.

2.7.3.2 LUBRIFICAÇÃO DE ENGRENAGENS ABERTAS

Alguns sistemas de engrenagens tornam impraticável a aplicação do conjunto em caixa fechada, por motivos de economia ou mesmo praticidade, esses sistemas ficam expostos e são denominados conjuntos de engrenagens abertas.

A lubrificação desse sistema de engrenagens pode ser realizada de modo manual ou automático, sendo sempre necessário a avaliação da quantidade e intervalos entre aplicações no conjunto, onde a falta causará danos assim como o excesso de lubrificante.

Carreteiro e Belmiro citam ainda que “as engrenagens abertas só podem ser lubrificadas de forma intermitente e frequentemente apenas em intervalos regulares,

resultando em finas películas lubrificantes entre os dentes. Uma película aderente é necessária para evitar que seja desalojada por dentes engrenados ou força centrífuga”.

2.8 PLANEJAMENTO DE LUBRIFICAÇÃO

O ponto crucial da gestão da lubrificação industrial é o planejamento de lubrificação, os procedimentos e ações a serem tomadas estão contidas nesse registro, desde os intervalos de lubrificação, modo de aplicação e instruções de segurança.

O planejamento de lubrificação se faz por importante na manutenção preventiva nas indústrias afim de manter os ativos em produção, evitando quebras e reparos que acontecem devido ao atrito e excesso de sujeiras. O plano de lubrificação possui as informações dos maquinários da empresa e dados importantes, como a frequência e a especificação do lubrificante a ser utilizado na máquina, devido a variedade de produtos no mercado e suas funções na manutenção das peças (ALMEIDA, 2017).

Para a elaboração do mesmo, é necessário conhecimento dos pontos principais da máquina (onde existe maior esforço) e dos componentes da mesma, já que certos componentes como rolamentos exigem por conta dos fabricantes uma lubrificação específica para bom funcionamento dos mesmos (ALMEIDA, 2017).

Através de um adequado planejamento de manutenção, é possível alcançar níveis mais elevados de disponibilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, do processo produtivo, com a disponibilidade operacional servindo como um indicador chave de excelência em manutenção e garantia de produtividade (BRANCO FILHO 2005).

Existem pontos cruciais para a elaboração de um plano de lubrificação, entre eles: Definição dos equipamentos a serem lubrificados; Componentes de aplicação nos equipamentos; Identificação dos lubrificantes adequados assim como seus métodos de aplicação; Intervalo entre lubrificações e condição dos equipamentos durante a lubrificação (parados ou em funcionamento) (VIANA 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A primeira ação a ser tomada é a definição de todos os equipamentos que estarão contidos dentro do plano de lubrificação, principalmente todos os pontos que deverão ser lubrificados.

Os equipamentos serão divididos em níveis, para facilitar a identificação dos mesmos de acordo com os processos produtivos da empresa. O primeiro nível será dividido por processo de fabricação da empresa, que conta com 4 linhas de produção.

Abaixo do nível de processo de fabricação, está a identificação dos equipamentos, e então por sequencia temos os componentes de cada equipamento que são os pontos efetivos de lubrificação da máquina.

Na figura 8 é possível identificar os níveis estruturais dos ativos.

Figura 8: Níveis Estruturais dos Ativos



Fonte: Autoria própria (2022)

As máquinas que farão parte do planejamento de lubrificação são todas pertencentes as linhas do processo produtivo de conformação, ficando apenas fora do planejamento de lubrificação as partes do processo de finalização do produto.

As linhas são divididas de acordo com seu produto final específico, onde cada linha tem seus maquinários próprios, sendo independente de outra linha de fabricação. Embora as máquinas sejam as mesmas em todas as linhas de produtos perfilados, as características do produto final das mesmas são diferentes.

3.1 LINHAS DE PRODUÇÃO

No primeiro nível, a divisão se dá através das linhas de produção da empresa, as quais serão divididas da seguinte forma:

Os equipamentos do processo de produção de estruturas metálicas da linha 1 que realiza a produção de perfis perfilados são os seguintes:

Linha 1:

- Desbobinadeira de rolos
- Puncionadeira
- Perfiladeira
- Guilhotina

Os equipamentos do processo de produção de estruturas metálicas da linha 2 que também realiza a produção de perfis perfilados são os seguintes:

Linha 2:

- Desbobinadeira de rolos
- Puncionadeira
- Perfiladeira
- Guilhotina

Por fim na linha de perfis perfilados, temos os equipamentos do processo de produção de estruturas metálicas da linha 3:

Linha 3:

- Desbobinadeira de rolos
- Puncionadeira
- Perfiladeira
- Guilhotina

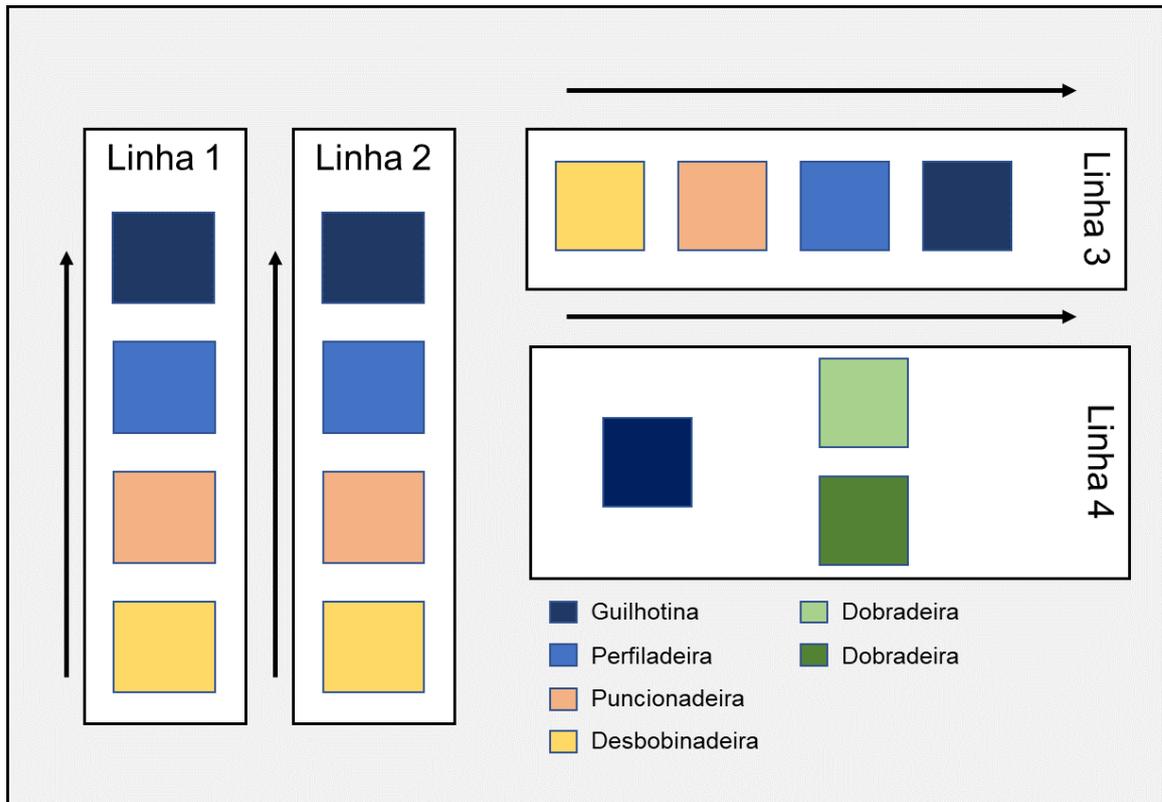
Os equipamentos do processo de produção de estruturas metálicas da linha 1 que realiza a produção de perfis dobrados são os seguintes:

Linha 4:

- Guilhotina Hidráulica
- Dobradeira Hidráulica
- Dobradeira Hidráulica

Um layout demonstrando a ordem das linhas de produção dentro da planta foi feita para melhor identificação das linhas e suas máquinas dentro do planejamento de lubrificação, demonstrado abaixo na figura 9.

Figura 9: Layout das linhas de produção



Fonte: Autoria própria (2022)

3.2 MÁQUINAS LINHA DE PRODUÇÃO

Como citado acima, a fábrica conta com quatro linhas de produção em seu chão de fábrica, três linhas produzindo perfis perfilados e uma linha produzindo perfis dobrados. As linhas que produzem perfis perfilados possuem os mesmos equipamentos, apenas sendo alterado detalhes no produto final, como espessura da chapa do perfil, ou os detalhes puncionados no mesmo.

Nas linhas de produção da empresa, os maquinários utilizados são: a desbobinadeira, puncionadeira, perfiladeira, dobradeira e guilhotina. A empresa recebe a matéria prima em duas formas, chapas de aço de acordo com a necessidade do projeto e bobinas de aço, especificado de acordo com o projeto também.

Para o processo das linhas de perfil perfilado, são utilizadas bobinas de aço. Para que a produção inicie, a bobina de aço é colocada na desbobinadeira, que “desenrola” o aço para que o mesmo siga para o próximo passo na produção, a puncionadeira que irá retirar todo o excesso de material que não vai ser utilizado na produção final do produto.

Já na linha de perfil dobrado, o processo é iniciado na guilhotina hidráulica, que garante o formato desejado a ser levado para a conformação na prensa dobradeira, onde o processo é finalizado.

Cada máquina tem sua importante função no processo de preparação, onde se apenas uma falhar, o processo produtivo será interrompido.

3.2.1 DESBOBINADEIRA

A desbobinadeira como citado acima, é um equipamento que cumpre a função de esticar as bobinas de aço, a ação pode ser manual ou automática, dependendo da máquina. A desbobinadeira é utilizada para planificar e endireitar as bobinas para os seguintes processos.

3.2.2 PUNCIÓNADEIRA

A puncionadeira, também podendo ser chamada de prensa estampadeira, é a máquina que realiza o processo de estampagem nas chapas de aço, fazendo cortes e formas geométricas desejados no material.

As puncionadeiras funcionam como prensas, porém são mais versáteis quanto a seu uso e a capacidade de fabricação, diferente das prensas, as puncionadeiras não precisam de um estampo, podem realizar os formatos desejados com os detalhes de perfuração através da matriz e da punção.

O seu funcionamento se dá pela força de compressão da punção na chapa metálica, realizando uma força de corte (cisalhante) causando a ruptura no material e obtendo o formato desejado.

3.2.3 PERFILADEIRA

A perfiladeira, como seu próprio nome já diz, cria perfis nas chapas, através da dobra das chapas das mais diversas formas, como calhas, estruturas para estantes de aço, lâminas para portas, dentre outros.

A operação da perfiladeira ocorre através da dobra sutil sequente, em que a chapa vai sendo conformada ao passar por cilindros que vão definindo o formato desejado pelo fabricante. Os cilindros são movimentados através do funcionamento do conjunto de engrenagens que são ligadas a um motor redutor.

3.2.4 GUILHOTINA HIDRÁULICA

A guilhotina hidráulica, pertencente a linha que faz o trabalho com chapas metálicas, realiza o processo de corte das chapas nas medidas.

A máquina utilizada pela empresa, é uma máquina da Braffemam, do modelo GH3040 demonstrada na figura 10.

Figura 10: Guilhotina hidráulica Braffemam



Fonte: Autoria própria (2022)

3.2.5 DOBRADEIRA

A dobradeira, chamada de prensa dobradeira é utilizada para a conformação de placas metálicas em perfis metálicos, para as estruturas desejadas. As máquinas contam com perfis em U ou em V, dependendo da curvatura desejada.

3.3 COMPONENTES A SEREM LUBRIFICADOS

A partir da análise e captação de dados de todos os maquinários da empresa, foi feita a seleção dos componentes a fazerem parte do planejamento de lubrificação, seguindo a divisão dos níveis para facilitar a lubrificação dos mesmos.

Para mais fácil análise dos componentes, foi anotado de acordo com seu nome usual na fábrica, além disso, a quantidade de componentes foi anotada juntamente aos dados para identificação de quantos pontos de lubrificação cada máquina possui. Os componentes selecionados foram identificados através de nomenclatura seguindo a ordem de suas linhas, sua máquina e o componente propriamente dito.

Na tabela 1 é possível observar todos os componentes identificados durante a captação de dados nas linhas de produção da empresa.

Tabela 1: Listagem dos ativos que farão parte do plano de lubrificação

Área	Linha	Equipamento	Componente	Quantidade
Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Rolamento	2
Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Mancal	2
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Guia do Martelo	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Biela	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha de Bronze	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do volante	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	4
Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Parafuso Esférico	4
Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Engrenagem	20
Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Mancal	8
Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Guias	2
Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1
Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Rolamento	2

Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Mancal	2
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Guia do Martelo	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Biela	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha de Bronze	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do volante	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	4
Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Parafuso Esférico	4
Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Engrenagem	16
Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Mancal	6
Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Guias	2
Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1
Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Rolamento	2
Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Mancal	2
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Guia do Martelo	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Biela	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha de Bronze	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do volante	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1
Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	4

Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Parafuso Esférico	4
Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Engrenagem	24
Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Mancal	10
Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Guias	2
Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1
Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Guias	4
Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1
Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Conjunto Hidráulico	1
Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Guia	2
Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Buchas das esferas	4

Fonte: Aatoria própria (2021)

3.4 SELEÇÃO DE LUBRIFICANTES

Após analisados os equipamentos e seus componentes, assim como seus pontos a serem lubrificados, dividiu-se os lubrificantes em três tipos:

- Lubrificação com graxa
- Lubrificação com óleo lubrificante
- Lubrificação com óleo hidráulico

Os lubrificantes selecionados já constam no almoxarifado da empresa para atividades de lubrificação em todos os setores da empresa. Os lubrificantes utilizados são listados na Tabela 2.

Tabela 2: Lubrificantes utilizados

Categoria	Lubrificante
Graxa	Graxa à base de lítio NLGI 2
Óleo Lubrificante	Óleo ISO VG 140
Óleo Hidráulico	Óleo ISO VG 68

Fonte: Aatoria própria (2022)

3.5 INTERVALOS DE LUBRIFICAÇÃO

Após a seleção dos lubrificantes para cada máquina e componente em específico, o intervalo de lubrificação dos mesmos deve ser definido.

Para aqueles componentes em que o fabricante das máquinas já havia recomendado o intervalo de lubrificação e foi satisfatório, seguiu-se assim, para aqueles em que não havia a recomendação, foi se definido através da literatura.

Os intervalos de lubrificação a graxa das engrenagens das perfiladeiras por recomendação dos fornecedores recebem lubrificação semanal. O método de lubrificação é através da aplicação manual com pincel.

Os intervalos de lubrificação dos itens das punctionadeiras e guilhotinas hidráulicas, já instruídos pelos fornecedores foram seguidos. Na figura 11 é possível observar uma placa com informações de lubrificação das punctionadeiras.

Figura 11: Informações sobre lubrificação das punctionadeiras

PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO				TIPO	FREQUÊNCIA	APLICAÇÃO
GUIA DO MARTELO- BIELA, BUCHA DE BRONZE DO CORPO				●	4 h	PISTOLA
ROLAMENTO DO VOLANTE, ENGENHAGEM E UNIÃO ROTATIVA					1200 h	
ROLAMENTO DO EIXO INTERMEDIÁRIO					600 h	
BUCHA EXCÊNTRICA					200 h	
SISTEMA CENTRALIZADO À GRAXA				◐	NÍVEL DO RESERVATÓRIO	AUTOMÁTICA
SISTEMA PNEUMÁTICO						
ENGENHAGEM / PINHÃO				▼	1200 h	PINCEL
PARAFUSO ESFÉRICO				■	50 h	ALMOFOLA
TIPO	SHELL	ESSO	PETROBRAS			
●	ALVANIA EP-1	BEACON EP-1	LUB. IND. GMA 1; EP			
◐	TELLUS 32	NUTO H 32	LUB. IND. CL 45 - DF			
▼	CARDIUM COMPOUND H	SURETT U 80 - K	LUB. IND. GBA 300			
■	VITREA 100	NURAY 100	LUB. IND. CL - 68			

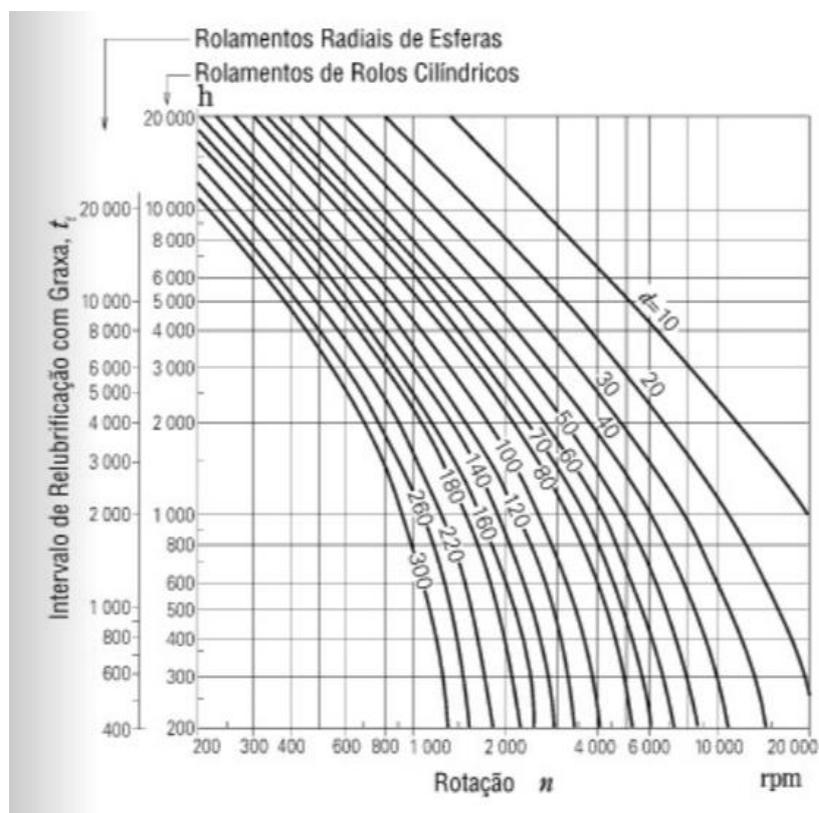
Fonte: Autoria própria (2022)

Nas desbobinadeiras, a lubrificação dos componentes raramente havia sido feita, o fato da máquina trabalhar em baixa rotação, devido a velocidade de trabalho

da linha de produção, que acaba sendo limitada pela puncionadeira e pela perfiladeira, pode ter auxiliado a durabilidade dos seus componentes.

Como os rolamentos operam em baixa rotação, por indicação da NSK, como mostra a figura 12, os intervalos de lubrificação ficam em torno de 20.000 horas. Porém em análise com o gestor da planta, pontuou-se o fato de sujeiras que podem interferir no funcionamento do maquinário e partindo disso, o intervalo de lubrificação ficou em 4 meses.

Figura 12: Intervalo de Relubrificação de rolamentos.



Fonte: NSK (2021)

Para a prensa dobradeira, no presente momento da aplicação do trabalho, a lubrificação e manutenção do equipamento, ainda se encontra por responsabilidade da fabricante, por estar dentro da garantia. Porém, ao questionar, foi citados os intervalos de lubrificação para cada parte da máquina.

Para a primeira prensa dobradeira, o intervalo de troca do óleo hidráulico e limpeza do reservatório, foi de 2.000 horas de trabalho. A lubrificação das guias, é feita com graxa através da pistola, sendo aplicado a cada 250 horas.

Tabela 3: Intervalos de lubrificação dos ativos

Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência
1	Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses
2	Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Mancal	4 meses
3	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia
4	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Biela	2x ao dia
5	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia
6	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses
7	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses
8	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses
9	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês
10	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses
11	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias
12	Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana
13	Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Mancal	1 semana
14	Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana
15	Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano
Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência
16	Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses
17	Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Mancal	4 meses
18	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia
19	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Biela	2x ao dia
20	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia
21	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses
22	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses
23	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses
24	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês
25	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses
26	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias

27	Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana
28	Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Mancal	1 semana
29	Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana
30	Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano
Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência
31	Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses
32	Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Mancal	4 meses
33	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia
34	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Biela	2x ao dia
35	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia
36	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses
37	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses
38	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses
39	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês
40	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses
41	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias
42	Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana
43	Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Mancal	1 semana
44	Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana
45	Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano
Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência
46	Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana
47	Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano

Fonte: Autoria própria (2022)

3.6 ELABORAÇÃO DO PLANEJAMENTO DE LUBRIFICAÇÃO

Definidos os parâmetros necessários, o planejamento de lubrificação deve ser elaborado. O plano de lubrificação é composto da linha de produção da empresa, assim como a linha, a máquina, o componente em si, então os detalhes de

lubrificação, como o lubrificante a ser utilizado, o método de aplicação (ferramenta), e o intervalo de lubrificação.

O plano possui os mais diversos intervalos de lubrificação, desde diário até anual. Portanto, para melhor análise, o plano foi dividido de maneira semanal, onde todas as atividades poderão ser vistas e seguidas de acordo com a sua frequência. Cada atividade representará um ponto de lubrificação da máquina, e será representada em uma linha respectiva.

O cronograma facilita grandemente o controle dos vários pontos de lubrificação da empresa citados acima, sendo identificado por máquina e linha. O controle de lubrificação dos pontos, será de responsabilidade do manutentor da planta com acompanhamento do gerente de produção.

O software utilizado para a elaboração do plano de lubrificação foi o Microsoft Excel, no qual consta uma planilha com os dados necessários para a identificação das máquinas e semanas para cada ativo em específico.

As tabelas foram separadas por linhas e constam nos apêndices deste trabalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os estudos realizados no trabalho, pode se afirmar que o objetivo proposto neste trabalho fora concluído. A elaboração do plano de lubrificação da empresa contemplando suas máquinas e pontos específicos, modelo de lubrificante e intervalo entre lubrificações dos componentes foram definidos.

Ao ponto em que o plano de lubrificação for aplicado, custos com manutenções não planejadas, excesso de lubrificação e outras atividades não conformes terão seu custo e frequência reduzida.

Considerando que a atividade de lubrificação está definida em semanas dentro do plano, as atividades de lubrificação, se tornam muito práticas e facilmente controladas.

Para que a atividade seja concluída com êxito, é fundamental por parte dos participantes da atividade, os manutentores e principalmente os gestores, executarem o plano em sua totalidade, incluindo análises semanais dos componentes no momento da ação preventiva para garantir a eficácia do plano de lubrificação.

5 REFERÊNCIAS

- ABECOM. **Lubrificação Industrial Mecânica**. Fev. 2021 Disponível em: <<https://www.abecom.com.br/lubrificacao-industrial-mecanica/>> Acesso em 15 fev. 2022
- ALMEIDA, Paulo Samuel. *Gestão da Manutenção: aplicada às áreas industrial, predial e elétrica*. São Paulo: Erica, 2017. 152p.
- ALMEIDA, Paulo Samuel. *Lubrificação Industrial – Tipos e métodos de lubrificação*. São Paulo: Erica, 2018. 244p.
- ALMEIDA, Márcio Tadeu de. *Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade*. Itajubá: 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5462: confiabilidade e maneabilidade. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1994.
- ENGELUB. **Aditivos Lubrificantes**. Mar 2021. Disponível em: <https://blog.engelub.com.br/aditivoslubrificantes> Acesso em 22 mar. 2022
- FILHO, Gil Branco. *Planejamento e controle de manutenção: Curso de Planejamento e Controle de Manutenção*. 2005, ABRAMAN.
- CARRETEIRO, R.P., BELMIRO P.N.A., *Lubrificantes Andamp; Lubrificação Industrial*. Editora Interciência, Rio de Janeiro – 2006
- CARRETEIRO, R. P.; MOURA, C. R. S. *Lubrificantes e lubrificação*. São Paulo: Makron, 1998
- COSSEAU, Tiago. *Film thickness and friction in grease lubricated contacts. Application to rolling bearing torque loss*. 2013
- GUIMARÃES, J.E. *Escola Técnica Estadual República, Coordenação de Mecânica*. 2005.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. *Manutenção: função estratégica*. 3. Ed. Rio de Janeiro: Luís, 2009
- KARDEC, A.; NASCIF, J. *Manutenção - Função estratégica*. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2013.
- MEDEIROS, Suelson Diógenes de França – *Análise tribológica de um sistema de acionamento alternativo de PIGS para a Indústria do Petróleo*. 127 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2010.
- MOBIL. **Graxa - Seus Componentes e Características**. 2021. Disponível em: < <https://www.mobilindustrial.com.br/media/3041/graxas-seus-componentes-e-caracteristicas.pdf>> Acesso em 25 fev. 2022
- NSK. *Catálogo geral: Rolamentos*. Jun. 2013. Disponível em: . Acesso em: 20 abr. 2022.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. *Manutenção – Função Estratégica*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PURQUÉRIO, Benedito de Moraes – Tribologia – II Lubrificantes – 44 p.
Universidade do Estado de São Paulo – São Carlos, 1998.

QUEIJO, João Pedro Pinto - Lubrificação de Equipamentos: Plano de manutenção preventiva numa indústria de mobiliário. 141 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia – Universidade do Porto – 2017.

SENAI(Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional) ,apostila,2008.

SOUZA, Valdir Cardoso. Organização e Gerência da Manutenção Planejamento, Programação e Controle da Manutenção. 3ª Ed, revisada. São Paulo: All Print, 2009. 285 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012

APÊNDICE A - Quadro com Informações de Lubrificação da Linha 01

Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência	Tipo de Lubrificante	Ferramenta Utilizada
1	Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
2	Conformação	Linha 01	Desbobinadeira	Mancal	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
3	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
4	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Biela	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
5	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
6	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
7	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
8	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
9	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
10	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
11	Conformação	Linha 01	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias	Óleo ISO VG 140	Pistola
12	Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
13	Conformação	Linha 01	Perfiladeira	Mancal	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
14	Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
15	Conformação	Linha 01	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano	Óleo ISO VG 68	Completar Reservatório

APÊNDICE B - Cronograma de Lubrificação da Linha 01

APÊNDICE C - Quadro com Informações de Lubrificação da Linha 02

Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência	Tipo de Lubrificante	Ferramenta Utilizada
16	Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
17	Conformação	Linha 02	Desbobinadeira	Mancal	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
18	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
19	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Biela	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
20	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
21	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
22	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
23	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
24	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
25	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
26	Conformação	Linha 02	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias	Óleo ISO VG 140	Pistola
27	Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
28	Conformação	Linha 02	Perfiladeira	Mancal	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
29	Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
30	Conformação	Linha 02	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano	Óleo ISO VG 68	Completar Reservatório

APÊNDICE D - Cronograma de Lubrificação da Linha 02

APÊNDICE E - Quadro com Informações de Lubrificação da Linha 03

Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência	Tipo de Lubrificante	Ferramenta Utilizada
31	Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Rolamento	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
32	Conformação	Linha 03	Desbobinadeira	Mancal	4 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
33	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Guia do Martelo	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
34	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Biela	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
35	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha de Bronze	2x ao dia	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
36	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do volante	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
37	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
38	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Rolamento do eixo intermediário	3 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
39	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Bucha Excêntrica	1 mês	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
40	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Engrenagem Pinhão	6 meses	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
41	Conformação	Linha 03	Puncionadeira	Parafuso Esférico	2 dias	Óleo ISO VG 140	Pistola
42	Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Engrenagem	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pincel
43	Conformação	Linha 03	Perfiladeira	Mancal	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
44	Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
45	Conformação	Linha 03	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano	Óleo ISO VG 68	Completar Reservatório

APÊNDICE F - Cronograma de Lubrificação da Linha 03

APÊNDICE G -Quadro com Informações de Lubrificação da Linha 04

Ponto	Área	Linha	Equipamento	Componente	Frequência	Tipo de Lubrificante	Ferramenta Utilizada
46	Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Guias	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
47	Conformação	Linha 04	Guilhotina Hidráulica	Conjunto Hidráulico	1 ano	Óleo ISO VG 68	Completar Reservatório
48	Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Conjunto Hidráulico	1 ano	Óleo ISO VG 68	Completar Reservatório
49	Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Guia	1 semana	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola
50	Conformação	Linha 04	Prensa Dobradeira	Buchas das esferas	1 mês	Graxa à base de lítio NLGI 2	Pistola

APÊNDICE H - Cronograma de Lubrificação da Linha 04

