

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
CAMPUS AVANÇADO ARCOS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Aisten Avelino de Ávila

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA MOAGEM DE CIMENTO
EM UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA**

Arcos-MG
2023

AISTEN AVELINO DE ÁVILA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PARA MOAGEM DE CIMENTO
EM UMA INDÚSTRIA CIMENTEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Avançado Arcos, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Me. Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana

Arcos-MG
2023

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Avançado Arcos

A958e Ávila, Aisten Avelino de.

Elaboração de um plano de lubrificação para moagem de cimento em uma indústria cimenteira / Aisten Avelino de Ávila. - Arcos, 2023.

44 p. : il. color.

Orientador: Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica.) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Avançado Arcos*.

1. Lubrificação. 2. Indústria cimenteira. I. Viana, Luiz Augusto Ferreira de Campos (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Avançado Arcos*. III. Título

CDD 621.89

Catálogo: Meriely Ferreira de Almeida - CRB-6/2760



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Avançado Arcos

Diretoria de Ensino

Docentes Área Técnica

Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG

3733515173 - www.ifmg.edu.br

Ata de Defesa de TCC do Curso de Bacharelado em
Engenharia Mecânica, realizada em 05 de dezembro de
2023

Aos cinco dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e três, às treze horas e trinta minutos, se reuniu a banca avaliadora composta pelo Professor João Victor Costa, Professor Me. Maurício Lourenço Jorge e Professor Me. Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana (orientador), para avaliar o trabalho intitulado “**Elaboração de um plano de lubrificação para moagem de cimento em uma indústria cimenteira**”, apresentado pelo aluno **Aisten Avelino de Ávila**, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “aprovado”, sendo atribuída uma nota final de 85 pontos. A verificação das modificações sugeridas pela banca são de responsabilidade do orientador. Nada mais havendo a tratar, a defesa foi encerrada quatorze horas e vinte e cinco minutos e eu, Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 05 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Augusto Ferreira de Campos Viana, Professor**, em 05/12/2023, às 14:27, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **João Victor Costa, Professor Substituto**, em 05/12/2023, às 14:28, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 05/12/2023, às 14:41, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1761093** e o código CRC **EC21E188**.

23808.001075/2022-31

1371801v1

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos colegas e servidores do IFMG *campus* Arcos que fizeram parte desta trajetória. Agradeço aos amigos e familiares, especialmente aos meus pais, que sempre me ajudaram durante todo o curso, e acreditaram na minha capacidade de me tornar Engenheiro Mecânico.

RESUMO

A indústria cimenteira, conhecida por sua complexidade operacional, possui diversos processos, destacando-se a moagem de cimento. A lubrificação adequada de rolamentos emerge como estratégia fundamental para operação eficaz dos equipamentos, evitando paradas não programadas e elevados custos de reparo. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é desenvolver um plano de lubrificação específico para os equipamentos envolvidos no processo de moagem de cimento em uma indústria cimenteira. Foi realizado um levantamento abrangente de todos os equipamentos, seus componentes e os pontos de lubrificação relevantes, considerando informações como velocidade e temperatura de operação, tipos e tamanhos de mancais e rolamentos, bem como os locais de instalação. Com base nesses dados, foram estabelecidos e dimensionados os parâmetros essenciais para o plano de lubrificação, incluindo seleção do tipo de lubrificante, quantidade necessária, frequência adequada de lubrificação, método a ser empregado, ferramentas apropriadas e condições de operação dos equipamentos. Em síntese, conclui-se que o plano de lubrificação proposto poderá garantir maior vida útil de equipamentos e itens de consumo (como os rolamentos), culminando em melhor eficiência operacional.

Palavras chave: Lubrificação, indústria cimenteira, moagem de cimento.

ABSTRACT

The cement industry, known for its operational complexity, has several processes, including cement grinding. Adequate bearing lubrication appears as a fundamental strategy for the effective operation of equipment, avoiding unscheduled downtime and high repair costs. In this sense, the objective of this work is to develop a specific lubrication plan for the equipment involved in the cement grinding process in a cement industry. A comprehensive survey of all equipment, its components and relevant lubrication points was carried out, considering information such as operating speed and temperature, types and sizes of bearings and bearings, as well as installation locations. Based on this data, the essential parameters for the lubrication plan were defined and dimensioned, including selection of the type of financing, required quantity, appropriate lubrication frequency, method to be used, detailed tools and equipment operating conditions. In summary, it is concluded that the proposed lubrication plan can guarantee a longer useful life of equipment and consumable items (such as bearings), culminating in better operational efficiency.

Keywords: Lubrication, cement industry, cement grinding.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do cimento.	13
Figura 2 – Fluxograma do processo de moagem de cimento.	15
Figura 3 – Composição de graxas.	20
Figura 4 – Lubrificação bico graxeiro lateral	26
Figura 5 – Lubrificação bico graxeiro centro	27
Figura 6 – Gráfico paradas de equipamentos por lubrificação em 2023	30
Figura 7 – Gráfico modos de falhas por lubrificação em 2023	31
Figura 8 – Gráfico comparativo consumo mensal de lubrificante entre os planos	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grau de consistência NGLI	21
Tabela 2 – Seleção de graxa básica	24
Tabela 3 – Fatores de correção para intervalos de lubrificação a graxa	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	12
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	Indústria Cimenteira	13
2.1.1	<i>Moagem de cimento</i>	14
2.2	Manutenção na indústria	15
2.3	Lubrificação	17
2.3.1	<i>Óleos lubrificantes</i>	19
2.3.2	<i>Graxas lubrificantes</i>	20
2.3.3	<i>Métodos de lubrificação</i>	21
3	METODOLOGIA	23
3.1	Caracterização da empresa	23
3.2	Definição dos equipamentos e pontos de lubrificação	23
3.3	Coleta de dados técnicos dos equipamentos	23
3.4	Definição dos parâmetros para o plano de lubrificação	23
3.4.1	<i>Definição do lubrificante</i>	24
3.4.2	<i>Quantidade de lubrificante</i>	25
3.4.3	<i>Intervalo de relubrificação</i>	27
3.4.4	<i>Definição do método de lubrificação</i>	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	Elaboração de um cronograma de lubrificação	30
4.2	Análise de falhas por lubrificação	30
4.3	Análise de perdas por lubrificação	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A – DADOS TÉCNICOS EQUIPAMENTOS	37
	APÊNDICE B – CÁLCULO QUANTIDADE DE LUBRIFICANTE	38

APÊNDICE C – CÁLCULO INTERVALO DE LUBRIFICAÇÃO . . .	40
APÊNDICE D – PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO	42
APÊNDICE E – CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO	43
APÊNDICE F – PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PROPOSTO	45

1 INTRODUÇÃO

A indústria cimenteira é conhecida por sua complexidade operacional, com equipamentos robustos e altamente especializados. Entre os diversos componentes críticos que compõem uma instalação cimenteira, os equipamentos presentes na moagem de clínquer desempenham papel fundamental para a produção do cimento. Contudo, a operação eficiente de uma cimenteira depende, em grande parte, de um elemento muitas vezes subestimado, porém essencial: a lubrificação adequada dos equipamentos (SILVA, 2021).

Os altos custos associados à lubrificação em uma indústria cimenteira são frequentemente negligenciados, mas têm impacto significativo nos resultados financeiros. A falta de atenção apropriada à manutenção dos rolamentos na moagem de cimento resulta no aumento gradativo de paradas de equipamentos devido a falhas mecânicas relacionadas à lubrificação inadequada. Essas paradas não programadas não apenas geram custos elevados de reparo, mas também provocam perdas substanciais de produção, afetando diretamente a eficiência e a lucratividade da planta (NESTOR, 2019).

É nesse contexto que se torna fundamental reavaliar e aprimorar os planos de lubrificação existentes. A importância de se criar um novo plano de lubrificação que ajuste a frequência de relubrificação e a quantidade de lubrificante utilizada não pode ser subestimada. Através de uma abordagem mais precisa e estratégica em relação à lubrificação dos rolamentos, mancais e acoplamentos, é possível otimizar a operação, prolongar a vida útil dos equipamentos e reduzir significativamente os custos associados a reparos emergenciais e paradas não planejadas (NESTOR, 2019).

Neste trabalho, será abordada a elaboração de um plano de lubrificação mais eficiente para a moagem de cimento de uma empresa cimenteira, destacando a importância de ajustar a frequência de relubrificação e a quantidade de lubrificante, com o objetivo de maximizar a confiabilidade operacional, minimizar custos e melhorar a competitividade da indústria cimenteira. Esta iniciativa não apenas beneficiará a sustentabilidade financeira da empresa do setor, mas também contribuirá para a redução do impacto ambiental ao minimizar as interrupções não planejadas na produção (CARRETEIRO; MOURA, 1998).

1.1 Justificativa

Em uma indústria, as paradas não programadas de equipamentos impactam diretamente na produção, acarretando custos operacionais indesejados. A manutenção bem planejada e executada é fundamental para evitar essas paradas, assim a revisão das estratégias de manutenção garante maior assertividade na prevenção de possíveis falhas.

Na indústria cimenteira, os equipamentos operam em condições severas, com altas temperaturas, cargas pesadas e ambientes poeirentos. Devido a tais fatores, falhas relacionadas à lubrificação inadequada dos equipamentos são bastante recorrentes (KLUBER, 2023).

Deste modo, este estudo se concentra na análise crítica dos planos de lubrificação aplicados a um moinho de cimento, com intuito de elevar a confiabilidade operacional e reduzir substancialmente os riscos associados às paralisações imprevistas. A elaboração de um novo plano de lubrificação será feita levando em consideração as recomendações do fabricante e as condições específicas de operação dos equipamentos, visando uma maior eficácia das manutenções.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo visa elaborar um plano de lubrificação para a moagem de cimento.

1.2.2 Objetivos Específicos

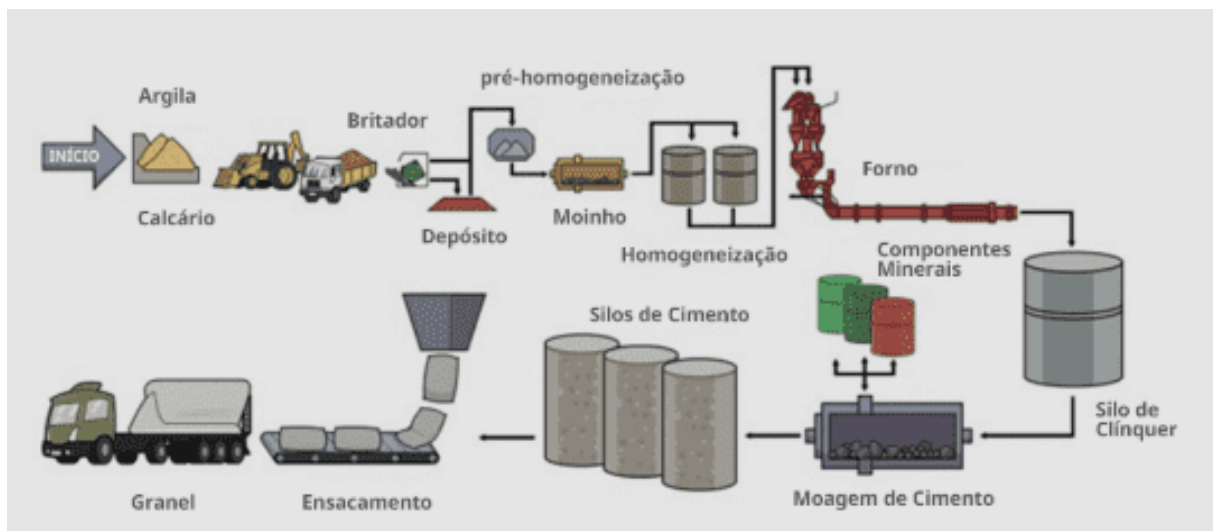
- Pesquisar sobre lubrificação na indústria cimenteira;
- Levantar os componentes que mais falharam por falta ou excesso de lubrificação.
- Definir os equipamentos e planos a serem analisados;
- Elaborar um plano de lubrificação que estabeleça o tipo de lubrificante, o intervalo de relubrificação, a quantidade de lubrificante e o método de aplicação do lubrificante;
- Relacionar falhas com possíveis causas, avaliando os impactos financeiros da implantação do novo plano.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria Cimenteira

A produção de cimento é um processo complexo que consiste em várias etapas e tecnologias. Em resumo, o processo produtivo em uma cimenteira envolve a mineração de matérias-primas, britagem e pré-homogeneização, moagem da mistura de "cru", calcinação da "farinha" ou clínquerização, moagem de clínquer e ensacamento (LIMA, 2011). A Figura 1 descreve detalhadamente o passo a passo do processo de produção do cimento:

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo do cimento.



Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2019).

A primeira etapa do processo é a mineração das matérias primas necessárias para a produção de cimento, que geralmente são calcário, argila e minério de ferro. Essas matérias-primas são extraídas de minas através de detonações de rochas, e, em seguida, são transportadas para os britadores (CÂMARA, 2019).

Os britadores trituram essas rochas, provenientes da mina, transformando-as em pedaços menores, que são transportados até uma retomadora de minério para que seja homogeneizada a mistura de argilal (CÂMARA, 2019).

A moagem de cru basicamente consiste na moagem da mistura de argilal, podendo realizar a inserção de aditivos como minério de ferro ou quartzito, de acordo com a necessidade. O equipamento usado para esse processo geralmente é um moinho de rolos, que realiza a moagem do material através do prensamento dos rolos sobre uma mesa girante. O produto gerado dessa moagem é um pó fino, com granulometria por volta de 0,050mm ($50\mu\text{m}$), denominado de farinha, que é armazenado em silos (LIMA, 2011).

Antes de alimentar o forno, a farinha de cru passa por um processo conhecido como pré-calцинаção. Nesse processo a farinha, é escoada dentro da torre ciclones, onde é pré aquecida com gás quente proveniente do próprio forno. A pré-calцинаção realiza pelo menos 50% da descarbonatação do carbonato de cálcio C_aCO_3 , obtendo o óxido de cálcio, aumentando a eficiência do forno e consequente a produção. No topo da torre, a temperatura é de 400°C e no fundo é de 900°C (LIMA, 2011).

No interior do forno, essa farinha pré-calcinada é novamente aquecida a temperaturas ainda mais elevadas, geralmente entre 1.400 e 1.500°C, em que passa por uma transformação química, formando o clínquer. Durante a calcinação, são formados os silicatos de cálcio e aluminatos de cálcio, liberando dióxido de carbono como subproduto (LIMA, 2011).

A maioria dos fornos de cimento são cilindros horizontais rotativos de até 160 metros de comprimento, com um leve ângulo de inclinação e movimento de rotação lento (0,5 a 4,0 rpm). Eles possuem um revestimento interno de material refratário para proteção contra altas temperaturas e isolantes térmicos para reter o calor (LIMA, 2011). No final do processo de calcinação, o clínquer passa por um processo de resfriamento, de forma rápida ou mais lenta, por meio passagem de uma corrente de ar frio, sendo então armazenado em silos.

A moagem de clínquer, também chamada de moagem de cimento, basicamente consiste na moagem do clínquer resfriado, com adição de determinados componentes como gesso e escória, em um pó muito fino entre 1 a 50 μ m. Após obtido, o cimento é transportado para silos.

O ensacamento é a etapa final do processo, e pode ocorrer de duas formas, tanto a granel ou por ensacamento. Para o caso do granel o cimento é extraído diretamente dos silos. Já o ensacamento consiste em embalar o cimento em pacotes, o que é feito em uma ensacadeira com bicos injetores que dosam e preenchem o interior de sacos. Após ensacado, o pacote de cimento pode ser comercializado e enviado aos clientes.

2.1.1 Moagem de cimento

Conforme mencionado anteriormente, a moagem de cimento é uma etapa importante no processo de produção de cimento, que envolve a redução do clínquer de cimento a um pó fino, que é adicionado a outros aditivos para produzir o cimento final.

O clínquer de cimento é o principal componente do produto final e é obtido por meio da fusão de matérias-primas, como calcário, argila e minérios de ferro, em fornos de cimento. Após sua formação, o clínquer passa por um processo de moagem em moinhos de cimento, que são equipamentos industriais especializados projetados para transformá-lo em um pó fino. Entre os tipos comuns de moinhos de cimento, incluem-se os moinhos de bolas, os moinhos de rolos e os moinhos de cilindros verticais.

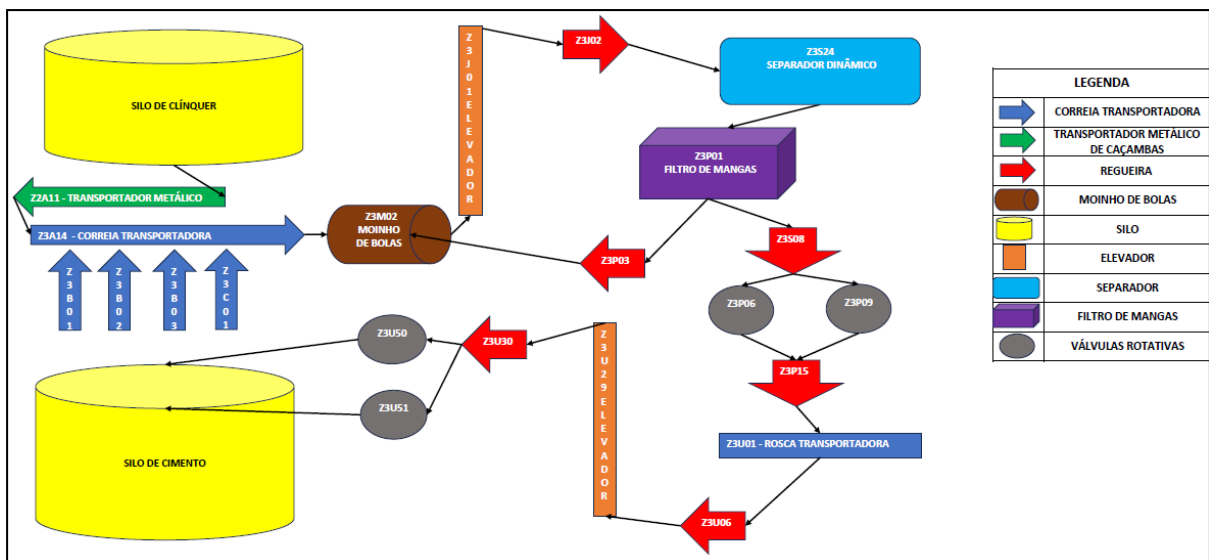
Durante a moagem, são introduzidos aditivos, como retardadores de pega e gesso, para

regular a taxa de endurecimento do cimento e assim definir qual tipo de cimento será fabricado. O gesso é adicionado especificamente para controlar o tempo de início do endurecimento do cimento (LIMA, 2011). O resultado da moagem é o pó, conhecido como cimento *Portland*, que é a forma mais comum utilizada na construção civil.

No processo de moagem, ocorrem também a classificação e separação do pó de cimento, garantindo que as partículas atinjam o tamanho desejado e que qualquer material não moído seja recirculado para o processo, através do separador dinâmico em um circuito fechado (ANDRE-ATTA, 2020). Após esse estágio, o cimento moído é armazenado em silos e, posteriormente, ensacado ou transportado a granel para distribuição e utilização na indústria da construção.

A Figura 2 exemplifica o fluxograma de um processo de moagem de cimento, com seus principais equipamentos:

Figura 2 – Fluxograma do processo de moagem de cimento.



Fonte: Própria autoria, 2023.

2.2 Manutenção na indústria

A manutenção na indústria é caracterizada pela maneira como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações. Existe uma gama bem grande de denominações para classificar os tipos de manutenção. Neste trabalho, serão abordados três tipos, consideradas como principais por diversos autores, são elas: manutenção corretiva não planejada e planejada, manutenção preventiva e manutenção preditiva.

A manutenção corretiva é a forma mais primitiva de manutenção, pois é aquela que ocorre após a falha de um equipamento (XENOS, 1998), ou seja, é uma manutenção de emergência. É dividida em duas classes: não-planejada e planejada.

A manutenção corretiva não-planejada corrige a falha de maneira emergencial, sempre

após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior. Esse tipo de manutenção atua em um fato já ocorrido, não há tempo para preparação do serviço, e infelizmente ainda é mais praticado do que deveria. Gera altos custos pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção, perdas de qualidade, custos indiretos de manutenção, e ainda pode ter consequências inesperadas para o equipamento, pois a extensão dos danos pode ser bem maior (KARDEC; NASCIF, 2009). Quando a maior parte da manutenção da empresa se baseia na corretiva não-planejada, o departamento de manutenção é refém dos equipamentos, é comandado por eles, e não o contrário, como deveria acontecer, e o desempenho empresarial da organização perde muita competitividade (KARDEC; NASCIF, 2009).

Já a manutenção corretiva planejada se diferencia da não-planejada por ser uma decisão gerencial. Ela também é uma correção de uma falha ou de um desempenho menor que o esperado, porém se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF, 2009).

Na indústria cimenteira, as paradas não planejadas resultam em interrupções indesejadas da produção, afetando a eficiência e a continuidade das operações. No caso da moagem de cimento, tal fato pode ser particularmente problemático, considerando a necessidade de um processo contínuo para atender à demanda do mercado.

Ao relacionar essa situação com a elaboração de um plano de lubrificação, torna-se evidente que a manutenção corretiva pode ser minimizada com uma abordagem proativa. A aplicação de um plano de lubrificação adequado pode prolongar a vida útil dos equipamentos de moagem, reduzir o desgaste e minimizar as falhas inesperadas. Isso, por sua vez, diminui a necessidade de manutenção corretiva e interrupções não programadas na produção de cimento (XENOS, 1998). Conforme será abordado no próximo tópico a elaboração de um plano de lubrificação para a moagem de cimento em uma indústria cimenteira desempenha um papel crucial na redução da necessidade de manutenção corretiva, minimizando interrupções não programadas e otimizando a eficiência operacional.

Além disso, ao elaborar um plano de lubrificação, a empresa pode garantir a disponibilidade oportuna de mão de obra especializada, ferramentas e peças de reposição necessárias para a manutenção preventiva. Isso contribui para evitar interrupções prolongadas no caso de uma eventual manutenção corretiva, garantindo que a empresa possa lidar de forma mais eficaz com qualquer problema imprevisto.

A manutenção preventiva busca evitar a ocorrência de falhas ou quedas de desempenho, por meio de intervenções em intervalos de tempo pré-definidos, obedecendo um plano previamente elaborado. Diferentemente da manutenção corretiva, a preventiva, como o próprio nome sugere, procura prevenir, evitar a ocorrência de falhas. É imprescindível quando o fator segurança se sobrepõe aos demais.

Porém se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades e nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas (KARDEC; NASCIF, 2009). Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas. Os fabricantes dos equipamentos nem sempre fornecem dados precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além disso, condições ambientais e operacionais influem significativamente na degradação dos equipamentos. Logo, a definição de periodicidade e substituição deve ser estipulada para cada instalação (KARDEC; NASCIF, 2009).

O tempo dedicado à realização da manutenção preventiva é frequentemente consumido pela necessidade de atuar em falhas que surgem durante a produção diária. Isso se dá porque sem uma boa manutenção preventiva, as falhas tendem a aumentar, ocupando todo o tempo do pessoal de manutenção (XENOS, 1998).

Por outro lado a manutenção preditiva basicamente consiste no acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo (OTANI; MACHADO, 2008).

Além disso, existem condições básicas para se adotar a manutenção preditiva: o equipamento, sistema e instalação deve permitir monitoramento/medição e merecer esse tipo de ação e as falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada (KARDEC; NASCIF, 2009). Os benefícios do uso da manutenção preditiva envolvem redução dos prazos e custos de manutenção, previsão de falhas com maior antecedência, melhoria das condições de operação dos equipamentos, entre outros (GOMES, 2019).

A manutenção preditiva se baseia na leitura de variáveis críticas cujos limites são previamente definidos: quando as leituras ou a projeção por modelos se aproximam destes limites, uma intervenção de manutenção deve ser planejada, de modo a controlar a falha iminente (TOAZZA; SELLITTO, 2015). Assim, sistemas instrumentados de aquisição e monitoramento de dados em tempo real normalmente são necessários (TOAZZA; SELLITTO, 2015). A detecção antecipada de uma anomalia permite um diagnóstico precoce da falha, possibilitando a execução de um plano de ações corretivas, no momento e na intensidade adequados ao tipo de falha (TOAZZA; SELLITTO, 2015). A manutenção preditiva é a que intervém o mínimo possível na planta, oferecendo os melhores resultados.

2.3 Lubrificação

Quando duas superfícies estão em repouso uma sobre a outra, as forças externas que agem entre elas são sustentadas pela interação das asperezas presentes nos materiais. Nesse cenário, a força necessária para iniciar o movimento relativo entre as duas superfícies torna-

se consideravelmente alta, o que resulta em níveis elevados de atrito, bem como desgaste e danos superficiais. Para reduzir essas forças de atrito, é comum introduzir lubrificantes entre as duas superfícies de contato, evitando, total ou parcialmente, o contato direto entre as asperezas (PRÓFITO, 2010).

A lubrificação envolve a aplicação de um filme lubrificante entre duas superfícies deslizantes com o propósito de minimizar o atrito, diminuir o desgaste, dissipar calor e remover partículas geradas pelo contato (LAGO, 2007). Pode-se definir o lubrificante como uma substância usada para facilitar o movimento entre superfícies sólidas, reduzindo o desgaste e a fricção entre as partes em movimento (VIEIRA, 2011).

Os primeiros lubrificantes utilizados eram derivados de fontes animais. À medida que as tecnologias avançaram, abriu-se caminho para o desenvolvimento de novas gerações de óleos lubrificantes, que incorporaram bases de origem vegetal, mineral e sintética. Atualmente, os lubrificantes modernos de alto desempenho desempenham uma variedade de funções essenciais. Além de reduzirem o atrito e o desgaste, eles oferecem proteção contra a corrosão, controlam a formação de depósitos e contaminantes suspensos, realizam a limpeza de componentes críticos e mantêm a temperatura de operação dentro dos parâmetros adequados (AZEVEDO; CARVALHO; FONSECA, 2005).

Esses lubrificantes de última geração não se limitam apenas a criar uma barreira lubrificante entre superfícies deslizantes, mas também atuam como agentes multifuncionais na manutenção da integridade e eficiência dos sistemas mecânicos. Eles desempenham um papel crucial na preservação dos componentes, aumentando a vida útil das máquinas, minimizando o desgaste, e garantindo um funcionamento suave e eficiente (VIEIRA, 2011).

Adicionalmente, os lubrificantes modernos são formulados para combater a corrosão, o que é particularmente importante em ambientes desafiadores ou com alta umidade. Eles também controlam a formação de depósitos indesejados e a presença de partículas contaminantes, contribuindo para a manutenção da pureza do sistema. Além disso, esses lubrificantes desempenham um papel fundamental na limpeza de componentes, garantindo que as superfícies críticas permaneçam livres de resíduos que possam prejudicar o desempenho (AZEVEDO; CARVALHO; FONSECA, 2005).

Mantendo a temperatura de operação correta, os lubrificantes modernos também ajudam a evitar o superaquecimento e garantem que as máquinas funcionem eficazmente em uma faixa adequada de temperaturas. Assim, os lubrificantes atuais são muito mais do que simples redutores de atrito, desempenhando um papel integral na preservação e otimização de sistemas mecânicos em uma variedade de aplicações industriais e automotivas (VIEIRA, 2011). O lubrificantes industriais são produzidos, principalmente, na forma de óleo ou graxas, conforme abordado a partir do próximo tópico.

2.3.1 Óleos lubrificantes

Segundo Costa (2021), os óleos lubrificantes são classificados de acordo com sua viscosidade padrão e carga de aditivos, sendo denominados como óleo mineral, sintético, semissintéticos, como abordado a seguir:

- **Óleo Mineral:** O óleo mineral é obtido por meio do processo de refino do petróleo e é frequentemente enriquecido com aditivos. Ele é amplamente empregado devido ao seu custo mais baixo em comparação com outras opções disponíveis.
- **Óleo Sintético:** Estes óleos são produzidos por meio de reações químicas que resultam em uma estrutura molecular uniforme e altamente eficaz no processo de lubrificação e proteção contra a corrosão. Eles se destacam pela sua notável durabilidade, porém, devido à complexidade do processo de fabricação, tendem a ser mais caros em comparação a outras alternativas.
- **Óleo Semissintético:** Os óleos semissintéticos são uma combinação de óleo mineral e óleo sintético, visando reunir as melhores propriedades de ambos. Isso resulta em um equilíbrio que proporciona um desempenho superior em relação ao óleo mineral, mas com um custo mais acessível em comparação aos óleos sintéticos.

A viscosidade é uma propriedade crítica nesse contexto, pois afeta diretamente a capacidade do óleo formar uma película eficaz nas superfícies das peças mecânicas, reduzindo o atrito, o desgaste e o calor gerado durante o funcionamento do equipamento.

A classificação SAE (*Society of Automotive Engineers*) para óleos lubrificantes é uma maneira padronizada de descrever a viscosidade dos óleos em diferentes temperaturas. A classificação SAE é normalmente representada por dois números, por exemplo, 10W-30, 5W-40, 15W-50, etc. Os dois números indicam a viscosidade do óleo em temperaturas diferentes. O primeiro número com a letra "W" (que significa "Winter") representa a viscosidade a baixas temperaturas, especificamente a uma temperatura de -18°C (ou 0°F). Quanto menor o número, melhor o óleo funcionará em condições de frio intenso. O segundo número representa a viscosidade a altas temperaturas, geralmente a 100°C (212°F). Quanto maior o número, maior a viscosidade do óleo a temperaturas elevadas, o que significa que ele é mais espesso e fornece uma melhor proteção a altas temperaturas.

Portanto, ao escolher um óleo para equipamento ou máquina, devem-se considerar as condições climáticas em que ele será usado e as recomendações do fabricante. Um óleo com uma classificação SAE de 10W-30, por exemplo, é mais viscoso a baixas temperaturas do que um óleo com classificação 15W-40, tornando-o mais adequado para climas frios.

2.3.2 Graxas lubrificantes

As graxas lubrificante são basicamente constituídas de um espessante emulsionado com óleo mineral ou sintético, podendo ter aditivos dependendo da aplicação. As graxas são usadas em equipamentos que possuem maior intervalo de relubrificação, e ou em aplicações onde óleo lubrificante não consegue permanecer no local, evitando a necessidade de vedações complexas (TELES, 2016).

Figura 3 – Composição de graxas.



Fonte: Adaptado de (TELES, 2016).

De acordo com Melo (2011), as graxas se diferenciam com base no tipo de espessante, conforme descrito a seguir:

- **Graxa à base de Cálcio:** possui resistência à água, porém não deve ser usada para aplicações acima de 70°C.
- **Graxa à base de Sódio:** possui resistência à ferrugem e a temperaturas elevadas, no entanto não resiste à água.
- **Graxa à base de Lítio:** possui boa resistência à água e ao calor, sendo adequada para aplicações entre -70 e 150°C.
- **Graxa à base de Alumínio:** suporta temperaturas de até 70°C, possui boa resistência à água.
- **Graxa à base de Complexo de Cálcio e Chumbo:** possui boa resistência ao calor e água, além de suportar pressões extremas.
- **Graxa à base de Grafita:** aplicação em locais com temperaturas elevadíssimas.
- **Graxa sem Sabão:** possui excelente resistência à água, desgaste e calor, porém possui proteção à corrosão.

Os aditivos são compostos químicos que influenciam nas propriedades dos óleos que serão usados na composição das graxas. Os aditivos podem ter propriedades de natureza anticorrosiva, antidesgaste, antiespumante, antioxidante, detergente, dispersante, resistência à pressão e aumento de viscosidade, entre outras.

Outra característica importante das graxas é sua consistência, propriedade que garante a permanência da graxa no local de aplicação, resistindo aos efeitos gravitacionais (NCH, 2020). O *National Lubricating Grease Institute* (NLGI), é uma instituição norte americana que estabelece uma classificação para as graxas em virtude de sua consistência, medida em décimo de milímetros através de um ensaio de penetração, como pode ser observado na Tabela 1:

Tabela 1 – Grau de consistência NLGI

Grau NLGI	ASTM - Penetração a 25°C (décimo de milímetro)	Aparência
000	445 - 475	Muito fluida.
00	400 - 430	Fluida.
0	355 - 385	Semi-fluida.
1	310 - 340	Muito macia.
2	265 - 295	Macia
3	220 - 250	Semi-sólida.
4	175 - 205	Sólida.
5	130 - 160	Muito sólida.
6	85 - 115	Extremadamente sólida.

Fonte: Adaptado de (TELES, 2016).

2.3.3 Métodos de lubrificação

A aplicação de lubrificantes em componentes mecânicos, como mancais, acoplamentos, engrenagens e correntes, têm um papel fundamental na manutenção e no desempenho desses sistemas. Existem diferentes métodos de aplicação de lubrificante, e a escolha do método adequado depende das características específicas de cada componente (MELO, 2011). De acordo com SILVA (2017), a seguir, serão explorados os métodos de aplicação de lubrificante para cada um desses elementos.

Os mancais são basicamente divididos em mancais de rolamento e de deslizamento. A lubrificação de mancais de rolamentos pode ser realizada de duas maneiras principais. A primeira é a lubrificação com graxa, que é aplicada diretamente na superfície do rolamento, geralmente usando uma bomba manual ou uma pistola de graxa. Esse método é apropriado para aplicações que requerem a retenção do lubrificante no local e a prevenção da contaminação. A segunda opção é a lubrificação com óleo, por meio de um sistema de lubrificação, que é preferível em aplicações de alta velocidade ou carga.

Os mancais de deslizamento, projetados para suportar cargas pesadas e rotações lentas, frequentemente empregam a lubrificação por banho de óleo. Nesse método, o mancal é submerso

em um banho de óleo, mantido em circulação por meio de uma bomba. Além disso, assim como nos rolamentos, a lubrificação com graxa é uma opção viável, especialmente em aplicações mais simples.

A lubrificação dos acoplamentos pode ser realizada com graxa ou óleo, dependendo dos requisitos. Os acoplamentos que são flexíveis, giram em elevadíssimas velocidades, por isso requerem um lubrificante mais viscoso, que preencha todo lugar onde ocorra contato metálico.

A lubrificação de engrenagens varia de acordo com as condições de operação. Em caixas de engrenagens, a lubrificação por banho de óleo é comum, onde as engrenagens são imersas em um banho de óleo. Em aplicações industriais, a lubrificação por pulverização é usada, com óleo sendo pulverizado nas engrenagens em funcionamento.

As correntes em ambientes industriais podem ser lubrificadas por pulverização de óleo ou graxa, dependendo das necessidades específicas. Em aplicações onde são expostas ao ambiente, possuindo um alto índice de contaminação, a lubrificação a óleo econômico é mais indicada, pois a perda de lubrificante é grande.

A escolha do método de lubrificação adequado depende das condições de operação, como carga, velocidade, temperatura e ambiente. A manutenção adequada e a lubrificação correta desses componentes mecânicos são essenciais para prolongar sua vida útil, reduzir o desgaste e garantir desempenho eficaz no funcionamento de máquinas e equipamentos. Portanto, é importante seguir as recomendações do fabricante e realizar manutenções regulares para garantir o bom funcionamento desses componentes (MELO, 2011).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da empresa

A empresa estudada localiza-se no interior do estado de Minas Gerais, atuando na produção de cimentos, cales, argamassas e calcário agrícola.

3.2 Definição dos equipamentos e pontos de lubrificação

Antes de iniciar a pesquisa, é necessário definir quais equipamentos serão abordados no estudo. Nesse contexto, foi escolhida a moagem de cimento Z3 da empresa, em virtude das paralisações frequentes que ocorrem devido a falhas de lubrificação. A lista dos equipamentos em operação na moagem Z3 pode ser encontrada no Apêndice A. Além disso, podem-se associar os equipamentos, denominados como locais de instalação (*TAG*), aos seus respectivos pontos de lubrificação. É essencial identificar todos os pontos de lubrificação presentes em máquinas e equipamentos, pois os componentes englobados, tais como rolamentos, engrenagens, correntes e mancais, requerem lubrificação adequada para funcionar de maneira eficaz.

3.3 Coleta de dados técnicos dos equipamentos

Um ponto importante para o desenvolvimento da pesquisa é o levantamento dos dados de operação dos equipamentos selecionados, demonstrado nos Apêndices B e C.

A coleta de tais dados foi complexa, pois a maioria das informações sobre os equipamentos não está atualizada no *software* SAP, sistema que armazena e processa todos os dados produtivos da fábrica. Assim, foram necessárias diversas visitas à área produtiva da moagem de cimento, para verificar as especificações técnicas de cada equipamento.

Os planos de lubrificação atuais foram consultados por meio do SAP, obtendo assim os parâmetros básicos de lubrificação estabelecidos, e podem ser visualizados no Apêndice D.

3.4 Definição dos parâmetros para o plano de lubrificação

A definição dos parâmetros para os planos de lubrificação é uma etapa crucial na gestão da manutenção de máquinas e equipamentos em uma indústria cimenteira. Estes planos têm como objetivo primordial assegurar o desempenho adequado das partes móveis das máquinas, prevenindo desgaste prematuro e minimizando risco de falhas. Alguns fatores devem ser cuidadosamente considerados ao elaborar um plano de lubrificação, como o tipo de lubrificante a ser usado, a quantidade de lubrificante necessária, o intervalo de lubrificação a ser adotado e o método de lubrificação correto, conforme abordado anteriormente.

3.4.1 Definição do lubrificante

Um plano de lubrificação eficaz está vinculado a uma seleção adequada do tipo de lubrificante. A escolha do lubrificante apropriado varia de acordo com o tipo de máquina, carga suportada, temperatura de operação e outros fatores. As opções comuns incluem óleos, graxas e fluidos especiais. A Tabela 2 descreve os parâmetros a serem levados em consideração para a escolha da graxa.

Tabela 2 – Seleção de graxa básica

Usada geralmente se:		
Velocidade: velocidade de rotação até 300 000 Temperatura: 50 a 100 °C (120 to 230 °F) Carga: C/P ~8	LGMT 2	Uso geral
A menos que:		
Temperatura do rolamento esperado continuamente >100 °C (210 °F)	LGHP 2	Alta temperatura
Temperatura do rolamento interrompido continuamente >150 °C (300 °F), exige resistência à radiação	LGET 2	Temperatura extremamente alta
Temperatura ambiente baixa -50 °C (-60 °F), temperatura do rolamento esperada <50 °C (120 °F)	LGLT 2	Baixa temperatura
Cargas de choque, cargas pesadas, início/desligamento frequente	LGHB 2	Carga elevada
Indústria de processamento de alimentos	LGFG 2	Compatível com alimentos
Biodegradável, exige baixa toxicidade	LGFG 2	Biodegradável

1) velocidade de rotação = velocidade de rotação, r/min x 0,5 (D+d), mm.
 2) para velocidade de rotação de rolamentos de esferas, rolamentos autocompensadores de rolos, rolamentos de rolos cônicos e velocidade de rotação dos rolamentos CARB de até 210.000 e para velocidade de rotação de rolamentos de rolos cilíndricos de até 270.000.
 3) C/P = razão de carga, onde C = classificação de carga dinâmica básica, kN, e P = carga de rolamento dinâmica equivalente, kN.

Fonte: Adaptado de (SKF, 2023a).

A escolha da graxa NLGI 2 à base de sabão de lítio, denominada na Tabela 2 como LGMT 2, é adequada para equipamentos de moagem de cimento, pois o sabão de lítio proporciona estabilidade térmica em sua faixa de temperatura, aspecto fundamental para manter a integridade da graxa e evitar falhas (SKF, 2023c).

Além disso, a graxa NLGI 2 à base de sabão de lítio oferece excelente proteção contra corrosão e oxidação, essencial em ambientes com partículas abrasivas e poeira, como a moagem de cimento. Essa proteção ajuda a prolongar a vida útil dos componentes lubrificados, reduzindo custos de manutenção e garantindo a eficiência operacional (SKF, 2023c).

A notável resistência à lavagem por água é outra vantagem, assegurando que a lubrificação permaneça eficaz, mesmo em condições úmidas, minimizando a necessidade de reaplicação

constante. Além disso, a capacidade de carga da graxa NLGI 2 é apropriada para suportar as cargas frequentemente pesadas encontradas em equipamentos de moagem de cimento, protegendo os componentes contra o desgaste excessivo e mantendo a produtividade (SKF, 2023c).

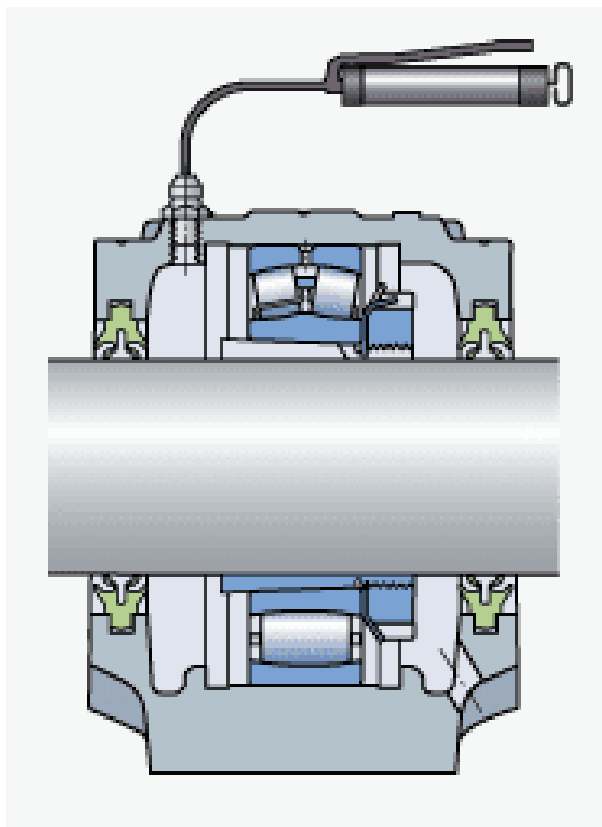
Portanto, a escolha da graxa NLGI 2 à base de sabão de lítio é adequada para as condições desafiadoras da moagem de cimento, oferecendo proteção eficaz contra desgaste, resistência a altas temperaturas, corrosão, lavagem por água. Essas vantagens contribuem para operações mais confiáveis e maior vida útil dos componentes, o que é essencial em ambientes industriais críticos como a produção de cimento.

3.4.2 *Quantidade de lubrificante*

A quantidade de lubrificante necessária para garantir o funcionamento satisfatório de um equipamento é determinada com base nas características dimensionais do rolamento. Para a montagem do rolamento é feita a carga completa do rolamento, enquanto que o volume livre na caixa do mancal é preenchido de forma parcial, sendo 40% para bico graxeiro lateral e 20% para bico graxeiro no centro (SKF, 2023d).

A relubrificação consiste na reaplicação de lubrificante de forma periódica, segundo o ciclo definido no plano de lubrificação. Se o bico graxeiro estiver na parte lateral do mancal, como exemplificado na Figura 4, a quantidade de lubrificante para reabastecimento é definida pela Equação 3.1:

Figura 4 – Lubrificação bico graxeiro lateral



Fonte: Adaptado de (SKF, 2023d).

$$G = 0,005 \times B \times D \quad (3.1)$$

Onde:

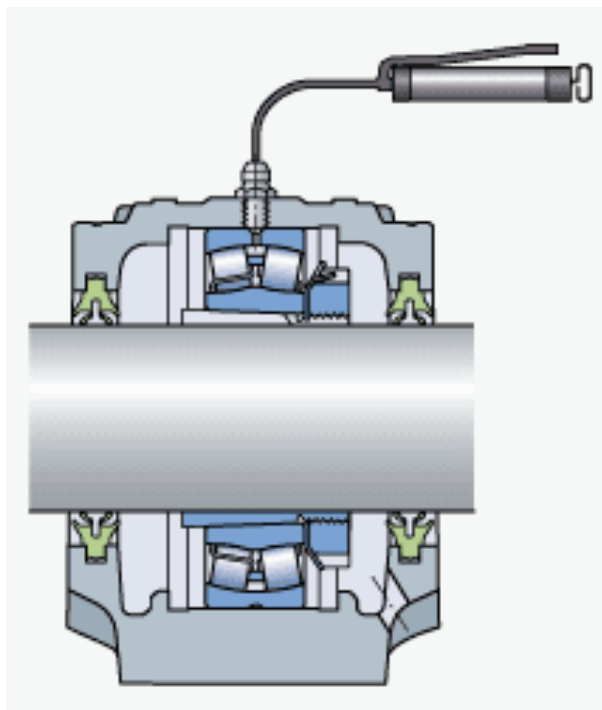
G - quantidade de graxa a ser adicionada no reabastecimento [g];

B - largura total do rolamento [mm] (para rolamentos de rolos cônicos, use T, para rolamentos axiais, utilize a altura H);

D - diâmetro externo do rolamento [mm].

Já para o caso do bico graxeiro no centro do mancal, como na Figura 5, a Equação 3.2 descreve a quantidade exata para relubrificação:

Figura 5 – Lubrificação bico graxeiro centro



Fonte: Adaptado de (SKF, 2023d).

$$G = 0,002 \times B \times D \quad (3.2)$$

Onde G, B e D presentes na Equação 3.2, representam os mesmos parâmetros definidos na Equação 3.1.

3.4.3 Intervalo de relubrificação

O intervalo de relubrificação é o tempo necessário para se realizar o reabastecimento de lubrificante em um dado equipamento. A Equação 3.3 define esse período:

$$T = K \times \left(\left(\frac{14 \times 10^6}{n \times \sqrt{d}} \right) - 4 \times d \right) \quad (3.3)$$

Onde:

T - intervalo de relubrificação [horas];

K - produto da multiplicação de todos os fatores de correção ($F_t \times F_c \times F_m \times F_v \times F_p \times F_d$);

n - velocidade [rpm];

d - diâmetro interno do rolamento [mm].

Para definir o fator K, é preciso levar em consideração as condições operacionais de cada rolamento. A Tabela 3 relaciona esses fatores, como temperatura, contaminação, umidade, vibração, posição e tipo do rolamento.

Tabela 3 – Fatores de correção para intervalos de lubrificação a graxa

Condição	Faixa de Operação Média	Fator de Correção
Temperatura Ft	>65 °C	1,0
	Entre 65 e 80 °C	0,5
	Entre 80 e 95 °C	0,2
	Maior que 95 °C	0,1
Contaminação Fc	Leve / Sem poeira abrasiva	1,0
	Pesada / Sem poeira abrasiva	0,7
	Leve/ Com poeira abrasiva	0,4
	Pesada / Com poeira abrasiva	0,2
Umidade Fm	Umidade menor que 80%	1,0
	Umidade entre 80 e 90%	0,7
	Condensação ocasional	0,4
	Umidade ocasional no alojamento	0,2
Vibração Fv	Menor que 5 mm/seg.	1,0
	Entre 5 e 10 mm/s	0,6
	Maior que 10 mm/s	0,3
Posição Fp	Horizontal	1,0
	Na diagonal em 45°	0,5
	Vertical	0,3
Tipo do Rolamento Fd	Rolamento de Esferas	10,0
	Rolamentos de rolos cilíndricos	5,0
	Rolamentos de rolos cônicos	1

Fonte: Adaptado de (TELES, 2016).

3.4.4 Definição do método de lubrificação

A escolha do método de lubrificação é uma etapa importante na elaboração de um plano de lubrificação. A seleção do método de aplicação do lubrificante deve levar em consideração fatores como o tipo e a quantidade de lubrificante usada (SKF, 2023b).

As bombas de graxa manuais representam uma opção econômica e versátil para a lubrificação de componentes mecânicos. São de fácil aplicação, não exigem treinamento especializado, oferecem controle manual preciso e requerem manutenção simples (SKF, 2023b). Sua portabilidade as torna ideais para diversas aplicações, sendo particularmente vantajosas quando se tem vários pontos de lubrificação, como ocorre nos equipamentos da moagem de cimento, onde a lubrificação é realizada em intervalos regulares e os pontos de lubrificação não são excessivamente complexos, contribuindo para a eficiência da manutenção e a redução de custos operacionais.

É importante ressaltar que a escolha da bomba de graxa manual seja apropriada para o caso devido ao menor custo e facilidade de aplicação. Além disso, é fundamental garantir

que os lubrificadores sejam treinados adequadamente e que o plano de lubrificação seja seguido rigorosamente para garantir a eficácia da lubrificação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Elaboração de um cronograma de lubrificação

Assim que foram definidos os parâmetros de lubrificação, como a quantidade de lubrificante e o intervalo de lubrificação, foi preciso criar uma estratégia de lubrificação.

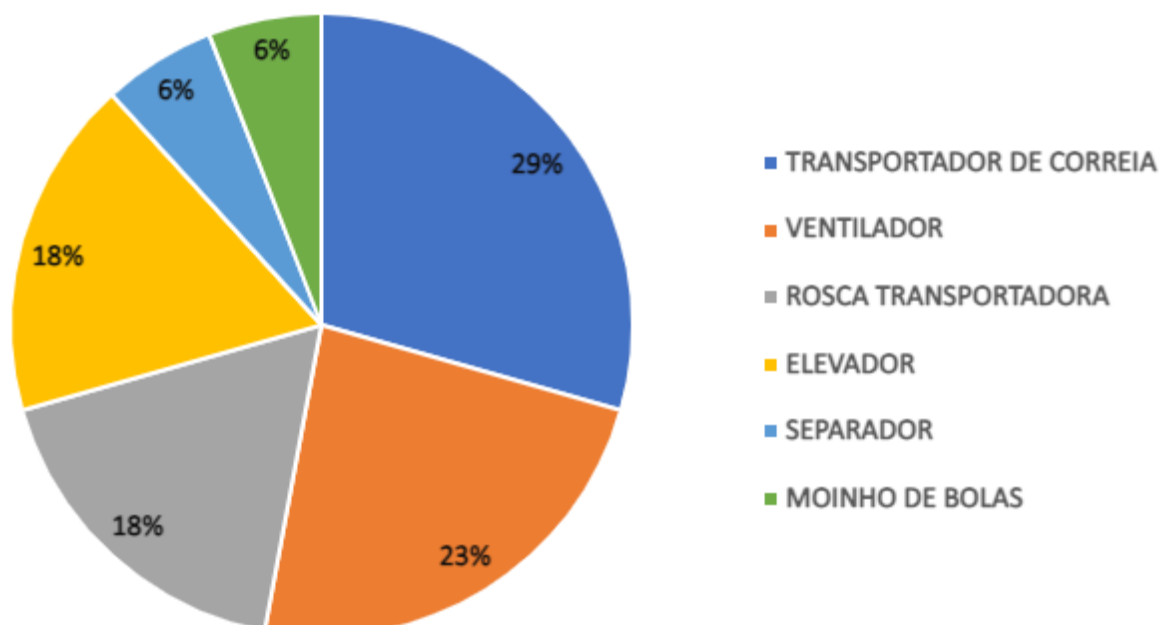
A construção de um cronograma de lubrificação baseou-se nas 52 semanas presentes do ano. Nas tabelas do Apêndice E, está descrito cada equipamento com seu respectivo ponto de lubrificação. A indicação da semana em que se está destinada a atividade de lubrificação está marcada em verde.

Observando o cronograma de lubrificação proposto, pode-se observar que as lubrificações ocorrerão todas na primeira semana e a partir da segunda semana cada equipamento seguirá sua periodicidade.

4.2 Análise de falhas por lubrificação

As falhas de lubrificação dos equipamentos de moagem de cimento desencadearam a necessidade de reformular a atual estratégia de lubrificação. Durante o primeiro semestre de 2023, ocorreu um total de 17 paralisações de equipamentos devido a problemas de lubrificação inadequada. O Figura 6 demonstra de forma mais específica quais equipamentos apresentaram mais falhas.

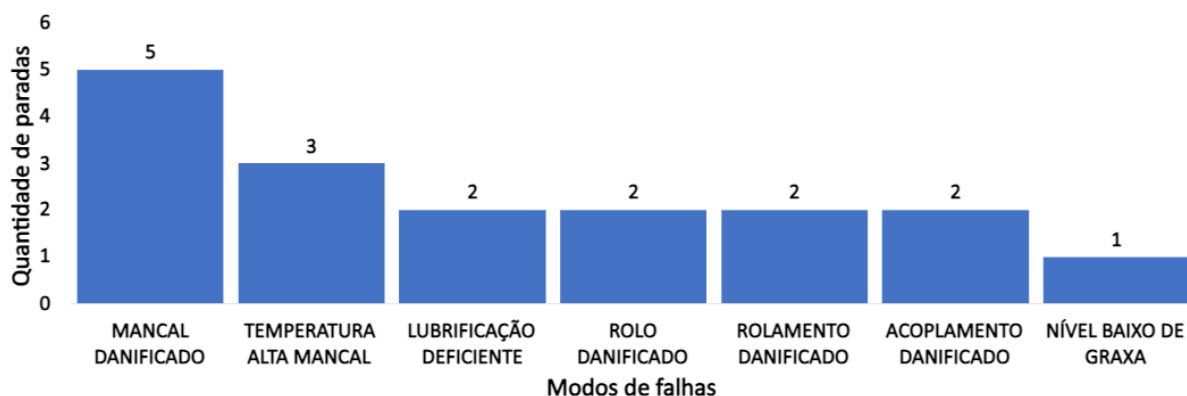
Figura 6 – Gráfico paradas de equipamentos por lubrificação em 2023



Fonte: Própria autoria, 2023.

Ao analisar a Figura 6 pode-se constatar que os equipamentos com mais reincidências de falhas são os transportadores de correias e ventiladores, representando cerca de 52% de todas as paradas. A Figura 7 descreve os modos de falha mais frequentes dentre as paradas.

Figura 7 – Gráfico modos de falhas por lubrificação em 2023



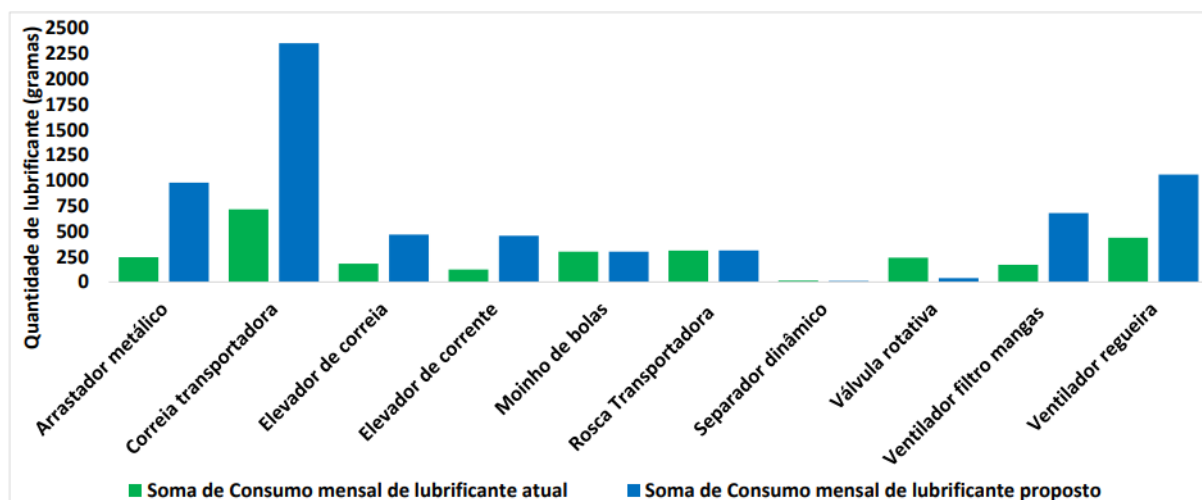
Fonte: Própria autoria, 2023.

Segundo a Figura 7 as falhas provenientes de problemas em mancais são as mais comuns, seguidas do aumento de temperatura. Esse tipo de falha pode geralmente estar associada à falta de lubrificante no mancal, ou seja, o plano de lubrificação atual pode estar com intervalos de lubrificação maiores do que o necessário ou até mesmo com quantidades estipuladas de relubrificação não compatíveis com esses mancais.

4.3 Análise de perdas por lubrificação

Para compreender as alterações propostas pelo estudo, descritas no Apêndice F, a Figura 8 pode-se ver um comparativo entre os consumos mensais de lubrificante entre o plano de lubrificação atual, representado em verde, e o plano proposto, em azul.

Figura 8 – Gráfico comparativo consumo mensal de lubrificante entre os planos



Fonte: Própria autoria, 2023.

Pelo que mostra a Figura 8, pode-se inferir que, usando o plano atual, os equipamentos que mais falharam por falta de lubrificação, como correias transportadoras e ventiladores, são os que necessitam de maior consumo de lubrificante, ou seja, possivelmente precisam de maior frequência de relubrificação, e com maiores quantidades. Outro ponto são as válvulas rotativas, que estão sendo lubrificadas de forma excessiva, ou seja, podem ter sua frequência de relubrificação aumentada.

Dessa forma, o novo plano solicita um maior consumo geral de lubrificante quando comparado ao atual. No entanto, esse maior gasto se justifica no fato de que, conforme proposto, os planos de lubrificação estão mais próximos de suas necessidades de projeto, levando em consideração as condições operacionais. A confiabilidade dos equipamentos está diretamente atrelada à revisão contínua dos processos e estratégias de manutenção, o que torna crucial a aplicação e monitoramento equipamentos após a adoção de um novo plano de lubrificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo destaca a importância de um plano de lubrificação personalizado na otimização da moagem de cimento, promovendo eficiência, redução de custos e sustentabilidade na indústria cimenteira.

É preciso entender que o maior consumo de lubrificante proposto pelo estudo destaca a deficiência presente no plano de lubrificação atual, o que vem ocasionando um maior número de falhas por falta de lubrificante. Outro fato notado é a dificuldade na coleta de dados sobre os equipamentos no setor, uma vez que a garantia de um plano de lubrificação eficaz está atrelada à atualização constante dos dados relacionados ao projeto e funcionamento dos equipamentos analisados, bem como o histórico de quebras dos ativos.

Além disso, para uma implementação bem-sucedida, é vital analisar as necessidades específicas de projeto do equipamento, escolher os lubrificantes adequados e realizar manutenção preventiva, com monitoramento constante. Outro aspecto importante é a conscientização e o treinamento da equipe de operação e manutenção, promovendo uma cultura de responsabilidade compartilhada em relação à manutenção preventiva. Portanto a lubrificação eficaz é um pilar para a competitividade e sustentabilidade na indústria cimenteira, garantindo eficiência operacional e redução do impacto ambiental.

REFERÊNCIAS

- ANDREATTA, K. A. Estimativa da finura do cimento durante o processo de moagem em moinho de bolas. 2020. Vitória, 2020.
- AZEVEDO, J. B.; CARVALHO, L.; FONSECA, V. M. Propriedades reológicas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos com degradação em motor automotivo. **Trabalho publicado nos Anais do**, 2005. v. 3, 2005.
- BRASIL, M. D. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO CIMENTO PORTLAND COM A INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ARGILAS BENTONITAS**. [S.l.]: Vitória da Conquista/BA: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia . . . , 2019.
- CÂMARA, H. N. S. Processo produtivo do cimento portland na empresa mizu cimentos especiais, localizada em baraúna–rn. 2019. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.
- CARRETEIRO, R.; MOURA, C. Lubrificante e lubrificação. 2ª edição. **Rio de Janeiro: Makron**, 1998. 1998.
- COSTA, J. V. **INFLUÊNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM COMPONENTES DE COLHE-DORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Trabalho de conclusão de curso - Engenharia Mecânica — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus Avançado Arcos, Arcos, 2021. Disponível em: <<https://www.ifmg.edu.br/arcos/cursos-1/graduacao-1/repositorio-de-tcc/TCCjoovictorcosta.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2023.
- GOMES, B. E. Manutenção preditiva análise de vibração e sua viabilidade de implantação. 2019. 2019.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção-função estratégica**. [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2009.
- KLUBER, L. M. S. . K. **Benefícios dos lubrificantes especiais na indústria cimenteira**. 2023. Disponível em: <<https://www.klueber.com/br/pt/empresa/novidades/novidades/beneficios-lubrificantes-especiais-industria-cimenteira/>>. Acesso em: 02 nov 2023.
- LAGO, D. F. Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante. 2007. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2007.
- LIMA, A. B. de. O processo produtivo do cimento portland. 2011. Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

MELO, F. B. d. Lubrificação: sistema de planejamento. 2011. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2011.

NCH. **O que é o grau NLGI de uma graxa?** 2020. Disponível em: <<https://www.la.nch.com/blognchlatam/o-que-e-o-grau-nlgi-de-uma-graxa>>. Acesso em: 02 nov 2023.

NESTOR, D. R. **Elaboração de um plano de lubrificação dos ventiladores de uma caldeira aquatubular de classe A.** Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, 2008. v. 4, n. 2, 2008.

PRÓFITO, F. J. **Modelagem unidimensional do regime misto de lubrificação aplicada a superfícies texturizadas.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2010.

SILVA, D. E. D. Lubrificação industrial análise de óleo lubrificante. 2021. 2021.

SILVA, W. P. D. Lubrificação de equipamentos industriais. 2017. 2017.

SKF. **Escolha do lubrificante.** 2023. Disponível em: <<https://www.skf.com/pt/products/lubrication-management/lubricants/lubricant-selection>>. Acesso em: 02 nov 2023.

SKF. **Ferramentas de lubrificação manual.** 2023. Disponível em: <<https://www.skf.com/br/products/lubrication-management/manual-lubrication-tools>>. Acesso em: 02 nov 2023.

SKF. **LGMT 2 Graxa de uso geral industrial e automotiva NLGI 2.** 2023. Disponível em: <<https://www.skf.com/pt/products/lubrication-management/lubricants/general-purpose-nlgi2>>. Acesso em: 02 nov 2023.

SKF. **Seleção de graxa ou óleo.** 2023. Disponível em: <<https://www.skf.com/br/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/bearing-selection-process/lubrication/selecting-grease-or-oil>>. Acesso em: 02 nov 2023.

TELES, J. **Como elaborar planos de lubrificação.** 2016. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/plano-de-lubrificacao/>>. Acesso em: 02 nov 2023.

TOAZZA, G. F.; SELLITTO, M. A. Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro. **Revista Produção Online**, 2015. v. 15, n. 3, p. 783–806, 2015.

VIEIRA, L. C. **Análise de mancais axiais sob lubrificação hidrodinâmica.** Tese (Doutorado) — [sn], 2011.

XENOS, H. Gerenciando a manutenção preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. **Belo Horizonte: Editora de desenvolvimento gerencial, 1998. p. 149, 1998.**

APÊNDICE A – DADOS TÉCNICOS EQUIPAMENTOS

DADOS TÉCNICOS - EQUIPAMENTOS/PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO			
Local de instalação - TAG	Descrição do TAG	Descrição do equipamento	Especificação Ponto lubrificação
4094-06-06Z3-Z2A11	Arrastador metálico de caçambas	Acoplamento	FALK TIPO T10 1100T
4094-06-06Z3-Z2A11	Arrastador metálico de caçambas	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Acoplamento	FALK TIPO T10 1100T
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Mancal tensor	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Mancal dobra	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Mancal contra peso	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3A14	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3B01	Correia transportadora	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22214 EK
4094-06-06Z3-Z3B01	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22211 EK
4094-06-06Z3-Z3B02	Correia transportadora	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22214 EK
4094-06-06Z3-Z3B02	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22211 EK
4094-06-06Z3-Z3B03	Correia transportadora	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22214 EK
4094-06-06Z3-Z3B03	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22211 EK
4094-06-06Z3-Z3C01	Correia transportadora	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22214 EK
4094-06-06Z3-Z3C01	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22211 EK
4094-06-06Z3-Z3J01	Elevador de corrente	Acoplamento	FALK TIPO T10 1080T
4094-06-06Z3-Z3J01	Elevador de corrente	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3J02	Ventilador regueira	Acoplamento	FALK TIPO T10 1050T
4094-06-06Z3-Z3J02	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22210 EK
4094-06-06Z3-Z3M02	Moinho de bolas	Acoplamento	ACOPLAMENTO RVC 6/600 E2
4094-06-06Z3-Z3P01	Ventilador filtro mangas	Acoplamento	FALK TIPO T10 1070T
4094-06-06Z3-Z3P01	Ventilador filtro mangas	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22213 EK
4094-06-06Z3-Z3P03	Ventilador regueira	Acoplamento	FALK TIPO T10 1040T

Fonte: Própria autoria, 2023.

DADOS TÉCNICOS - EQUIPAMENTOS/PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO			
Local de instalação - TAG	Descrição do TAG	Descrição do equipamento	Especificação Ponto lubrificação
4094-06-06Z3-Z3P03	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3P03	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3P06	Válvula rotativa	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3P09	Válvula rotativa	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3P15	Ventilador regueira	Acoplamento	FALK TIPO T10 1040T
4094-06-06Z3-Z3P15	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3S08	Ventilador regueira	Acoplamento	FALK TIPO T10 1030T
4094-06-06Z3-Z3S08	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22208 EK
4094-06-06Z3-Z3S24	Separador dinâmico	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22218 E
4094-06-06Z3-Z3U01	Rosca Transportadora	Acoplamento	FALK TIPO T10 1090T
4094-06-06Z3-Z3U01	Rosca Transportadora	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22218 EK
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Acoplamento	FALK TIPO T10 1100T
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Mancal tensor	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Mancal dobra	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Mancal contra peso	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U06	Correia transportadora	Mancal rolo movido	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U29	Elevador de correia	Acoplamento	FALK TIPO T10 1080T
4094-06-06Z3-Z3U29	Elevador de correia	Mancal inferior	ROLAMENTO ATC ROL 22216 E
4094-06-06Z3-Z3U29	Elevador de correia	Mancal rolo motriz	ROLAMENTO ATC ROL 22222 EK
4094-06-06Z3-Z3U30	Ventilador regueira	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22208 EK
4094-06-06Z3-Z3U30	Ventilador regueira	Acoplamento	FALK TIPO T10 1030T
4094-06-06Z3-Z3U50	Válvula rotativa	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK
4094-06-06Z3-Z3U51	Válvula rotativa	Mancal	ROLAMENTO ATC ROL 22209 EK

Fonte: Própria autoria, 2023.

APÊNDICE B – CÁLCULO QUANTIDADE DE LUBRIFICANTE

DADOS TÉCNICOS - QUANTIDADE DE LUBRIFICANTE				
Local de instalação - TAG	Descrição do equipamento	D (mm)	B (mm)	d (mm)
4094-06-06Z3-Z2A11	Acoplamento	142	246	110
4094-06-06Z3-Z2A11	Mancal	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Acoplamento	142	246	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal tensor	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal dobra	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal contra peso	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo motriz	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo movido	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo motriz	125	31	70
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo movido	100	25	55
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo motriz	125	31	70
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo movido	100	25	55
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo motriz	125	31	70
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo movido	100	25	55
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo motriz	125	31	70
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo movido	100	25	55
4094-06-06Z3-Z3J01	Acoplamento	105	180,8	80
4094-06-06Z3-Z3J01	Mancal rolo motriz	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3J02	Acoplamento	124	66,6	50
4094-06-06Z3-Z3J02	Mancal	90	23	50
4094-06-06Z3-Z3M02	Acoplamento	304,8	590	200
4094-06-06Z3-Z3P01	Acoplamento	87,4	155,4	67
4094-06-06Z3-Z3P01	Mancal	120	31	65
4094-06-06Z3-Z3P03	Acoplamento	57,1	104,6	43

Fonte: Própria autoria, 2023.

DADOS TÉCNICOS - QUANTIDADE DE LUBRIFICANTE				
Local de instalação - TAG	Descrição do equipamento	D (mm)	B (mm)	d (mm)
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3P06	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3P09	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3P15	Acoplamento	57,1	104,6	43
4094-06-06Z3-Z3P15	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3S08	Acoplamento	49,3	98,6	35
4094-06-06Z3-Z3S08	Mancal	80	23	40
4094-06-06Z3-Z3S24	Mancal	160	40	90
4094-06-06Z3-Z3U01	Acoplamento	124	200	95
4094-06-06Z3-Z3U01	Mancal	160	40	90
4094-06-06Z3-Z3U06	Acoplamento	142	246	110
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal tensor	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal dobra	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal contra peso	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U29	Acoplamento	105	180,8	80
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal inferior	140	33	80
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal rolo motriz	200	53	110
4094-06-06Z3-Z3U30	Mancal	80	23	40
4094-06-06Z3-Z3U30	Acoplamento	49,3	98,6	35
4094-06-06Z3-Z3U50	Mancal	85	23	45
4094-06-06Z3-Z3U51	Mancal	85	23	45

Fonte: Própria autoria, 2023.

APÊNDICE C – CÁLCULO INTERVALO DE LUBRIFICAÇÃO

DADOS TÉCNICOS - INTERVALO DE RELUBRIFICAÇÃO				
Local de instalação - TAG	Descrição do equipamento	n (RPM)	d (mm)	Fator K
4094-06-06Z3-Z2A11	Acoplamento	1750	110	0,5
4094-06-06Z3-Z2A11	Mancal	1750	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Acoplamento	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal tensor	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal dobra	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal contra peso	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo motriz	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo movido	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo motriz	1400	70	0,5
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo movido	1400	55	0,5
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo motriz	1400	70	0,5
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo movido	1400	55	0,5
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo motriz	1400	70	0,5
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo movido	1400	55	0,5
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo motriz	1400	70	0,5
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo movido	1400	55	0,5
4094-06-06Z3-Z3J01	Acoplamento	1770	80	0,5
4094-06-06Z3-Z3J01	Mancal rolo motriz	1770	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3J02	Acoplamento	3540	50	0,5
4094-06-06Z3-Z3J02	Mancal	3540	50	0,5
4094-06-06Z3-Z3M02	Acoplamento	160	200	0,5
4094-06-06Z3-Z3P01	Acoplamento	1750	67	0,2
4094-06-06Z3-Z3P01	Mancal	1750	65	0,2
4094-06-06Z3-Z3P03	Acoplamento	3520	43	0,5

Fonte: Própria autoria, 2023.

DADOS TÉCNICOS - INTERVALO DE RELUBRIFICAÇÃO				
Local de instalação - TAG	Descrição do equipamento	n (RPM)	d (mm)	Fator K
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	3520	45	0,5
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	3520	45	0,5
4094-06-06Z3-Z3P06	Mancal	1720	45	0,5
4094-06-06Z3-Z3P09	Mancal	1720	45	0,5
4094-06-06Z3-Z3P15	Acoplamento	3520	43	0,2
4094-06-06Z3-Z3P15	Mancal	3520	45	0,2
4094-06-06Z3-Z3S08	Acoplamento	3500	35	0,5
4094-06-06Z3-Z3S08	Mancal	3500	40	0,5
4094-06-06Z3-Z3S24	Mancal	1098	90	2,5
4094-06-06Z3-Z3U01	Acoplamento	1750	95	0,5
4094-06-06Z3-Z3U01	Mancal	1750	90	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Acoplamento	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal tensor	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal dobra	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal contra peso	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	1680	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U29	Acoplamento	1700	80	0,5
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal inferior	1700	80	2,5
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal rolo motriz	1700	110	0,5
4094-06-06Z3-Z3U30	Mancal	3500	40	0,5
4094-06-06Z3-Z3U30	Acoplamento	3500	35	0,5
4094-06-06Z3-Z3U50	Mancal	1727	45	0,5
4094-06-06Z3-Z3U51	Mancal	1727	45	0,5

Fonte: Própria autoria, 2023.

APÊNDICE D – PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO

DADOS TÉCNICOS - PLANO DE LUBRIFICAÇÃO ATUAL				
Local de instalação - TAG	Intervalo de Relubrificação	Quantidade Lubrificante (g)	Tipo de Lubrificante	Método de lubrificação
4094-06-06Z3-Z2A11	Bimestral	430	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z2A11	Bimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	430	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B01	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B01	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B02	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B02	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B02	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B03	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B03	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3C01	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3C01	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3C01	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J01	Trimestral	170	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J01	Trimestral	200	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J02	Mensal	70	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J02	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3M02	Semestral	1140	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P01	Mensal	110	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P01	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual

Fonte: Própria autoria, 2023.

DADOS TÉCNICOS - PLANO DE LUBRIFICAÇÃO ATUAL				
Local de instalação - TAG	Intervalo de Relubrificação	Quantidade Lubrificante (g)	Tipo de Lubrificante	Método de lubrificação
4094-06-06Z3-Z3P03	Trimestral	50	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P03	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P03	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P06	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P09	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P15	Trimestral	50	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P15	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S08	Mensal	40	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S08	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S24	Trimestral	45	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U01	Mensal	250	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U01	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	430	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Trimestral	90	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Bimestral	170	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Bimestral	600	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Trimestral	200	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U30	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U30	Trimestral	40	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U50	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U51	Mensal	60	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual

Fonte: Própria autoria, 2023.

APÊNDICE E – CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO

CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO - 52 SEMANAS																													
Equipamento	Ponto de lubrificação	Intervalo de relubrificação	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	
4094-06-06Z3-Z2A11	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z2A11	Mancal	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal tensor	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal dobra	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal contra peso	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo motriz	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo movido	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo motriz	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo movido	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo motriz	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo movido	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo motriz	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo movido	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo motriz	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo movido	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3J01	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3J01	Mancal rolo motriz	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3J02	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3J02	Mancal	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3M02	Acoplamento	Trimestral																											
4094-06-06Z3-Z3P01	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3P01	Mancal	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3P03	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3P06	Mancal	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3P09	Mancal	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3P15	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3P15	Mancal	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3S08	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3S08	Mancal	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3S24	Mancal	Trimestral																											
4094-06-06Z3-Z3U01	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3U01	Mancal	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Acoplamento	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal tensor	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal dobra	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal contra peso	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U29	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal inferior	Bimestral																											
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal rolo motriz	Semanal																											
4094-06-06Z3-Z3U30	Mancal	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3U30	Acoplamento	Quinzenal																											
4094-06-06Z3-Z3U50	Mancal	Mensal																											
4094-06-06Z3-Z3U51	Mancal	Mensal																											

Fonte: Própria autoria, 2023.

CRONOGRAMA DE LUBRIFICAÇÃO - 52 SEMANAS			S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52		
Equipamento	Ponto de lubrificação	Intervalo de relubrificação																												
4094-06-06Z3-Z2A11	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z2A11	Mancal	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal tensor	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal dobra	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal contra peso	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo motriz	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3A14	Mancal rolo movido	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo motriz	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3B01	Mancal rolo movido	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo motriz	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3B02	Mancal rolo movido	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo motriz	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3B03	Mancal rolo movido	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo motriz	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3C01	Mancal rolo movido	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3J01	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3J01	Mancal rolo motriz	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3J02	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3J02	Mancal	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3M02	Acoplamento	Trimestral																												
4094-06-06Z3-Z3P01	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3P01	Mancal	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3P03	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3P03	Mancal	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3P06	Mancal	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3P09	Mancal	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3P15	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3P15	Mancal	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3S08	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3S08	Mancal	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3S24	Mancal	Trimestral																												
4094-06-06Z3-Z3U01	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3U01	Mancal	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Acoplamento	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal tensor	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal dobra	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal contra peso	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U06	Mancal rolo movido	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U29	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal inferior	Bimestral																												
4094-06-06Z3-Z3U29	Mancal rolo motriz	Semanal																												
4094-06-06Z3-Z3U30	Mancal	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3U30	Acoplamento	Quinzenal																												
4094-06-06Z3-Z3U50	Mancal	Mensal																												
4094-06-06Z3-Z3U51	Mancal	Mensal																												

Fonte: Própria autoria, 2023.

APÊNDICE F – PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PROPOSTO

DADOS TÉCNICOS - PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PROPOSTO				
Local de instalação - TAG	Intervalo de Relubrificação	Quantidade Lubrificante (g)	Tipo de Lubrificante	Método de lubrificação
4094-06-06Z3-Z2A11	Semanal	175	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z2A11	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	175	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3A14	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B01	Mensal	19	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B01	Mensal	13	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B02	Mensal	19	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B02	Mensal	13	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B03	Mensal	19	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3B03	Mensal	13	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3C01	Mensal	19	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3C01	Mensal	13	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J01	Quinzenal	95	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J01	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J02	Semanal	41	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3J02	Semanal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3M02	Trimestral	899	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P01	Semanal	68	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P01	Semanal	19	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual

Fonte: Própria autoria, 2023.

DADOS TÉCNICOS - PLANO DE LUBRIFICAÇÃO PROPOSTO				
Local de instalação - TAG	Intervalo de Relubrificação	Quantidade Lubrificante (g)	Tipo de Lubrificante	Método de lubrificação
4094-06-06Z3-Z3P03	Quinzenal	30	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P03	Quinzenal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P03	Quinzenal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P06	Mensal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P09	Mensal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P15	Semanal	30	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3P15	Semanal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S08	Quinzenal	24	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S08	Quinzenal	9	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3S24	Trimestral	32	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U01	Quinzenal	124	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U01	Quinzenal	32	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	175	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U06	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Quinzenal	95	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Bimestral	23	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U29	Semanal	53	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U30	Quinzenal	9	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U30	Quinzenal	24	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U50	Mensal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual
4094-06-06Z3-Z3U51	Mensal	10	Graxa NLGI 2 SABAO DE LITIO	Bomba de graxa manual

Fonte: Própria autoria, 2023.