



ALEX DO NASCIMENTO BORGES

## **LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS INDUSTRIAIS**

---

São Luís  
2019

ALEX DO NASCIMENTO BORGES

## LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS INDUSTRIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

Orientador: Paola Silva

São Luís  
2019

# LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS INDUSTRIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Pitágoras, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Mecânica.

## BANCA EXAMINADORA

---

Prof<sup>(a)</sup>. Titulação Nome do Professor (a)

---

Prof<sup>(a)</sup>. Titulação Nome do Professor (a)

---

Prof<sup>(a)</sup>. Titulação Nome do Professor (a)

São Luís, 06 de junho de 2019.

Dedico este trabalho à minha família e em especial aos meus pais, por todo apoio e amor incondicional ao longo desta jornada.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por ter me proporcionado chegar até aqui. À minha família por toda dedicação e paciência, contribuindo diretamente para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da conclusão desta etapa, muito obrigada.

BORGES, Alex do Nascimento. **Lubrificação de Rolamentos Industriais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Pitágoras, São Luís, MA, 2019.

## **RESUMO**

A lubrificação é uma técnica muito utilizada nas máquinas industriais. Por meio dela garante-se que as superfícies sólidas que estejam em contato entre si quando não sofram atrito quando algum tipo de movimento é executado. O principal objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso foi conhecer a importância do processo de lubrificação para os rolamentos industriais. Utilizou-se como metodologia uma Revisão de Literatura. Como resultado, pode-se verificar que a lubrificação tem uma importância muito grande para os equipamentos industriais, pois por meio dela não correrá o atrito entre dois componentes. Isso ocorre graças aos lubrificantes. Os rolamentos industriais são dispositivos que garantem o movimento entre duas ou mais partes de uma máquina. A lubrificação desses equipamentos é de grande relevância para o maquinário industrial, pois o promove o seu deslizamento. A manutenção dos rolamentos industriais garantirá a eficiência e o desempenho das máquinas industriais. Essas manutenções podem ser manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e Engenharia de Manutenção.

**Palavras-chave:** Rolamentos Industriais; Lubrificação; Benefícios.

BORGES, Alex do Nascimento. **Lubrication of Industrial Bearings**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Pitágoras, São Luís, MA, 2019.

### **ABSTRACT**

Lubrication is a widely used technique in industrial machines. By means of it it is guaranteed that the solid surfaces that are in between when they do not suffer friction when some type of movement is executed. The main objective of this Course Completion Work was to know the importance of the lubrication process for industrial bearings. A Literature Review methodology was used as methodology. As a result, it can be verified that lubrication has a very important importance for industrial equipment, because it will not run the friction between two components. This is due to the lubricants. Industrial bearings are devices that ensure movement between two or more parts of a machine. The lubrication of these equipments is of great relevance for the industrial machinery, as it promotes their slippage. Maintenance of industrial bearings will ensure the efficiency and performance of industrial machines. These maintenances can be corrective maintenance, preventive maintenance, predictive maintenance, detective maintenance and Maintenance Engineering.

**Key-words:** Industrial Bearings; Lubrication; Benefits.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Requisitos de Qualidade de Óleos Lubrificantes.....	13
Figura 2: Componentes dos rolamentos industriais .....	16
Figura 3: Designação das Partes dos Rolamentos. ....	18
Figura 4: Tipos de rolamentos industriais.....	19
Figura 5: Rolos cilíndricos .....	19
Figura 6: Rolamentos de rolos cônicos. ....	20
Figura 7: Rolamentos rígidos .....	20

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2. LUBRIFICAÇÃO: CONCEITOS E DEFINIÇÕES</b> .....	<b>11</b>
2.1 LUBRIFICANTES.....	11
2.1.1 Lubrificantes Líquidos.....	12
2.1.2 Óleos Minerais.....	13
2.1.3 Óleos Graxos.....	14
2.1.4 Óleos Sintéticos.....	15
<b>3. ROLAMENTOS INDUSTRIAIS E OS SEUS COMPONENTES</b> .....	<b>15</b>
3.1 TIPOS DE ROLAMENTOS.....	18
<b>4. A LUBRIFICAÇÃO NA MANUTENÇÃO DOS ROLAMENTOS INDUSTRIAIS</b> 21	
4.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL DOS ROLAMENTOS .....	22
4.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA .....	22
4.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA .....	23
4.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	24
4.5 MANUTENÇÃO DETECTIVA.....	24
4.6 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO.....	25
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e a globalização vêm trazendo consigo diversas consequências para o setor industrial. Uma delas é a exigência por processos eficientes e que garantam um bom desempenho. Assim, torna-se fundamental uma boa manutenção dos equipamentos industriais, de forma que garanta seu bom desempenho e resultados eficazes.

Neste sentido, alguns cuidados com o maquinário são fundamentais. Sem um bom desempenho dos equipamentos e dos recursos disponíveis, os trabalhadores não conseguirão render totalmente em suas atividades. Assim, um dos grandes responsáveis pela obtenção da máxima eficiência dos maquinários e processos industriais é o sistema de lubrificação. Associados aos programas de manutenção planejada, os sistemas de lubrificação possibilitam que os componentes atuem com um melhor desempenho, livres de desgastes pelo atrito e riscos de perda material.

Cada máquina ou ferramenta industrial necessita, primordialmente, bom sistema de lubrificação que garanta a integridade dos seus componentes. A falta de lubrificação ou até mesmo a má aplicação em rolamentos industriais acaba sendo, muitas vezes, uma das principais causas para o desgaste prematuro destes equipamentos. Diante destes aspectos, o presente trabalho justifica na importância da utilização da técnica de lubrificação enquanto medida de manutenção da integridade e eficiência dos rolamentos industriais, fator que acaba acarretando uma série de benefícios ao processo industrial.

Um dos grandes fatores responsáveis pela máxima eficiência dos equipamentos e processos industriais é o sistema de lubrificação. De grande importância para a manutenção da integridade dos rolamentos industriais, o sistema de lubrificação garante a integridade destes componentes, sendo também de fundamental importância para todo o sistema. Diante desses aspectos, o problema de pesquisa deste trabalho constitui-se no seguinte questionamento: quais os impactos ocasionados pela falta de lubrificação ou lubrificação inadequada dos rolamentos industriais?

O principal objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é conhecer a importância do processo de lubrificação para os rolamentos industriais. Especificamente, pretende-se apresentar os principais conceitos e definições para a técnica de lubrificação, bem como os tipos de lubrificantes mais utilizados; conhecer os tipos de rolamentos industriais e os seus componentes; identificar a importância da técnica de lubrificação para os rolamentos industriais, bem como os tipos de manutenção industrial realizada nestes componentes.

Para a realização deste trabalho utilizou-se como metodologia uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas bases de dados Google Acadêmico e Scielo. Foram utilizadas as publicações dos últimos vinte anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Rolamentos Industriais; Lubrificação; Benefícios.

## 2. LUBRIFICAÇÃO: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

A lubrificação pode ser conceituada como uma operação que consiste na introdução de uma substância específica e apropriada entre diferentes superfícies sólidas que estejam em contato entre si enquanto executam algum tipo de movimento (CALLISTER, 2007).

Ferreira (2009) define a lubrificação como o fenômeno da redução de atrito entre duas superfícies em movimento, através da introdução de uma substância específica entre as duas.

Normalmente, essa substância (também conhecida como lubrificante) é uma graxa ou óleo que tem como objetivo impedir o contato direto entre superfícies sólidas, evitando assim o seu atrito e posterior desgaste. Quando recobertas por esse lubrificante, o atrito entre as superfícies tende a ocorrer de forma fluida e bastante reduzida (VIANA, 2008).

Além de reduzir o atrito entre as partes sólidas, a lubrificação proporciona vantagens ao sistema como um todo, como a menor dissipação de energia na forma de calor, redução da temperatura, diminuição dos casos de corrosão, vibrações, ruído e desgaste (KARDEC, 2009).

Kardec (2009) ressalta que a lubrificação reduz o atrito entre as partes sólidas de um componente mecânico, proporcionando vantagens a todo o sistema, como por exemplo, a menor perda de energia em forma de calor, a redução da temperatura, a diminuição do desgaste e corrosão dos equipamentos, dentre outros.

### 2.1 LUBRIFICANTES

Compreende-se por lubrificante o material utilizado entre duas superfícies sólidas com o intuito de evitar o atrito entre elas, por meio de uma película lubrificante (LANSDOWN, 2004).

Além de lubrificar superfícies metálicas impedindo o atrito entre elas, os lubrificantes também têm como função o controle da temperatura e da corrosão; atuar como isolante elétrico; transmitir a potência hidráulica; amortecer os choques; e formar a vedação (graxa) (LIANG; TOTTEN, 2004).

Segundo Lansdown (2004), os lubrificantes podem ser de natureza gasosa, líquida e semissólida. Entretanto, os lubrificantes mais utilizados são os líquidos e semissólidos, como óleos e graxas.

### 2.1.1 Lubrificantes Líquidos

Os lubrificantes líquidos são utilizados para proporcionar uma película lubrificante entre duas superfícies com o intuito de evitar a ocorrência de atrito entre elas, de forma a reduzir o desgaste e aumentar a vida útil dos materiais (BELMIRO, 2006).

Maia (2009) faz uma breve consideração acerca dos lubrificantes líquidos:

São os mais baratos e comuns no mercado, adequados para motores convencionais de qualquer cilindrada, têm assim uma viscosidade adaptada à temperatura de funcionamento do motor em causa, atingindo os principais pontos de lubrificação mesmo no inverno, ou seja, quando há maior resistência ao escoamento do lubrificante pelas vias ou galerias dos óleos existentes no motor. Um alerta, com o tempo, os óleos minerais podem provocar carbonização principalmente no cabeçote e nas sedes de válvula, caso não sejam usados aditivos especiais para evitar o problema (MAIA, 2009, p.15).

Segundo Belmiro (2006), antes de serem utilizados ou comercializados pelos fabricantes, os lubrificantes líquidos são submetidos a uma série de ensaios físicos que servem como parâmetros de avaliação da qualidade desses produtos para os usuários, auxiliando na escolha pelo melhor fabricante. Esses ensaios físicos levam em consideração diversos parâmetros e requisitos de qualidade, como os mencionados na Figura 01:

**Figura 1: Requisitos de Qualidade de Óleos Lubrificantes**

<b>Característica</b>	<b>Importância</b>	<b>Etapa de especificação</b>
1. Cor	reflete a pureza do produto, em relação a produtos de oxidação e contaminantes pesados como asfaltenos	destilação fracionada (asfaltenos) e acabamento (produtos de oxidação)
2. Faixa de viscosidade	graus requeridos pelo mercado para formulação dos óleos acabados	destilação fracionada
3. Índice de viscosidade	indica a variação da viscosidade com a temperatura e está relacionado com a aromaticidade do produto	desaromatização (extração com solvente) ou hidrocarboneto
4. Ponto de fluidez	necessidade de escoamento dos óleos a baixas temperaturas	desparafinação
5. Ponto de fulgor	segurança no armazenamento e limites de volatilidade dos óleos formulados	destilação fracionada
6. Índice de acidez	indica degradação oxidativa do óleo	quando necessário, na etapa de acabamento
7. Corrosividade ao cobre	indica presença de mercaptans	quando necessário, no hidroacabamento
8. Estabilidade à oxidação	características mais importante de um óleo lubrificante. Define a vida útil do óleo em serviço	desaromatização e acabamento
9. Cinza	contaminação com material inorgânico	filtração

**Fonte:** Belmiro (2006, p.31).

Conforme as palavras de Carreteiro (2006), os lubrificantes líquidos costumam ser os mais utilizados nos equipamentos industriais, em função do bom ponto de fluidez que possuem, apesar de sofrerem com as reações externas. Para um melhor desempenho dos lubrificantes, são utilizados aditivos que melhoram suas qualidades. O autor ressalta ainda que os lubrificantes líquidos podem ser divididos em três grupos: óleos minerais, óleos graxos e óleos semissintéticos.

### 2.1.2 Óleos Minerais

Os óleos minerais são obtidos a partir do beneficiamento e do refino do petróleo e a sua viscosidade é adaptada à temperatura de uso. Conforme destaca Maia (2009), esse tipo de lubrificante é composto basicamente por hidrocarbonetos, cujas características estão relacionadas ao local de onde o petróleo é extraído.

Segundo Macintyre (2007), os óleos minerais são classificados conforme a sua origem, podendo ser: óleos minerais parafínicos, óleo mineral naftênico e o óleo mineral misto.

Para Nieman (2010), os óleos minerais parafínicos possuem como característica uma ótima resistência, proporcionada pela ligação química estável que forma esse tipo de óleo. A parafina, contida na matéria prima para esse tipo de lubrificante, faz com que eles tenham alta resistência à oxidação e a sua viscosidade não varia em função da temperatura. Entretanto, os óleos minerais parafínicos possuem como desvantagem a dificuldade em ser utilizados em ambientes frios, pois o fluido pode adquirir substâncias sólidas.

Já o óleo mineral naftênico caracteriza-se pela facilidade em ser utilizado em ambientes com a temperatura baixa. Por esse motivo, ele é considerado o oposto dos óleos parafínicos. Apresenta como principal desvantagem a incompatibilidade com compostos sintéticos (SIMON; GEORGE, 2012).

Por sua vez, o óleo mineral misto é formado pela mistura dos óleos parafínico e naftênico. Ele foi criado com o objetivo de atender algumas demandas de lubrificação características e hoje forma a maior parte dos óleos minerais (MELCONIAN, 2012).

### 2.1.3 Óleos Graxos

Os óleos graxos são os óleos provenientes de materiais vegetais, como por exemplo, a soja, o milho, mamona, algodão e girassol; e de materiais de origem animal, como a baleia, o sebo de origem bovina e suína. Entretanto, o uso desses lubrificantes no mercado foi substituído quase que totalmente pelos óleos minerais. Ainda assim, os óleos graxos podem ser utilizados adicionados aos óleos minerais, formando os compostos.

Segundo definições de Simon e George (2012):

Os óleos graxos são compostos lubrificantes semi-sólidos constituídos por uma mistura de óleo, aditivos e agentes engrossadores chamados de sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, sódio, lítio e bário. Elas são utilizadas onde o uso do óleo não é recomendado (SIMON; GEORGE, 2012, p.17).

Dessa forma, pode-se entender que os óleos graxos são resultantes da combinação de um fluido com um espessante, resultando em um produto homogêneo e de propriedades lubrificantes, cuja consistência varia desde o estado semifluido ao estado sólido.

#### 2.1.4 Óleos Sintéticos

Os óleos sintéticos são os lubrificantes produzidos pela indústria química e formados a partir de uma combinação de materiais orgânicos e inorgânicos, como ésteres, glicerina e silicone. Quando comparados aos óleos lubrificantes, os óleos sintéticos apresentam um melhor desempenho, no entanto, apresentam um alto custo, o que acaba restringindo a sua utilização (SIMON; GEORGE, 2012).

Segundo Maia (2009), os óleos sintéticos podem ser classificados em cinco grupos: hidrocarbonetos, poliésteres, diésteres, óleo de silicone e Poliéster perfluorados. O autor ainda destaca que a utilização dos óleos lubrificantes sintéticos possuem diversas vantagens, como o baixo ponto de fluidez, boa resistência ao processo de oxidação, alta viscosidade.

### 3. ROLAMENTOS INDUSTRIAIS E OS SEUS COMPONENTES

Os rolamentos são dispositivos imprescindíveis para a maior parte das máquinas industriais e para a manutenção das suas atividades. Eles são responsáveis pelo movimento entre duas ou mais partes de uma máquina, seja esse movimento linear ou rotacional. Além disso, eles evitam o desgaste por fricção das máquinas, pois promovem o deslizamento entre as superfícies (MACINTYRE, 1997).

Segundo Niemann (2012), os rolamentos industriais podem ser considerados peças especialmente desenvolvidas para aplicações em

situações e atividades específicas. A sua aplicação no contexto industrial passou a ser utilizada amplamente a partir da Revolução industrial. Entretanto, estima-se que o seu conceito seja utilizado há mais de 2000 anos.

De acordo com Budynas (2011), os rolamentos são estruturas fundamentais para o funcionamento de uma indústria. Essas peças são responsáveis pela movimentação de esteiras em posições inclinadas e planas, sistemas lineares, estruturas de elevação ou qualquer outro equipamento que exija a movimentação de engrenagens e estruturas sólidas.

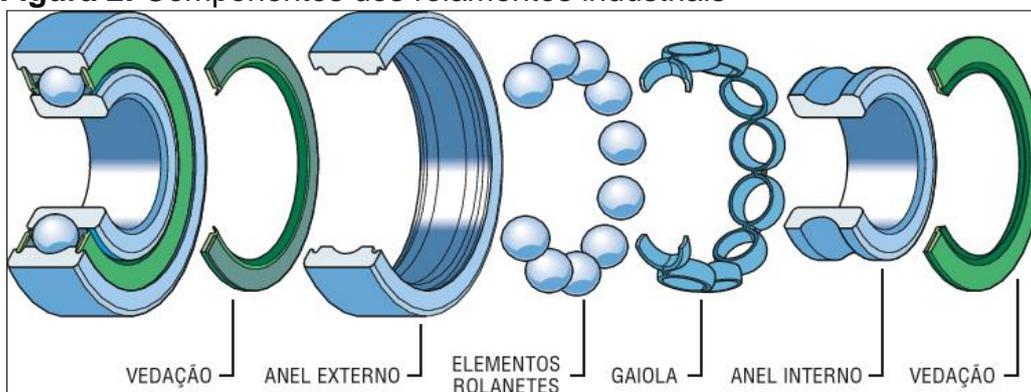
Esses componentes possuem grande importância para o desempenho e para o movimento das máquinas, conforme ressalta Young (2008):

Rolamentos são elementos de máquinas que permitem o movimento relativo entre dois componentes, enquanto transmitem forças de um componente para outro sem permitirem movimento na direção da aplicação das cargas. Podem ser classificados em dois tipos: de deslizamento e rolamento (YOUNG, 2008, p.339).

Conforme destacam Belmiro e Carreteiro (2006), os rolamentos tem como objetivo principal reduzir a fricção entre as peças sólidas móveis de um determinado maquinário, para que este possa suportar uma determinada carga. O autor destaca ainda que a maior parte dos rolamentos é composta por um anel interno e um externo; elementos rolantes (rolos ou esferas) e uma gaiola.

Pode-se dizer que os principais componentes de um rolamento industrial são um anel interno e um externo, elementos rolantes e uma gaiola (SIMON; GEORGE, 2002). Os anéis de rolamento (interno e externo), como apresentado na Figura 2:

**Figura 2:** Componentes dos rolamentos industriais



Fonte: Belmiro e Carreteiro (2006, p. 22).

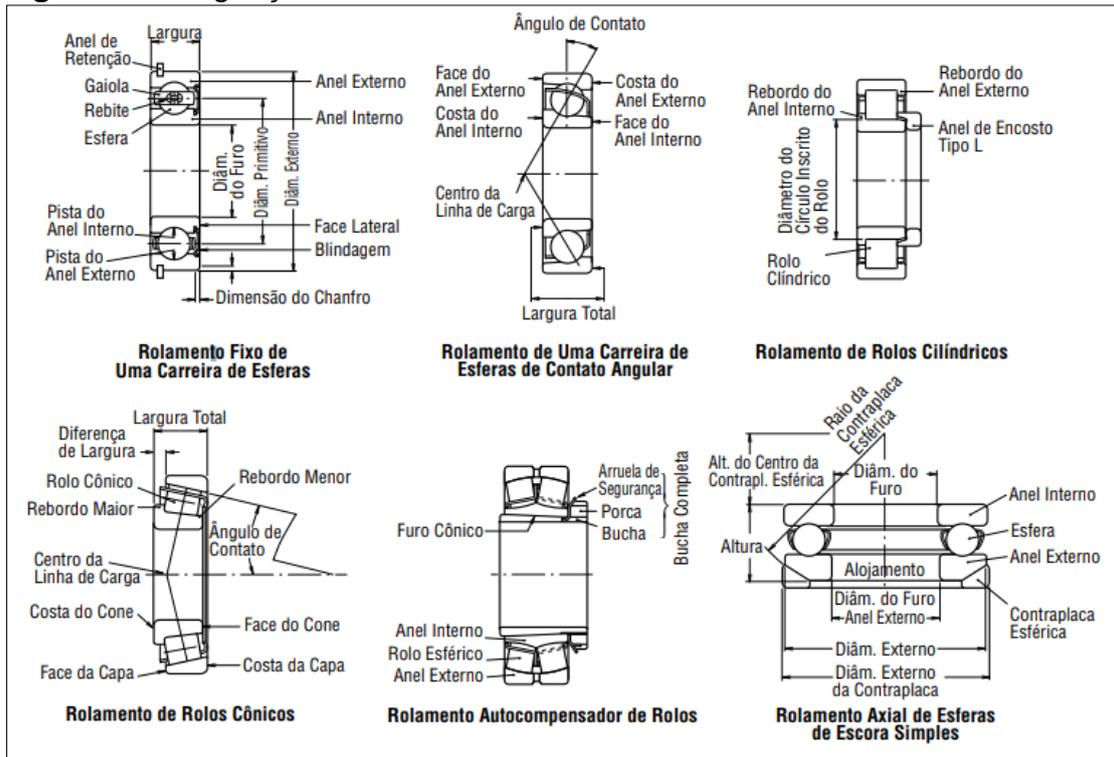
De acordo com Ferreira (2009), a pressão exercida entre a área de contato rolante e a sobre rolagem cíclica acaba criando atritos e fadiga nos anéis no momento do rolamento. Dessa forma, os anéis atuam de forma a reduzir esta fadiga, melhorando o desempenho dos rolamentos. Para que este desempenho ocorra da melhor forma possível, os anéis devem ser temperados e compostos de carbono e cromo.

Os elementos rolantes, por sua vez, tem objetivo de transferir a carga entre os dois anéis (interno e externo), de forma a facilitar a movimentação. Na maioria das vezes, os anéis rolantes são formados pelo mesmo material dos demais componentes dos rolamentos industriais (LIANG; TOTTEN, 2004).

As gaiolas têm como função separar os elementos rolantes com o intuito de diminuir o atrito causado no momento da rolagem. Esse componente busca também uniformizar a distribuição dos elementos rolantes, de forma a otimizar a distribuição do peso da carga, orientando os elementos rolantes na região do rolamento (HORY, 2006) .

Conforme destaca Paulli (1997), os rolamentos industriais também são conhecidos como mancais de rolamento. Esses componentes são, em sua maioria, constituídos por anéis, corpos rolantes e gaiola. Entretanto, podem ser encontrados também rolamentos com mais de dois anéis e sem gaiola. A representação de cada uma das partes de um rolamento pode ser verificada também na Figura 3:

**Figura 3:** Designação das Partes dos Rolamentos.

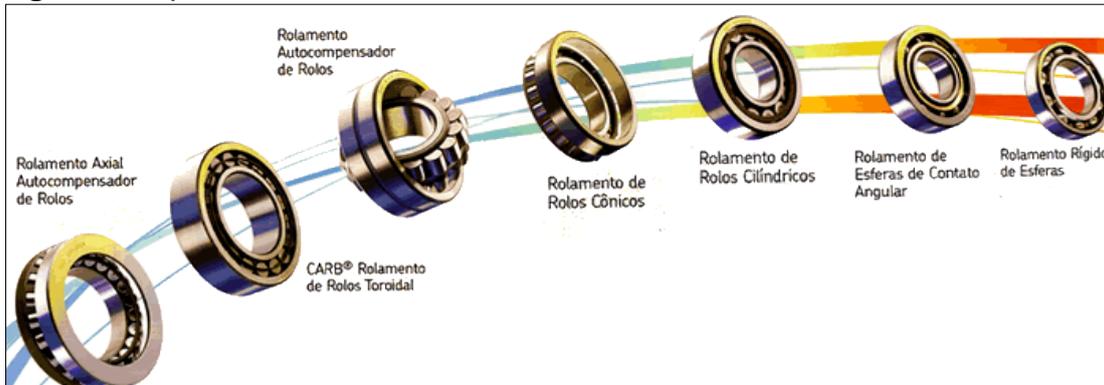


Fonte: Brunetti (2008, p. 46)

### 3.1 TIPOS DE ROLAMENTOS

Existem na literatura mais de trinta tipos de rolamentos, com características e finalidades específicas, mas todos estão classificados em grupos menores e mais específicos. Segundo xxx, existem os rolamentos de rolos cilíndricos, de rolos cônicos, autocompressores, os rolamentos rígidos de esfera, de esfera de contato regular, os axiais, autocompressores de rolos, dentre diversos outros (FRANÇA, 2013). A Figura 4 apresenta os principais tipos de rolamentos industriais:

**Figura 4:** Tipos de rolamentos industriais.



**Fonte:** França (2013, p.29).

Os rolamentos de rolos cilíndricos são formados, em sua grande maioria, de uma carreira de rolos e de uma gaiola. Entretanto, podem ser encontrados no mercado rolamentos desse tipo de duas ou mais carreiras e sem gaiola. Eles podem suportar cargas pesadas, altas velocidades e rápida aceleração (GRANDO, 2010). Esse tipo de rolamento pode ser verificado na Figura 5:

**Figura 5:** Rolos cilíndricos



**Fonte:** França (2013, p.29).

Os rolamentos de rolos cônicos apresentam em sua formação pistas de anel, externo e interno, cônicas e rolos cônicos. Eles são bastante utilizados para suportar cargas radiais e axiais, de forma simultânea (MAIA, 2009). As linhas de projeção das pistas encontram-se em um ponto comum no eixo do rolamento, como apresentado na Figura 6:

**Figura 6:** Rolamentos de rolos cônicos.



**Fonte:** França (2013, p. 30).

Os rolamentos autocompensados, por sua vez, possuem duas carreiras de esferas, com uma pista esférica no anel externo e duas no anel interno, com uma angulação em relação ao eixo do rolamento. Já o rolamento rígido de esferas é o tipo mais comum de rolamento, geralmente utilizado para altas rotações e pequenas cargas axiais. Entretanto, a sua ajustagem angular apresenta algumas limitações, exigindo um perfeito alinhamento entre os furos da caixa e o eixo (FERREIRA, 2009). Os rolamentos rígidos de esfera estão exemplificados na Figura 7:

**Figura 7:** Rolamentos rígidos



**Fonte:** França (2013, p.31)

O rolamento de esfera de contato angular possui pistas nos anéis externos e internos que se convergem, em direção ao eixo do rolamento. Tanto os anéis internos como externos estão integrados cada um em uma única peça. Dessa maneira, esse tipo de rolamento possui a capacidade de apoiar a carga axial em todos os sentidos (MAIA, 2009).

Os rolamentos combinados são formados por diferentes rolamentos combinados em um corpo único, como os rolamentos de rolo cônico e as esferas de contato angular. Os rolamentos axiais, por sua vez, apresentam diferentes composições, podendo ser classificados como Axiais de Esferas de Escora Simples, Axiais de Esferas de Escora Dupla e Rolamentos Axiais de Agulhas (BRUNETTI, 2012).

#### **4. A LUBRIFICAÇÃO NA MANUTENÇÃO DOS ROLAMENTOS INDUSTRIAIS**

Todo equipamento, para um bom desempenho, necessita de manutenção regularmente, pois ela irá determinar a sua eficiência e a sua durabilidade por mais tempo. Em máquinas industriais, esse princípio não é diferente e as medidas de manutenção como inspeção, readaptação, troca e a lubrificação acabam se tornando fundamentais (FERREIRA, 2009).

Segundo Juvinal (2013), a lubrificação de máquinas possui grande importância para o desempenho do maquinário e deve ser realizada a cada seis meses, com óleos ou graxas. Dessa forma, a lubrificação das máquinas industriais, especialmente de equipamentos e componentes como os rolamentos, representa um grande diferencial para a empresa que busca ampliar seus lucros e destacar-se no mercado, pois estes dificilmente trarão prejuízos.

Belmiro (2006) ressalta que a lubrificação representa uma parte fundamental de todo o conjunto do maquinário e desta forma, deverá ser realizada com frequência e por profissionais habilitados e credenciados para a atividade, de forma que a qualidade seja assegurada. Dessa forma, equipamentos como rolamentos apresentarão melhor desempenho, maior eficiência e menores custos associados à problemas de falta de lubrificação.

Para Hori (2006), a lubrificação dos rolamentos industriais proporciona diversos benefícios ao equipamento, como o aumento da sua vida útil e da confiabilidade dos equipamentos, a maximização da disponibilidade e da eficiência operacional, a diminuição dos custos na manutenção, o controle das

atividades de lubrificação, o aumento da segurança operacional, dentre diversos outros.

#### 4.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL DOS ROLAMENTOS

Os tipos de manutenção caracterizam-se pela maneira de intervir no sistema. Neste capítulo serão discutidas as principais práticas de manutenção realizadas, considerando o exposto por diversos autores. Pode-se mencionar: Manutenção corretiva (planejada e não planejada), manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção (ALMEIDA, 2009).

#### 4.2 MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva das máquinas pode ser definida como qualquer manutenção realizada com o intuito de restaurar as condições iniciais de operação de equipamentos e máquinas, de forma a eliminar as falhas existentes. Este tipo de manutenção é realizada sempre que surgem as falhas, de forma a garantir que o funcionamento de um determinado equipamento ou máquina volte ao normal (BELHOT; CAMPOS, 2011).

A manutenção corretiva é considerada o primeiro tipo de manutenção a ser utilizada. Com a ausência de tecnologias, a única forma de se detectar uma falha em um equipamento seria quando este parasse de funcionar. O seu uso é bastante empregado em fábricas e indústrias onde não há uma boa gestão da manutenção e não deve ser considerada a principal forma de intervenção (CAMPOS JÚNIOR, 2006).

De acordo com Ferreira (2009), a manutenção corretiva pode ser subdividida em duas categorias distintas: a manutenção corretiva planejada e a manutenção corretiva não-planejada.

A manutenção corretiva planejada pode ser definida como o trabalho de troca ou reparo de componentes que quebraram ou falharam. Realizada de forma preparada, a manutenção corretiva planejada geralmente ocorre durante

as paradas de rotina, de forma a garantir que não ocorram novamente falhas (CAMPOS JÚNIOR, 2006).

A manutenção corretiva não planejada caracteriza-se por ser realizada de maneira aleatória e ocorre depois do fato, sem planejamento ou acompanhamento anterior. Esse tipo de manutenção geralmente envolve altos custos, uma vez que gera paradas na manutenção e muitas vezes danos irreversíveis aos aparelhos (OTANI; MACHADO, 2008).

Conforme destaca Campos (2009), a manutenção repara e corrige falhas e problemas recorrentes em nos rolamentos das máquinas, dos equipamentos, motores, sistemas ou veículos, de forma que estes venham funcionar normalmente e livres de problemas. Assim, a manutenção corretiva resgatará o funcionamento de uma determinada máquina por meio de ajustes e trocas de peças.

#### 4.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Pode-se conceituar a manutenção preventiva como a manutenção realizada de forma organizada com o objetivo de evitar a ocorrência de falhas em máquinas e equipamentos. Conforme Slack et al. (2003, p. 700), “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”.

A manutenção preventiva busca eliminar ou reduzir as falhas existentes, por meio de reparos ou recondiçionamentos programados das máquinas. A realização deste tipo de manutenção previne a ocorrência de danos ou avarias nas máquinas e equipamentos, aumentando a qualidade dos serviços prestados. Desta forma, ela ocorre como uma forma de intervenção programada e prevista, antes que aconteça qualquer falha (FILHO, 2008).

Como exemplo de procedimentos de manutenção preventiva, pode-se citar as lubrificações, revisões, planos de calibrações e demais vistorias periódicas nas máquinas e equipamentos com as devidas orientações e recomendações do fabricante (KARDEC; NASCIF, 2009).

#### 4.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva equivale a uma metodologia corporativa que baseia-se no estado e nas condições do equipamento. Esse tipo de manutenção realiza o acompanhamento periódico das máquinas e dos equipamentos, com base nas informações e análises obtidas por meio de visitas e vistorias. O Seu objetivo principal é a verificação pontual das máquinas e dos equipamentos a fim de prever eventuais falhas e problemas que possam causar complicações maiores e maiores custos com as manutenções corretivas (MONCHY, 2007).

Segundo Souza (2008), a manutenção preditiva é o tipo de manutenção que faz o acompanhamento das condições, características, parâmetros e variáveis dos rolamentos das máquinas, a fim de definir o tempo exato de se intervir, obtendo o maior aproveitamento possível.

#### 4.5 MANUTENÇÃO DETECTIVA

A manutenção detectiva é um tipo de manutenção realizada em sistemas de proteção e tem como objetivo principal identificar falhas ocultas ou imperceptíveis na operação. Também conhecida como TDF – Teste para Detecção de Falhas, a manutenção detectiva gera uma correção planejada. Desta forma, uma vez detectada uma falha, a sua correção é programada (SOUZA; LIMA, 2003).

O termo manutenção detectiva tem sua origem na palavra “detectar” e passou a ser utilizado a partir de meados da década de 1990. O objetivo principal da utilização desta metodologia de manutenção é intervir nos sistemas, máquinas e equipamentos e identificar possíveis falhas, de forma a aumentar a confiança no processo (TAVARES, 2005).

Segundo Ferreira (2009), a utilização deste tipo de manutenção proporciona a confiabilidade na operação como um todo. O autor ainda cita um exemplo de aplicação da manutenção detectiva:

“Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é

testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade” (FEREIRA, 2009, p. 23).

Observa-se, portanto, que a manutenção detectiva possui grande importância para indústrias que possuem elevado nível de automação, não suportando falhas relacionadas aos sistemas de lubrificação de máquinas e equipamentos.

#### 4.6 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

A engenharia de manutenção é um termo ligado à mudança de cultura e quebra de paradigmas associados aos tradicionais conceitos de manutenção, e está ligada à implementação de práticas de melhorias contínua e mudanças nas atividades de rotina do setor de manutenção (TAVARES, 2005).

A implantação das técnicas da engenharia de manutenção no setor industrial implica diretamente no estudo e análise das propostas de melhorias no sistema, tendo como base as informações colhidas pela manutenção preditiva. Ou seja, pode-se dizer que a engenharia de manutenção utiliza os dados fornecidos pela manutenção com o objetivo de melhorar continuamente (VERGARA, 2005).

Dentre os seus principais objetivos, a engenharia da manutenção busca aumentar a confiabilidade, a manutenção e a segurança das tarefas executadas. Além disso, busca eliminar os principais problemas associados à manutenção, por meio da análise de falhas, gestão de pessoas, gestão de processos e de indicadores (ALMEIDA, 2009).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A lubrificação representa uma técnica bastante utilizada no meio industrial e por meio dela é introduzida uma substância entre duas superfícies sólidas que estejam em contato entre si quando algum tipo de movimento é executado. Essa substância é chamada de lubrificante e evita o atrito entre as superfícies de dois componentes diferentes. Os lubrificantes mais utilizados são os lubrificantes sólidos e semissólidos.

Os rolamentos são dispositivos muito importantes para boa parte das máquinas industriais, sendo responsáveis pelo movimento entre duas ou mais partes de uma máquina. A lubrificação dos rolamentos é muito importante para o maquinário industrial, pois promove o deslizamento dos rolamentos. Os rolamentos industriais são formados por componentes básicos, como o anel externo, interno, elementos rolantes e uma gaiola.

A manutenção dos rolamentos industriais deve ser realizada com o intuito de garantir o desempenho e a eficiência das máquinas. Essas manutenções podem ser classificadas de acordo com a sua finalidade e aplicação. São elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e Engenharia de Manutenção.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2009.
- BELHOT, R. V.; CAMPOS, F. C. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. *Revista Produção* [On line]. Vol.5, n.2, 2005.
- BELMIRO, Pedro N.A. CARRETEIRO, Ronald P. **Lubrificantes & Lubrificação Industrial**, 1a Edição, Editora Interciência, 532 páginas, 2006.
- BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2.ed. São Paulo. Pearson, 2008. 448 p.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. V. 2. São Paulo. Blucher, 2012. 554 p.
- BUDYNAS, Richard G; NISBETT, J Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8.ed. Porto Alegre. Amgh, 2011. 1084 p.
- CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 2006. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG, 2009.
- CARRETEIRO, Ronald P; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. 1.ed. Rio de Janeiro. Interciencia, 2006. 504 p.
- FERREIRA, R. B.; “**Análise Numérica de Mancais Hidrodinâmicos Lisos e Ranhurados Utilizando o Método dos Volumes Finitos**”. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro. 2008.
- FRANÇA, Luis Novaes Ferreira. **Mecânica geral**. 3.ed. São Paulo. Blucher. 2013. 320 p.
- GRANDO, Enrico Giorge. **Métodos de aplicações de lubrificantes**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- HORI, Y. “**Hydrodynamic Lubrication**”, **Springer Science & Business Media**, 2006.
- JUVINALL, R.C. “**Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas.**” LTC, 4ª edição, Rio de Janeiro, 2013.

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2009.
- BELHOT, R. V.; CAMPOS, F. C. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. *Revista Produção* [On line]. Vol.5, n.2, 2005.
- BELMIRO, Pedro N.A. CARRETEIRO, Ronald P. **Lubrificantes & Lubrificação Industrial**, 1a Edição, Editora Interciência, 532 páginas, 2006.
- BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos fluidos**. 2.ed. São Paulo. Pearson, 2008. 448 p.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. V. 2. São Paulo. Blucher, 2012. 554 p.
- BUDYNAS, Richard G; NISBETT, J Keith. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8.ed. Porto Alegre. Amgh, 2011. 1084 p.
- CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 2006. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG, 2009.
- CARRETEIRO, Ronald P; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. 1.ed. Rio de Janeiro. Interciencia, 2006. 504 p.
- FERREIRA, R. B.; “**Análise Numérica de Mancais Hidrodinâmicos Lisos e Ranhurados Utilizando o Método dos Volumes Finitos**”. Tese (Pós-Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro. 2008.
- FRANÇA, Luis Novaes Ferreira. **Mecânica geral**. 3.ed. São Paulo. Blucher. 2013. 320 p.
- GRANDO, Enrico Giorge. **Métodos de aplicações de lubrificantes**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.
- HORI, Y. “**Hydrodynamic Lubrication**”, **Springer Science & Business Media**, 2006.
- JUVINALL, R.C. “**Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas.**” LTC, 4ª edição, Rio de Janeiro, 2013.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

LIANG, H., TOTTEN, G.E., “**Mechanical Tribology: Materials, Characterization, and Applications**”, Marcel Dekker, 2004 Lubrax, Informações técnicas da graxa Lubrax Autolith. 2012.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ltc, 1997. 782 p.

MAIA, Júlio Cesar da Costa. **Monitoramento de lubrificantes através de reações de oxidação**. 2009. Monografia (Graduação Engenharia Ambiental) – Engenharia de Petróleo e Gás Natural, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 2007.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de maquinas**. V.2. São Paulo. Blucher, 2010. 224 p. MELCONIAN, Sarkis. Elementos de máquinas. 10.ed. São Paulo. Érica, 2012. 712 p.

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

PAULI, Evandro Armini; ULIANA, Fernando Saulo. **Lubrificação mecânica**. Vitória. Senai, 1997. 98 p.

SIMON, C Tung; GEORGE, E Totten. **Lubrificantes e testes automotivos**. São Paulo. SAE International, 2012. 518 p.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2003. 703 p.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005. 164 p.

VERGARA, S. C.; **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2005. 94 p.

YOUNG, Hugh D. **Física1- mecânica**. 12.ed. São Paulo. Pearson, 2008. 235 p.