

**UniRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TÉCNICAS DE LUBRIFICAÇÃO EM ROLAMENTOS POR MEIO DE GRAXA E  
ÓLEO**

**PAULO HENRIQUE MARTINS FERNANDES  
Orientador: Prof. DANIEL FERNANDO DA SILVA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia Mecânica da  
UniRV – Universidade de Rio Verde, como  
parte das exigências para a obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Mecânica.**

**RIO VERDE - GOIÁS**

**2014**

**UniRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**TÉCNICAS DE LUBRIFICAÇÃO EM ROLAMENTOS POR MEIO DE GRAXA E  
ÓLEO**

**PAULO HENRIQUE MARTINS FERNANDES  
Orientador: Prof. DANIEL FERNANDO DA SILVA**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
à Faculdade de Engenharia Mecânica da  
UniRV – Universidade de Rio Verde, como  
parte das exigências para a obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Mecânica.**

**RIO VERDE - GOIÁS**

**2014**

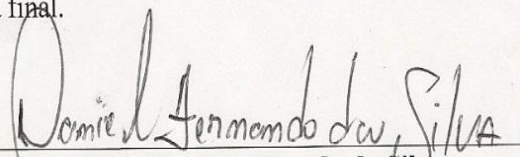


**UNIRV – UNIVERSIDADE DE RIO VERDE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

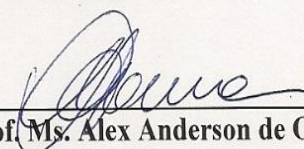
**TÉCNICAS DE LUBRIFICAÇÃO EM ROLAMENTOS POR MEIO DE GRAXA E**  
**ÓLEO**


**PAULO HENRIQUE MARTINS FERNANDES**


Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA na área de concentração Manutenção e aprovada em sua forma final.

  
Prof. Daniel Fernando da Silva  
Orientador

Banca Examinadora:

  
Prof. Ms. Alex Anderson de Oliveira Moura

  
Prof. Edson Roberto da Silva

  
Prof. Ms. João Pires de Moraes  
Diretor da Faculdade de Engenharia Mecânica

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente, a Deus por ter me dado paciência, força e persistência nesta jornada de minha vida.

Aos meus familiares, que sempre estiveram ao meu lado me ajudando.

Ao meu orientador e aos meus professores, por nos passar todo o conhecimento durante toda a jornada do curso e nos ensinar, que sempre devemos estar aprendendo cada vez mais.

Obrigado por tudo!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade que ele está me proporcionando.

A minha mãe, Dinamarques Martins Fernandes, mulher simples, mas de grande coração.

Ao meu pai, Ailton Antônio Fernandes, homem simples e trabalhador.

Ao meu irmão, Ailton Antônio Fernandes Filho, pois graças a eles, estou no caminho certo e próspero, alcançando meus objetivos.

## RESUMO

FERNANDES, Paulo Henrique Martins. **Técnicas de Lubrificação em Rolamentos por meio de Graxa e Óleo**. 2014. 53f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – UniRV – Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.<sup>1</sup>

Este trabalho tem como objetivo identificar os benefícios obtidos. Com a Implantação de uma Gestão eficaz, na operação de técnicas de lubrificação em rolamentos por meio de graxa ou óleo. Dentro desta operação de lubrificação destaca-se: gerenciamento, lubrificação, controle e manutenção. Rolamento é o nome dado ao equipamento desenvolvido para realizar a diminuição de atrito entre partes girantes, sendo que a sua aplicação tem sido ampla, no meio industrial e automobilístico, e sua utilização nas atividades no cenário brasileiro hoje é muito grande. Deste modo, com o crescente desenvolvimento da tecnologia exigem-se cada vez mais equipamentos desenvolvidos e eficazes para a realização de serviços. Com tudo isso, para que o rolamento funcione em perfeito estado e com a sua vida útil prolongada existem meios de lubrificação que iram atender suas necessidades e características. Assim, a gestão e o controle eficaz de uma manutenção e lubrificação prolonga a vida útil do equipamento. Portanto, o presente trabalho tem como a principal função técnicas de lubrificação em rolamentos por meio de graxa ou óleo, diminuindo gasto excessivo com danos causados por ausência de lubrificação e paradas não planejadas para manutenção.

## PALAVRAS-CHAVE:

Benefícios, Gestão, Lubrificação, Manutenção, Rolamento.

---

<sup>1</sup> Banca Examinadora: Prof. Daniel Fernando da Silva (Orientador); Prof. Ms. Alex Anderson de Oliveira Moura e Prof. Edson Roberto da Silva – UniRV.

## **ABSTRACT**

FERNANDES, Paulo Henrique Martins. **Lubrication techniques bearings through grease and oil.** 2014. 53f. Monograph (Undergraduate Mechanical Engineering) – UniRV – University of Rio Verde, Rio Verde, 2014.<sup>1</sup>

This work aims to identify the benefits, with the deployment of effective management, operation lubrication in bearings through grease or oil, within this operation are: management, lubrication, control and maintenance. Bearing is the name given to equipment developed to accomplish the reduction of friction between moving parts, and its application has been extensive in the industrial and automotive environment and its use in the activities in the Brazilian scenario today is very large. Thus, with the increasing development of technology is required ever more widespread and efficient equipment for servicing. With all this, the bearing works in perfect condition and with their long lifetime means there IRAM lubrication that meet their needs and characteristics. Thus, the effective management and control of maintenance and lubrication prolongs equipment life. Therefore, the present work has as main function lubrication in bearings through grease or oil, reducing excessive spending on damage caused by lack of lubrication and unplanned maintenance.

## **KEYWORDS:**

Benefits, Management, Lubrication, Maintenance, Bearings..

---

<sup>1</sup> Board of examiners: Prof. Daniel Fernando da Silva (Advisor); Prof. Ms. Alex Anderson de Oliveira Moura and Prof. Edson Roberto da Silva – UniRV.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Utilização de rolos de madeira para transporte de carga .....	16
FIGURA 2 – Esboço do projeto de separador de Leonardo Da Vinci .....	17
FIGURA 3 – Carga radial girando em fase com o anel externo.....	18
FIGURA 4 – Carga axial unidirecional.....	18
FIGURA 5 – Combinação de cargas radial e axial unidirecional .....	19
FIGURA 6 – Rolamento fixo de esferas de uma carreira DIN 625 .....	19
FIGURA 7 – Rolamento de contato angular de esfera de uma carreira DIN 628.....	20
FIGURA 8 – Rolamento de autocompensador de esferas DIN 630.....	20
FIGURA 9 – Rolamento axial de esferas de escora simples DIN 711 .....	21
FIGURA 10 – Rolamento axial de esferas de escora dupla DIN 715 .....	21
FIGURA 11 – Rolamento de rolos cilíndricos de uma carreira DIN 5412 .....	22
FIGURA 12 – Rolamento de autocompensador de rolos DIN 635 .....	22
FIGURA 13 – Rolamento de autocompensador de duas carreiras de rolos DIN .....	23
FIGURA 14 – Rolamento axial autocompensador de rolos DIN 728 ISO 104 .....	23
FIGURA 15 – Rolamento de rolos cônicos DIN ISO 355 DIN 720 .....	24
FIGURA 16 – Coroa de agulhas de uma carreira ISO 3030 DIN 5405 .....	24
FIGURA 17 – Esquema simplificado do funcionamento do penetrômetro, equipamento destinado para a determinação da consistência da graxa .....	29
FIGURA 18 – Esquema simplificado da determinação do ponto de gota de uma determinada graxa.....	30
FIGURA 19 – Esquema de lubrificação por enchimento.....	36
FIGURA 20 – Lubrificação manual com pincel .....	36
FIGURA 21 – Pistola para lubrificação .....	37
FIGURA 22 – Copo stauffer .....	38
FIGURA 23 – Esquema de sistema operador manual.....	39
FIGURA 24 – Esquema de sistema automatizado .....	39
FIGURA 25 – Intervalo de relubrificação com graxa .....	40



FIGURA 26 – Volume de óleo, perda por atrito, temperatura do rolamento.....	42
FIGURA 27 – Esquema de lubrificação por banho de óleo .....	43
FIGURA 28 – Esquema de lubrificação por neblina de óleo .....	44
FIGURA 29 – Esquema de lubrificação por pulverização de óleo .....	44
FIGURA 30 – Esquema de lubrificação por disco .....	45
FIGURA 31 – Esquema de lubrificação por jato de óleo.....	45
FIGURA 32 – Esquema de lubrificação por circulação .....	46
FIGURA 33 – Esquema de lubrificação por gotejamento.....	46
FIGURA 34 – Esquema de lubrificação ar-óleo .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Comparação de lubrificação com graxa e óleo .....	27
TABELA 2 – Consistência .....	29
TABELA 3 – Variedade e características das graxas .....	32
TABELA 4 – Marcas de graxas e sua natureza .....	33
TABELA 5 – Viscosidade do óleo .....	35
TABELA 6 – Características entre relação de lubrificação .....	43
TABELA 7 – Viscosidade requerida do óleo lubrificante para rolamento. ....	48
TABELA 8 – Seleção do padrão de viscosidade do óleo para lubrificação .....	48
TABELA 9 – Fator de K .....	49

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	13
2.1 História e evolução da manutenção .....	13
2.2 Tipos de manutenção .....	14
2.2.1 Manutenção corretiva .....	14
2.2.2 Manutenção preventiva .....	14
2.2.3 Manutenção preditiva .....	15
3 ROLAMENTO .....	16
3.1 Montagem da bancada didática .....	16
3.2 Tipos de rolamento .....	18
3.3 Indicação e tipos .....	19
3.3.1 Rolamento fixo de uma carreira de esferas .....	19
3.3.2 Rolamento de contato angula de esferas .....	20
3.3.3 Rolamento autocompensador de esferas .....	20
3.3.4 Rolamento axial de esfera .....	21
3.3.5 Rolamento de rolo cilíndrico .....	21
3.3.6 Rolamento autocompensador de rolos .....	22
3.3.7 Rolamento autocompensador de duas carreiras de rolos .....	23
3.3.8 Rolamento axial autocompensador de rolos .....	23
3.3.9 Rolamento de rolos cônicos .....	24
3.3.10 Rolamento de agulhas .....	24
3.3.11 Rolamentos blindados .....	25
3.3.12 Rolamentos vedados .....	25
3.4 Cuidados com o rolamento.....	25
3.5 Lubrificação em rolamentos .....	26
3.5.1 Lubrificação por graxa.....	28
3.5.2 Classificação quanto ao sabão metálico .....	30

3.5.3 Variedade e característica das graxas .....	31
3.5.4 Marcas de graxas e suas naturezas .....	32
3.5.5 Quantidade de graxa .....	33
3.5.6 Viscosidade do óleo a base da graxa .....	34
3.5.7 Métodos de lubrificação a graxa.....	36
3.5.7.1 Lubrificação por enchimento.....	36
3.5.7.2 Lubrificação manual com pincel .....	36
3.5.7.3 Lubrificação com pistola .....	37
3.5.7.4 Copo graxeiro (copo stauffer) .....	37
3.5.7.5 Sistema centralizado .....	38
3.5.7.6 Sistema operador manual .....	38
3.5.7.7 Sistema automatizado.....	39
3.5.8 Relubrificação .....	40
3.6 Lubrificação por óleo.....	41
3.6.1 Método de lubrificação a óleo .....	43
3.6.1.1 Lubrificação por banho de óleo .....	43
3.6.1.2 Lubrificação por neblina de óleo .....	44
3.6.1.3 Lubrificação por pulverização de óleo .....	44
3.6.1.4 Lubrificação por disco .....	45
3.6.1.5 Lubrificação por jato de óleo.....	45
3.6.1.6 Lubrificação por circulação .....	46
3.6.1.7 Lubrificação por gotejamento.....	46
3.6.1.8 Lubrificação ar-óleo .....	47
3.6.2 Seleção de óleo lubrificante.....	47
3.6.3 Quantidade de óleo .....	49
3.6.4 Relubrificação.....	49
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	51
REFERÊNCIAS .....	52

## **1 INTRODUÇÃO**

Em função do grande desenvolvimento das áreas industriais e automobilística há um aumento crescente na importância de um sistema de manutenção eficaz, que possa atender as necessidades das indústrias.

Nos últimos anos ocorreu um desenvolvimento e uma melhora nos tipos de manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Onde pessoas estão se especializando na área, desenvolvendo e melhorando os tipos de manutenção, através de equipamentos, controle, gestão em intervalos de manutenção e paradas programadas.

No entanto cada equipamento exige uma atenção especial, um acompanhamento para que se possa programar a manutenção. Este acompanhamento pode ser feito através de várias formas: catálogo de vida útil fornecido pelo fabricante, históricos de manutenção do equipamento, inspeções programadas do equipamento, entre outros.

Todo equipamento deve ter um programa de manutenção e lubrificação a ser seguido, para que sua funcionalidade esteja de acordo com as necessidades do maquinário, gerando um ganho na produtividade e no desempenho do maquinário (AKIRA, 2014).

A lubrificação é uma parte essencial na manutenção industrial, pois permite que os equipamentos trabalhe em perfeitas condições, evitando qualquer dano que possa ser causado pela falta de lubrificação devido ao atrito, como: aquecimento de partes girantes, desgaste prematuro e corrosão. A lubrificação feita corretamente reduz até 20% no consumo de energia pelo equipamento, aumenta até 15% da sua vida útil e o custo da manutenção reduz em até 30% (NOGUEIRA, 2014).

Dentro deste enfoque, o presente trabalho buscou apresentar através de uma pesquisa a real importância e as técnicas de lubrificação em rolamentos por meio de graxa ou óleo, definindo suas características, vantagens e custo/benefício.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 História e evolução da manutenção**

O termo manutenção existe há muito tempo no mundo, de acordo com a necessidade e com a evolução tecnológica a manutenção foi se aperfeiçoando cada vez mais, criando melhorias e formas diferenciadas de se aplicada na indústria. Segundo Santos 2010 a manutenção como se conhece nos dias atuais surgiu com a criação dos primeiros relógios mecânicos, por volta do século XVI, os relógios precisavam de uma atenção e uma manutenção especial. Com isso foi criado um plano de manutenção chamado de programa de revisões, que garantia o funcionamento dos relógios.

Durante o passar do tempo ocorreu o aperfeiçoamento dos planos de manutenção, tendo uma atenção ainda maior no decorrer da Revolução Industrial no século XVIII, tornando cada vez mais necessário uma manutenção eficaz para garantir o funcionamento das máquinas e equipamentos (SANTOS, 2010).

Segundo Teixeira 2014 desde a década de 1930 pode-se dizer que a evolução da manutenção se dividiu em três gerações:

Primeira Geração (antes da Segunda Guerra Mundial), a manutenção era efetuada somente quando o equipamento quebrava (manutenção corretiva), caracterizou-se também pelo pouco uso das máquinas, suas simplicidades e seus superdimensionamentos .

Segunda Geração (pós Segunda Guerra Mundial até a década de 1960), tempo em que houve grande escassez na mão de obra, nesta época houve um grande desenvolvimento na indústria, surgiram novos produtos e novos equipamentos. Surgiu o controle de manutenção que era feito manuscritos para depois serem analisadas e posteriormente feitas às trocas de peças. Começava ali os primeiros indícios da manutenção preventiva .

Terceira Geração (pós década de 1970) foi nesta geração que os responsáveis pelo setor de manutenção começaram a dar ênfase à palavra “planejamento”. Devido à falta de peças no estoque e com a quebra do maquinário, a produção ficava parada na espera de peças para reparo, isso gerava grande perda para o setor de produção e insatisfação para o cliente.

Com isso começou uma revolução na maneira de pensar dos responsáveis pela manutenção. A partir de dados coletados no setor de manutenção formaram-se um banco de dados referentes a cada máquina e equipamento, com o intuito de prever possíveis quebras e antecipar-se a elas.

## **2.2 Tipos de manutenção**

Os nomes dados para os tipos de manutenção podem variar, mas suas finalidades são as mesmas: manter os equipamentos, sistema ou instalação em perfeito estado, para a sua real utilização. A conceituação a seguir permite a escolha do tipo mais conveniente, para melhor atender o controle de manutenção.

### **2.2.1 Manutenção corretiva**

Trata-se de uma manutenção que consiste em substituir peças ou componentes que falharam e se desgastaram, e que levaram um equipamento ou máquinas a parada, por falha, pane em um ou mais componentes. Esta manutenção exige um custo mais elevado, pois se necessita de peças no estoque e mão de obra especializada, os reparos são executados sem planejamento e em caráter emergencial.

### **2.2.2 Manutenção preventiva**

Trata-se da ação realizada para evitar ou deduzir falhas ou queda no desempenho do maquinário e equipamentos, seguindo um planejamento feito com intervalos de tempo, para análise do equipamento, sistema ou instalação. Para que isso ocorra de uma forma planejada e correta deve-se levar em consideração a análise de:

- ✓ Estado do equipamento;
- ✓ Local de instalação;
- ✓ Estudos estatísticos;
- ✓ Dados fornecidos pelo Fabricante.

Deve-se fazer a parada do equipamento em momentos oportunos, evitando que nos momentos de maiores necessidades ele esteja indisponível por quebras ou pane indesejáveis. A mão de obra deve ser qualificada para que o planejamento da manutenção seja eficiente, de modo que o equipamento fique em ótimas condições de uso.

### 2.2.3 Manutenção preditiva

É considerada uma evolução na manutenção, por levar em consideração o estado real do equipamento para prevenir falhas ou pane e atuar na troca e reajuste de peças. Esta evolução leva em consideração a necessidade de possuir equipamentos trabalhando em perfeitas condições o maior tempo possível. Para que isso ocorra perfeitamente levam-se em consideração alguns fatores para que se tenha um ótimo desempenho no custo/benefício.

Com um conjunto de programas especiais (Análise de Óleo, Termografia, Ultrassom e Análise e Medição de Vibração) orientados para o monitoramento de máquinas e equipamentos em serviços. Sua finalidade consiste em prever falhas e detectar mudanças no seu estado físico que exijam serviço de manutenção (PINTO; RODRIGO, 2010).

A seguir têm-se as principais condições para se adotar uma sistemática de manutenção preditiva, que são:

- ✓ As equipes responsáveis pela manutenção devem estar preparadas para montar uma sistemática de acompanhamento, análise e diagnósticos de falhas;
- ✓ O equipamento ou sistema deve aceitar algum tipo de monitoramento a custo/benefício aceitável;
- ✓ O equipamento é considerado estratégico a compensar seu custo/benefício;
- ✓ As falhas devem ser monitoradas, avaliadas e mensuradas de forma correta.

Os principais benefícios da manutenção preditiva são:

- ✓ Redução no custo de manutenção;
- ✓ Redução de hora extra para o setor de manutenção;
- ✓ Redução do tempo de parada dos equipamentos;
- ✓ Redução de falhas nos equipamentos;
- ✓ Aumento na vida útil dos equipamentos
- ✓ Aumento de produtividade.



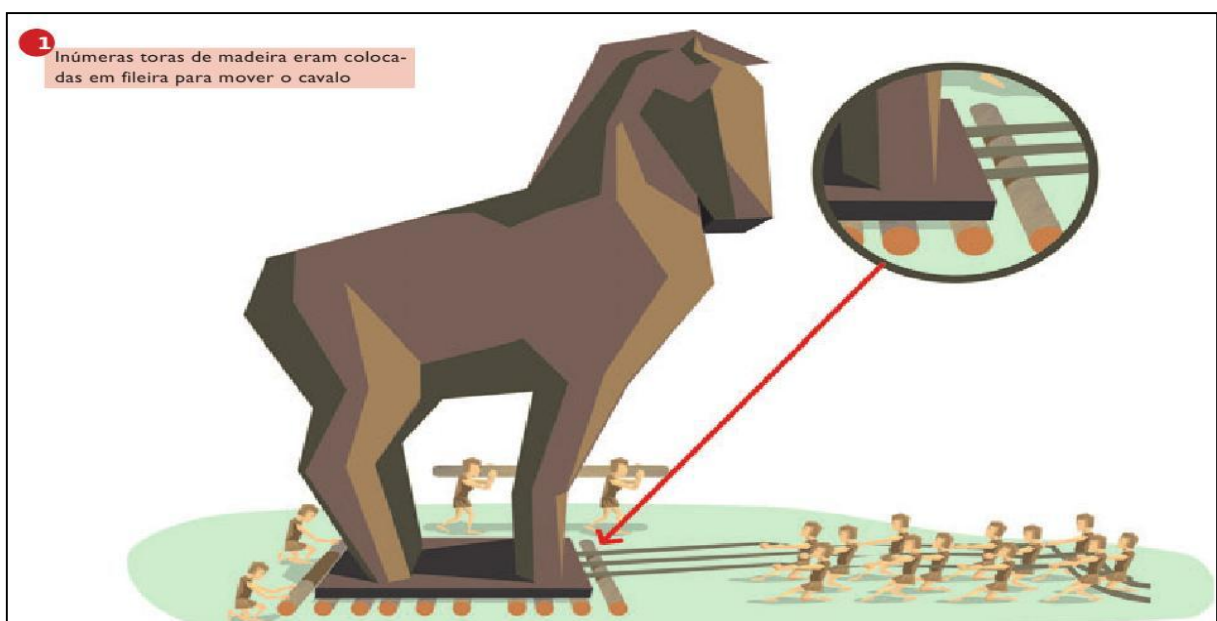
## 3 ROLAMENTO

### 3.1 Montagem da bancada didática

A evolução dos rolamentos vem acontecendo desde de o século XVI, a indústria precisa cada vez mais de equipamentos eficientes e produtivos, com isso são desenvolvidos rolamentos de alta qualidade, para realizarem a diminuição de atrito entre as partes girantes dos equipamentos e realizarem serviços em condições variadas (SANTOVITO, 2014).

Segundo Santovito 2014 os primeiros indícios de rolamento apareceram por volta de 1800 A.C quando os Egípcios usaram rolos de madeiras para transportar pedras de grande porte. O rolamento nesta época já era utilizado como auxiliar no transporte. Em 3500 A.C os Sumérios utilizaram um cubo de roda de madeira montado sobre um eixo de madeira. Em 4000 A.C estavam presentes nos trenós Scandinavos.

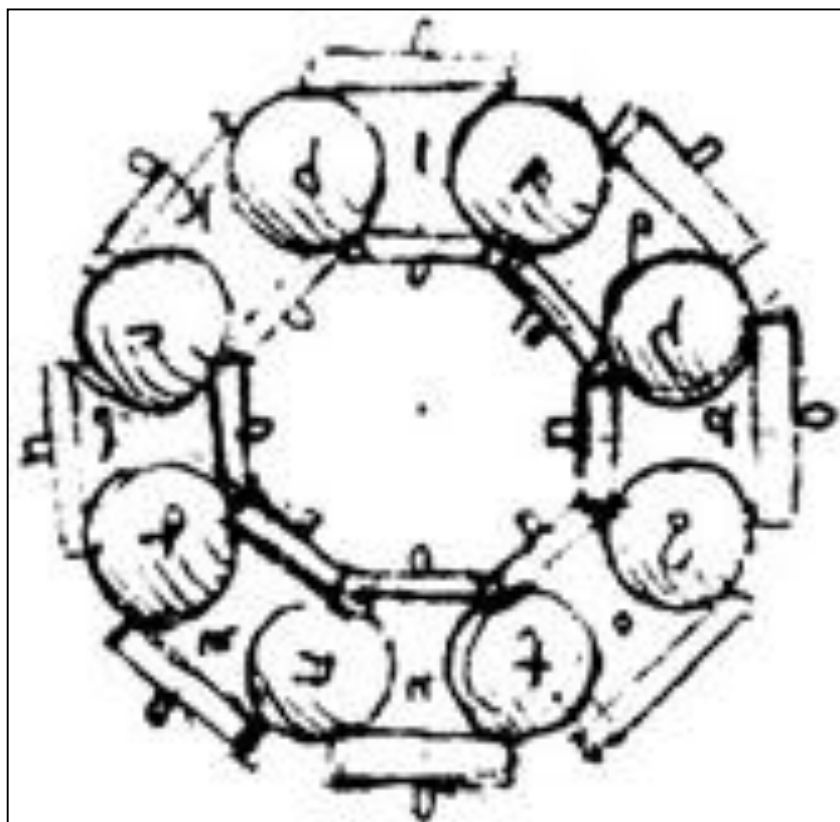
Em grandes civilizações como Roma e Grécia encontram-se referências de uso de esferas ou rolimã como elementos rolantes (SANTOVITO, 2014). A FIGURA 1 mostra inúmeros rolos de madeira que eram utilizados como meio de transporte de carga.



Fonte: Santovito (2014).

FIGURA 1 – Utilização de rolos de madeira para transporte de carga.

Em 1500 D.C com o intuito de construir um veículo que se locomovesse sem emprego de força muscular, Leonardo da Vinci ilustra um projeto de um veículo impulsionado por um sistema de molas, que possui um sistema de transmissão com diferencial. Ao pesquisar os fenômenos de atrito ele observa a distinção entre o atrito deslizante, rolante e a resistência de giro com o auxílio de cilindros, que servem como corpos rolantes (SANTOVITO, 2014). A FIGURA 2 mostra um esboço do projeto de separador (rolamento), criado por Leonardo Da Vinci no ano de 1500 D.C, para a diminuição de atrito entre as partes girantes.



Fonte: Santovito (2014)

FIGURA 2 – Esboço do projeto de separador de Leonardo Da Vinci.

Os primeiros rolamentos de esferas chamados tipo cone, ganharam grande impulso com as bicicletas. No fim do século XX o rolamento tipo cone substituiu os mancais deslizantes nas rodas dos veículos devido ao baixo índice de atrito e maior segurança de funcionamento (SANTOVITO, 2014).

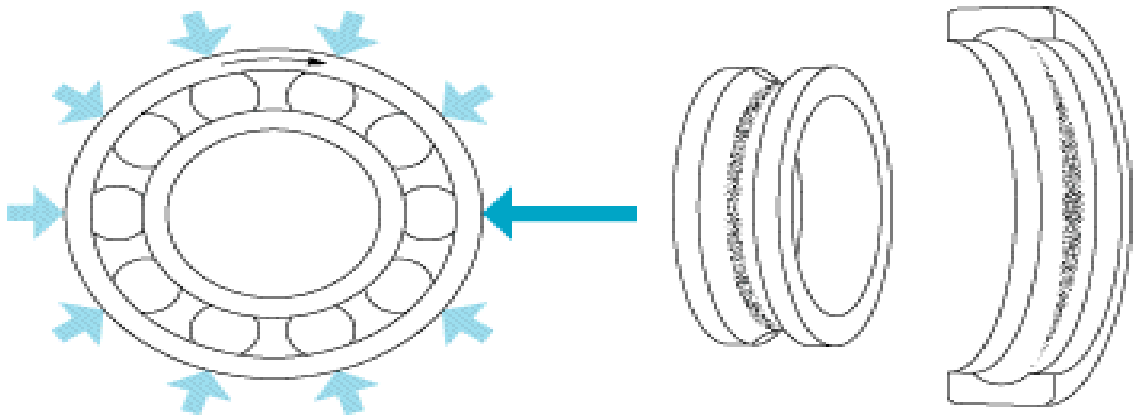
O desenvolvimento do rolamento continua até os dias atuais, com novos equipamentos surge à necessidade de rolamentos adequados para atender os diversos tipos de serviços.

### 3.2 Tipos de Rolamento

Os rolamentos podem ser divididos em diversos tipos e finalidades, para cada serviço existe o tipo específico de rolamento indicado a ser usado. Torna-se indispensável conhecer o tipo de atuação de carga que irá receber o rolamento. Existem três tipos de cargas que podem atuar no rolamento (MELCONIAN, 2005).

- **Carga radial**

Carga que atua na direção dos raios do rolamento.

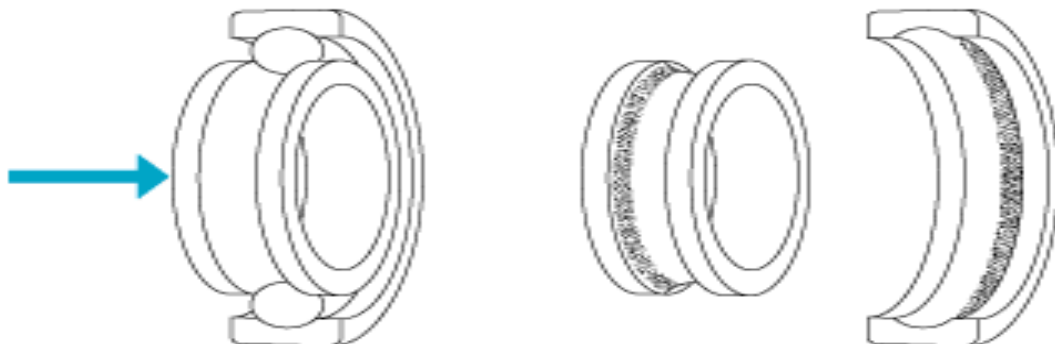


Fonte: SKF (2014).

FIGURA 3 – Carga radial girando em fase com o anel externo.

- **Carga axial**

Carga que atua na direção do eixo longitudinal do rolamento.

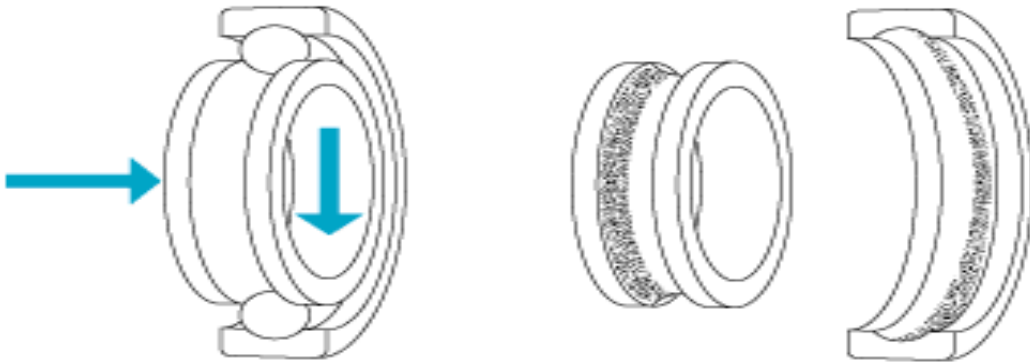


Fonte: SKF (2014).

FIGURA 4 – Carga axial unidirecional.

- **Carga combinada**

As cargas radial e axial atuam simultaneamente no rolamento, originando uma suposta carga resultante.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 5 – Combinação de cargas radial e axial unidirecional.

### 3.3 Indicação e tipos

#### 3.3.1 Rolamento fixo de uma carreira de esferas

Suporta carga radial de média intensidade e carga axial leve, e recomendando para altas rotações. Devido à sua versatilidade e custo reduzido, é amplamente utilizado. Com aplicações em: motores elétricos, alternadores, ventilação industrial, secadoras, instalações frigoríficas, aparelhos eletrodomésticos, máquinas têxteis, entre outros.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 6 – Rolamento fixo de esferas de uma carreira DIN 625.

### 3.3.2 Rolamento de contato angular de esferas

Este tipo de rolamento suporta carga axial somente em um sentido, por este motivo é montado contraposto a outro rolamento que possa receber a carga axial no sentido contrário (MELCONIAN, 2005).

Os rolamentos de esferas de contato angular não são desmontáveis, sua utilização é frequente em: fusos de máquinas-ferramenta, caixa de redutores, entre outros.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 7 – Rolamento de contato angular de esfera de uma carreira DIN 628.

### 3.3.3 Rolamento autocompensador de esferas

Possui dupla carreira de esferas com pista esférica no anel externo. A utilização deste tipo de rolamento é indicada quando houver necessidade de compensar desalinhamento das flexões do eixo ou deformação da caixa (MELCONIAN, 2005). Suas aplicações podem ser encontradas nos setores químicos, industriais e agroindustriais.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 8 – Rolamento de autocompensador de esferas DIN 630.

### 3.3.4 Rolamento axial de esfera

Ambos os tipos de rolamento axial de esfera (escora simples e escora dupla), são indicados para elevadas cargas axiais. Por serem rolamentos desmontáveis, não suportam carga radial. Para que as esferas fiquem firmemente em suas pistas e necessário a atuação permanente de uma carga axial mínima (MELCONIAN, 2005). Com aplicações em: pivôs de grua, bombas de platô, entre outros.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 9 – Rolamento axial de esferas de escora simples DIN 711.



Fonte: SKF (2014)

FIGURA 10 – Rolamento axial de esferas de escora dupla DIN 715.

### 3.3.5 Rolamento de rolo cilíndrico

Com componentes separáveis facilita sua montagem e desmontagem. Recomendado para cargas radiais elevadas e altas rotações (MELCONIAN, 2005). Com aplicações em:

caixas de eixos de vagões, motores elétricos pesados, cilindros de laminadores, vagonetas de pressão, entre outros.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 11 – Rolamento de rolos cilíndricos de uma carreira DIN 5412.

### 3.3.6 Rolamento autocompensador de rolos

Indicado para altas cargas, compensando o desalinhamento entre o eixo e o alojamento (MELCONIAN, 2005).



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 12 – Rolamento de autocompensador de rolos DIN 635.

### 3.3.7 Rolamento autocompensador de duas carreiras de rolos

Os rolos são de grande diâmetro e comprimento, é adequado aos mais pesados serviços. Devido a oscilação entre rolos e pistas, existe uma distribuição uniforme de carga (MELCONIAN, 2005).



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 13 – Rolamento de autocompensador de duas carreiras de rolos DIN.

### 3.3.8 Rolamento axial autocompensador de rolos

Indicado para suportar altas rotações assim como altas cargas axiais, consegue suportar cargas radiais desde que ela não ultrapasse a intensidade de 55% da carga axial. A pista esférica do anel da caixa confere ao rolamento a propriedade de alinhamento angular, compensando possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo (MELCONIAN, 2005).



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 14 – Rolamento axial autocompensador de rolos DIN 728 ISO 104.



### 3.3.9 Rolamento de rolos cônicos

Os rolamentos de rolos cônicos suportam cargas axiais em um sentido, além de suportarem cargas radiais. Seus anéis são separáveis (anel interno e externo), podendo ser montados separadamente. Devido a admitir carga axial em um sentido, torna-se necessário a montagem de seus anéis aos pares, uns contra ou outros (MELCONIAN, 2005). Aplicações em: bombas, compressores, eixos de redutores, mudança de transmissão com pinhão cônico, setores da indústria papelreira, entre outros.



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 15 – Rolamento de rolos cônicos DIN ISO 355 DIN 720.

### 3.3.10 Rolamento de agulhas

Possui uma seção transversal muito fina, é indicado para construções compactas e extremamente leves. Admite somente cargas radiais. É utilizado especialmente quando o espaço radial é limitado (MELCONIAN, 2005).



Fonte: SKF (2014).

FIGURA 16 – Coroa de agulhas de uma carreira ISO 3030 DIN 5405.

### 3.3.11 Rolamentos blindados

O rolamento recebe uma placa de aço inserida sobre pressão em ranhuras nos anéis internos e externos denominada blindagem. As placas de blindagem protegem o rolamento contra a penetração de corpos estranhos e o escoamento da graxa, quando blindado os rolamentos são fornecidos com o volume de graxa ideal para sua lubrificação e vida útil (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

### 3.3.12 Rolamentos vedados

A vedação é aplicada em rolamentos que irão atuar em contato direto com poeira ou água. Rolamentos vedados são utilizados como uma vedação auxiliar, a vedação principal do equipamento é feita por: defletores, labirintos e retentores.

Os rolamentos vedados possuem dois tipos de vedação que são:

- ✓ Vedação com contato: é uma placa de borracha nitrílica reforçada com alma de aço, introduzida sobre pressão no rebordo do anel externo, o sistema de vedação possui duas fendas estreitas: uma para refrear a graxa e a outra para a borda de contato. Possuem ótima capacidade de proteção contra poeira e algumas restrições quanto à rotação e temperatura de trabalho (JUVINALL; MARSHEK, 2008).
- ✓ Vedação sem contato: possui diferenças construtivas em relação aos de vedação com contato, duas fendas contraídas são dispostas diagonalmente onde as fendas são mais estreitas. Não possui restrições a rotação de trabalho (JUVINALL; MARSHEK, 2008).

## 3.4 Cuidados com o rolamento

Ao fazer a troca de um rolamento deve-se tomar o cuidado de escolher um novo rolamento deve com as mesmas especificações do antigo. Na identificação do produto deve-se atentar para as seguintes características (PINTO; RODRIGO, 2010):

- ✓ Fabricante;
- ✓ Tipo de rolamento;
- ✓ Diâmetro do furo;
- ✓ Diâmetro externo;
- ✓ Largura;
- ✓ RPM.

O manuseio do rolamento deve ser feito de forma correta, para que não haja contaminação no componente. O uso de luvas, assim como ferramentas que tenham sido desenvolvidas para o manuseio do rolamento aumentam a segurança, economiza tempo e esforços na troca do componente.

Existem algumas etapas a serem seguidas com a finalidade de preservar a vida útil do rolamento. Deve-se verificar se todas as peças, ferramentas, e dados necessários estejam prontamente disponíveis para a troca do componente (PINTO; RODRIGO, 2010).

Verificar o catálogo do equipamento ou máquina para determinar a ordem que o rolamento deve ser montado. Deixar o rolamento na embalagem até o momento da montagem, para que não seja exposto a quaisquer contaminantes, caso haja risco do rolamento ser contaminado em decorrência de manuseio indevido ou embalagem danificada, ele deve ser lavado a seco antes da montagem (PINTO; RODRIGO, 2010).

Na montagem devem-se tomar os seguintes cuidados (PINTO; RODRIGO, 2010):

- ✓ Verificar as dimensões do eixo e do cubo se estão corretas;
- ✓ Remover rebarbas;
- ✓ Não usar estopas no processo de limpeza;
- ✓ Trabalhar em ambiente adequado, livre de pó e umidade;
- ✓ Usar o lubrificante correto recomendado pelo fabricante;
- ✓ No caso de reaproveitamento, deve-se lavar o rolamento e lubrificá-lo imediatamente para evitar oxidação.

### **3.5 Lubrificação em rolamento**

O processo de lubrificação consiste na aplicação de uma camada de lubrificante entre duas superfícies sólidas em movimento relativo. A lubrificação é uma técnica utilizada a milhares de anos, um dos primeiros registros de utilização de lubrificação foi no Egito antigo, por volta de 2660 a.C onde foi encontrado vestígio de lubrificação por sebo de boi nas rodas de um trenó que pertenceu a Ram-Em-Ka (Rei do Egito) (NOGUEIRA, 2014).

Com a revolução industrial no século XVIII veio a mecanização no setor industrial e no setor de transportes, com os sistemas de manutenção em aprimoramento, a lubrificação era parte essencial para o desempenho destas máquinas. Para que funcionassem em perfeito desempenho eram feitas lubrificações periódicas e acompanhamento do maquinário. Durante a 2ª Guerra Mundial o desenvolvimento de novas máquinas de guerra, como: canhões, tanques e armamentos, fizeram com que os lubrificantes tivessem suma importância, com o

lubrificante adequado, os equipamentos estavam todos em ótimas condições e preparados para uso, o desenvolvimento de novos lubrificantes era cada vez mais claro (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Para que o rolamento opere de maneira confiável, ele deve estar adequadamente lubrificado para evitar contato direto do metal com metal, pista e gaiola. Para que o rolamento proporcione seu máximo desempenho é de extrema importância a escolha do lubrificante correto, existe uma ampla gama de graxas (nome genérico dado ao lubrificante pastoso composto “semiplástico” ou de alta viscosidade) e óleo para lubrificação, como também lubrificantes sólidos para condições de temperaturas extremas. A escolha do lubrificante depende das condições de serviço operacional: temperatura, velocidade e influência do ambiente ao redor (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Algumas vantagens na lubrificação dos rolamentos (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):

- ✓ Vida do rolamento prolongada;
- ✓ Prevenção contra a oxidação;
- ✓ Proteção contra elementos nocivos;
- ✓ Redução do atrito e do desgaste;
- ✓ Dissipação do calor por atrito.

Existem métodos básicos para a lubrificação com graxa e óleo. A TABELA 1 faz uma comparação de lubrificação com graxa e óleo, mostrando o desempenho de cada uma.

TABELA 1 – Comparação de lubrificação com graxa e óleo.

Método	Lubrificação com graxa	Lubrificação com óleo
Em relação		
Manutenção	⊙	Δ
Confiabilidade	○	⊙
Efeito de refrigeração	×	⊙
Estrutura da vedação	○	Δ
Perda de força	○	○
Contaminação do meio ambiente	○	Δ
Altas rotações	×	○

⊙ : Muito bom ○ : bom Δ : razoável × : pobre

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

Indústrias no ramo de lubrificantes vem fazendo estudos que são aprimorados cada vez mais para que estes lubrificantes agredam menos o meio ambiente, onde passou a ser uma preocupação mundial o descarte de lubrificantes. Leis ambientais fiscalizam rigorosamente as empresas no descarte de lubrificantes, evitando a contaminação do meio ambiente.

### 3.5.1 Lubrificação por graxa

A lubrificação com graxa em rolamentos é feita em condições operacionais normais, a graxa se torna mais utilizada que o óleo devido ao fácil manuseio e por aderir mais facilmente aos arranjos do rolamento. Especialmente onde os eixos estão na vertical ou inclinado, além de contribuírem para vedar o arranjo contra a umidade, água ou contaminantes.

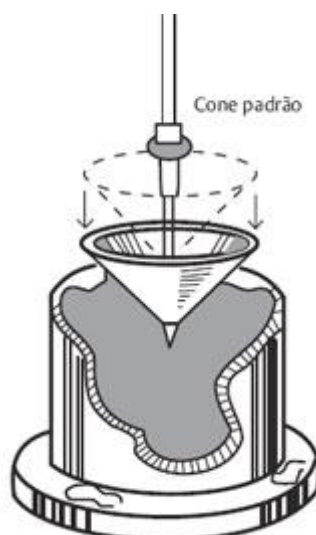
Segundo Nogueira 2014 uma quantidade excessiva de graxa em um rolamento não desempenhara suas funções corretamente, fará com que a temperatura de trabalho aumente rapidamente, principalmente se o trabalho é em alta velocidade. Apenas o rolamento deve estar totalmente preenchido de graxa, enquanto o espaço livre na caixa deve estar parcialmente preenchido. E antes de operar em velocidade total, deve-se deixar que a graxa encaixe nos arranjos ou escape durante um período de funcionamento inicial, no final do período de funcionamento inicial a temperatura de trabalho do rolamento irá cair consideravelmente, indicando que a graxa se acomodou totalmente no arranjo do rolamento.

Em caso de trabalho do rolamento em baixas velocidades é aconselhável o preenchimento total de graxa na caixa, isso criará uma proteção contra a corrosão e agentes externos como: água e poeira.

As graxas lubrificantes são compostas de óleo sintéticos ou minerais combinados com um espessante. E que são geralmente de sabões metálicos (sabão de cálcio, sabão de lítio, sabão de sódio) (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Principais características das graxas (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):

- ✓ **Consistência:** é a resistência oferecida por uma graxa a sua penetração, determinada pelo método que consiste em medir a penetração (em décimos de milímetro) exercida por um cone sobre uma amostra de graxa, sob a ação de uma carga padronizada durante 5 segundos e à temperatura de 250° C. O aparelho usado para medir a consistência da graxa é chamado de penetrômetro.



Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 17 – Esquema simplificado do funcionamento do penetrômetro, equipamento destinado para a determinação da consistência da graxa.

O NLGI (Instituto Nacional de Lubrificação a Graxa) classifica as graxas nos seguintes graus de consistência: 000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Onde as graxas com consistência 1, 2 e 3 são utilizadas na lubrificação de rolamentos (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Graxas com grau de consistência 1 (um) são aplicadas em sistemas de engraxamento centralizado, já o de consistência 2 são para rolamentos vedados e o de consistência 3 são aplicadas em rolamentos com eixo vertical, onde a placa defletora é colocada abaixo do rolamento, para evitar que a graxa saia do rolamento. Graxas que amolecem com altas temperaturas podem vazar do arranjo do rolamento, aquelas que em baixas temperaturas endurecem pode dificultar a rotação do rolamento (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

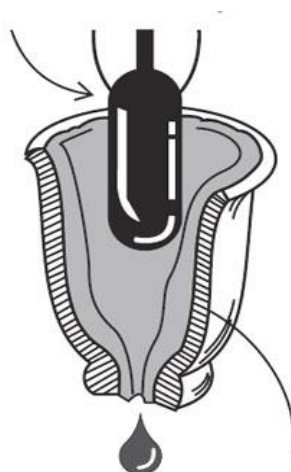
A TABELA 2 mostra a variação de consistência por penetração trabalhada em 0,10 mm (ação da carga), verifica-se que quanto maior a consistência menor a penetração trabalhada (NLGI).

TABELA 2 – Consistência.

Consistência (NLGI)		Penetração Trabalhada (em 0,10 mm)		Consistência (NLGI)	Penetração Trabalhada (em 0,10 mm)
000	Fluida	445-475	2	Consistência média	265-295
00	Fluida	400-430	3	Consistência média	220-250
0	Semi-flida	355-385	4	Consistência média	175-205
1	Semi-fluida	310-340	5 e 6	Maior consistência	130-160

Fonte: SKF (2014).

- ✓ Ponto de gota: é a temperatura em que a graxa passa do seu estado sólido ou semissólido para o estado líquido, esta medida serve de orientação para a mais alta temperatura em que a graxa pode ser submetida durante o trabalho. A variação de temperatura do ponto de gota vai mudar de acordo com as características da graxa, onde se deve considerar como limite operacional uma temperatura 20% inferior ao seu ponto de gota.



Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 18 – Esquema simplificado da determinação do ponto de gota de uma determinada graxa.

- ✓ Bombeabilidade: capacidade que a graxa tem de fluir sobre ação de bombeamento. Fatores que afetam o bombeamento são (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):
  - Viscosidade do óleo;
  - Tipo de espessante;
  - Consistência da graxa.
- ✓ Resistência ao trabalho: é a propriedade de manter sua consistência após ter sido submetido ao trabalho.

### 3.5.2 Classificação quanto ao sabão metálico

Segundo Nogueira 2014 as características das graxas se devem ao tipo de agente espessante (agente semi-pastoso) que ela é constituída, em graxas convencionais é utilizado sabão metálico como os de cálcio, lítio e sódio. Outros espessantes como silical-gel ou argilas especiais (bentonita) são pouco empregados devido ao elevado custo.

- **Graxa a base de sabão de sódio (Na)**

Graxas a base de sabão de sódio apresentam boas propriedades de vedação, aderência e grande proteção contra ferrugem. Embora, ao utilizar como proteção contra ferrugem diminua consideravelmente sua capacidade de lubrificação. Não devem ser utilizadas em aplicações úmidas, pois a risco de a graxa ser expelida do rolamento.

Aplicação em mancais planos e rolamentos que trabalham em alta velocidade e temperaturas elevadas (até 120° C), com ponto de gota de 150°C a 250°C (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

- **Graxa a base de cálcio (Ca)**

Possui uma estrutura macia similar da manteiga, apresenta boa estabilidade mecânica, são estáveis com 1 a 3% de água, não dissolvem na água, não deve ser utilizadas em temperatura de trabalho acima de 60°C. Com ponto de gota de 65°C a 105°C, são indicadas para instalações exposta a água como seção úmida de máquinas de fabricação de papel, possui ótima proteção contra água salina podem ser utilizadas em ambientes marinhos (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

- **Graxa a base de lítio (Li)**

As graxas a base de lítio são desprezivelmente solúveis em água, possuem muitas vantagens das graxas a base de cálcio e sódio, praticamente nenhuma das desvantagens. Sua estabilidade em temperaturas elevadas é excelente, podendo ser usada em trabalhos de até 140°C, ponto de gota e de 175°C a 200°C (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

### **3.5.3 Variedade e característica das graxas**

A TABELA 3 mostra a variedade e características das graxas com espessante de sabão de lítio, sódio, cálcio + sódio e cálcio + lítio, definindo sua estabilidade mecânica, resistência à pressão, resistência à água, variação do ponto de gota e suas aplicações.



TABELA 3 – Variedade e características das graxas.

<b>Tipo de graxa</b>	<b>Graxa de lítio</b>			<b>Graxa de sódio (graxa de fibra)</b>	<b>Graxa composta de base de cálcio</b>
					Sabão de sódio + cálcio
					(Na + Ca)
Espressante	Sabão de lítio (Li)			Sabão de sódio (Na)	Sabão de cálcio + lítio
					(Ca + Li)
Óleo base	Óleo mineral	Óleo diester	Óleo de silicone	Óleo mineral	Óleo mineral
Ponto de gota °C	170 ~ 190	170 ~ 190	200 ~ 250	150 ~ 180	150 ~ 180
Campo de aplicação °C	-30 ~ +130	-50 ~ +130	-50 ~ +160	-20 ~ +130	-20 ~ +120
Estabilidade mecânica	Excelente	Bom	Bom	Excelente ~ Bom	Excelente ~ Bom
Resistência à pressão	Bom	Bom	Pobre	Bom	Excelente ~ Bom
Resistência à água	Bom	Bom	Bom	Bom ~ Pobre	Bom ~ Pobre
<b>Aplicações</b>	Maior campo de aplicação. Graxa utilizada em todos os tipos de rolamentos.	Excelente a baixas temperaturas e características de desgaste. Apropriado para rolamentos pequenos e miniatura.	Apropriado para altas e baixas temperaturas. Não apropriado em aplicações com altas cargas em função da baixa resistência do filme de óleo	Parte da graxa se emulsiona quando se mistura com água. Excelentes características em temperaturas relativamente altas.	Excelente resistência à pressão e estabilidade mecânica. Apropriado para rolamentos que recebem cargas de choque.

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014)

A TABELA 3 traz as características de cada tipo de sabão metálico com determinado tipo de óleo, isso facilita a escolha correta do tipo de graxa para determinada aplicação, podendo assim ter a lubrificação correta e eficiente.

### 3.5.4 Marcas de graxas e suas naturezas

A TABELA 4 mostra marcas de graxas com suas características, base do sabão espessante, óleo base, graxa e seus fabricantes.

Cada tipo de graxa possui sua aplicação correta, o catálogo do rolamento traz os tipos de graxas a serem usadas na lubrificação.

TABELA 4 – Marcas de graxas e sua natureza.

Fabricante	Graxa	Espessante	Óleo base
Showa Shell Sekiyu	Alvania S2	Lítio	Mineral
	Alvania S3	Lítio	Mineral
	Alvania RA	Lítio	Mineral
	Alvania EP 2	Lítio	Mineral
	Aero Shell 7	Microgel	Diester
Kyodo Yushi	Multemp DS No. 2	Diester	Diester
	Multemp SRL	Lítio	Tetraesterdiester
	E5	Urea	Éter
Esso Sekiyu	Temprex N3 / Unilex N3	Complex Li	Hidrocarboneto sintético
	Beacon 325	Lítio	Diester
NOK Kluber	Isoflex Super LDS 18	Lítio	Diester
	Barrierta JFE552	Fluoride	Fluoreto
	Graxa J	Urea	Ester
Toray Dow Corning, Silicone	SH33L	Lítio	Methyl pheny
	SH44M	Lítio	Methyl pheny
Nippon Oil	Multi Nok wide No. 2	Sódio Lítio	Diester mineral
	U-4	Urea	Hidrocarboneto sintético + dialkyldiphenyl ether
Nihon Grease	MP-1	Diurea	PAO + Ester
Idemitsu Kosan	Apolo Autolex A	Lítio	Mineral
Mobil Sekiyu	Móbil 28	Bentone	Hidrocarboneto sintético
Cosmo Oil	Cosmo Wide WR3	Na	Diester mineral
Daikin	Demnum L200	PTFE	Fluoreto

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014)

### 3.5.5 Quantidade de graxa

Segundo Nogueira 2014 a quantidade de graxa a ser utilizada dependerá de vários fatores como: tamanho, forma do alojamento, limitação de espaço, rotação e o tipo de graxa a ser usada. Os alojamentos e os rolamentos devem ser engraxados somente com 30% a 60% e 30% a 40% de seu espaço.

Quando o trabalho é exercido em altas rotações, as elevações de temperatura devem ser mantidas no mínimo para evitar desgaste prematuro do rolamento, para isso deve-se usar uma quantidade reduzida de graxa, para que não ocorra excesso na quantidade de graxa a ser aplicada no rolamento, utiliza-se a fórmula I (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):

$$I \rightarrow Gr = 0,005 \times D \times B$$

Sendo:

- ✓ Gr = quantidade de graxa a ser aplicada;
- ✓ D = diâmetro externo do rolamento em mm;
- ✓ B = largura total do rolamento em mm;
- ✓ 0,005 = constante.

Com a quantidade certa de graxa temos uma lubrificação de qualidade, já o excesso pode gerar oxidação, deterioração, reduzir a eficiência da lubrificação e o aumento da temperatura diminuiria a viscosidade da graxa gerando vazamento.

### 3.5.6 Viscosidade do óleo a base da graxa

É a propriedade dos fluidos que correspondente ao transporte microscópico de quantidade de movimento por difusão molecular, quando maior a viscosidade menor será a velocidade que o fluido se movimentará. Esta propriedade está associada a resistência que o fluido oferece a deformação por cisalhamento (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

A viscosidade do óleo a base da graxa situa-se entre 15 a 500 mm<sup>2</sup> a 40°C (105°F), as graxas com base em óleo com viscosidade maior que 500 mm<sup>2</sup> a 40°C (105°F) separam o óleo tão lentamente que o rolamento não é lubrificado corretamente (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

A viscosidade do óleo determina a velocidade máxima de trabalho do rolamento, a velocidade permitida para determinada graxa é influenciada pela tensão de cisalhamento que é determinada pelo espessante.

A velocidade pode ser encontrada através do fator de velocidade que é calculado através da fórmula II (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):

$$II \rightarrow A = n \times DM$$

Sendo:

- ✓ A = fator de velocidade (mm/min);
- ✓ n = velocidade de rotação (mm/min);
- ✓ DM = diâmetro médio (mm) (0,5 + d + D).

A TABELA 5 mostra a variação de viscosidade do óleo base, baseada em variação de velocidade, consistência, ponto de gota °C, temperatura de operação °C, cor e suas características e aplicações.

TABELA 5 – Viscosidade do óleo.

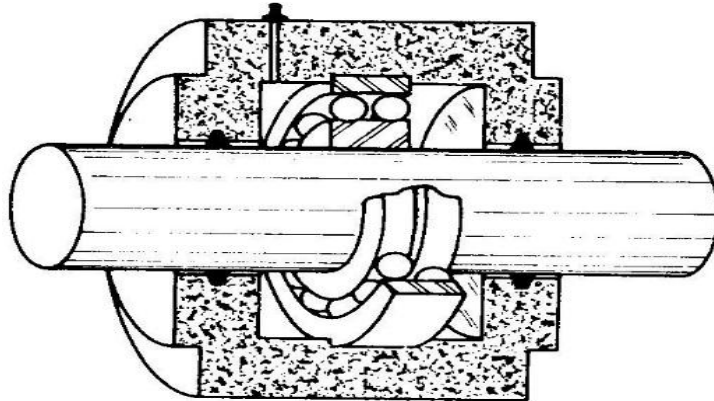
Viscosidade do óleo base		Consistência	Ponto de gota °C	Temperatura de operação °C	Cor	Características
37.8° C	140mm <sup>2</sup> /s	273	181	-25~120	Ambar	Uso geral
37.8° C	140mm <sup>2</sup> /s	232	183	-25~135	Ambar	Uso geral
37.8° C	45mm <sup>2</sup> /s	252	183	-40~120	Ambar	Baixa temperatura
98.9°C	15.3mm <sup>2</sup> /s	276	187	-20~110	Marrom	Uso geral-Alta Pressão
98.9°C	3.1mm <sup>2</sup> /s	288	Min. 260	-73~149	Amarelo-escuro	MIL-G-23827
37.8°C	15.3mm <sup>2</sup> /s	265~295	190	-55~130	Branca	Alta temperatura e baixo torque
40°C	26mm <sup>2</sup> /s	250	192	-40~150	Branca	Faixa ampla
40°C	72.3mm <sup>2</sup> /s	300	240	-30~180	Branca	Alta temperatura
40°C	113mm <sup>2</sup> /s	200~250	Min.300	-30~160	Verde	Alta temperatura
40°C	11.5mm <sup>2</sup> /s	265~295	177	-60~120	Marrom	Baixa temperatura e baixo torque
40°C	16.0mm <sup>2</sup> /s	265~295	Min.180	-60~130	Amarelo-esverdeado	Baixa temperatura e baixo torque
40°C	400mm <sup>2</sup> /s	290	-	-35~250	Branca	
40°C	75mm <sup>2</sup> /s	-	280	-20~180	Cinza –Clara	Alta temperatura
25°C	100mm <sup>2</sup> /s	300	200	-70~160	Vermelho claro acinzentado	Baixa temperatura
40°C	32mm <sup>2</sup> /s	260	210	-40~180	Marrom	Alta temperatura
37.8°C	30.9mm <sup>2</sup> /s	265~295	215	-40~135	Marrom Clara	Faixa ampla
40°C	58mm <sup>2</sup> /s	255	260	-40~180	Branco Leite	Alta temperatura
40°C	40.6mm <sup>2</sup> /s	243	254	-40~150	Marrom Clara	Faixa ampla
37.8°C	50mm <sup>2</sup> /s	265~295	192	-25~150	Amarelo	Uso geral
40°C	28mm <sup>2</sup> /s	315	Min.260	-62~177	Vermelho	MIL-G-813222C Faixa ampla
37.8°C	30.1mm <sup>2</sup> /s	265~295	Min. 230	-40~150	Marrom Clara	Faixa ampla
40°C	200mm <sup>2</sup> /s	280	-	-60~300	Branco	

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014)

### 3.5.7 Métodos de lubrificação a graxa

### 3.5.7.1 Lubrificação por enchimento

Aplicação desta lubrificação é utilizada em mancais de rolamento, onde a graxa é aplicada manualmente até a metade da capacidade do depósito.

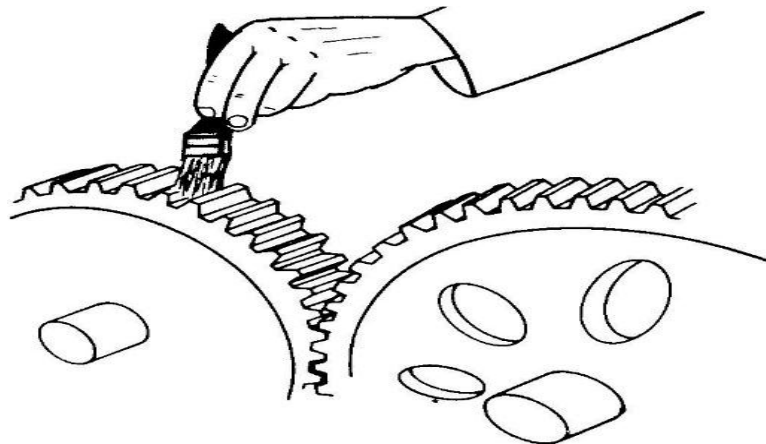


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 19 – Esquema de lubrificação por enchimento.

### 3.5.7.2 Lubrificação manual com pincel

É a aplicação de uma película de graxa com pincel sobre o rolamento a ser lubrificado, o pincel deve estar limpo e seco para não contaminar a graxa com sujeira ou outro agente externo de contaminação.

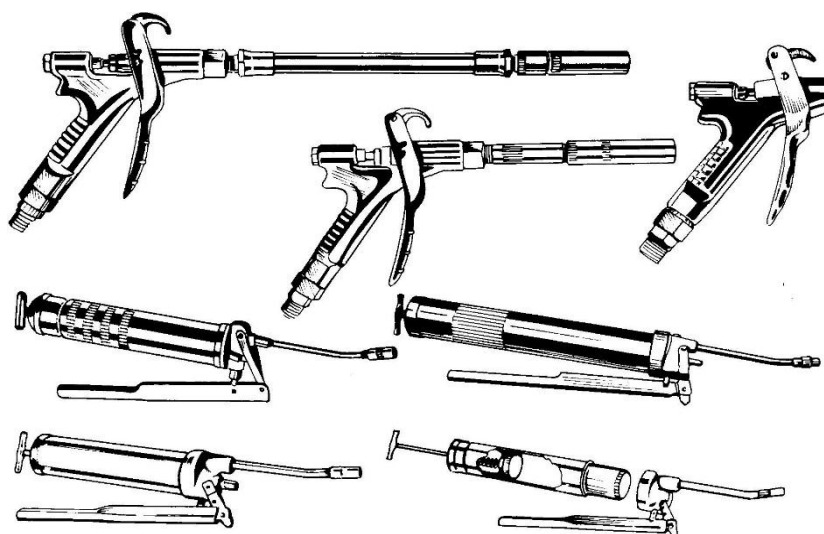


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 20 – Lubrificação manual com pincel.

### 3.5.7.3 Lubrificação com pistola

A aplicação da graxa é feita por intermédio de um pino graxeiro de uma bomba manual ou acionada eletricamente para forçar a graxa nos mancais. A construção interna de todos os tipos de pistola inclui uma mola atuando sobre uma esfera de aço contra o furo de entrada da graxa. E a graxa entrando sobre pressão, força a esfera de aço para trás, vencendo a mola para a saída da graxa. Quando a pressão da esfera volta para seu lugar primitivo, veda completamente o furo contra o escape da graxa e entrada de sujeira (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

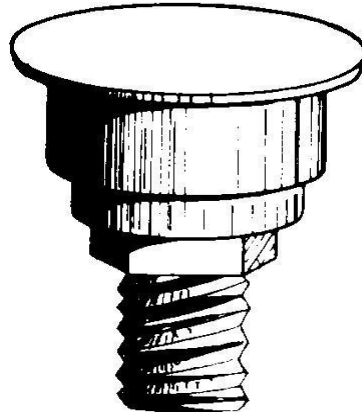


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 21 – Pistola para lubrificação.

#### 3.5.7.4 Copo graxeiro (copo stauffer)

A aplicação por copo graxeiro é um aperfeiçoamento da lubrificação manual, onde os copos são preenchidos com graxa e ao girar a tampa a graxa é impelida pelo orifício, localizado na parte inferior do copo. Para o reenchimento do copo graxeiro, quando a tampa rosqueada atingir o fim do curso da rosca deve-se tomar cuidado para assegurar a exclusão de todas as sujeiras e evitar a formação de bolhas (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).



Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 22 – Copo stauffer.

### 3.5.7.5 Sistema centralizado

Segundo Teixeira 2014 o sistema centralizado é um método de lubrificação com a graxa ou a óleo que tem a finalidade de lubrificar vários pontos, independentemente de sua localização. O sistema possibilita abastecimento da quantidade exata de lubrificante e reduz a mão de obra de lubrificação.

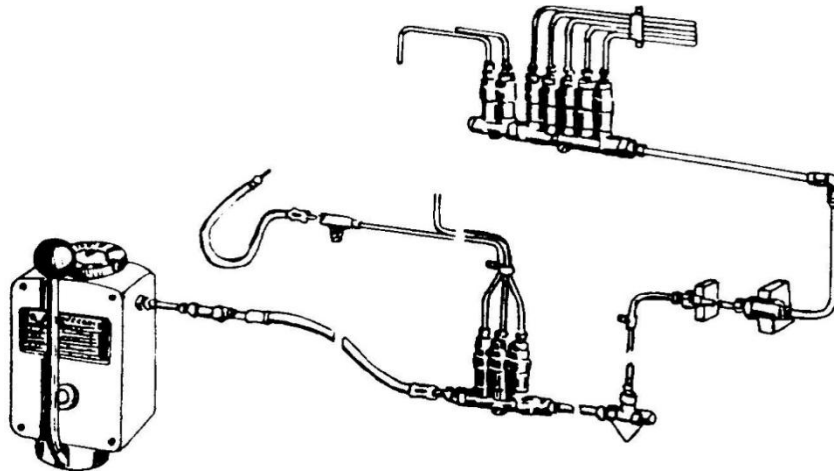
O sistema centralizado possui os seguintes componentes .

- ✓ Válvulas e porcas de compressão;
- ✓ Conexões e joelhos;
- ✓ Acoplamentos e uniões;
- ✓ Bomba;
- ✓ Manômetro.

A verificação do sistema deve ser periódica, para precaver problemas no sistema de manutenção. Pontos a serem verificados: pressão da graxa, suprimento em quantidade adequada, qualidade da graxa no reservatório, linha de distribuição (TEXEIRA, 2014).

### 3.5.7.6 Sistema operador manual

Aplicado na lubrificação de pontos de moderada frequência em circuitos pequenos. Este sistema não requer retorno de óleo, por isso é adequado para tipo perda total onde não há reutilização do lubrificante.

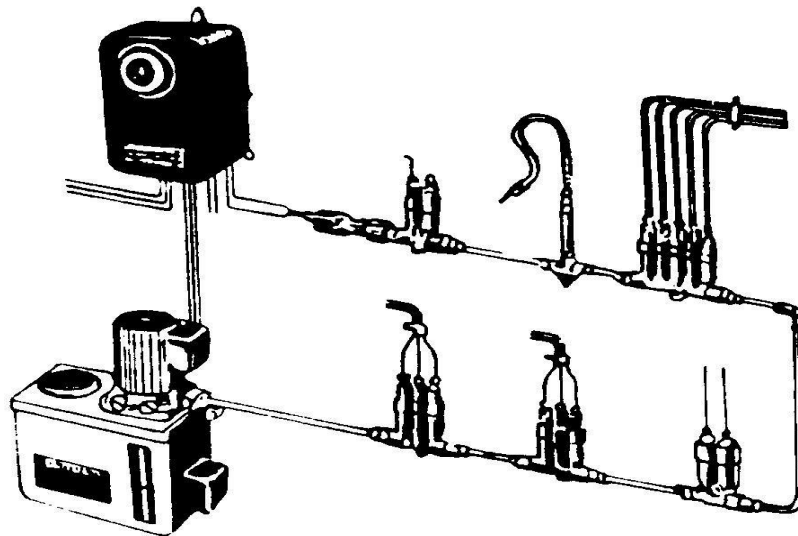


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 23 – Esquema de sistema operador manual.

### 3.5.7.7 Sistema automatizado

Aplicação da lubrificação e feita de forma automática e contínua através de um dispositivo acoplado a um motor elétrico que permite regular o número de operação por hora de efetivo de trabalho.



Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 24 – Esquema de sistema automatizado.



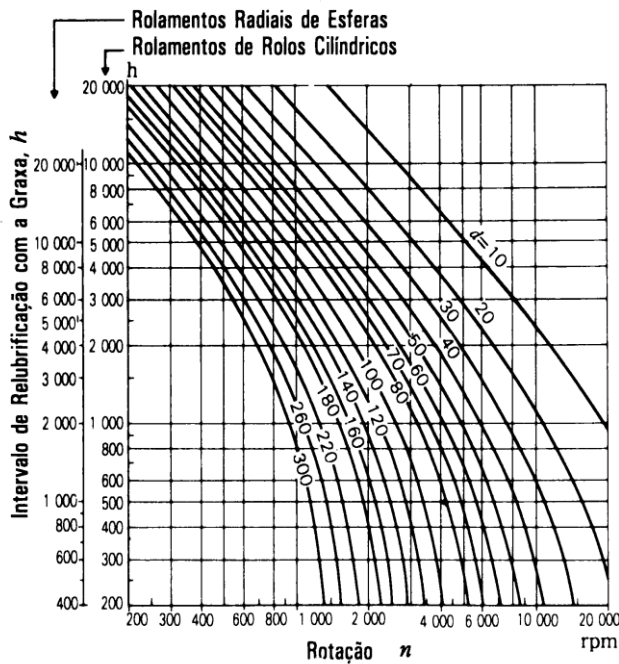
### 3.5.8 Relubrificação

Segundo Teixeira 2014 com o passar do tempo a eficiência da graxa diminui devido a alguns fatores como: temperatura, rotação e esforço de carga. É essencial a relubrificação do rolamento em intervalos de tempos regulares, o reengraxamento dependente do tipo de trabalho, temperatura, tipo de graxa, rotação e dimensões do rolamento

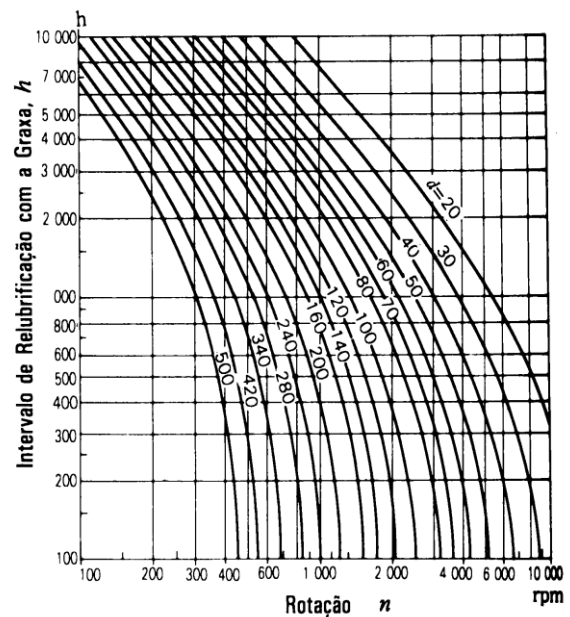
O intervalo de relubrificação deve ser encurtado na medida em que a temperatura de trabalho aumenta. Para cada 10°C de aumento na temperatura do rolamento com trabalho acima de 80°C, o intervalo de relubrificação é reduzido com o expoente de 1/1.5 (PINTO; RODRIGOO, 2010).

A relubrificação deverá se encontrar em conformidade com o modelo do rolamento e sua periodicidade garantirá sua vida útil prolongada. A periodicidade de relubrificação esta ligada diretamente com a temperatura de trabalho, condições de operação e velocidade de trabalho

Os intervalos de relubrificação com a graxa para: rolamentos radiais de esfera, rolo cilíndrico, rolo cônico e autocompensador de rolos, em termos de tempo de trabalho são indicados na FIGURA 25 (1) e (2), que são valores referencias aproximados



(1) Rolamentos Radiais de Esferas, Rolamentos de Rolos Cilíndricos



(2) Rolamentos de Rolos Cônicos, Rolamentos Autocompensadores de Rolos

Fonte: Catálogo NSK - Rolamentos (2014).

FIGURA 25 – Intervalo de relubrificação com graxa.

### 3.6 Lubrificação por óleo

Segundo Nogueira 2014 a aplicação do lubrificante a óleo é feita quando o calor gerado pelo rolamento ou calor proveniente de outras fontes seja extraído do mesmo e dissipado para fora. É indicado quando as altas temperaturas e velocidades impedem que seja feita uma lubrificação por graxa. Para o aumento da vida útil do rolamento são utilizados como lubrificação óleo circulantes bem filtrados, lubrificação por jato de óleo e lubrificação por atomização com óleo e ar filtrado. O óleo lubrificante pode ser com base em fluido mineral e fluido sintético, os dois tipos são utilizados com ou sem aditivos químicos.

O óleo mineral é obtido através da separação de componentes do petróleo que é à base de quase todo óleo lubrificante, seja ele: hidráulico, de motores, de engrenagens e de redutores.

São divididos em três grupos (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

- ✓ Óleo mineral de base naftênico: são utilizadas na produção de lubrificantes para baixa temperatura, sua desvantagem é a incompatibilidade com materiais sintéticos e elastômeros.
- ✓ Óleo mineral de base parafínico: com ligas químicas estáveis e resistentes, não podem ser modificada facilmente com influência química, tendem a não oxidar em temperaturas ambientes ou levemente elevadas, sua desvantagem é sedimentar-se em temperaturas baixas.
- ✓ Óleo mineral de base misto: é uma mistura de base naftênico e parafínico para atender necessidades e aplicações variadas.

Os óleos sintéticos são obtidos através de reações químicas, em plantas petroquímicas, possui a mesma função dos óleos minerais, porém são quimicamente mais estáveis e resistem melhor a temperaturas elevadas ou muito baixas.

São divididos em cinco grupos (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006):

- ✓ Poliolésteres: utilizado na fabricação de lubrificantes especiais tais como, óleos hidráulicos, fluido de freio, fluido de corte. Podem ser miscível ou não miscível em água, com aplicação em compressores de parafuso rotativo, compressores alternativos e bombas de vácuo.
- ✓ Poliolésteres perfluorados: óleo com a presença de flúor e fluorclorocarbonos tem uma estabilidade extraordinária contra influência química, porém em temperaturas acima de 260°C tendem a liberar vapores tóxicos.
- ✓ Óleos de silicone: destacam-se pela resistência á temperaturas elevadas e baixas, por seu

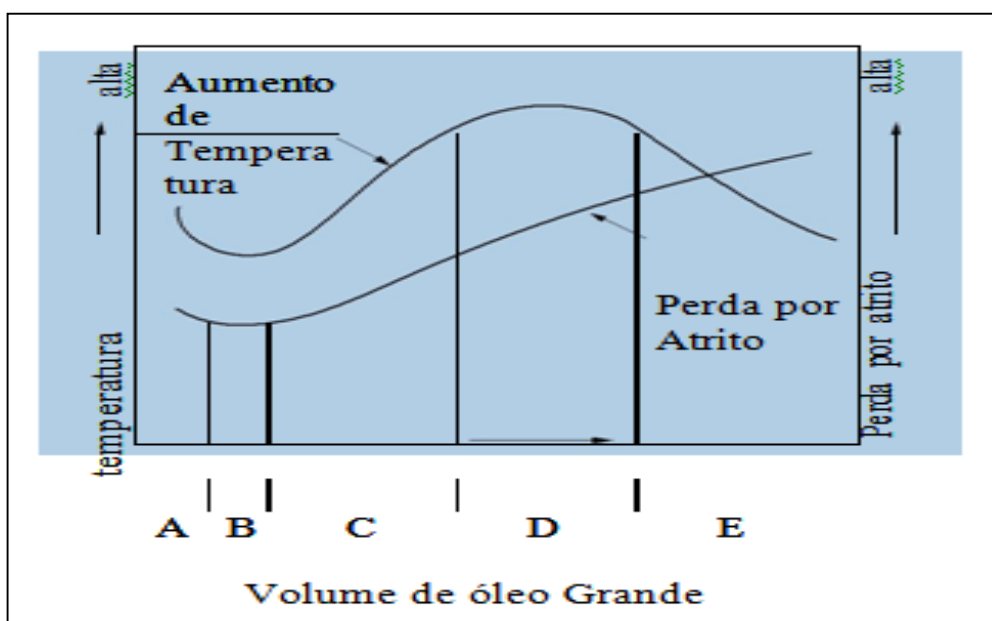
comportamento favorável quanto ao índice de viscosidade e por resistência a influência de produtos químicos, tais como solventes e ácidos.

- ✓ Diésteres: com ligações químicas entre ácidos e alcoóis pela perda de água, tornam-se resistentes a altas rotações, resisti a temperaturas elevadas e baixas. Uma ampla aplicação no setor de aviação civil.
- ✓ Hidrocarbonetos sintéticos: entre os hidrocarbonetos sintéticos destacam-se os polialfaoleofinas (PAO) e os óleos hidrocraqueados, são fabricados a partir de óleos minerais levados a um processo de sintetização onde elimina os radicais livres e impurezas, tornando-os mais estáveis a oxidação.

Segundo Santos 2010 a temperatura favorável de serviço do rolamento se obtém quando se usa o mínimo de lubrificante necessário para garantir a lubrificação de confiança, a quantidade de lubrificante irá depender do tipo de serviço que o rolamento irá exercer .

A viscosidade do óleo lubrificante é uma propriedade de extrema importância para a lubrificação constante do rolamento, com o aumento da temperatura a viscosidade tende a diminuir. Para rolamentos com altas rotações a viscosidade não poderá ser alta, para evitar o aumento excessivo da temperatura e alta fricção (SANTOS, 2010).

A FIGURA 26 mostra um gráfico para serviços em condições normais em relação a temperatura e quantidade de óleo lubrificante, gerando a perda de atrito e a refrigeração do rolamento.



Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

FIGURA 26 – Volume de óleo, perda por atrito, temperatura do rolamento.

A TABELA 6 detalha as características específicas da FIGURA 24, a queda de temperatura acontece conforme aumenta a quantidade de óleo lubrificante no sistema, com o aumento do volume de óleo a refrigeração predomina e a temperatura do rolamento diminui.

TABELA 6 - Características entre relação de lubrificação.

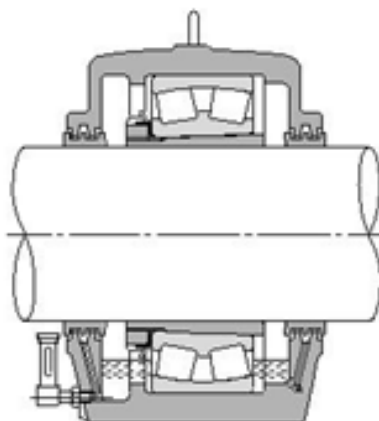
Campo	Características	Método de lubrificação
A	Quando o volume de óleo está extremamente baixo, ocorre contato metálico direto entre os corpos rolantes e as superfícies das pistas. Ocorre a abstração e o engripamento do rolamento.	---
B	Uma fina camada de óleo sobre todas as superfícies, a fricção é mínima e a temperatura é baixa. Conforme aumenta o volume de óleo.	Lubrificação com graxa, mistura de óleo, lubrificação ar-óleo
C	O aumento do calor é balanceado pela refrigeração	Lubrificação por circulação
D	Apesar do volume de óleo, a temperatura aumenta numa taxa fixa.	Lubrificação por circulação
E	Conforme o volume de óleo aumenta, a refrigeração predomina e a temperatura do rolamento diminui.	Lubrificação com circulação brocada, lubrificação com jato de óleo

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

### 3.6.1 Método de lubrificação a óleo

#### 3.6.1.1 Lubrificação por banho de óleo

Sua aplicação é ampla em rolamentos com baixas à moderadas rotações. Em eixos horizontais onde o nível de óleo deverá ser mantido aproximadamente no centro do corpo rolante mais baixo, quando o rolamento estiver em repouso, em eixos verticais com baixas rotações, o nível do óleo deverá ser entre 50% e 80% dos corpos rolantes submersos (SANTOS, 2010).

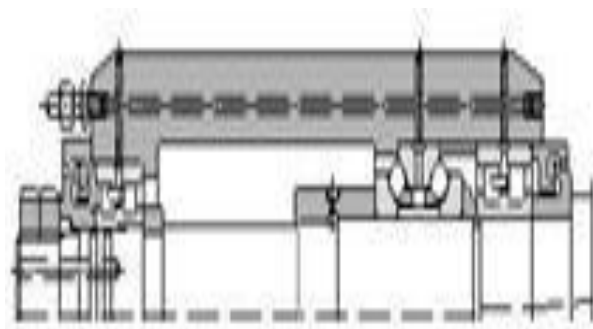


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 27 – Esquema de lubrificação por banho de óleo.

### 3.6.1.2 Lubrificação por neblina de óleo

Este método é aplicado em rolamentos com altas rotações, em função da baixa resistência do lubrificante. Utilizando ar comprimido, o óleo de lubrificação é otimizado antes de passar através do rolamento.

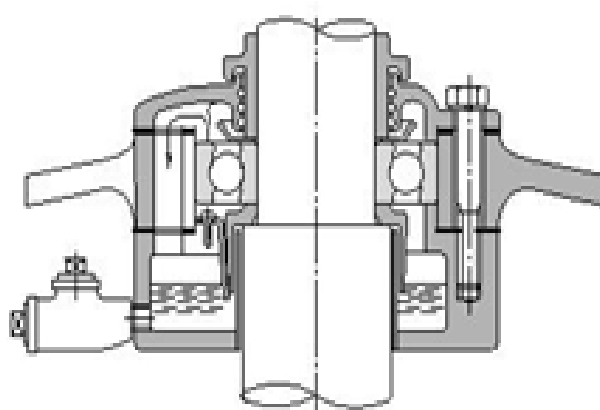


Fonte: FORLUB (2014)

FIGURA 28 – Esquema de lubrificação por neblina de óleo.

### 3.6.1.3 Lubrificação por pulverização de óleo

Este método é aplicado em rotações altas. Um impulsor é montado sobre o eixo onde recolhe o óleo e pulveriza sobre o rolamento.

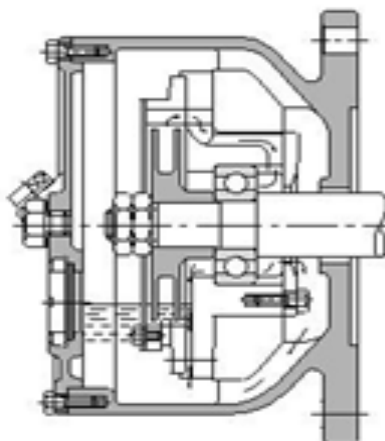


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 29 – Esquema de lubrificação por pulverização de óleo.

### 3.6.1.4 Lubrificação por disco

Um disco parcialmente submerso gira em alta rotação, impulsionando o óleo para cima, para dentro de um reservatório onde em seguida é drenado para baixo através do rolamento lubrificando-o (SANTOS, 2010).

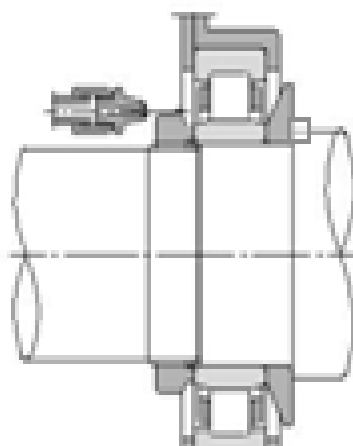


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 30 – Esquema de lubrificação por disco.

### 3.6.1.5 Lubrificação por jato de óleo

Lubrifica o rolamento por meio da injeção, sobre pressão do óleo lubrificante diretamente dentro do rolamento, é um sistema confiável para altas rotações e elevadas temperaturas. Métodos utilizados para lubrificação de rolamentos de motores a jato, turbina a gás e pista inferior de máquinas ferramenta (guia de percurso da máquina).

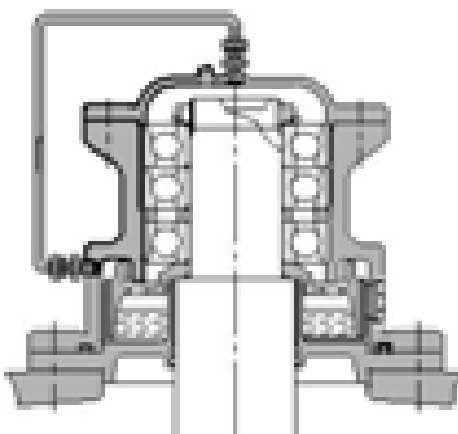


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 31 – Esquema de lubrificação por jato de óleo.

### 3.6.1.6 Lubrificação por circulação

Aplicação para o resfriamento do rolamento ou sistemas automáticos de lubrificação, onde o reservatório de óleo é localizado centralmente. O dispositivo de resfriamento é o filtro para manterem a pureza do óleo podem ser instalados dentro do sistema, para que o óleo lubrifique perfeitamente o rolamento as entradas e saídas do óleo devem ser instaladas em lados opostos do rolamento (SANTOS, 2010).

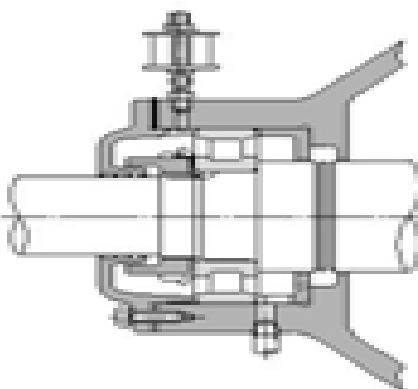


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 32 – Esquema de lubrificação por circulação.

### 3.6.1.7 Lubrificação por gotejamento

Utilizado em rotações elevadas e aplicações com cargas leves até moderadas, este sistema permite a lubrificação do rolamento através de gotejamento, onde o óleo é coletado acima do rolamento e permite o gotejamento para dentro do alojamento onde é vaporizado quando entra em contato com os corpos rolantes.

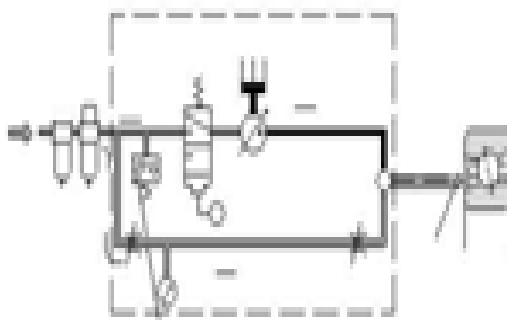


Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 33 – Esquema de lubrificação por gotejamento.

### 3.6.1.8 Lubrificação ar-óleo

A quantidade mínima requerida de lubrificação é medida e os rolamentos são alimentados individualmente em intervalos de tempo ideal, utilizando-se ar- comprimido. Com o constante envio de óleo fresco para o rolamento, e pelo efeito de refrigeração do ar- comprimido, o aumento da temperatura do rolamento pode ser mantido ao mínimo (SANTOS, 2010).



Fonte: FORLUB (2014).

FIGURA 34 – Esquema de lubrificação ar-óleo.

### 3.6.2 Seleção de óleo lubrificante

Segundo Nogueira 2014 em condições normais de operação os óleos para turbina, para maquinas e óleos minerais são utilizados na lubrificação de rolamento. Para temperaturas acima de 150°C ou abaixo de -30°C são utilizados óleos sintéticos tais como: óleo de silicone, óleo fluocarbono e óleo diester .

A viscosidade é a propriedade que irá determinar a eficiência do óleo lubrificante, se a viscosidade é muito baixa a formação de um filme de óleo não será suficiente, e poderão ocorrer danos nas pistas do rolamento, se a viscosidade é muito alta a resistência viscosa aumentará a temperatura. Em altas rotações deve ser usado um óleo com baixa viscosidade, em aplicações com carga pesadas deve-se usar um óleo com alta viscosidade (TEXEIRA, 2014).

Em condições de operação normal a TABELA 7 define a viscosidade requerida do óleo lubrificante para determinados tipos de rolamento.



TABELA 7 – Viscosidade requerida do óleo lubrificante para rolamento.

<b>Tipo de rolamento</b>	<b>Viscosidade dinâmica mm<sup>2</sup> /s</b>
Rolamentos de esferas, rolamentos de rolos cilíndricos, rolamentos de agulhas	13
Rolamentos autocompensadores de rolos, rolamentos de rolos cônicos, rolamentos axiais de agulhas	20
Rolamentos axiais autocompensadores de rolos	30

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

Aplicado quando o método de lubrificação é por banho de óleo ou por circulação a TABELA 8 faz uma seleção do padrão de viscosidade do óleo para lubrificação de determinado rolamento caracterizado em: temperatura de trabalho do rolamento e o valor dn (número de rotação por minuto).

TABELA 8 – Seleção do padrão de viscosidade do óleo para lubrificação.

<b>Temperatura de trabalho do rolamento °C</b>	<b>Valor dn</b>	<b>Grau de viscosidade ISO do óleo de lubrificação</b>		<b>Rolamento apropriado</b>
		<b>Carga normal</b>	<b>Carga pesada ou carga de choque</b>	
- 30 ~ 0	Até o nr. de rotações permissíveis	22, 32	46	Todos os tipos
	Até 15,000	46, 68	100	Todos os tipos
	15,000 ~ 80,000	32, 46	68	Todos os tipos
	80,000 ~ 150,000	22, 32	32	Exceto rolamentos axiais de esferas
0 ~ 60	150,000 ~ 500,000	10	22, 32	Rolamentos radiais de esferas de uma carreira, rolamentos de rolos cilíndricos
	Até 15,000	150	220	Todos os tipos
	15,000 ~ 80,000	100	150	Todos os tipos
	80,000 ~ 150,000	68	100, 150	Exceto rolamentos axiais de esferas
60 ~ 100	150,000 ~ 500,000	32	68	Rolamentos radiais de esferas de uma carreira, rolamentos de rolos cilíndricos
	100 ~ 150		320	Todos os tipos
	0 ~ 60		46, 68	
	60 ~ 100		150	
	Até o nr. de rotações permissíveis			Rolamentos autocompensadores de rolos

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

### 3.6.3 Quantidade de óleo

Em um sistema forçado de lubrificação a óleo, o calor irradiado pelo alojamento e pelas partes adjacente, mais o calor transportado pelo óleo lubrificante é aproximadamente igual a quantidade de calor gerada pelos rolamentos e outras fontes de calor. Em aplicações com alojamentos padronizados a quantidade de óleo requerida para a lubrificação é encontrada através da fórmula III:

$$\text{III} \rightarrow Q = K \times q$$

Onde:

- ✓ Q = Quantidade de óleo lubrificante por rolamento (dado em cm<sup>3</sup>/min);
- ✓ K = Fator de aumento permissível da temperatura;
- ✓ q = Quantidade mínima de óleo (cm<sup>3</sup>/min).

A TABELA 9 mostra o valor de K para variações de temperatura. Onde a temperatura do óleo expelido e subtraído pela temperatura do óleo fornecido, resultando uma variação de temperatura que irá indicar o valor do fator de K (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

TABELA 9 – Fator de K.

Temperatura do óleo expelido menos a temperatura do óleo fornecido °C	K
10	1.5
15	1
20	0.75
25	0.60

Fonte: Catálogo NTN- Lubrificação (2014).

### 3.6.4 Relubrificação

Os intervalos de relubrificação irão depender dos seguintes fatores: condições de operação, tipo de óleo utilizado na lubrificação e a quantidade de óleo. Em condições para lubrificação por banho de óleo e que a temperatura de trabalho estiver abaixo 50°C, a relubrificação pode ser feita uma vez por ano, porém a temperatura de operação mais elevadas entre 80°C e 100°C a relubrificação deve ser feita a cada três meses (CARRETEIRO; BELMIRO, 2006).

Segundo Nogueira 2014 em caso de operações com condições extremas é importante que a eficiência do lubrificante e a deterioração da pureza do óleo sejam verificadas em intervalos regulares, para determinar quando será feita a relubrificação do rolamento.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esse trabalho tem como finalidade ser um roteiro para operadores de manutenção, técnicos e engenheiros mecânicos que trabalham na área, mostrando aos mesmos técnicas de lubrificação e lubrificantes para rolamentos.

Recomenda-se às pessoas que trabalham diretamente com manutenção que mantenham a atualização contínua de seus conhecimentos em fontes seguras. Pois o mundo da manutenção sempre nos mostra novidades, relacionadas a segurança, e a melhor forma de mantê-la eficaz, o mundo precisa de indústrias, equipamentos e máquinas de qualidade, a qual, a lubrificação e manutenção estão ligadas diretamente ao seu melhor desempenho.

É de grande importância que os profissionais envolvidos com projeto e manutenção, tenham conhecimento de catálogos de máquinas e especificações de rolamentos. Para que possa ser feita a escolha do lubrificante correto e o meio de lubrificação eficaz, para que se tenham equipamentos e máquinas trabalhando em perfeitas condições e vida útil prolongada.

A escolha do lubrificante e o meio de lubrificação devem ser feita de acordo com as especificações de serviço que o rolamento é exposto, o lubrificante e o meio correto de lubrificação são economicamente rentáveis, e uma condição indispensável ao excelente desempenho da máquina ou equipamento.

## REFERÊNCIAS

- AKIRA, E. **Manutenção preditiva**. 2014. Disponível em:  
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABPF0AI/manutencao-preditiva>>. Acesso em: 06 abr. 2014.
- CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. A.; **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.
- CATÁLOGO NSK. **Rolamentos**. Disponível em:  
<<http://www.irusa.com.br/catalogos/NSK/COMPLETO.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2014.
- CATÁLOGO NTN. **Lubrificação**. Disponível em:  
<<http://www.ntn.com.br/pdfServicos/indiceA11/indiceA11.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2014.
- FORLUB. **Lubrificação: graxas**. Disponível em:  
<[http://www.forlub.com.br/hotsite.php?id=81682&option=&id\\_linha=7682&id\\_coluna=1&id\\_noticia=1](http://www.forlub.com.br/hotsite.php?id=81682&option=&id_linha=7682&id_coluna=1&id_noticia=1)>. Acesso em: 20 abr. 2014.
- JUVINALL, R. C.; MARSHEK, K. M. **Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 6. ed. São Paulo: Érica, 2005.
- NOGUEIRA, Felipe. **Fundamentos da Lubrificação**. Disponível em:  
<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAYXkAG/fundamentos-lubrificacao>>. Acesso em 20 mai. 2014.
- PINTO, Alan Kardec; RODRIGO, Luiz Carlos.; **Manutenção Orientada para Resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.
- SANTOS, V. A.. **Prontuário para Manutenção Mecânica**. São Paulo: Ícone, 2010.

SANTOVITO. **Quem inventou o rolamento?** A ideia de substituir o atrito de deslizamento por material começa nas primeiras civilizações. 2014. Tribo. Disponível em: <<http://santovitorolamentos.com.br/site/queminventou/>> Acesso em: 20 abr. 2014.

SKF. Padrões de caminho. Disponível em: <<http://www.skf.com/br/products/bearings-units-housings/ball-bearings/principles/troubleshooting/bearing-failures-and-their-causes/path-patterns/index.html>>. Acesso em: 20 abr. 2014. (2014).

TEIXEIRA, J. P.. **Lubrificação.** Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfXYEAC/lubrificacao>>. Acesso em: 20 mai. 2014.

FERNANDES, Paulo Henrique Martins.

Técnicas de lubrificação em rolamentos por meio de graxa e óleo. / Paulo Henrique Martins Fernandes – Rio Verde.- 2014.  
53f. : il. ; 27 cm.

Monografia (Graduação) apresentada à Universidade de Rio Verde – UNIRV, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2014.  
Orientador: Daniel Fernando da Silva

1. Benefícios. 2. Gestão. 3. Lubrificação. 4. Manutenção.  
5. Rolamento.