

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
LABORATÓRIO DE MÁQUINAS FERRAMENTAS

TRIBOLOGIA

GUIA GERAL PARA A SELEÇÃO DE UM MANCAL RADIAL

Texto: Engineering Sciences Data Unit (ESDU) - 65007

Tradução: João Telêsforo Nóbrega de Medeiros

(Engº Mecânico, MSc, docente do Departamento  
de Engenharia Mecânica do CT/UFRN - Natal )

Coordenação: Benedito de Moraes Purquêrio

(Engº Mecânico, MSc (Tribologia), PhD,  
docente da EESC/USP - São Carlos)

( Traduzida e publicada para fins didáticos )

São Carlos

1984



## APRESENTAÇÃO

É bastante incipiente ainda o volume de informações técnicas disponíveis em língua portuguesa no âmbito da Tribologia. Quando as há, é considerável o seu grau de dispersão. Há carência de sistematização e condensação dessas informações.

A Escola de Engenharia de São Carlos, através do seu Laboratório de Máquinas Ferramentas (LAMAPE), tem sido pioneira no país, nesse setor. Aqui se construíram os primeiros bancos de ensaios para mancais a ar externamente pressurizados, foram feitas incursões no campo do desenvolvimento de mancais a óleo externamente pressurizados com aplicação voltada para guias e cabeçotes de máquinas ferramentas, dentre outras.

No que tange aos mancais hidrodinâmicos, este é um dos primeiros passos objetivos. Ele advém como um dos frutos imediatos da disciplina ELEMENTOS DE TRIBOLOGIA, oferecida pela primeira vez a nível de pós graduação no país. Outros, decerto, virão naturalmente.

A tradução deste Guia tem por propósito essencial fornecer ao projetista mecânico uma ferramenta capaz de axiliá-lo em sua tarefa de sistematizar o projeto e aumentar a sua confiabilidade, otimizando-o. Ressalte-se a necessidade de se ter de adequar o método aqui apresentado e as suas hipóteses simplificadoras a cada aplicação, em particular.

Serão muito bem aceitas sugestões, contestações fundadas em aplicações, observações e relatos da sua utilização.

Os tradutores.



## GUIA GERAL PARA A SELEÇÃO DE UM MANCAL RADIAL

### 1. INTRODUÇÃO

Esta norma fornece um guia preliminar de projeto para a seleção de um tipo de mancal radial com maior probabilidade de satisfazer a um desempenho exigido. Enfatize-se que se fornece apenas um guia geral e, em casos particulares, outras considerações podem afetar a seleção final.

Ao ser escolhido o tipo de mancal, deve o projeto final incluir informações dos fabricantes ou outras normas apropriadas.

### 2. TIPOS DE MANCAIS CONSIDERADOS

Os mancais aqui considerados foram divididos nos grupos seguintes:

i) Mancais Secos - neste caso, as duas superfícies do mancal se friccionam juntas como, por exemplo, buchas não lubrificadas feitas de materiais à base de nylon, PTFE e carbono. Não se dispõem de dados quantitativos para buchas lubrificadas aleatória ou intermitentemente, mas, para fins de seleção, elas podem ser tratadas como mancais secos.

ii) Mancais Metálicos Porosos Impregnados Com Óleo - neste caso, uma bucha metálica porosa é impregnada com um lubrificante, assegurando-lhe, assim, um efeito auto-lubrificante como, por exemplo, nos mancais de ferro ou bronze sinterizados.



iii) Mancais de Rolamento - neste caso, os elementos rolantes permitem a rotação relativa entre as duas partes como, por exemplo, nos mancais de esferas, rolos e agulhas.

iv) Mancais de Filme Hidrodinâmico - neste caso, as superfícies são mantidas separadas graças a uma pressão gerada hidrodinamicamente no filme lubrificante, devido à rotação. O lubrificante pode ser fornecido ao mancal sob pressão, para promover o enchimento adequado da folga. O filme pode ser líquido ou gasoso ; mancais hidrodinâmicos a gás são aqui referendados como "mancais a gás autoatuantes".

v) Mancais de Filme Hidrostático - neste caso, as superfícies são mantidas separadas por uma pressão gerada no filme lubrificante por uma fonte externa. Desse modo, o filme é mantido mesmo quando não houver rotação. O filme pode ser líquido ou gasoso; mancais a gás hidrostáticos são aqui referendados como "mancais a gás externamente pressurizados".

### 3. SELEÇÃO PARA UMA CARGA E UMA VELOCIDADE DETERMINADAS, EM REGIME

A Figura 3.1 fornece um guia para a carga máxima típica, que pode ser suportada a várias velocidades, para uma vida nominal de dez mil horas, à temperatura ambiente, por mancais de vários tipos que apoiam eixos-árvores de tamanhos bem definidos. As linhas mais grossas dão uma indicação do tipo preferido de mancal sob carga, velocidade e diâmetro particulares, dividindo assim o gráfico em regiões.



Observações: - Diâmetros são dados em milímetros.

- As curvas são traçadas para largura do mancal igual ao diâmetro (exceto mancais de rolamento).
- Para os mancais hidrodinâmicos supõe-se um óleo mineral de média viscosidade.

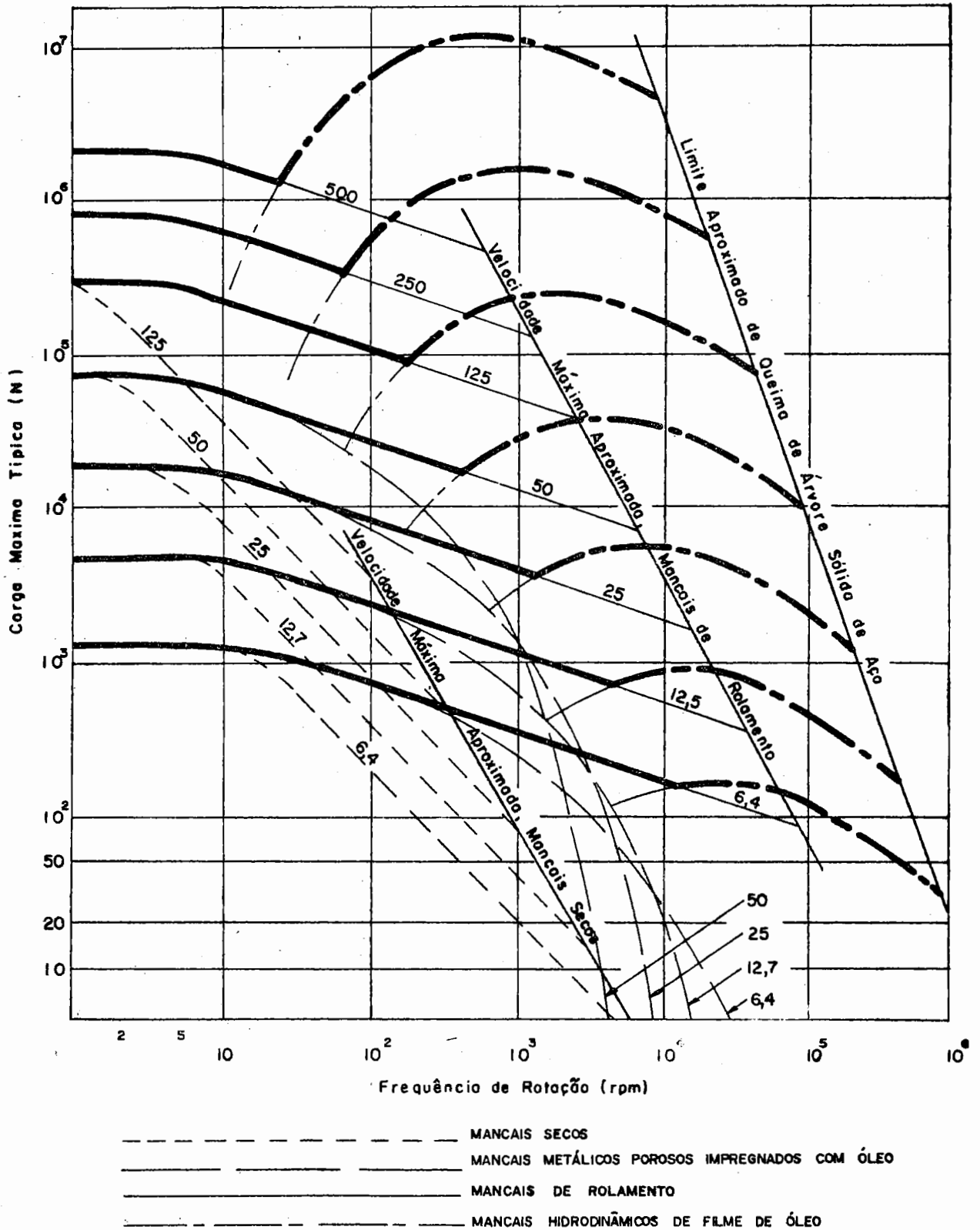


Figura 3.1 - Guia geral para a seleção do tipo de mancal



Geralmente, a carga e a velocidade são conhecidas. Isso possibilita fazer-se uma avaliação preliminar dos tipos de mancais mais prováveis de se adequarem às aplicações, e seus diâmetros aproximados.

Em muitos casos, o diâmetro do eixo-árvore já estará de terminado por outras considerações e, assim, a Figura 3.1 pode ser utilizada para determinar o tipo de mancal para esse diâmetro, indicando a capacidade de carga à velocidade requerida. Pode-se obter melhor desempenho, porém, pelas diferentes variedades de cada tipo de mancal.

As curvas se baseiam na "boa prática de engenharia" e em peças comercialmente disponíveis (bitolas padronizadas). Cargas e velocidades mais elevadas ou diâmetros menores de eixo-árvore são possíveis com padrões de engenharia excepcionalmente elevados, ou materiais especiais.

Exceto para os mancais de rolamento, as curvas são esboçadas para mancais com largura igual ao diâmetro. Embora as larguras maiores que essas possam proporcionar uma maior capacidade de carga, as tolerâncias de desalinhamento seriam mais apertadas e o desempenho poderia ser limitado pelo aquecimento excessivo. Adotou-se para os mancais hidrodinâmicos, um óleo mineral de viscosidade média.

Os mancais de filme hidrostático são aplicáveis em toda a faixa de carga e velocidade e não são, pois, incluídos na Figura 3.1. A seleção desse tipo de mancal dependerá da disponibilidade de suprimento do lubrificante sob pressão. A pressão de recalque necessária é da ordem de duas a quatro vezes a pressão do mancal, geralmente.

#### 4. CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

Em muitos casos, outras considerações, além da carga e velocidade, podem ter uma importância não considerada quando da seleção do mancal. A Tabela 1 apresenta vantagens e limitações relativas às condições ambientais e exigências particulares.

Enfatize-se que a Figura 3.1 e a Tabela 1 são, apenas, guias. A adequabilidade de um tipo de mancal é complementada com normas apropriadas ou informações dos fabricantes.



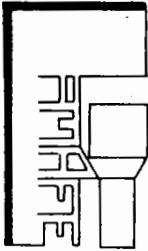


TABELA 1 - Vantagens e Limitações de Diversos Tipos de Mancais Radiais

CONDIÇÕES AMBIENTAIS	COMENTÁRIOS GERAIS	MANCAIS SECOS	MANCAIS METÁLICOS POROSOS IMPREGNADOS COM ÓLEO	MANCAIS DE ROLAMENTO	MANCAIS HIDRODINÂMICOS DE FILME LÍQUIDO	MANCAIS HIDROSTÁTICOS, DE FILME LÍQUIDO	MANCAIS A GÁS AUTO-ATUANTES	MANCAIS A GÁS EXTERNAMENTE PRESSURIZADOS
ALTA TEMPERATURA	Prestar atenção às expansões diferenciais e seus efeitos sobre os ajustes e as folgas.	Normalmente satisfatórios, dependendo do material.	Prestar atenção à resistência à oxidação do lubrificante.	Até 100°C nenhuma limitação; de 100 a 250°C, são provavelmente necessários procedimentos especiais de lubrificação e mancais estabilizados.	Prestar atenção à resistência à oxidação do lubrificante.		Excelentes.	
BAIXA TEMPERATURA	Prestar atenção a expansões diferenciais e conjugados de partida.		O lubrificante pode impor limitações. É necessário considerar-se o conjugado de partida.	Abaixo de menos 30°C, requerem lubrificantes especiais. É preciso considerar-se o conjugado de partida.	O lubrificante pode impor limitações. É preciso considerar-se o conjugado de partida.	O lubrificante pode impor limitações.	Excelentes. Há necessidade de completa secagem do gás.	
VIBRAÇÃO EXTERNA	Prestar atenção à possibilidade de falha por "fretting" (exceto no caso dos mancais hidrostáticos).	Normalmente satisfatórios exceto quando o pico da carga de impacto exceder a capacidade de carga.		Podem impor limitações. Consultar o fabricante.	Satisfatórios	Excelentes	Normalmente satisfatórios	Excelentes
NECESSIDADES DE ESPAÇO		Pequena extensão radial.		Mancais de proporções muito diferentes, pequena extensão axial.	Pequena extensão radial, mas o espaço global necessário depende do sistema de alimentação de lubrificante.		Pequena extensão radial.	Pequena extensão radial; o espaço global depende do sistema de alimentação de gás.
SUJO OU SOB CONDIÇÕES DE POEIRA		Normalmente satisfatórios. Vedações vantajosas.	A vedação é importante.		Satisfatórios. É importante a filtração do lubrificante.		A vedação é importante.	Satisfatórios.
VÁCUO		Excelentes.	O lubrificante pode impor limitações.				Não se aplica normalmente.	Não se aplica quando o vácuo tiver de ser mantido.
ÚMIDAS E SOB CONDIÇÕES DE UMIDADE	Atentar à possibilidade de ocorrer corrosão metálica.	Normalmente satisfatórios, dependendo do material.	Normalmente satisfatórios. Vedações vantajosas.	Normalmente satisfatórios. Às vezes, atenção especial às vedações é necessária.	Satisfatórios.		Satisfatórios.	
RADIAÇÃO		Satisfatórios.	O lubrificante pode impor limitações.				Excelentes.	

( continua )

TABELA 1 - Vantagens e Limitações de Diversos Tipos de Mancais Radiais (continuação)

REQUISITOS	COMENTÁRIOS GERAIS	MANCAIS SECOS	MANCAIS METÁLICOS POROSOS IM. PREGNADOS C/ÓLEO	MANCAIS DE ROLAMENTO	MANCAIS HIDRODINÂMICOS DE FILME LÍQUIDO	MANCAIS HIDROSTÁTICOS DE FILME LÍQUIDO	MANCAIS A GÁS AUTO-ATUANTES	MANCAIS A GÁS EXTERNAMENTE PRESSURIZADOS
BAIXO CONJUGADO DE PARTIDA		Normalmente não recomendadas	Satisfatórios.	Bons.	Satisfatórios.	Excelentes.	Satisfatórios.	Excelentes.
BAIXO CONJUGADO EM SERVIÇO					Satisfatórios.		Excelentes.	
EXATIDÃO NA LOCAÇÃO RADIAL		Pobres.	Bons.			Excelentes.	Bons.	Excelentes.
VIDA		Finita, mas prognosticável.			Teoricamente infinita, mas afetada pela filtração e número de partidas e paradas.	Teoricamente infinita.	Teoricamente infinita, mas afetada pelo número de partidas e paradas.	Teoricamente infinita.
COMBINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA AXIAL E RADIAL		Deve haver uma face axial para suportar cargas axiais.		A maioria dos tipos capaz de suportar ambas.	Deve haver uma face axial para suportar cargas axiais.			
OPERAÇÃO SILENCIOSA		Bons para cargas em regime	Excelentes	Geralmente satisfatórios, consultar o fabricante.	Excelentes	Excelentes, exceto possível ruído da bomba	Excelentes	Excelentes, exceto possível ruído da bomba.
SIMPLICIDADE DE LUBRIFICAÇÃO		Excelentes.		Excelentes com lubrificação por óleo ou graxa auto-contida.	Montagens auto-contidas podem ser usadas com certos limites de carga, velocidade e diâmetro. Além disso a circulação de óleo é necessária.	É necessária uma bomba auxiliar de alta pressão.	Excelentes.	É necessário o fornecimento de gás seco limpo pressurizado.
DISPONIBILIDADE DE PEÇAS PADRÕES		Bons a excelentes, dependente do tipo.	Excelentes		Bons	Não disponíveis		
PREVENÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DO PRODUTO E MEIO-AMBIENTE		Utilização do fluido do processo pode permitir melhor desempenho ao lubrificar e resfriar o mancal mas detritos do desgaste podem ir por limitações.		Normalmente satisfatórios, cuidado com as vedações, exceto quando um líquido do processo puder ser usado como lubrificante.			Excelentes.	
PARTIDAS-PARADAS FREQUENTES		Excelentes	Bons	Excelentes	Bons	Excelentes	Pobres	Excelentes
MUDANÇA FREQUENTE NA DIREÇÃO DE ROTAÇÃO			Geralmente bons		Geralmente bons			
CUSTOS OPERACIONAIS		Muito baixos			Depende da complexidade do sistema de lubrificação	Custo do suprimento de lubrificante é relevante	Nenhum	Custo do suprimento de gás é relevante