

APOSTILA
do Prof. Eduardo

Projeto de Máquinas

Elementos auxiliares de potência

Prof. Eduardo Furlan
2023



Embreagem

Exemplos de embreagens



Friction Clutch



Cone Clutch



Overrunning Clutch



Safety Clutch



Centrifugal Clutch



Hydraulic Clutch



Electromagnetic Clutch



Dog Clutch

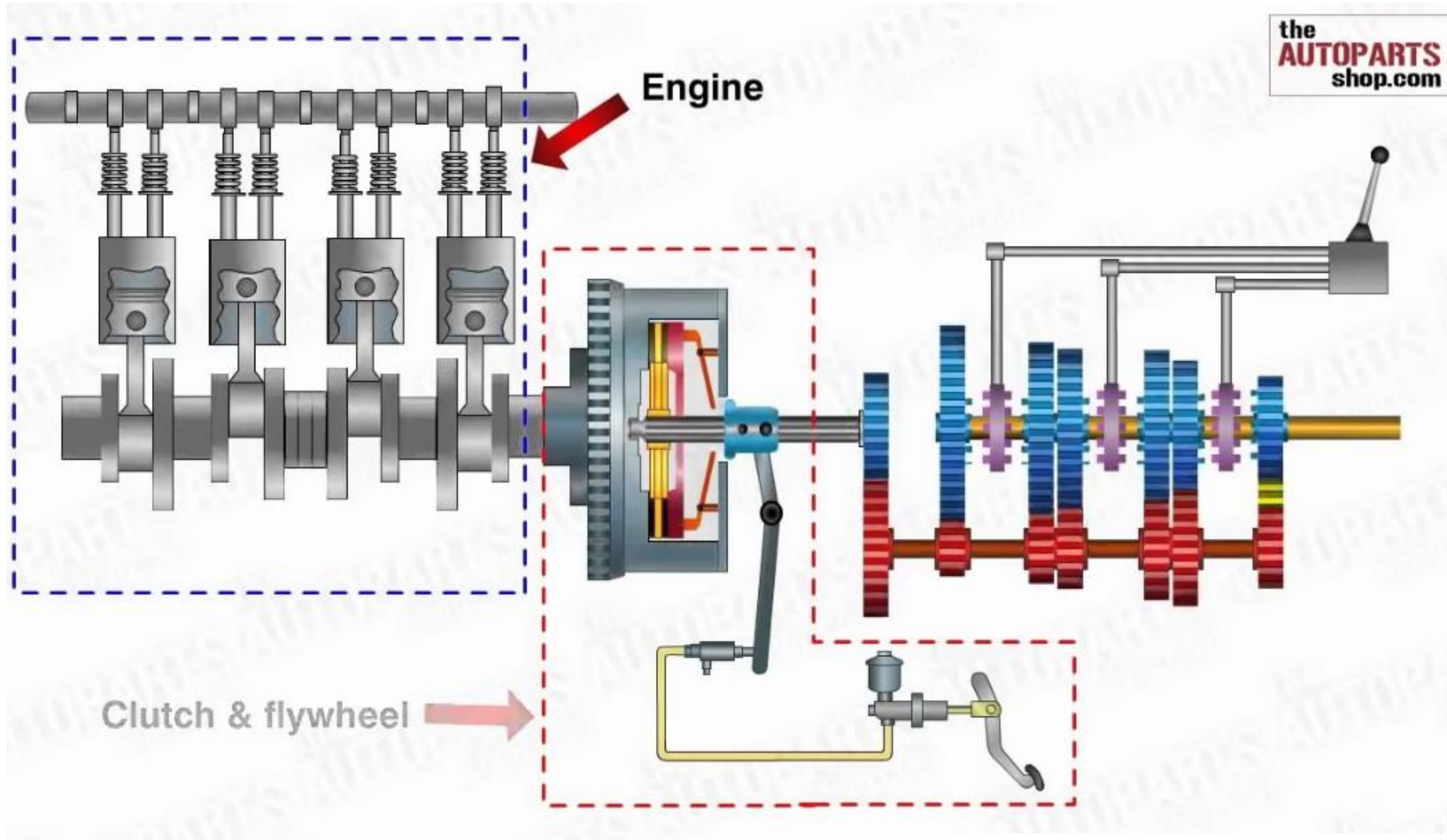


Single Plate Clutch



Diaphragm Clutch

Embreagem automotiva

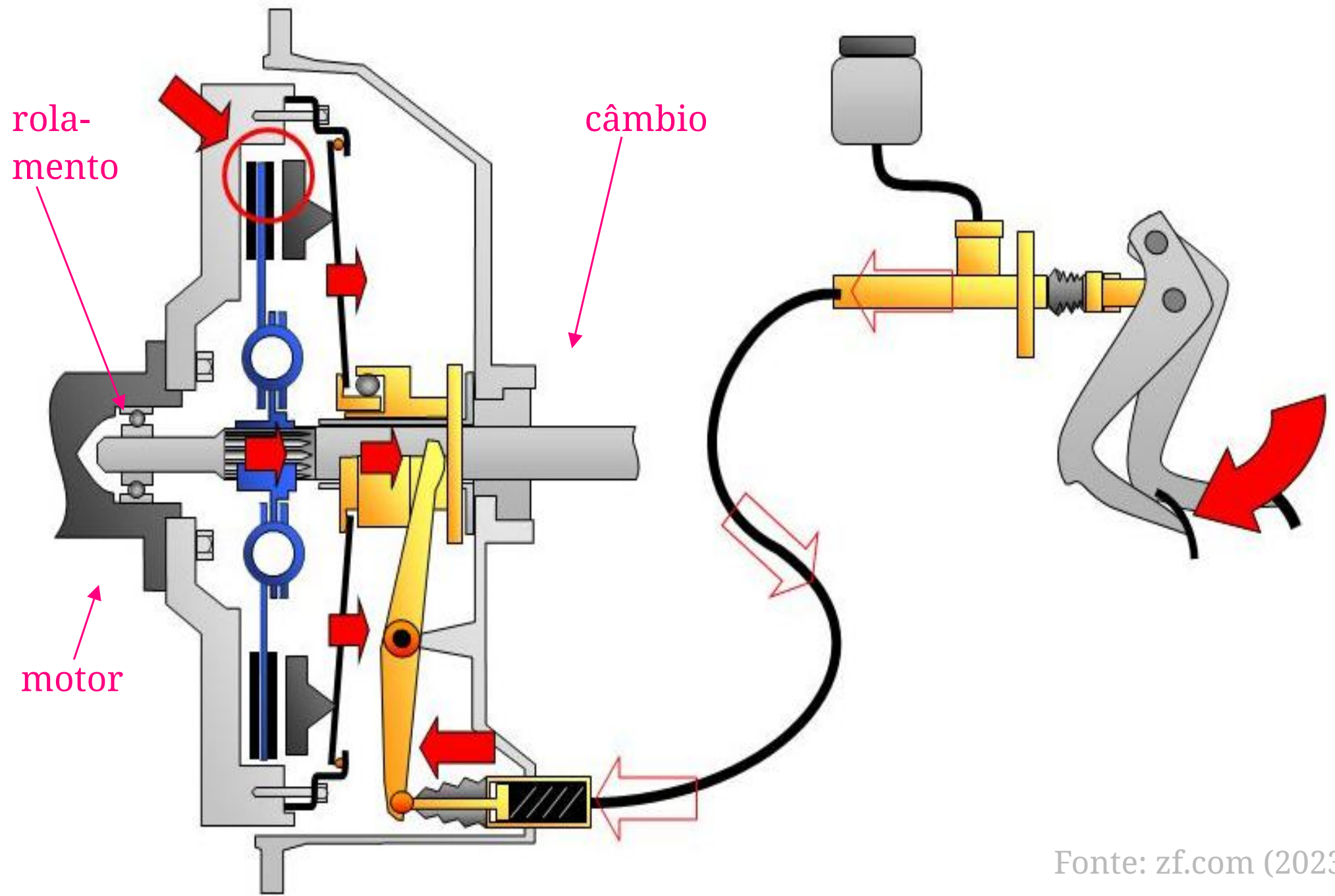


Embreagem automotiva



Fonte: x-engineer.org (2023)

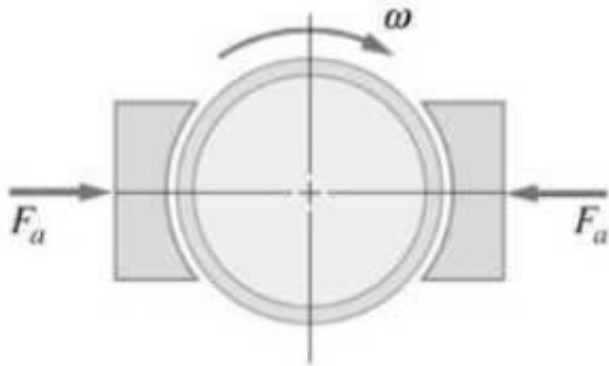
Embreagem automotiva



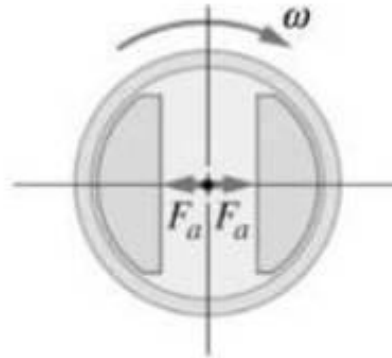
Embreagem

- Dispositivo que conecta gradual e suavemente dois componentes rotativos
- Com velocidades angulares distintas
- Em relação a uma linha de centro comum
- Trazendo os dois componentes para uma mesma velocidade angular após seu acionamento

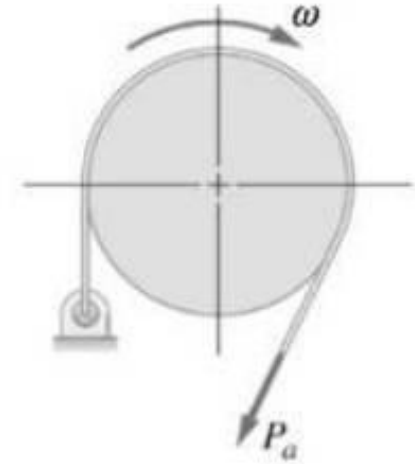
Alguns tipos comuns de embreagem



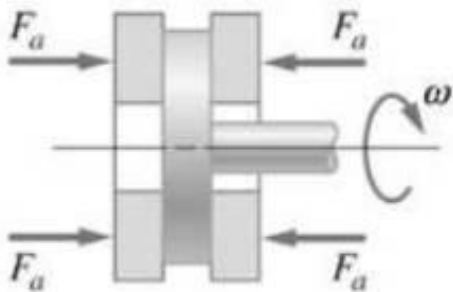
(a) Tipo aro; sapatas externas de contração.



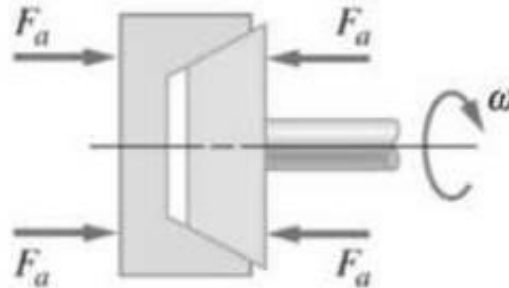
(b) Tipo aro; sapatas internas de expansão.



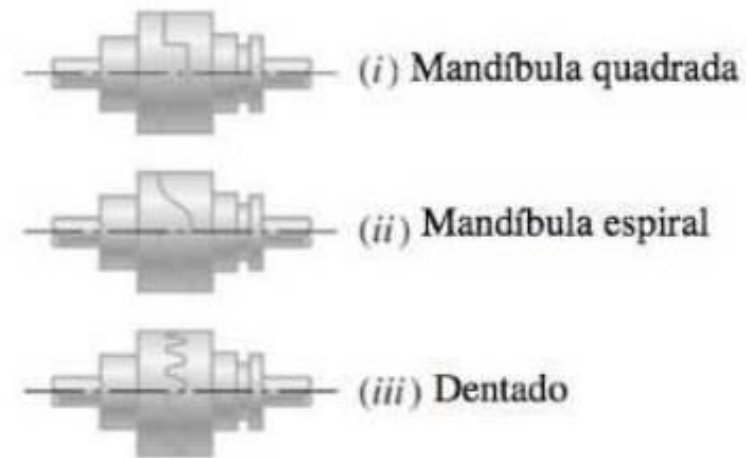
(c) Tipo cinta.



(d) Tipo disco.



(e) Tipo cone.



(f) Tipo de contato positivo.

8 passos - projeto de embreagem

1. Selecionar o tipo mais adequado à aplicação

- Considerar as restrições de projeto
 - Dimensionais
 - Geométricas

2. Selecionar o par de materiais de atrito em função de

- Modo de falha dominante
- Condições operacionais
- Tempo de resposta do acionamento

8 passos - projeto de embreagem

3. Para a velocidade e tempo de resposta desejados

- Determinar o torque necessário para acelerar ou desacelerar o dispositivo
- Considerar os efeitos inerciais de todas as massas significativas
 - Que influenciam na velocidade angular da embreagem

4. Estimar a energia dissipada como calor na zona de contato de atrito

5. Determinar a distribuição de pressão sobre as superfícies de contato por atrito

8 passos - projeto de embreagem

6. Em função da pressão máxima (p_{\max}), estimar a pressão em qualquer ponto da interface de atrito

7. Determinar a

- Força de acionamento
 - Torque de atrito
 - Reações nos mancais
- Em função desses valores, considerando o fator de segurança especificado
- Determinar dimensões
 - Fazer a seleção dos materiais adequados

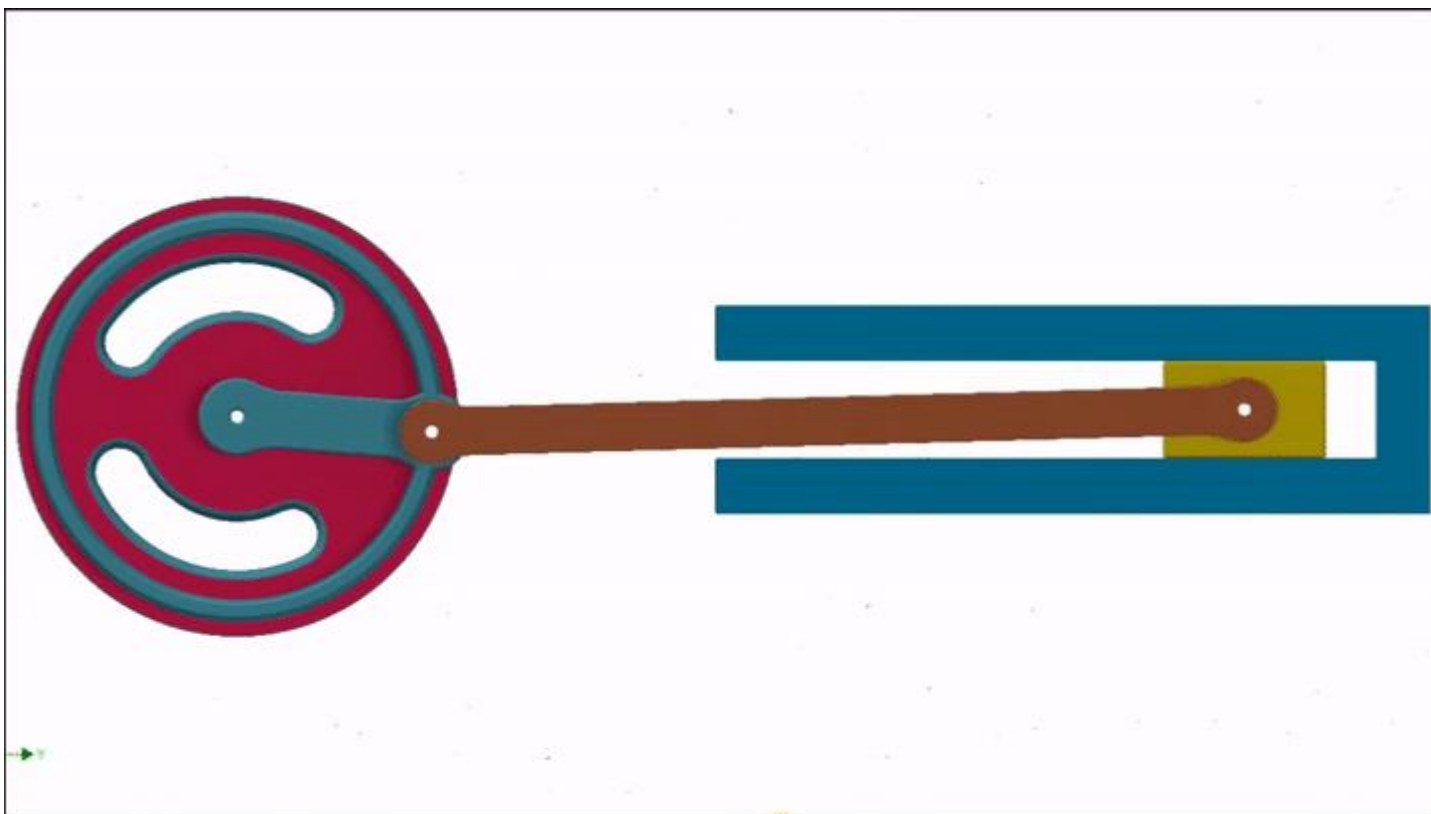
8 passos - projeto de embreagem

8. Caso a configuração não atenda às especificações

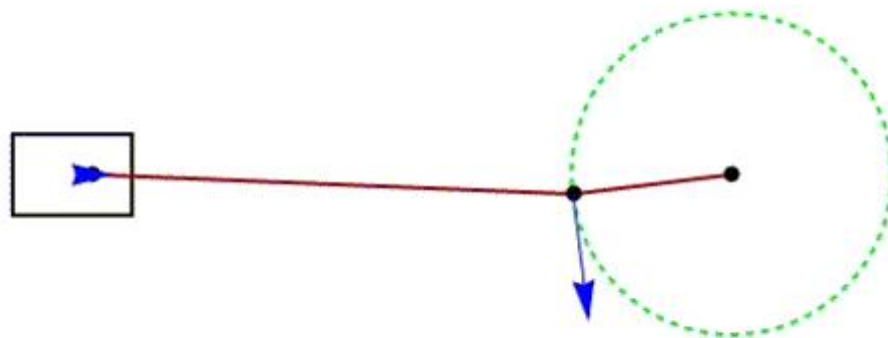
- Operacionais
- Confiabilidade
- Fazer as alterações necessárias, por meio de um processo iterativo, até que todos os requisitos sejam atendidos
- Verificar também se a taxa de calor produzido devido ao atrito excede a taxa de resfriamento

Manivela

Biela-manivela com deslizador



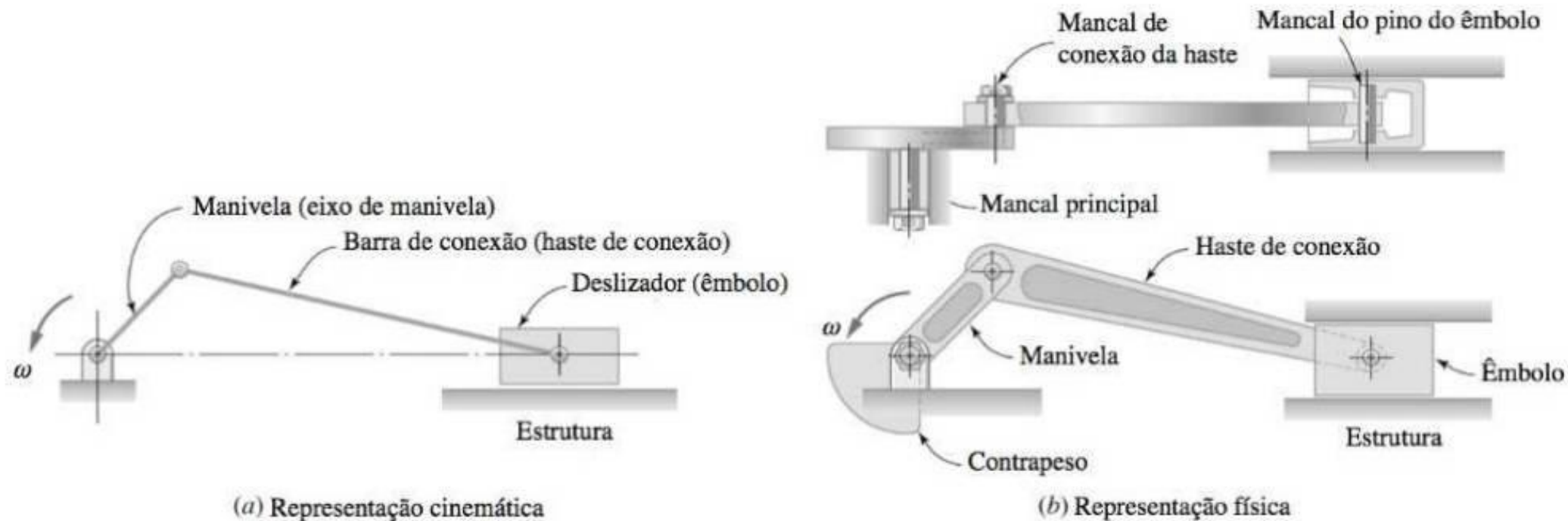
Biela-manivela com deslizador



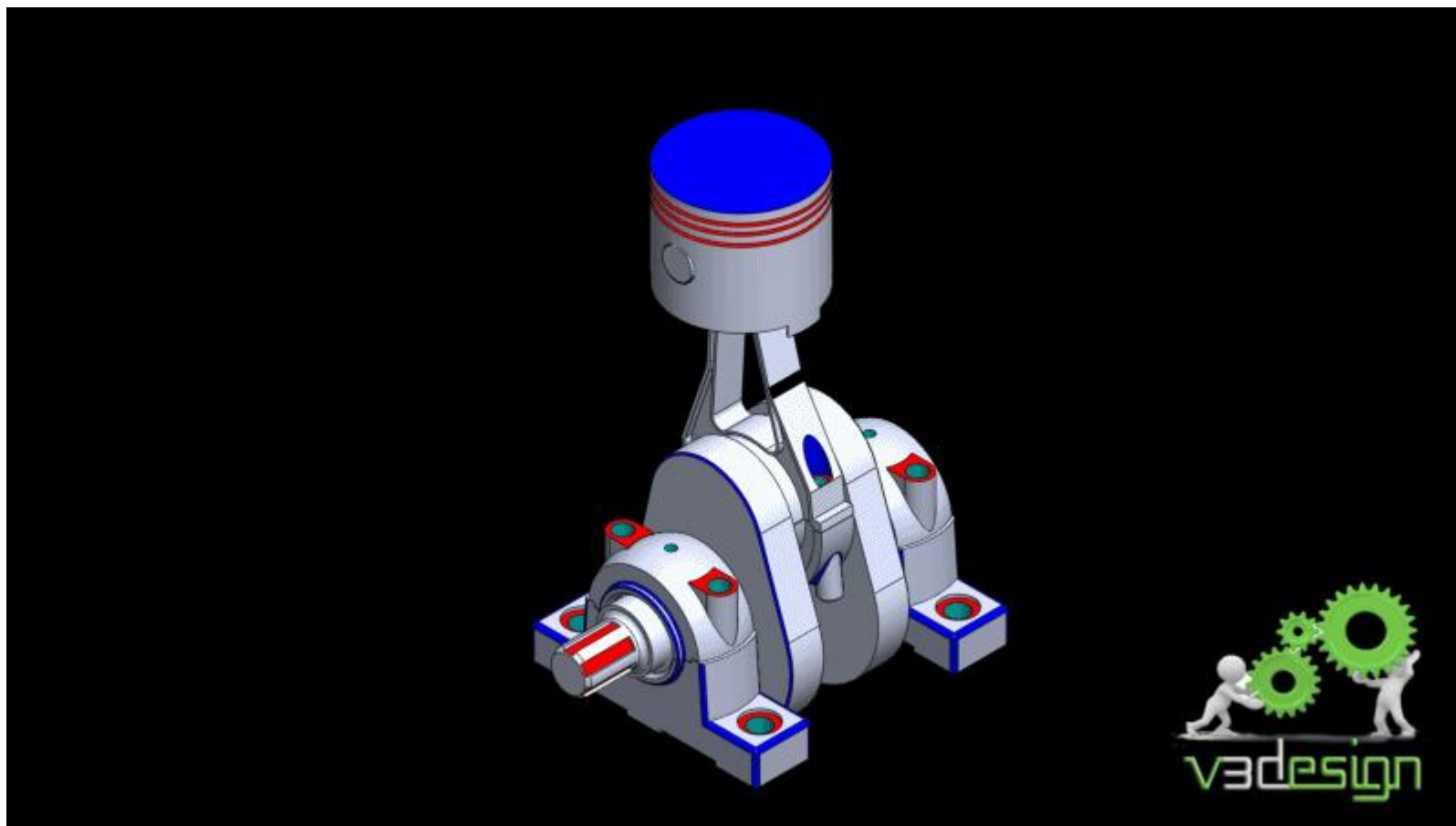
Biela-manivela com deslizador

- Converter o movimento rotativo em linear ou vice-versa

Figura 4.15 | Representação cinemática e física de um mecanismo biela-manivela com deslizador

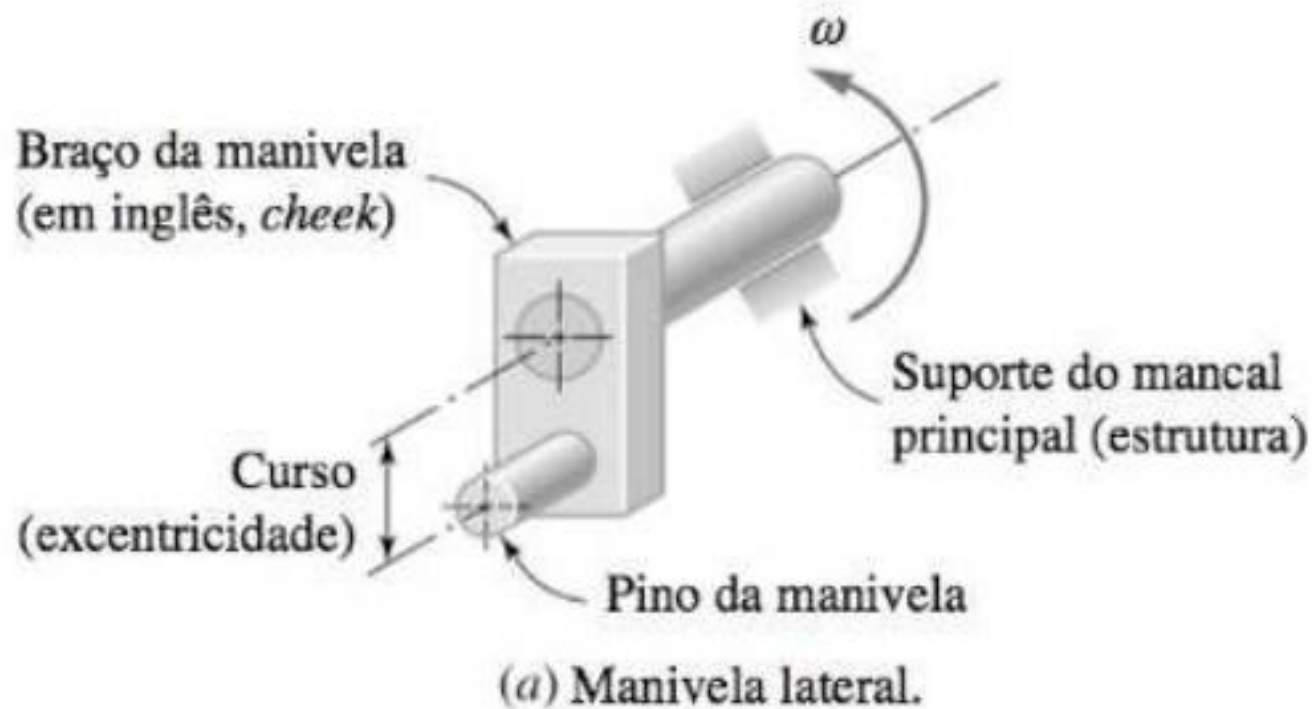


Biela-manivela



Manivela lateral

- Eixo de manivela com carga em balanço

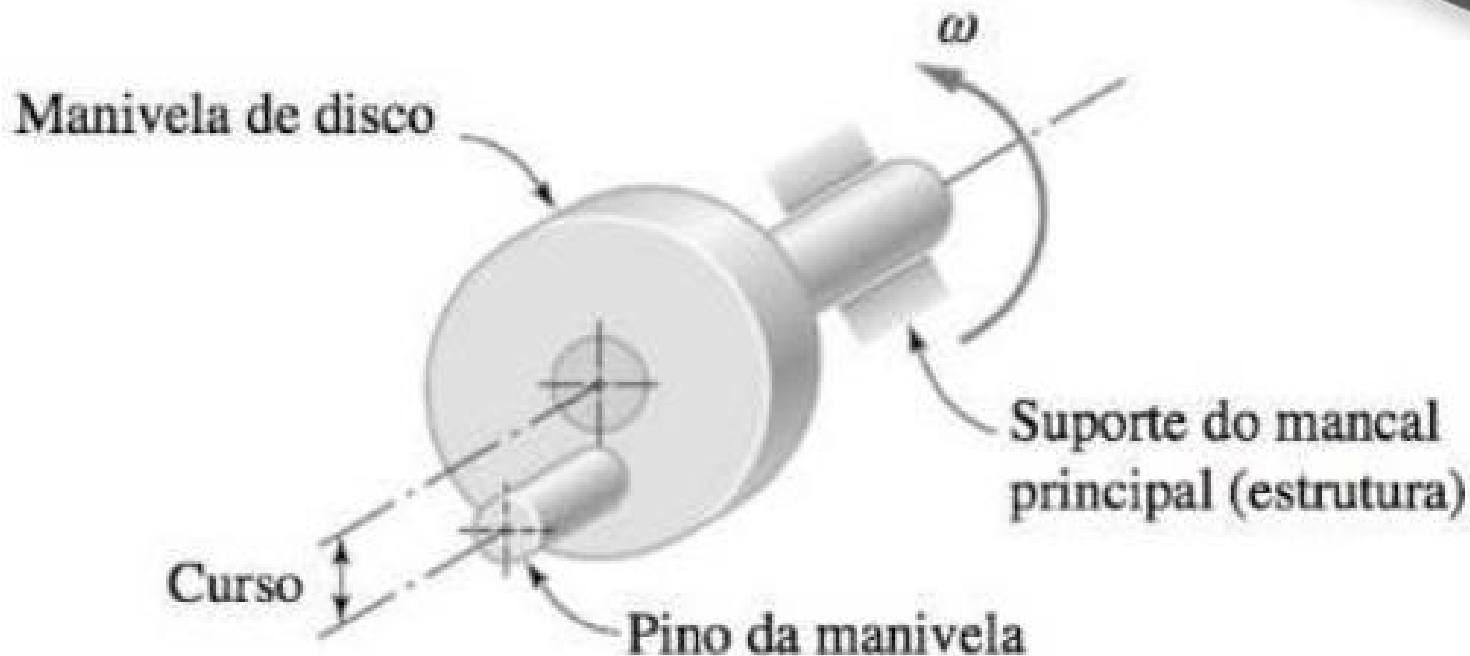


Manivela de disco

- Variação da manivela lateral
- Utilizada quando o curso é pequeno



Fonte: amazon.com (2023)

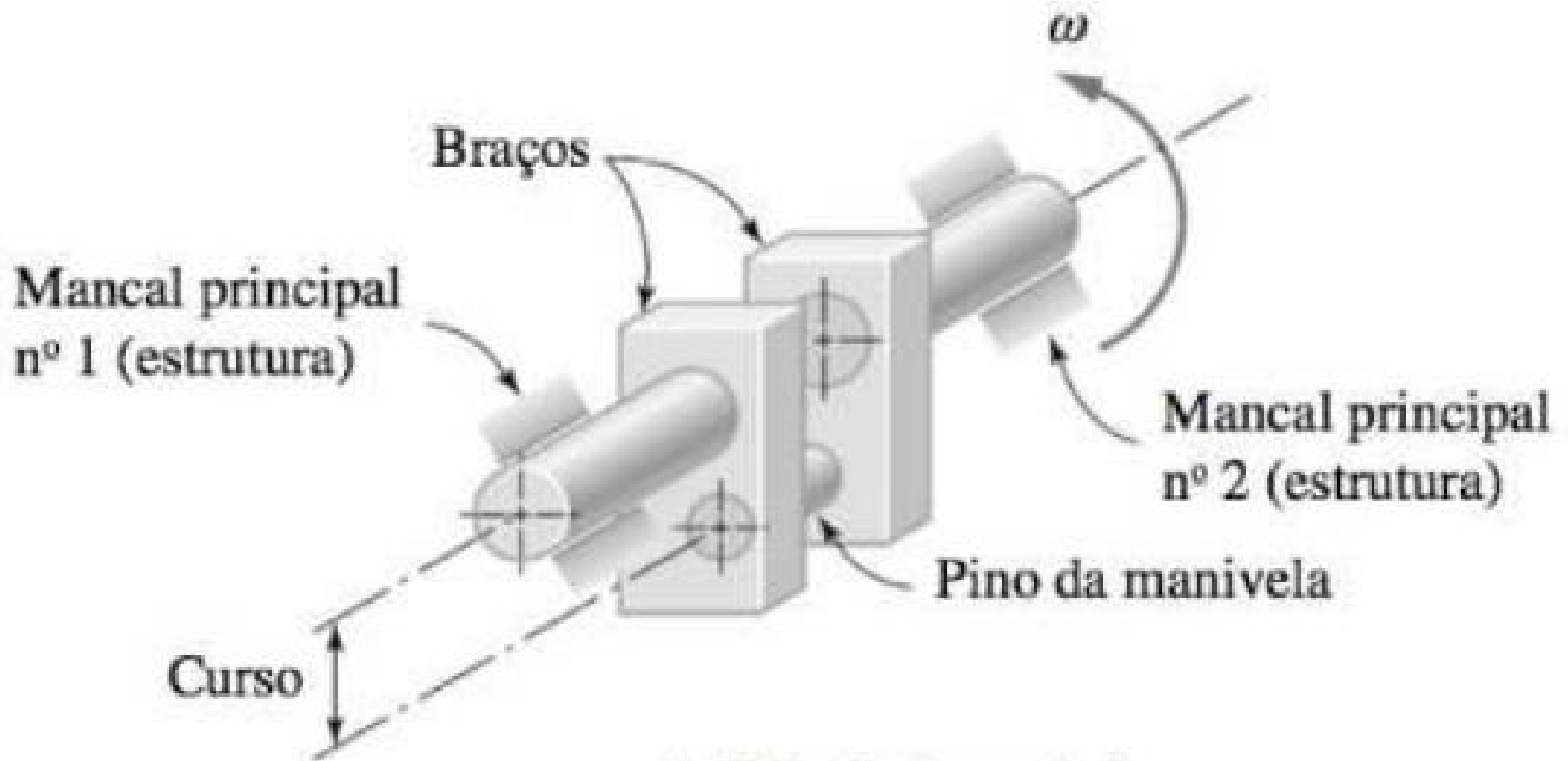


(b) Manivela de disco.

Fonte: Lobo et al. (2019)

Manivela central

- Manivela com carga entre mancais



(c) Manivela central.

11 passos - projeto eixo de manivela

1. Considerando as especificações de operação e configuração geral do sistema

- Elaborar um esboço inicial para o projeto

2. Determinar, ao longo de um ciclo completo

- Deslocamentos
- Velocidades
- Acelerações

3. Conceber a geometria básica para o eixo de manivela considerando função e restrições dimensionais

11 passos - projeto eixo de manivela

4. Analisar as forças globais sobre o mecanismo em todas as fases cinemáticas

- Forças de superfície
- Forças de corpo

5. Calcular e representar todas as forças agindo durante cada fase no eixo de manivela

6. Avaliar os pontos críticos e determinar em cada uma das seções críticas

- Forças
- Momentos

11 passos - projeto eixo de manivela

7. Falhas

- Em função de
 - Regiões de concentração
 - Tensões
 - Natureza cíclica das cargas agindo sobre um eixo de manivela
- Os elementos estruturais são susceptíveis a
 - Falha por fadiga
 - Por fratura frágil ou
 - Por escoamento

(continua)

11 passos - projeto eixo de manivela

(continuação do passo 7)

- Aplicações de eixos de manivelas utilizam
 - Mancais de rolamento
 - Mancais de deslizamento (mais comum)
 - A falha pode ser dada por
 - Desgaste adesivo
 - Desgaste abrasivo
 - Desgaste corrosivo
 - Desgaste por fadiga superficial
 - Desgaste por contato
 - Desgaste por aderência
 - Escoamento
 - Fratura frágil (pouca deformação antes da fratura)

8. Material

- Fazer pré-seleção do material para o eixo
 - Ferro fundido
 - Aço fundido
 - Aço trabalhado
 - Outros
- Avaliar o melhor processo de fabricação

9. Selecionar um fator de segurança de projeto

10. Determinar as tensões para os modos de falha prováveis

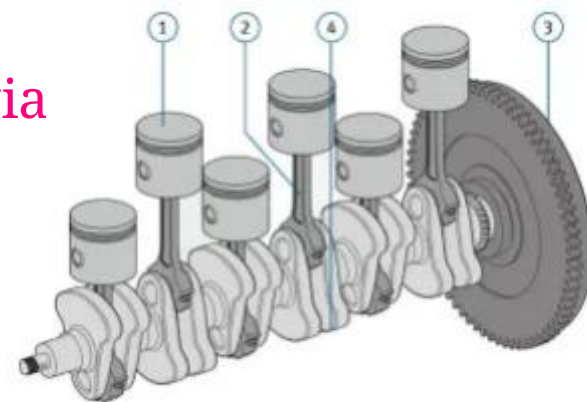
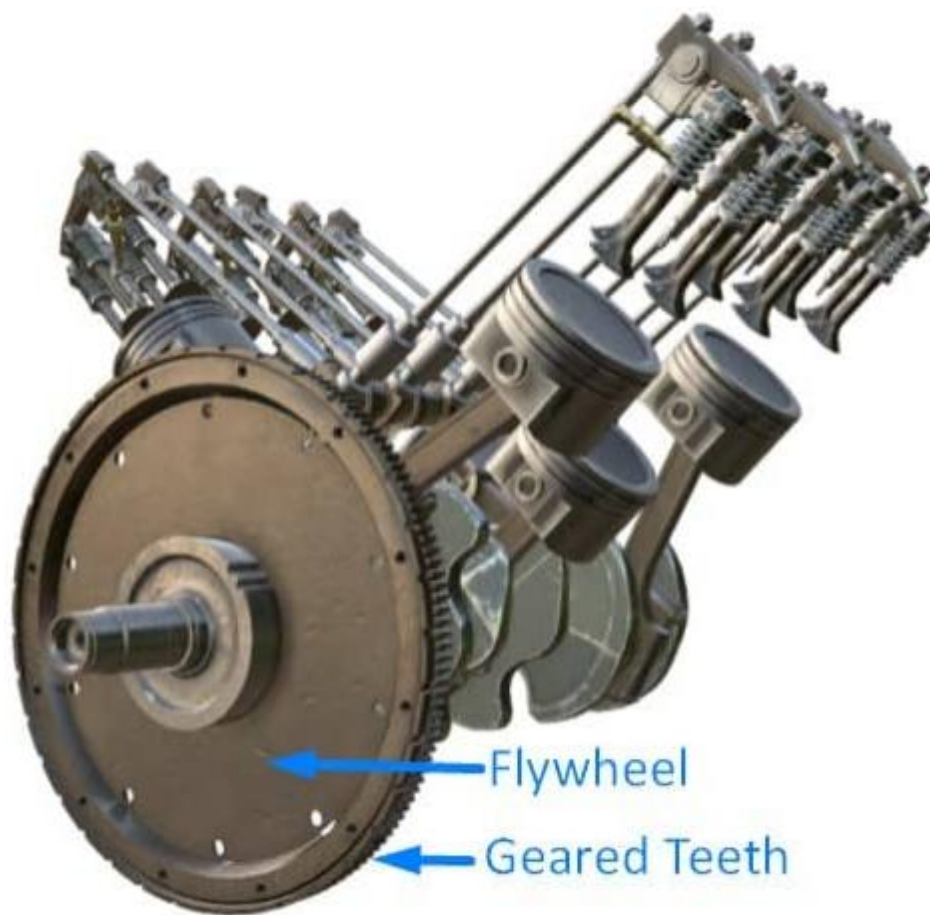
11. Através de um processo iterativo

- Determinar as dimensões que satisfaçam
 - As especificações de projeto
 - Que forneçam uma vida útil adequada

Volante

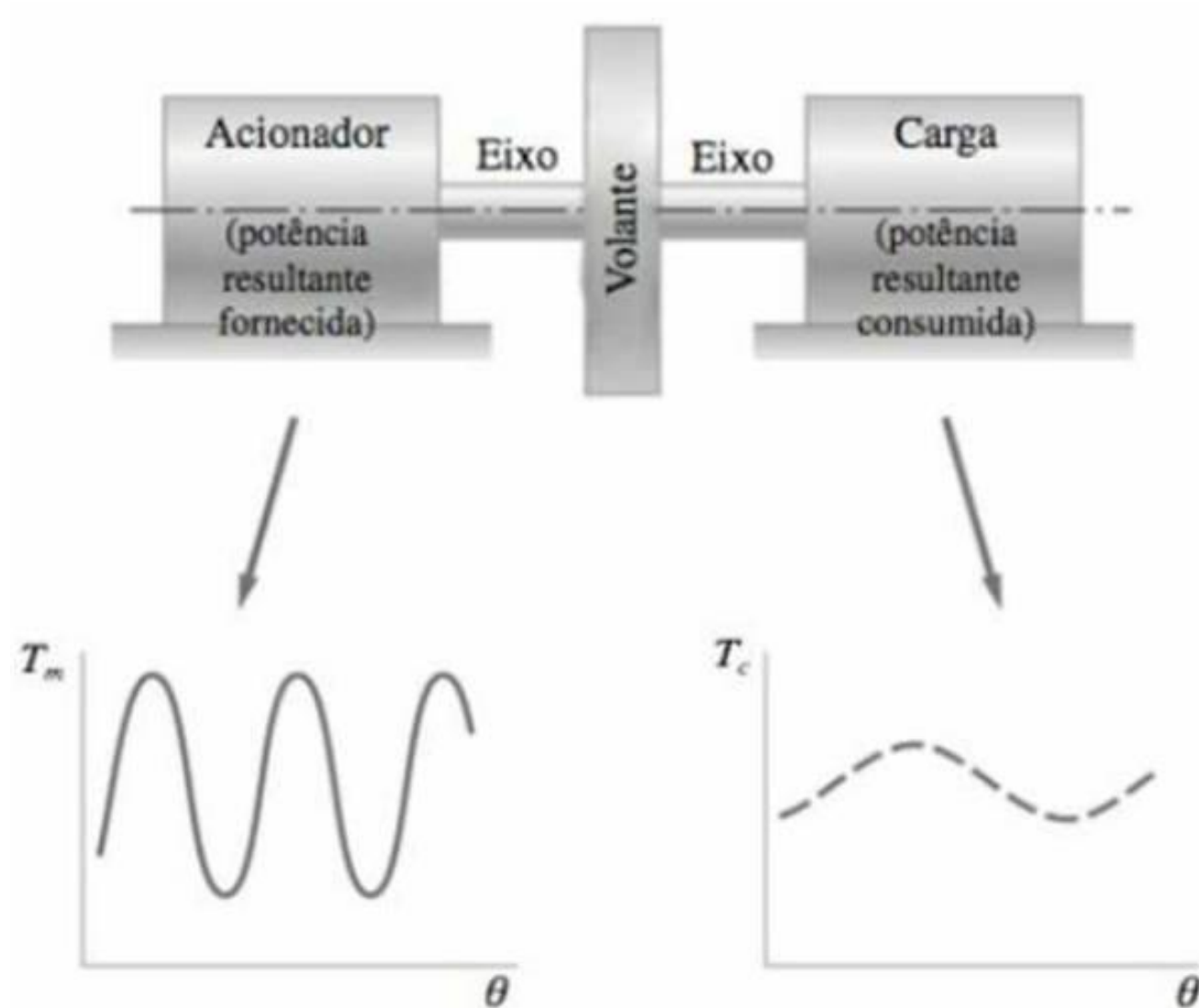
Volante

- Armazena energia



Volante

“suaviza” as flutuações de velocidade angular e de torque



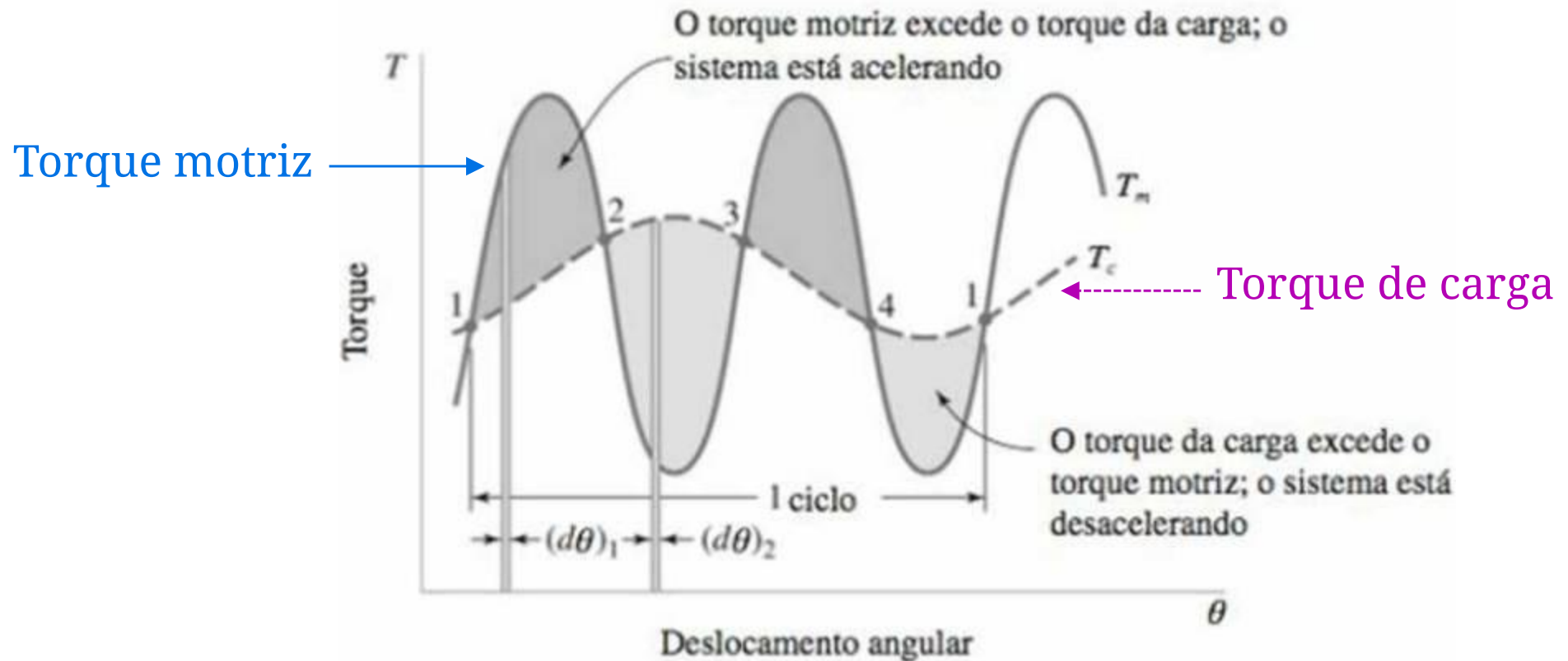
Volante

- Reservatório de energia cinética em máquinas girantes
- Principal função controlar as flutuações de
 - Velocidade angular
 - Torque

Volante

- O torque motriz (T_m) é positivo quando
 - Seu sentido coincide com o sentido da rotação do eixo
 - O acionador fornece energia ao sistema
- O torque de carga (T_c) é positivo quando
 - O sentido é o mesmo da rotação
 - O sistema está fornecendo energia à carga

Curvas de torque motriz e de carga



Curvas sobrepostas do torque motriz e do torque de carga

Volante - torques

- Durante os instantes de tempo em que o torque motriz fornecido excede o torque de carga necessário
 - A massa do volante é acelerada
 - E a energia cinética é armazenada no volante
- Durante os instantes em que o torque de carga excede o torque motriz fornecido
 - A massa do volante é desacelerada
 - E parte da energia cinética do volante é perdida

Principais vantagens do volante

- Redução da amplitude de **flutuação** da velocidade
- **Redução** do pico do torque motoriz necessário
- **Tensões** reduzidas em eixos, acoplamentos e demais componentes do sistema
- **Energia** automaticamente **armazenada** ou retirada conforme a necessidade

Equação do movimento

momento de
inércia de massa

coeficiente de flutuação de
velocidade (vide tabela a seguir)

$$J \omega_{\text{med}}^2 C_f = U_{\text{max}}$$

velocidade
angular média

variação máxima
da energia
cinética

Coeficiente de flutuação de velocidade³⁶

Nível necessário de uniformidade na velocidade	C_f
Muito uniforme	$\leq 0,003$
Sistemas de controle giroscópio	
Discos rígidos	
Uniforme	0,003-0,012
Geradores de CA	
Máquinas de fiação	
Alguma flutuação aceitável	0,012-0,05
Máquinas-ferramenta	
Compressores, bombas	
Flutuação moderada aceitável	0,05-0,2
Misturadoras de concreto	
Escavadeiras	
Grandes flutuações aceitáveis	>0,2
Trituradoras	
Prensas puncionadoras	

Montagem de conjunto

Montagem

- Todos os dispositivos projetados e/ou selecionados atuarão de forma conjunta
- Haverá um **processo de montagem**, união desses dispositivos de forma a se respeitar tolerâncias e ajustes
- Projetar uma **base que sirva de apoio** para o conjunto, considerando os esforços transferidos
 - Forças
 - Momentos

Montagem

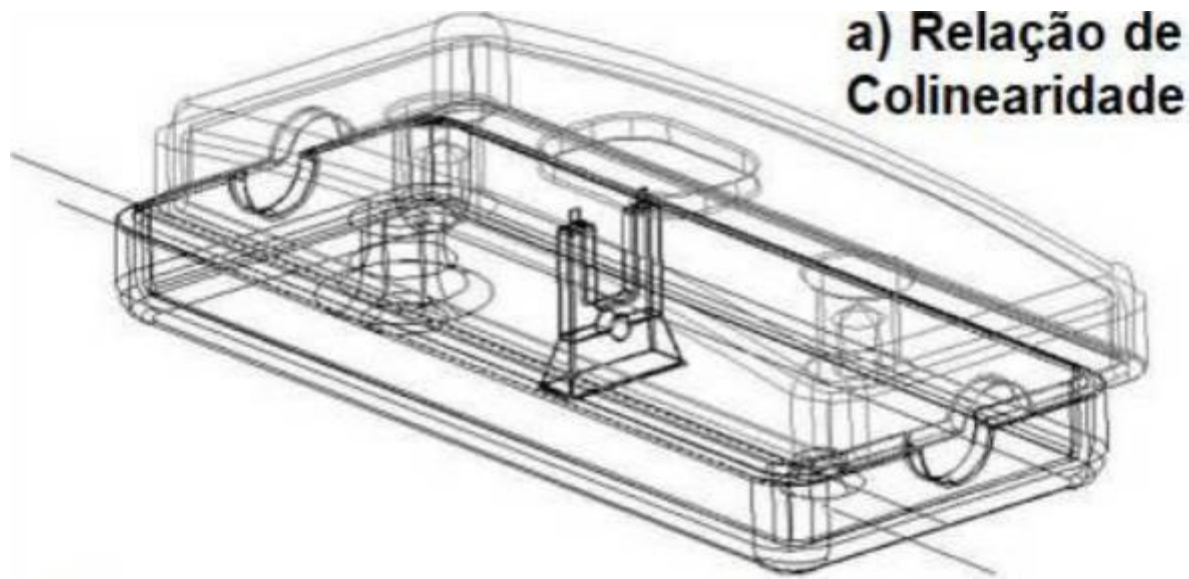
- Uma vez definidas as dimensões dos componentes
 - Modelar cada parte
 - Incluindo a base ou proteção da máquina
 - Produção dos desenhos correspondentes
 - Dimensões
 - Tolerâncias
 - Dimensionais
 - Geométricas
 - Matéria-prima
 - Demais informações pertinentes ao projeto

Montagem

- Formar e a selecionar materiais
- Devem satisfazer os requisitos funcionais
 - Suportar as cargas sem que ocorra uma falha
 - Manter a precisão dimensional necessária
 - Ao longo da vida de projeto prescrita
 - A um custo aceitável

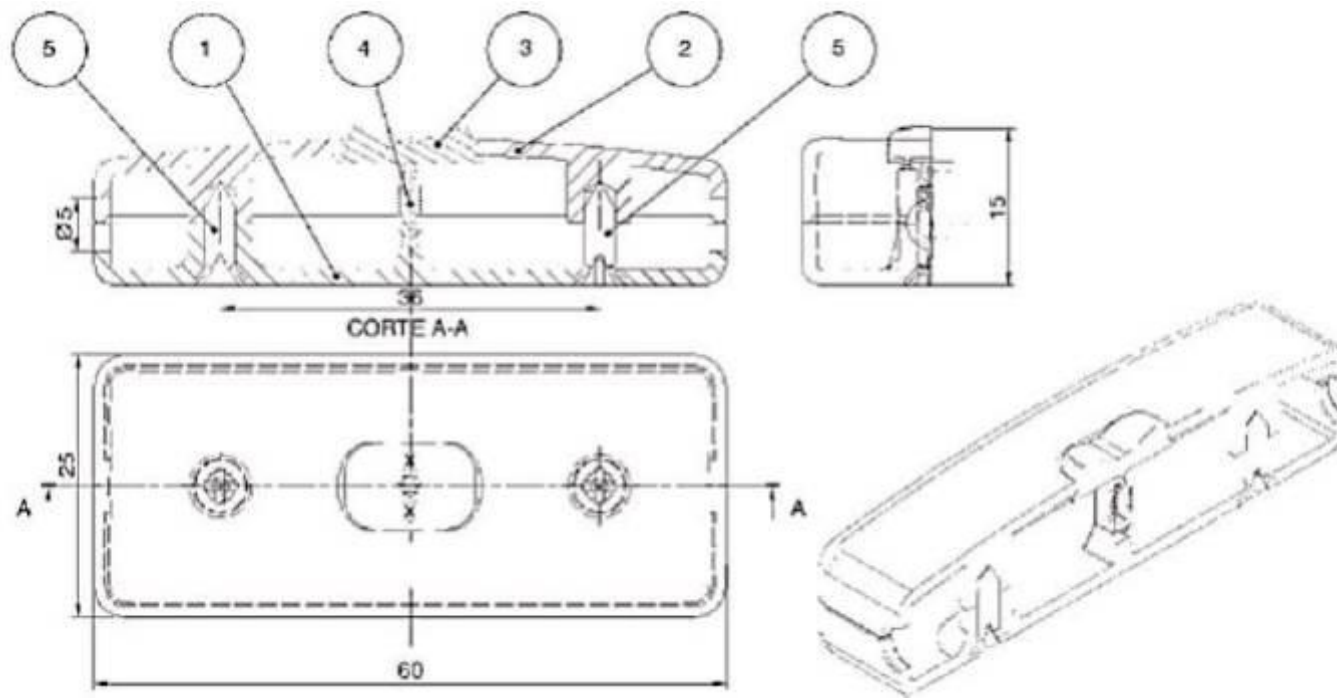
Montagem

- Finalizado cada um dos componentes
- É realizado o conjunto de montagem
 - São especificadas todas as relações de vínculos e restrições entre os componentes considerando
 - Coaxilidade de componentes cilíndricos
 - Faces paralelas ou coplanares
 - Eixos paralelos ou arestas paralelas entre si



Desenhos

- Desenhos de conjunto
 - Vistas geradas na projeção ortogonal
 - Vistas em corte
 - Detalhes
 - Lista de componentes



5	2	Parafuso		Latão
4	1	Mola		Aço
3	1	Botão		PVC
2	1	Tampa		PVC
1	1	Base		PVC
N	QT	Descrição	Norma	Material

Modelos 3D

- A partir dos modelos 3D, podemos produzir
 - Modelos realistas com inserção de textura e cores
 - Possível utilização de animações
 - Vista explodida renderizada de um conjunto de montagem de um dispositivo para eixo



Mercado e fabricantes

- Mercado: fabricantes de freios e embreagens
 - Catálogos com informações sobre torque e potência
 - Diferentes modelos de embreagens
 - Procedimento de seleção desses elementos de máquinas
 - Baseado no torque e na potência
 - De acordo com
 - A aplicação desejada
 - Outros aspectos relacionados ao produto final em desenvolvimento
- O projetista deve estar atento a essas recomendações e fatores de serviço, de acordo com o fabricante

Referências

BUDYNAS, R. G. Elementos De Maquinas De Shigley. 8ª edição. [S. l.]: AMGH, 2011.

COLLISN, J. A.; BUSBY, H. R.; STAAB, G. H. Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: uma Perspectiva de Prevenção da Falha. 2ª edição. [S. l.]: LTC, 2019.

LOBO, Y. R. de O.; JÚNIOR, I. E. de O.; ESTAMBASSE, E. C.; SHIGUEMOTO, A. C. G. Projeto de máquinas. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

NORTON, R. L.; BOOKMAN, E.; STAVROPOULOS, K. D.; AGUIAR, J. B. de; AGUIAR, J. M. de; MACHNIEVSCZ, R.; CASTRO, J. F. de. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 4ª edição. [S. l.]: Bookman, 2013.

APOSTILA
do Prof. Eduardo

<https://github.com/efurlanm/teaching/>

Prof. Eduardo Furlan
2023

