



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP

ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MECÂNICO

ELEMENTOS DE MÁQUINAS



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria da Educação

Governador

Cid Ferreira Gomes

Vice Governador

Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação

Maria Izolda Cella de Arruda Coelho

Secretário Adjunto

Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo

Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc

Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC

Andréa Araújo Rocha

SUMÁRIO

ELEMENTOS DE MÁQUINAS

1. INTRODUÇÃO	01
2. FATORES DE PROJETO	02
3. ELEMENTOS DE FIXAÇÃO	03
4. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO	23
5. TRANSMISSÃO POR CORRENTES	31
6. ENGRENAGENS	34
7. CAMES	45
8. ACOPLAMENTOS	47
9. ELEMENTOS DE APOIO	49
10. CABOS DE AÇO	53
11. MOLAS	62
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

ELEMENTOS DE MÁQUINAS

1. INTRODUÇÃO

Um novo projeto de máquina aparece sempre para satisfazer uma necessidade. Surge da idealização de alguém transformado em um mecanismo que se destina a executar uma tarefa qualquer.

A partir daí segue-se o estudo detalhado de suas partes, a forma como serão montadas, tamanho e localização das partes tais como engrenagens, parafusos, molas, cames, etc.. Este processo passa por várias revisões onde melhores ideias substituem as iniciais até que se escolhe a que parece melhor. Os elementos de máquinas podem ser classificados em grupos conforme sua função. Dentre os vários elementos de máquinas existentes, podemos citar alguns:

- **Elementos de Fxação:**
 - Parafusos -Porcas -Arruelas;
 - Rebites;
 - Pinos e cavilhas;
 - Chavetas -Estrias;
 - Anéis elásticos
 - Contrapinos, etc;
 - Solda.
- **Elementos de transmissão:**
 - Correias e polias;
 - Correntes;
 - Engrenagens
 - Cames;
 - Acoplamentos;
- **Elementos de Apoio:**
 - Mancais;
 - Guias
- **Outros:**
 - Molas;
 - Eixos.

2. FATORES DE PROJETO

São algumas características ou considerações que influenciam o projeto de um elemento. Em geral, nem todos os fatores são levados em conta em um determinado projeto. A seguir uma lista de fatores que quase sempre são considerados nos projetos de elementos de máquinas:

Resistência; Confiabilidade; Efeitos térmicos; Corrosão; Desgaste; Atrito; Processo de Fabricação; Utilidade; Custo; Segurança; Peso;	Ruído; Estilo; Forma; Tamanho; Flexibilidade; Controle; Rigidez; Acabamento superficial; Lubrificação; Manutenção; Volume.
---	--

Como se pode ver acima, a escolha e o dimensionamento dos elementos de máquinas exige do projetista alguns conhecimentos básicos:

- a) Conhecimentos de resistência dos materiais e dos conceitos de mecânica aplicada para poder analisar corretamente os esforços que agem sobre as peças e determinar sua forma e dimensões para que sejam suficientemente fortes e rígidas.
- b) Conhecer as propriedades dos materiais através de estudos e pesquisas.
- c) Ter bom senso para decidir quando deve usar valores de catálogos ou uma determinada fórmula empírica ou se deve aplicar a teoria mais profunda;
- d) Senso prático;
- e) Ter cuidado com a parte econômica do projeto;
- f) Conhecer os processos de fabricação.

Estes critérios acima citados são de responsabilidade dos projetistas de máquinas e engenheiros, para os técnicos mecânicos cabe conhecer e aplicar corretamente os elementos de máquinas, de forma a estar pronto para a especificação e manutenção destes elementos.

3. ELEMENTOS DE FIXAÇÃO

A união de uma peça a outra tem como função limitar o movimento relativo das duas peças adjacentes. Várias são as soluções disponíveis para executar esta união. A escolha depende de uma série de fatores tais como: a necessidade ou não de desfazer a união periodicamente, o grau de imobilização, a resistência mecânica, espaço disponível, etc..

Classificação das uniões:

1. Quanto ao movimento relativo entre as partes unidas:

Uniões fixas: Uma união é considerada fixa ou rígida quando impede totalmente o deslocamento relativo das peças assegurando uma determinada posição entre elas independente da intensidade das solicitações externas. Exemplo: união por meio de solda das partes da carroceria e componentes automotivos.



Figura 1: Peça do espacamento automotivo soldada

Uniões móveis: Ocorre quando somente alguns deslocamentos são evitados. Exemplo: o uso de dobradiças permite que a porta se movimente, rotação, sem que deixe de estar unida à estrutura do automóvel. Podem ser: reguláveis quando permitem que as peças unidas possam assumir posições variáveis dentro de certo limite; não reguláveis quando isto não for possível.



Figura 2: Dobradiça do capô automotivo

Uniões elásticas: Ocorre quando existe entre as peças unidas um elemento elástico (borracha, elastômero ou mola) que permite um deslocamento limitado entre as peças unidas. A amplitude deste deslocamento depende da solicitação externa. Exemplo: a união da suspensão do automóvel à carroceria.



Figura 3: Sistema de suspensão automotivo

2. Quanto a facilidade de separação das partes:

Uniões provisórias ou desmontáveis: Quando permitem a desmontagem e montagem com facilidade sem deformar as peças componentes. Exemplo: a união das rodas do automovel por meio de parafusos.

Uniões permanentes: Quando a separação das peças é impossível ou se para ser feita for necessário a deformação de alguma delas.

a. PARAFUSOS/ARRUELAS E PORCAS

Existe uma variedade de fixadores disponíveis comercialmente, entre as quais, uma das mais importantes utilizadas nas construções de máquinas estão o conjunto parafuso-porca.

Os parafusos são utilizados tanto para fixação de peças como para mover cargas, os chamados parafusos de potência ou de avanço.

A união por elementos roscados permite a montagem e a desmontagem dos componentes quando necessário. Existe uma grande variedade de tipos de elementos roscados, porém todos possuem uma parte comum que é a rosca. No caso do parafuso, por exemplo, o corpo pode ser cilíndrico ou cônico, totalmente ou parcialmente roscado. A cabeça pode apresentar vários formatos; porém, há parafusos sem cabeça.

APLICAÇÃO E TIPOS DE PARAFUSOS

- Como parafusos de fixação, para junções desmontáveis;
- Como parafusos de protensão, para se aplicar pré-tensão (tensores);
- Como parafusos obturadores, para tampar orifícios;
- Como parafusos de ajustagem, para ajustes iniciais ou ajustes de eliminação de folgas ou compensação de desgastes;
- Como parafusos micrométricos, para obter deslocamentos mínimos;
- Como parafusos transmissores de forças, para obter grandes forças axiais através da aplicação de pequenas forças tangenciais (prensa de parafuso, morsa);
- Como parafusos de movimento, para a transformação de movimentos rotativos em movimentos retilíneos (morsa, fuso), ou de movimentos retilíneos em rotativos (pua);
- Como parafusos diferenciais, para a obtenção de pequenos deslocamentos por meio de roscas grossas.

a) Parafuso de cabeça hexagonal(sextavada): Em geral, esse tipo de parafuso é utilizado em uniões que necessitam de um forte aperto, sendo este realizado com auxílio de chave de boca ou de estria. Este parafuso pode ser usado com ou sem porca. Quando usado sem porca, a rosca é feita na peça.

b) Parafusos com fenda(de cabeça tronco-cônica(escareada)): Muito empregado em montagens que não sofrem grandes esforços e onde a cabeça do parafuso não pode exceder a superfície da peça. São fabricados em aço, aço inoxidável, cobre latão, etc.



Figura 4: Parafuso de cabeça escareada

- c) **Parafusos com fenda(de cabeça redonda):** Também muito empregado em montagens que não sofrem grandes esforços. Possibilita melhor acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.

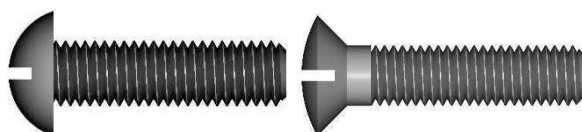


Figura 5: Parafuso de cabeça redonda

- d) **Parafusos com fenda(de cabeça escareada abaulada):** São utilizadas na união de elementos cujas espessuras sejam finas e quando é necessário que a cabeça do parafuso fique embutida no elemento. Permitem um bom acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.

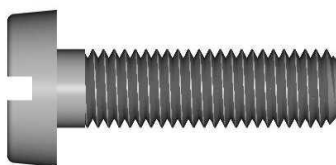


Figura 6: Parafuso de cabeça cilíndrica

- e) **Parafuso prisioneiro:** São parafusos roscados, em ambas as extremidades, utilizados quando necessita-se montar e desmontar freqüentemente. Em tais situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba danificando a rosca dos furos.



Figura 7: Parafuso prisioneiro

- f) **Cabeça cilíndrica com sextavado interno (Allen):** Utilizado em uniões que exigem bom aperto, em locais onde o manuseio de ferramentas é difícil devido a falta de espaço. São normalmente fabricados em aço e tratados termicamente para aumentar sua resistência torção.



Figura 8: Parafuso de cabeça cilíndrica. com sextavado interno

b. PORCAS

Porca é uma peça de forma prismática ou cilíndrica geralmente metálica, com um furo roscado no qual se encaixa um parafuso, ou uma barra roscada. Em conjunto com um parafuso, a porca é um acessório amplamente utilizado na união de peças.

A porca está sempre ligada a um parafuso. A parte externa tem vários formatos para atender a diversos tipos de aplicação. Assim, existem porcas que servem tanto como elementos de fixação como de transmissão.



Figura 9: Porcas comerciais

c. ARRUELAS:

Elemento de fixação responsável pela distribuição uniforme da força de aperto de parafusos e, em alguns casos, garantir que o mesmo não se solte devido ao efeito de vibrações, agindo desta forma, como elemento de trava.



Figura 10: Arruelas

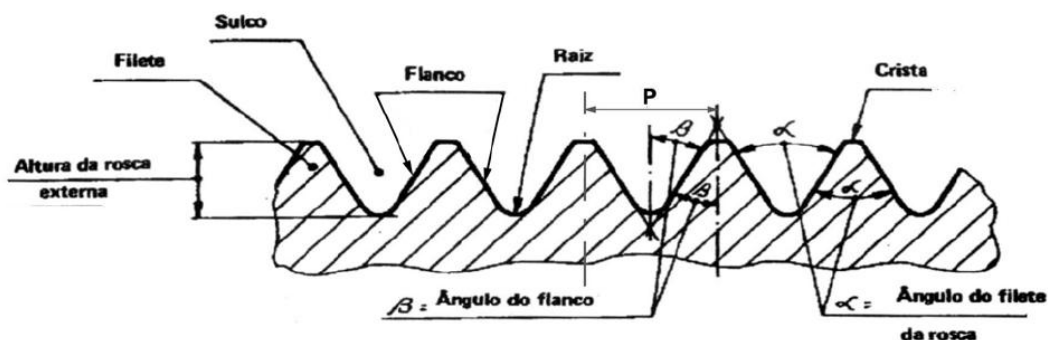
	arruela		arruela de pressão		arruela com denteado externo
	arruela chanfrada		arruela de pressão e travamento		arruela com denteado interno
	arruela quadrada		arruela dupla de pressão		arruela com denteado cônica
	arruela de furo quadrado		arruela curva de pressão		arruela com serrilhado externo
	arruela para perfis		arruela ondulada de pressão		arruela com serrilhado interno

d. ROSCAS

A rosca é formada por um ou mais filetes em forma de hélice. Podemos definir a hélice como sendo uma curva descrita num cilindro através de um ponto animado de dois movimentos uniformes:

- Movimento de rotação em torno do eixo do cilindro;
- Movimento de translação paralelo ao eixo do cilindro.
- Podemos resumir as propriedades de uma rosca da seguinte maneira:
 - A qualquer instante as distâncias percorridas em rotação e translação são proporcionais.
 - Duas roscas tendo os mesmos avanços, sentido de giro e diâmetro podem coincidir e correr uma sobre a outra girando no cilindro gerador.

a) Nomenclatura a rosca



b) Classificação de rosca

Podemos classificar as roscas de quatro maneiras:

• **Pela forma do perfil:**

- Triangulares (de diferentes ângulos)(A);
- Quadradas e retangulares;(B)
- Trapezoidais (de diferentes ângulos)(C);
- Arredondadas e circulares(D).

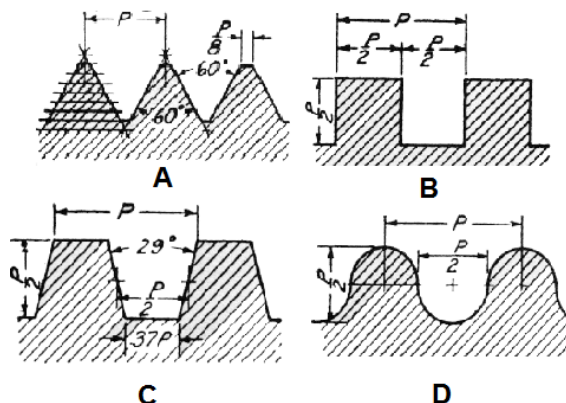


Figura 11: Perfil de roscas

- **Pelo sentido da hélice:**
 - Rosca direita;
 - Rosca esquerda.
- **Pelo número de hélices independentes e paralelas:**
 - Rosca simples de uma entrada;
 - Rosca múltipla de duas ou mais entradas.
- **Pela localização da rosca na peça:**
 - Roscas externas (parafusos e fusos);
 - Roscas internas (porcas).

e. CÁLCULO DE ROSCA

a) ROSCA TRIANGULAR

NOMENCLATURA.

P = passo (em mm)	i = ângulo da hélice
d = diâmetro externo	c = crista
d₁ = diâmetro interno	D = diâmetro do fundo da porca
d₂ = diâmetro do flanco	D₁ = diâmetro do furo da porca
α = ângulo do filete	h₁ = altura do filete da porca
f = fundo do filete	

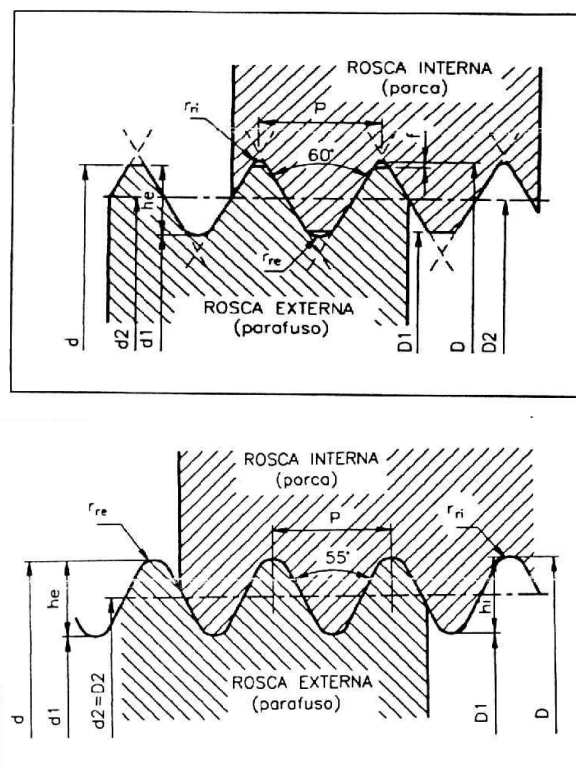


Figura 12: Elementos da rosca

i. TIPOS DE ROSCAS

As roscas triangulares classificam-se, segundo seu perfil, em três tipos

- **rosca métrica**
- **rosca Whithworth**
- **rosca americana**

Neste estudo, vamos detalhar apenas dois tipos: a rosca métrica e a rosca Whithworth.

Rosca métrica ISO normal e rosca e a rosca métrica ISO fina NBR 9527.

ii. FÓRMULAS DA ROSCA MÉTRICA(ISO)

Ângulo do perfil da rosca: $\alpha = 60^\circ$
Diâmetro Menor do Parafuso (\varnothing do núcleo): $d_1 = d - 1,2268 \times P$
Diâmetro efetivo do parafuso (\varnothing médio): $d_2 = D_2 = d - 0,6495 \times P$
Folga entre a raiz do filete da porca e a crista do filete: $f = 0,045 \times P$
Diâmetro maior da porca: $D = d + 2 \times f$
Diâmetro menor da porca (furo): $D_1 = d - 1,0825 \times P$
Diâmetro efetivo da porca (\varnothing médio) $D_2 = d_2$
Altura do filete do parafuso: $h_e = 0,61343 \times P$
Raio de arredondamento da raiz do filete do parafuso: $r_{re} = 0,14434 \times P$
Raio de arredondamento da raiz do filete da porca: $r_{ri} = 0,063 \times P$

A rosca métrica fina, num determinado comprimento, possui maior número de filetes do que a rosca normal. Permite melhor fixação da rosca evitando afrouxamento do parafuso, em caso de vibração de máquinas. Exemplo: em Veículos

iii. FÓRMULAS DA ROSCA WHITHWORTH

a = 55°
P = 1"/ n° de fios
h_i = h_e = 0,6403 x P
r_{ri} = r_{re} = 0,1373 x P
d = D
d₁ = d – 2 x h _e
D₂ = d₂ = d – h _e

A fórmula para confecção das roscas Whithworth normal e fina é a mesma. Apenas variam os números de filetes por polegadas.

Utilizando as fórmulas anteriores, você obterá os valores para cada elemento da rosca.

f. PINOS, CAVILHAS E ANÉIS ELÁSTICOS

Pinos são elementos de fixação mais antigos e simples utilizados na construção e máquinas. São usados para fixar ou para posicionar peças umas em relação à outra, servir como pinos de segurança e até mesmo como eixo. No exemplo abaixo um pino está sendo utilizado para fixar uma manivela ao eixo.

O ajuste pode ser com folga ou com interferências. Os pinos se apresentam em diversas formas:

- Pinos cônicos (conicidade 1:50) Exercem função de centragem e exigem furos precisos e de bom acabamento.
- Pinos cilíndricos; Quando solicitados ao cisalhamento exigem furos de tolerância rigorosa.
- Pinos elásticos. Devido à sua elasticidade, não exigem furos com tolerância muito precisa. São fabricados em aço mola.

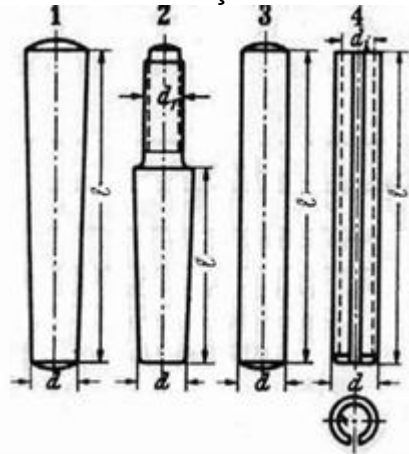


Figura 13: Pinos

As cavilhas são pinos com três entalhes (ranhuras), que permitem sua deformação ao serem introduzidos nos furos.

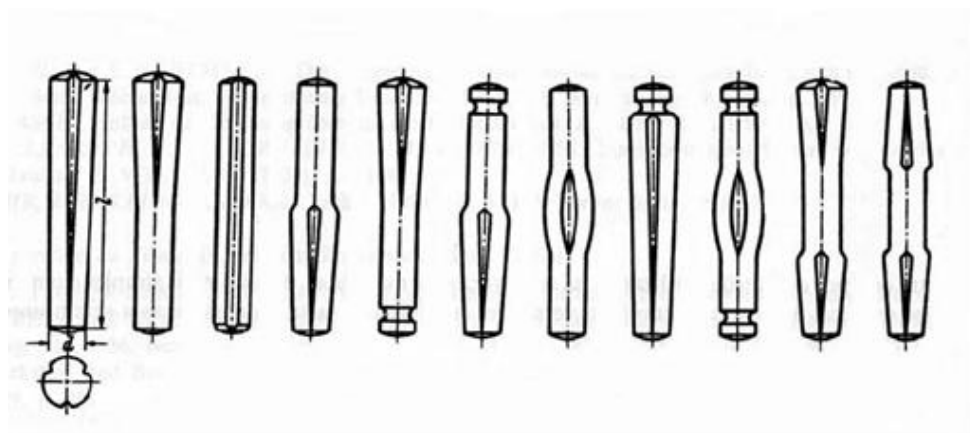


Figura 14: Cavilhas

Anéis elásticos ou de retenção são usados para impedir o movimento axial de um rolamento, por exemplo, tanto no eixo como no seu alojamento.

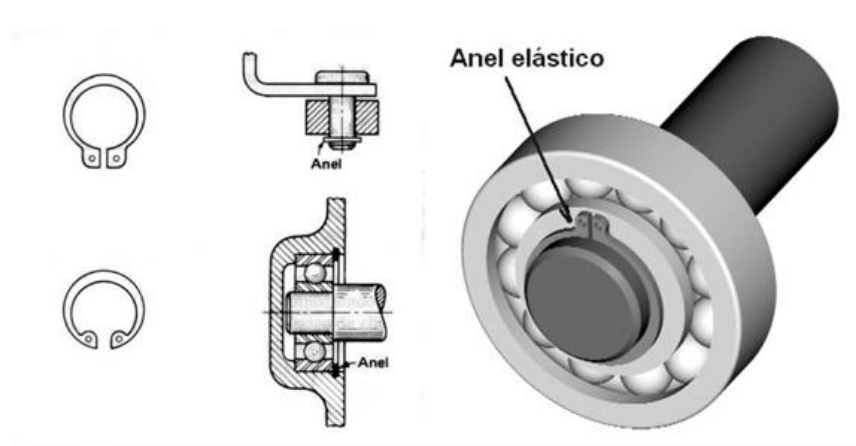


Figura 15: Anéis Elásticos

Diversos são os tipos de anéis de retenção ou elásticos. Onde anéis para eixo(A) e anéis para furo(B).

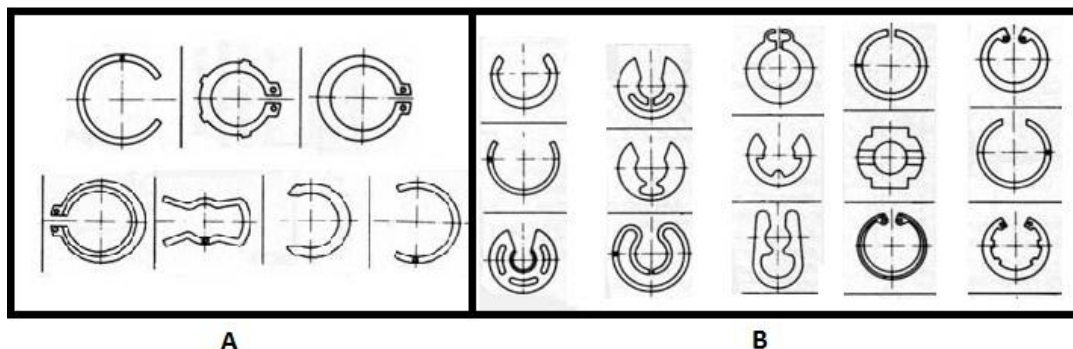


Figura 16: Anéis Elástico para eixos(A) e Furos(B)

Rebites a rebiteagem consiste na união de peças, previamente perfuradas, por meio de elementos metálicos, os rebites.

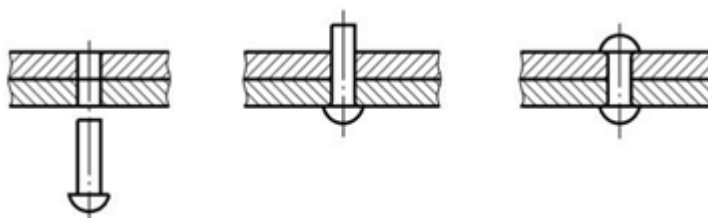


Figura 17: Rebites

Os rebites são peças fabricadas em aço, alumínio, cobre ou latão. Unem rigidamente peças ou chapas, principalmente, em estruturas metálicas, reservatórios, caldeiras, máquinas, navios, aviões, veículos de transporte e

treliças. Muitas vezes a escolha do rebite como elemento de união é melhor do que o uso de elementos roscados.

O uso de rebites pode reduzir custos se comparado a uniões roscadas ou outros tipos de uniões porque eles exigem menos mão de obra de instalação e seu custo é relativamente baixo. Além disso, por serem forjados, possuem boa resistência à compressão e ao cisalhamento. No entanto, os rebites têm desvantagens. A resistência à tração e à fadiga é menor do que a dos parafusos e por ser uma união permanente é necessário o uso de broca para retirar o rebite. Os rebites são cilíndricos tendo em uma das suas extremidades uma cabeça que pode possuir vários formatos.



Figura 18: Rebites

Na rebiteagem, os rebites transpassam as peças a serem unidas e são golpeados em sua extremidade formando uma nova cabeça de tal forma a comprimir fortemente, uma contra a outra, as peças unidas.

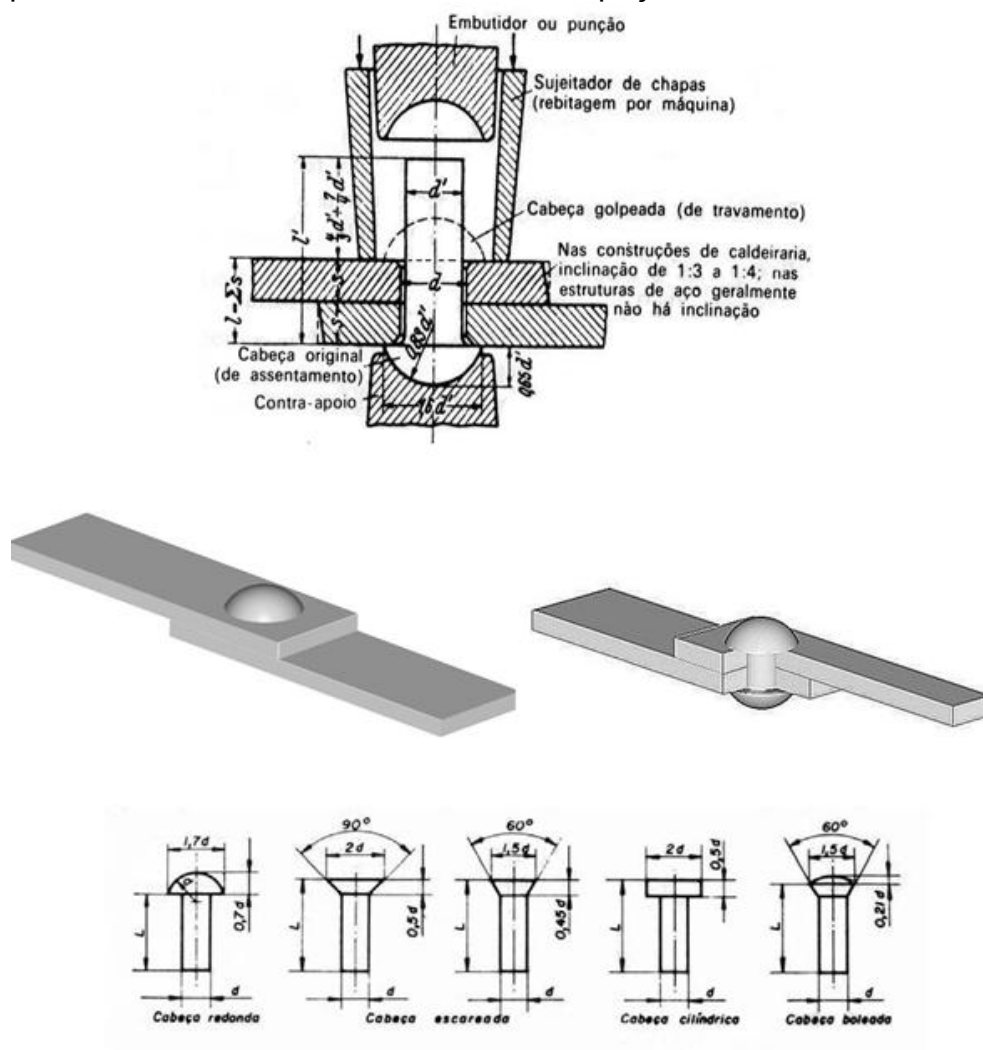


Figura 19: Rebiteagem de chapas

Rebites especiais: São indicados quando não existe a possibilidade de acesso à um dos lados da união

Rebites de expansão:

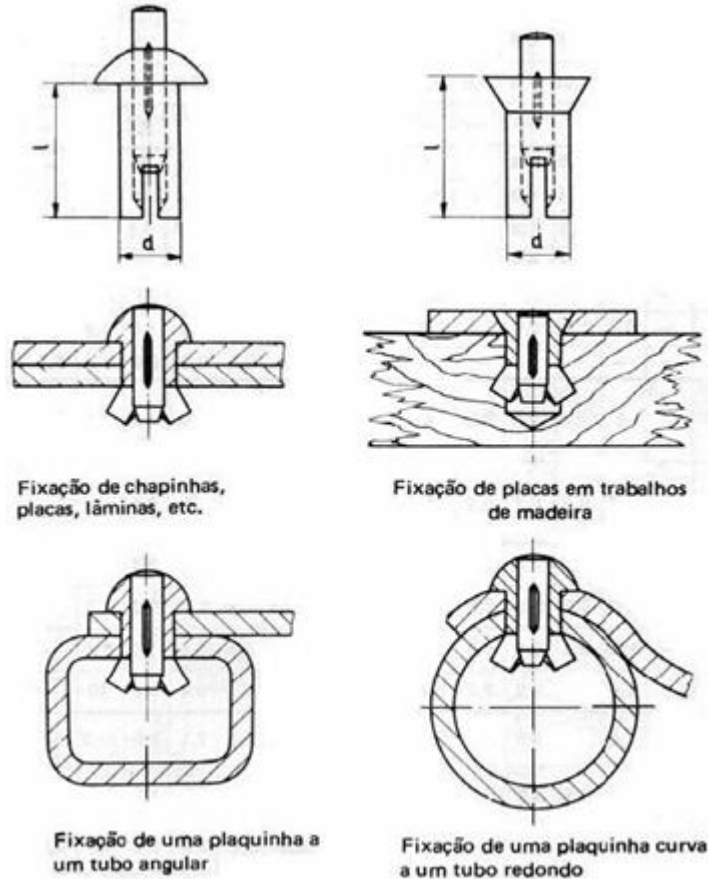


Figura 20: Rebites de Expansão

Rebites tubulares:

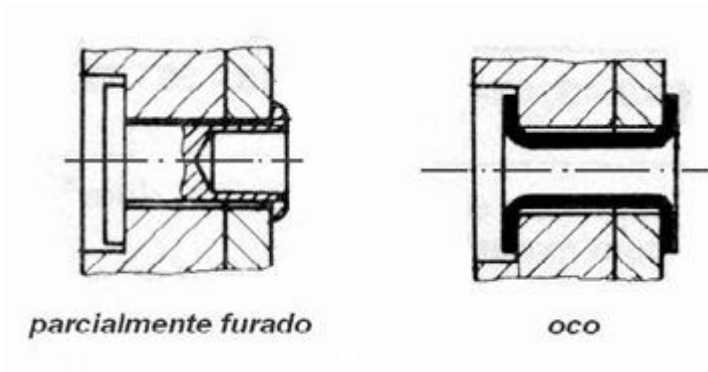


Figura 21: Rebites Tubulares

Rebite de repuxo: Conhecido por rebite “POP” é empregado para fixar peças com rapidez, economia e simplicidade. Além disso, permite a fixação mesmo quando não se tem acesso ao outro lado.



Figura 22: Rebite de repuxo

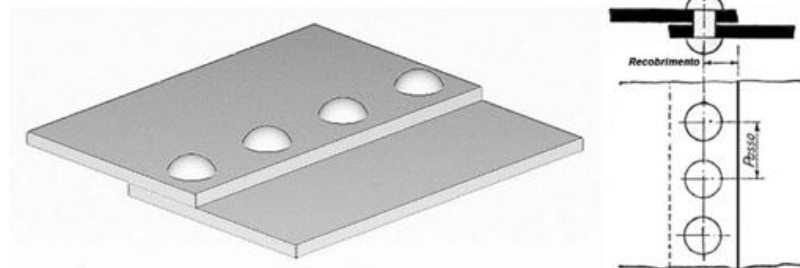
i. Tipos de juntas:

As juntas rebitadas se dividem em duas grandes categorias: juntas sobrepostas e juntas de topo. Na primeira, as peças a unir estão superpostas, enquanto na segunda são colocadas de topo, a união sendo feita por intermédio de uma ou duas chapas suplementares, denominadas cobrejuntas.

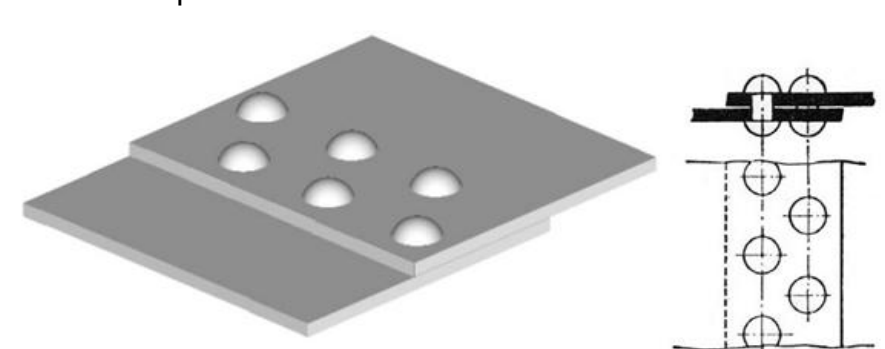
Para a união de peças, os rebites são colocados em fileiras, constituindo a costura. Existe costura simples e costura múltipla (dupla, tripla, etc). Segundo a finalidade a qual se destinam, pode-se distinguir a costura de força, a estanque e a mista. Na primeira, o que se deseja é obter resistência e rigidez (estruturas metálicas); na segunda, é uma vedação perfeita (depósito em geral); na terceira, são os dois fatores (depósitos sob pressão interna).

a) Juntas sobrepostas

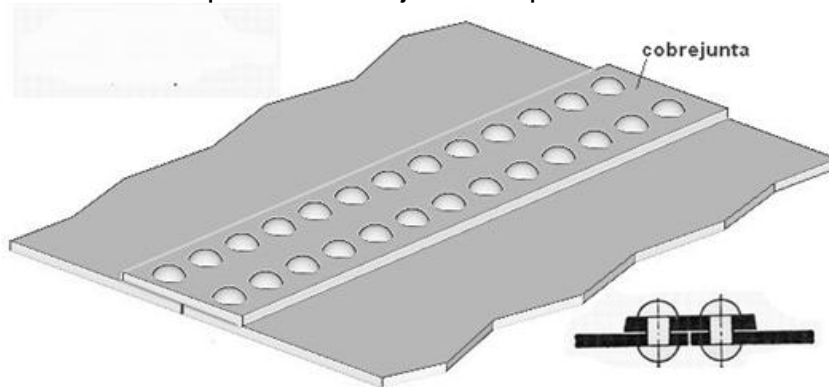
Junta sobreposta com 1 fileira



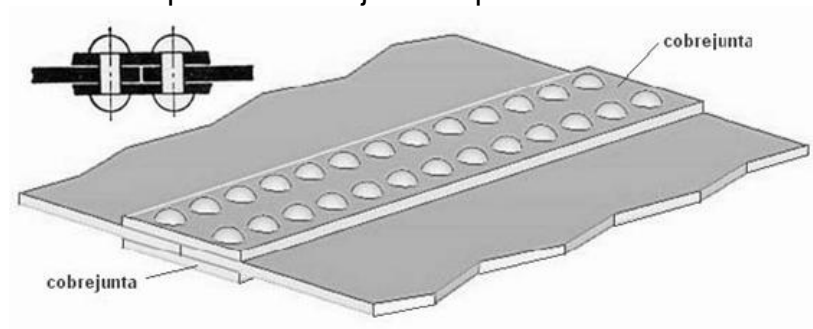
Junta sobreposta com 2 fileiras



b) Junta de topo
Junta de topo com cobrejunta simples



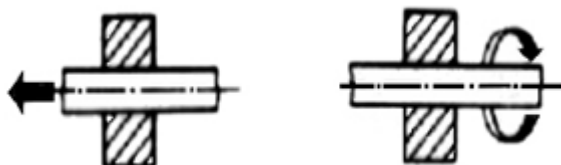
Junta de topo com cobrejunta duplo



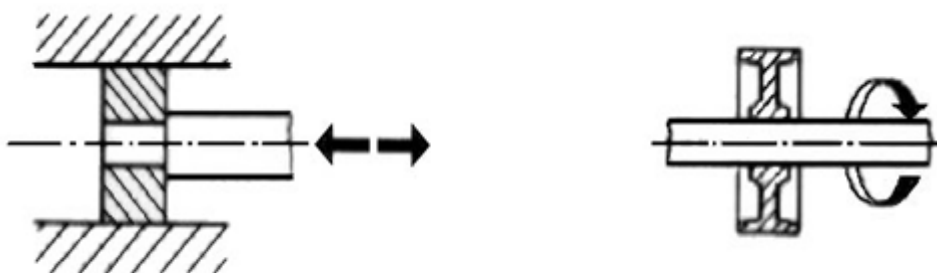
g. CHAVETAS E ESTRIAS

Diversas são as formas de unirmos o cubo com o eixo. As soluções devem ser tal que a união seja rígida ou móvel e preferencialmente provisória. Além disso, o tipo de esforço recebido ou transmitido também será fator decisivo na escolha da solução. Estes podem ser classificados em duas categorias:

- esforços predominantemente axiais;
- esforços predominantemente tangenciais.



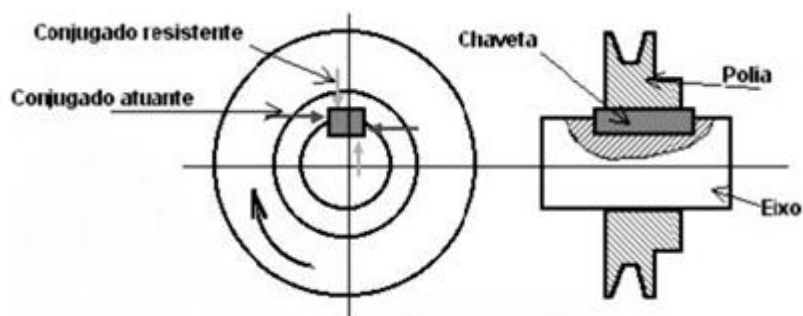
Em ambos os casos o esforço pode ser transmitido do eixo ao cubo ou vice-versa. Como exemplo típico pode citar para o primeiro caso a união haste-pistão e, para o segundo, a união eixo engrenagem.



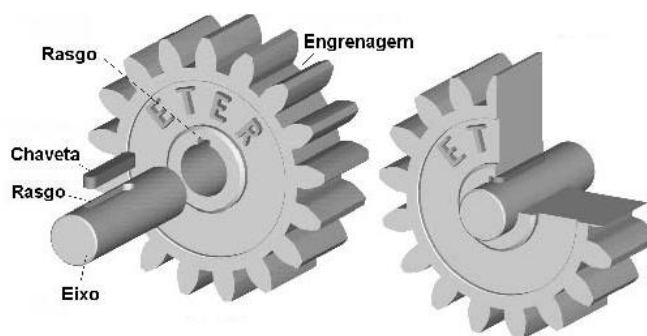
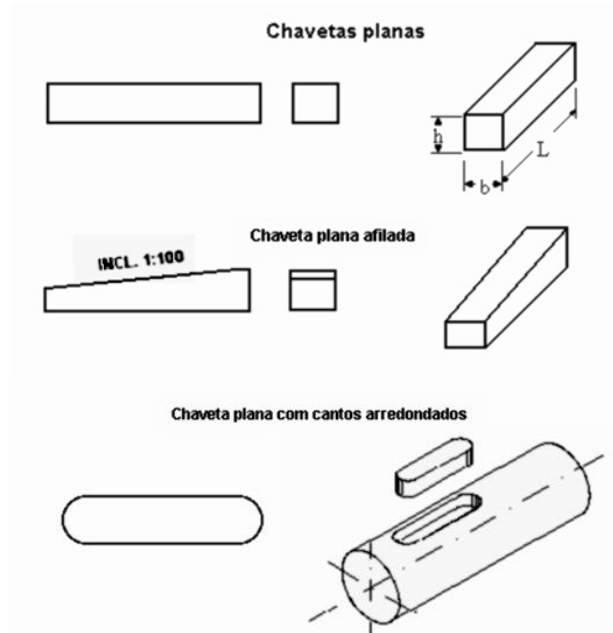
Engrenagens, polias, etc., podem ser fixadas a eixos e árvores por montagem forçada, por um ou mais dos vários tipos de chaveta, por conexões estriadas, por pinos ou por algum meio especialmente idealizado para este fim.

i. Chavetas

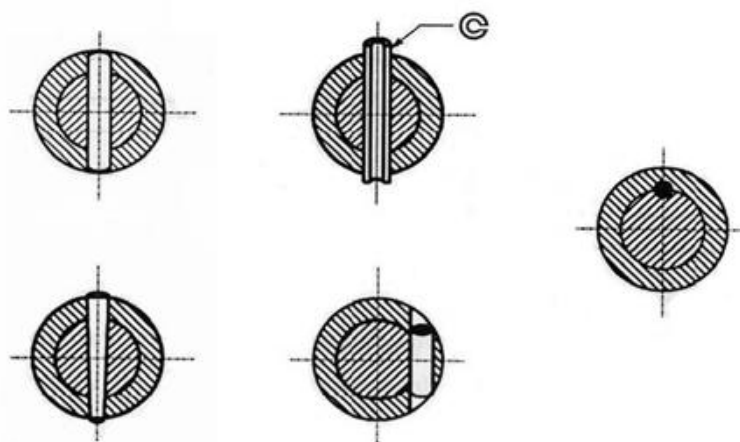
Chavetas são elementos utilizados para transmissão de torque e para união entre eixo e cubo. A maioria das chavetas são chavetas planas ou quadradas. As chavetas planas têm seção retangular, com a menor dimensão localizada na direção radial e podem ou não ser afiladas (em cunha). As chavetas quadradas têm seção quadrada e, igualmente podem ou não ser afiladas (em cunha). Quando uma chaveta está no lugar, o cubo faz pressão sobre a sua metade superior de um lado e árvore sobre sua metade inferior do outro lado, resultando um conjugado, que vai atuar tendendo a virar a chaveta na sua sede. Quando a chaveta realmente vira, depende da ajustagem no topo e na base, porque o conjugado resistente atua nessas superfícies.



Chavetas planas: As ranhuras não devem ser muito profundas, no eixo, uma vez que a resistência diminui à medida que a ranhura se aprofunda, mas devem ser suficientemente profundas para oferecerem boa proporção. Nas tabelas a seguir encontram-se as dimensões da seção das chavetas planas e quadradas de acordo com o diâmetro do eixo. As chavetas planas tanto retangulares quanto quadradas podem ser afiladas para facilitar a montagem e retirada do lugar e também para permitir montar o cubo apertado (justo) contra árvore. O rasgo afilado é feito no cubo e não na árvore. A alta pressão provocada pelas chavetas afiladas resulta numa grande força de atrito que ajuda na transmissão da potência e pode ser tão grande a ponto de induzir tensões perigosas.



Chavetas de pinos: Um pino, cilíndrico ou cônico usado como chaveta, é chamado de chaveta de pino. Pode ser instalada longitudinalmente ou transversalmente em relação ao eixo. No primeiro caso a potência transmitida é menor do que no segundo. Chavetas de pino são fáceis de instalar e, quando montadas na posição transversal, são algumas vezes usadas como pinos de cisalhamento. Com os pinos cônicos obtém-se uma montagem mais firme. Outro tipo de pino são os chamados pinos elásticos, que consistem num pino cilíndrico vazado com um rasgo em um dos lados. Uma de suas extremidades é chanfrada para facilitar sua entrada no orifício que possui diâmetro menor, provocando o fechamento do rasgo. O pino exerce uma pressão contra as paredes do orifício produzindo seu travamento.

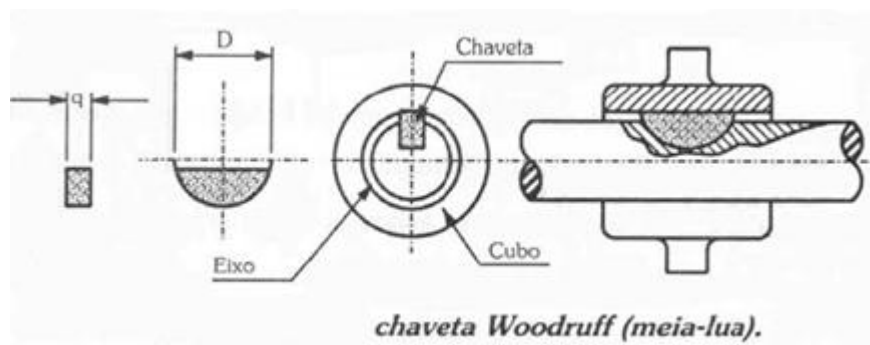


Chaveta côncava ou chaveta de sela: Esta chaveta depende do atrito para evitar o movimento relativo entre o cubo e árvore. A superfície curva da chaveta, próximo a árvore, deve ter um raio de curvatura ligeiramente menor que o do eixo e a chaveta deve ter um afilamento pequeno. Este tipo de chaveta é especialmente indicado quando se deseja mudar a posição do cubo em relação ao eixo, periodicamente. Não é indicado para cargas pesadas.

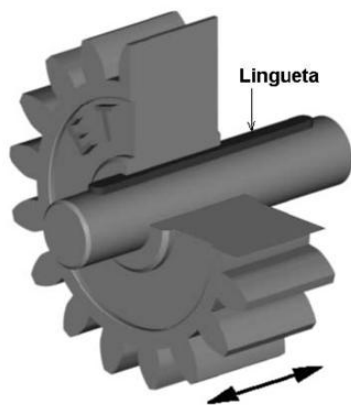


Chaveta rebaixada ou chaveta de cavalete: Para potência pequena e fácil montagem, a chaveta pode ser colocada sobre uma superfície plana fresada na árvore, como se vê na figura acima. A chaveta deve ser afilada para assegurar o efeito de atrito entre o cubo e a árvore.

Chaveta woodruff ou chaveta meia lua: A chaveta woodruff (meia lua), é usada para pequenos esforços e, na maioria das vezes, com montagem eixo-cubo cônica. A chaveta comum tem a tendência de virar no alojamento, quando a potência é aplicada.



Linguetas: Uma lingueta permite ao cubo mover-se ao longo da árvore, porém impede a rotação isolada do mesmo. É usada, por exemplo, para permitir o movimento de uma engrenagem para engate ou desengate, e para ligar ou desligar uma embreagem de dentes. A lingueta pode ser fixa na árvore, ou no cubo é preferível usar duas linguetas deslocadas de 180° porque neste caso a força necessária para o deslocamento axial é bem menor.



ii. DIMENSIONAMENTO DE CHAVETAS

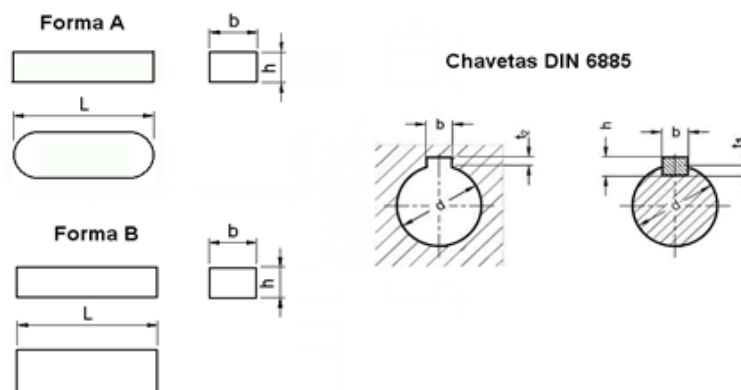


Tabela de dimensões para chavetas planas DIN 6885

Diâm. do eixo	haveta	Rasgo		L comprimentos normalizados
d	xh	1	2	
>6até8	x2	,1	,0	6-8-10 -12-14 -16-18 -20
>8até10	x3	,7	,4	6...20 -22 -25 -28 -32 -36
>10 até12	x4	,4	,7	8....36 -40 -45
>12 até17	x5	,9	,2	10.....36 -40 -45
>17 até22	x6	,5	,6	14...56 -63 -70
>22 até30	x7	,1	,0	18...70 -80 -90
>30 até38	0 x 8	,7	,4	22...90 -100 -110
>38 até44	2 x 8	,9	,2	28...110 -125 -140
>44 até50	4 x 9	,5	,6	36...140 -160
>50 até58	6 x 10	,2	,9	45...160 -180
>58 até65	8 x 11	,8	,3	50...180 -200
>65 até75	0 x 12	,4	,7	56...200 -220
>75 até85	2 x 14	,5	,6	63...220 -250
>85 até95	5 x 14	,7	,4	70...250 -280
>95 até 110	8 x 16	,9	,2	80...280 -315
>110 até 130	2 x 18	1,1	,1	90...315 -355
>130 até 150	6 x 20	2,3	,9	100...355 -400
>150 até 170	0 x 22	3,5	,7	110...400
>170 até 200	5 x 25	5,3	,9	125...400
>200 até 230	0 x 28	7	1,2	140...400
>230 até 260	6 x 32	9,3	2,9	160...400
>260 até 290	3 x 32	9,6	2,6	180...400

4. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO

As máquinas, mesmo as mais complicadas, podem ser decompostas em várias máquinas simples. Nela cada elemento transmite ou recebe o próprio movimento por meio de mecanismos chamados transmissões.

A transmissão entre dois elementos tem por objetivo transferir ou transformar os movimentos e força em outras com direções e valores diferentes.

As transmissões entre elementos de máquinas podem se realizar:

1. Por contato direto:

- rodas de atrito;
- engrenagens;
- cames;
- etc.

2. Por ligação flexível:

- correias;
- correntes;
- cabos.

3. Por ligação rígida:

- biela;
- manivela;
- excêntricos.

Existem também os elementos que fazem a ligação entre dois eixos ou árvores (*Eixos são elementos de máquinas que têm função de suporte de outros componentes mecânicos e não transmitem potência. As árvores além de suporte, transmitem potência*)

1. Acoplamentos:

- Rígidos;
- Flexíveis;
- Articulados.

2. Embreagens:

- De fricção;
- de engate.

Nas transmissões, os eixos podem ser classificados quanto a sua disposição no espaço:

Eixos paralelos: Dois eixos são paralelos se eles não possuem interseção e estão em um mesmo plano.

Eixos são concorrentes: Dois eixos são concorrentes se eles têm um ponto em comum. Os eixos perpendiculares são eixos concorrentes que formam entre si um ângulo reto.

Eixos reversos: Dois eixos são ditos reversos quando um não tem interseção com o outro e eles não são paralelos. Isto significa que eles estão em planos diferentes.

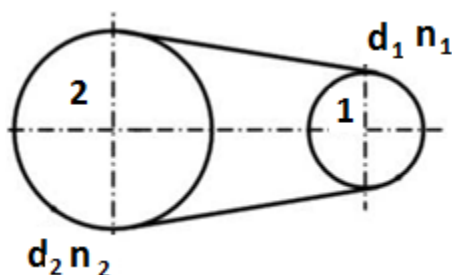
Princípios básicos:

Relação de transmissão: (i)

E a relação entre a velocidade angular do eixo motriz e a velocidade angular do eixo movido ou a relação dos diâmetros da motriz e o diâmetro da movida.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \text{ ou } i = \frac{d_2}{d_1}$$

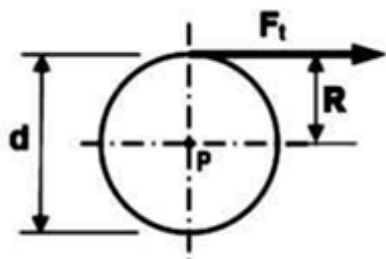
$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$



A unidade mais comum empregada em motores e máquinas para velocidade angular é a rpm, ou seja, rotações por minuto.

Momento de Torção ou Torque(M_t): O Momento de Torção, também chamado de torque, é o momento de uma força aplicado a elementos giratórios, onde o ponto base do momento é o centro de rotação. Na figura, temos: Momento de F_t em relação ao ponto P.

$$M_T = F_t \times R$$



Nos problemas de mecânica normalmente temos como dados, a potência e a velocidade angular do motor (rpm). O Momento de torção também pode ser calculado através destes dados.

Para M_T em $\text{kgf} \cdot \text{cm}$

$$M_T = 71620 \frac{N(CV)}{n(rpm)}$$

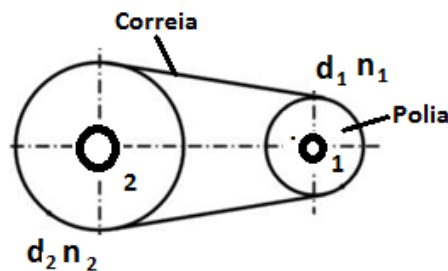
$$M_T = 71620 \frac{N(HP)}{n(rpm)}$$

$$M_T = 71620 \frac{N(W)}{n(rpm)}$$

a. TRANSMISSÃO POR CORREIAS

As transmissões por correias possuem como principais características:

- Permitem a transmissão de potência entre eixos relativamente distantes um do outro;
- Baixo custo;
- Absorvem vibrações devido à flexibilidade da correia;
- Funcionamento silencioso.



A polia que transmite o movimento é chamada de polia motriz ou acionadora. A polia que recebe o movimento é chamada de polia movida ou acionada.

Esquemas de montagem :

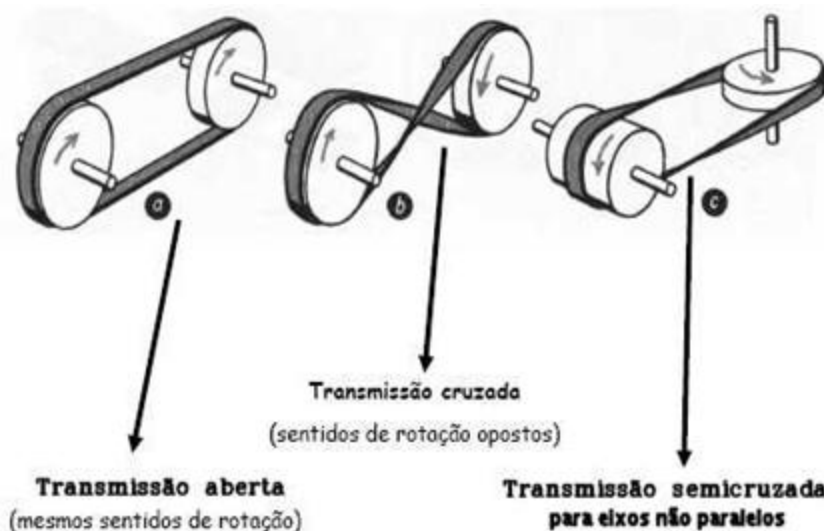


Figura 23: Esquemas de Montagem

Com exceção da montagem aberta as outras exigem que a correia tenha maior flexibilidade. As transmissões por correias podem ser classificadas quanto a relação de transmissão em:

TRANSMISSÃO REDUTORA: Quando a frequência da polia movida é menor do que a frequência da polia motriz, ou seja: $i > 1$

TRANSMISSÃO MULTIPLICADORA: Quando a frequência da roda movida é maior do que a frequência da roda motriz, ou seja: $i < 1$

4.2. Correias Trapezoidais ou "V"

As correias trapezoidais são muito utilizadas, pois além do seu baixo custo, baixo ruído e de não necessitarem de rolos tensores, têm a vantagem de no caso de transmissão por correias múltiplas, se ocorrer o rompimento de uma das correias a substituição não precisa ser imediata. Como existem mais correias, pode-se aguardar o melhor momento para a substituição sem atrapalhar a produção. Neste caso, a substituição deverá ser feita não só da correia rompida, mas de todas porque as outras se encontram deformadas e a nova poderá receber carga quociente para parti-la.



Figura 24: Correias Trapezoidais

Fatores que afetam a vida e a capacidade de transmitir potência das correias trapezoidais:

Encurvamento da correia em torno da polia: É um fator de grande importância na vida útil das correias, quanto menor o raio da polia, maior a flexão da correia, provocando um maior esforço de tração nas fibras externas da correia.

Tração inicial: Atração inicial não deve ser muito grande, nem muito pequena, pois no primeiro caso haverá esforço excessivo na correia, bem como cargas elevadas nos mancais. No segundo caso poder haver escorregamento.

Força centrífuga: Importante nas altas velocidades, provocando a tendência de separar a correia da polia.

Velocidade: Quanto maior a velocidade mais frequentemente um determinado trecho da correia é flexionado em torno da polia. Assim para as mesmas condições de carga uma correia durará menos quanto maior for a sua velocidade de trabalho.

Comprimento: Quanto maior a correia com menor frequência, um determinado trecho da correia, será flexionada em torno da polia. Assim, para uma mesma condição de velocidade e carga, uma correia durará mais quanto maior seu comprimento.

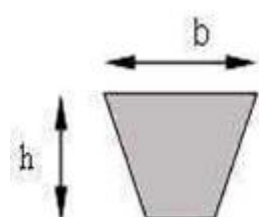
Arco de contato: Quanto menor o arco de contato, menor a capacidade de transmissão de potência da correia. O arco de contato varia relativamente com os diâmetros das polias e a distância entre centros.

As correias são construídas com seção trapezoidal e contínua. Na figura vemos um corte mostrando os elementos que compõem a correia.

Como o próprio nome diz, as correias possuem uma seção (perfil) em forma de trapézio isósceles.



Os perfis padronizados para aplicações industriais são:



Perfis das correias trapezoidais					
Dimensões (mm)	A	B	C	D	E
h	8	11	14	19	23
b	13	17	22	32	38

4.3 POLIAS

As polias possuem canais para encaixar as correias de acordo com seu perfil. O número de canais é variado podendo existir polias para apenas uma correia ou polias com 2, 3, 4 ou mais canais dependendo da necessidade. Nas figuras 8.6 e 8.7 vemos as dimensões padronizadas para polias de correias trapezoidais.

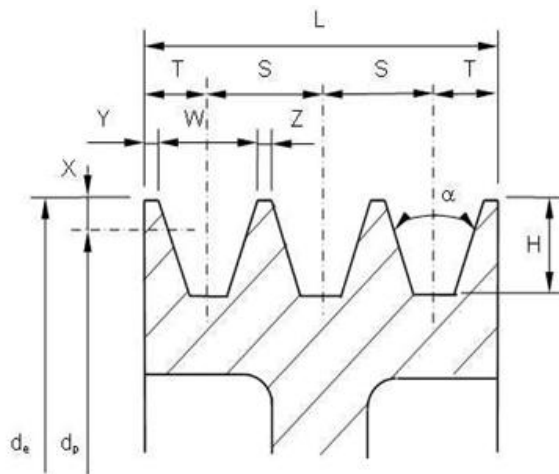


Figura 25: Geometria dos canais para polias

PERFIL DO CANAL	ÂNGULO DO CANAL		DIMENSÕES (mm)						
	α	d_e	T	S	W	Y	Z	$H_0^{+2,5}_{-0}$	X
A	$34^{\circ \pm 1^{\circ}}$	75 a 170	$9,5^{+2}_{-1}$	$15^{\pm 0,3}$	13	3	2	13	$3,3^{\pm 0,2}$
	$38^{\circ \pm 1^{\circ}}$	> 170							
B	$34^{\circ \pm 1^{\circ}}$	130 a 240	$11,5^{+2}_{-1}$	$19^{\pm 0,4}$	17	3	2	17	$4,2^{\pm 0,2}$
	$38^{\circ \pm 1^{\circ}}$	> 240							
C	$34^{\circ \pm 30'}$	200 a 350	$15,25^{+2}_{-1}$	$25,5^{\pm 0,5}$	22,5	4	3	22	$5,7^{\pm 0,2}$
	$36^{\circ \pm 30'}$	> 350							
D	$36^{\circ \pm 30'}$	300 a 450	$22,0^{+3}_{-1}$	$36,5^{\pm 0,6}$	32	6	4,5	28	$8,1^{\pm 0,5}$
	$38^{\circ \pm 30'}$	> 450							
E	$36^{\circ \pm 30'}$	385 a 630	$27,25^{+4}_{-1}$	$44,5^{\pm 0,7}$	38,5	8	6	33	$9,6^{\pm 0,6}$
	$38^{\circ \pm 30'}$	> 630							

4.4. Correias Sincronizadoras(correias dentadas)



As correias sincronizadoras (correias dentadas) veem substituindo as correias tradicionais por não possuir algumas das desvantagens comuns a estas transmissões. Variações de velocidade devido ao escorregamento nas correias planas e trapezoidais, ou vibração devido à variação de passo nas transmissões por correntes.

Dentre as vantagens podemos citar:

- Não necessitam de tensionamento, pois não dependem do atrito (melhor aproveitamento da carga transmitida e redução da carga nos mancais);
- Baixo ruído;
- Possibilitam o sincronismo entre as polias.

Um exemplo bastante conhecido nos dias de hoje é a correia dentada usada no acionamento do eixo de comando de válvulas do motor de combustão interna. Além de garantir o sincronismo, as correias dentadas não necessitam de Lubrificação.

Estas são fabricadas em neoprene e revestidas com nylon. Possuem internamente cordões de nylon que são os elementos de tração; estes cordões ficam situados na linha do comprimento primitivo da correia. A distância entre dois dentes consecutivos é igual ao passo da correia. A seleção da correia se faz pelo passo o qual depende do tipo de serviço. O quadro abaixo faz uma comparação dos diversos passos e o tipo de serviço relacionado.

PASSO (POL.)	SERVIÇO	APLICAÇÃO
1/5	EXTRA LEVE	Máquinas de escritório, instrumentação
3/8	LEVE	Ferramentas pequenas, eletrodomésticos, ventiladores.
1/2	PESADO	Máquinas ferramentas, bombas, ventiladores, prensas, geradores.
7/8	EXTRA PESADA	Máquinas industriais (para torque alto)
1 1/4	EXTRA - EXTRA PESADO	Máquinas industriais (para torque alto em condições severas).

As polias aplicadas a este tipo de correia, devido aos dentes das correias, possuem sulcos onde estes encaixam-se. Estes sulcos possuem forma adequada para que o atrito entre a polia e correia seja mínimo. Para evitar o escorregamento lateral da correia as polias possuem flanges. Em geral, somente a polia menor é flangeada. Porém, quando os eixos são verticais ou quando a distância entre centros é maior ou igual a 8 vezes o diâmetro da polia menor as duas polias são flangeadas.

As polias são padronizadas e na tabela 14 encontramos, como exemplo, o número de dentes ou sulcos para as polias de passo 3/8". Da mesma forma que as correias trapezoidais, o diâmetro mínimo da polia é limitado em função do passo da correia.

Devemos tomar os seguintes cuidados na montagem:

- alinhar bem as polias para evitar a tendência de escorregamento lateral, evitando um desgaste excessivo das bordas da correia;
- esticadores podem ser usados para eliminar a folga da correia e evitar que os dentes pulem de um sulco para outro. No entanto, para uma vida longa da correia, evite forçar a correia em demasia e não forçar os mancais.
- usar sempre polias e correias com o mesmo passo e sempre que possível com diâmetro padrão.

4.5. Correias Planas

As correias planas dependem do atrito para transmitir a força tangencial entre as polias do mesmo modo que as correias trapezoidais. No entanto, as planas levam desvantagem com relação às trapezoidais pois escorregam bem mais. São também mais sujeitas a perdas de atrito pela poeira, óleo e umidade. Às transmissões com correias planas em geral exigem rolos tensores:

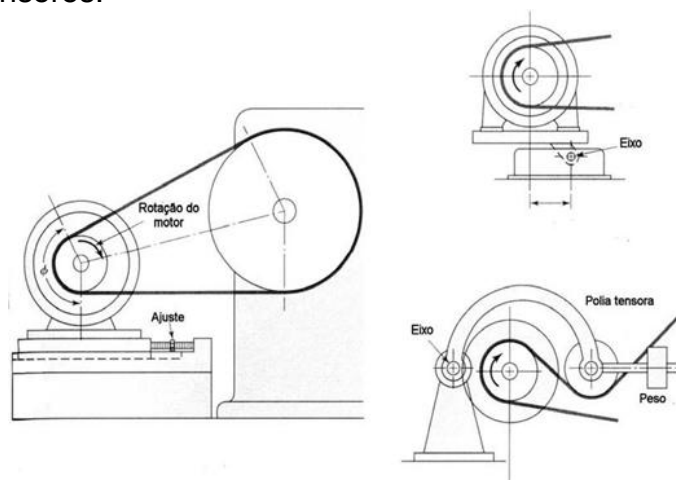
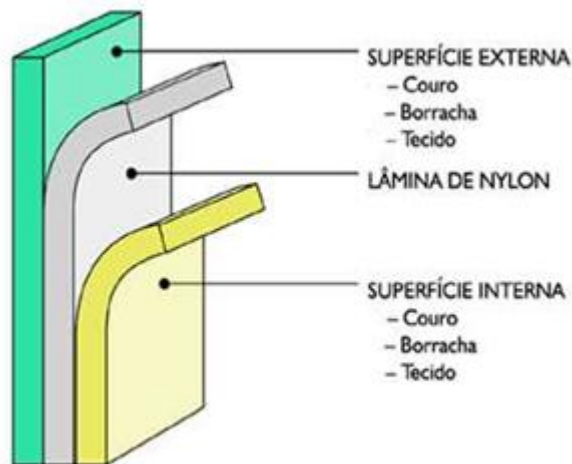


Figura 26: Tensionamento da Correia

As correias podem ser fabricadas com diversos materiais:

- couro;
- tecido;
- materiais sintéticos;
- fitas metálicas.



	Diâmetro da polia d1 e d2 de 40 a 600mm	Altura da curvatura (h em mm)
	B	h
CORRETO	40 – 90mm	0,35
	100 – 140mm	0,45
	150 – 190mm	0,55
INCORRETO	200 – 230mm	0,65
	240 – 300mm	0,85
	310 – 380mm	1,10
	390 – 400mm	1,20
INCORRETO	410 – 500mm	1,50
	510 – 600mm	2,00

As polias são fabricadas em ferro fundido ou alumínio. A superfície da polia deve ser bem lisa para diminuir o escorregamento e evitar o desgaste da correia. Nos casos em que é possível faz-se um abaulamento na polia para manter a correia no centro.



5. TRANSMISSÃO POR CORRENTES

A transmissão por correntes consiste basicamente de um par de rodas dentadas e uma corrente. Podemos citar algumas das vantagens deste tipo de transmissão.



- não patinam, portanto mantêm a relação de transmissão;
- garantem rendimento de 96% a 98%;
- podem transmitir potência em locais de difícil acesso;
- permitem montagens com grandes distâncias entre centros;
- permitem o acionamento simultâneo de vários eixos;
- em geral, não necessitam de tensionadores;
- podem ser usados em locais poeirentos, com temperaturas elevadas e locais úmidos.

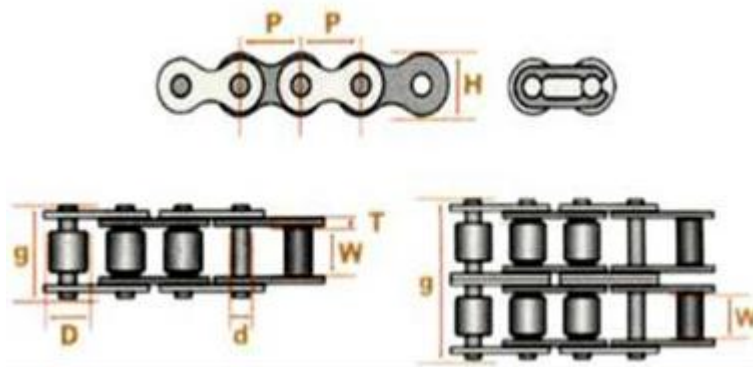
É importante que seja tomado cuidado com a Lubrificação do conjunto. Uma boa Lubrificação é condição para um funcionamento suave e duradouro.

Existe vários tipos de correntes de transmissão porém a mais utilizada é a corrente de rolos. O uso mais popular deste tipo é na bicicleta.

As correntes podem ser simples com uma fileira de rolos ou múltiplas com duas ou mais fileiras de rolos.



Figura 27: Correntes de rolos com uma, duas e três fileiras



A distância de um rolete para o rolete mais próximo é o passo da corrente.

As engrenagens para corrente são fabricadas de acordo com o passo da corrente e tipo. Na figura abaixo, vê-se uma engrenagem para corrente.

Correntes de dentes(corrente de dentes invertidos ou corrente silenciosa):

A corrente de dentes, também chamada de corrente silenciosa devido sua operação relativamente silenciosa, são constituídas de elos dentados que são conectados por pinos que permitem articulação. Com relação às correntes de rolos podemos citar algumas vantagens:

- Significante aumento de velocidade e potência transmitida;
- Mais silenciosa;
- Transmissão mais suave, menos vibração;
- Menos choques durante o engrenamento da corrente com a engrenagem;
- Maior eficiência (em torno de 99%)
- Maior vida útil da engrenagem.

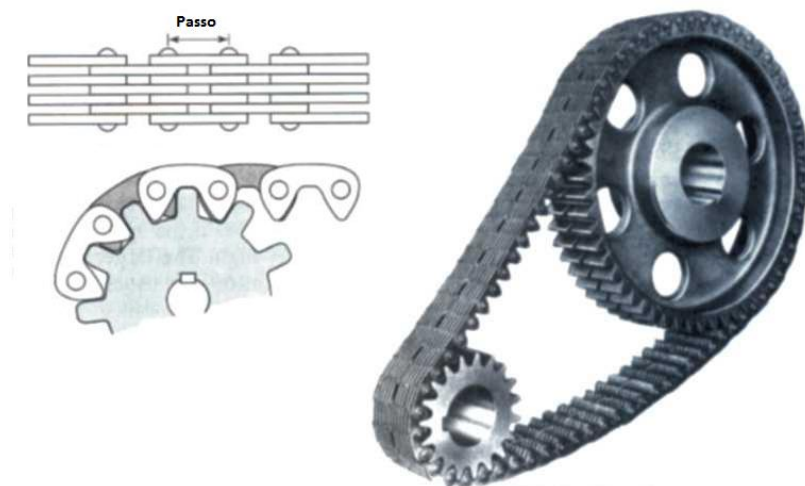


Figura 28:Corrente de dentes

6. ENGRENAGENS

Dentre os elementos disponíveis para transmissão de movimento entre eixos, sejam eles paralelos, reversos ou concorrentes, as engrenagens são sem dúvida as mais usadas. Isto se deve ao fato de, se comparadas a correntes e correias, possuírem grande resistência e, permitirem grande vida útil, pequenas dimensão transmissão com velocidade constante e pelo alto rendimento (~ 98%). Além disso podem ser fabricadas com diversos materiais.

Veja abaixo alguns tipos de transmissão usando engrenagens



Figura 10.1: Engrenagens cilíndricas de dentes retos, engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais, engrenagens espinha de peixe, engrenagens cilíndricas de dentes helicoidais com eixos reversos, engrenagens cônicas, par coroa e sem-fim e engrenagem cilíndrica com cremalheira.

Segundo MELCONIAN (2008), as engrenagens são usadas para transmitir torque e velocidade angular em diversas aplicações. Existem várias opções de engrenagens de acordo com o uso a qual ela se destina.

A maneira mais fácil de se transmitir rotação motora de um eixo a outro é através de dois cilindros. Eles podem se tocar tanto internamente como externamente. Se existir atrito suficiente entre os dois cilindros o mecanismo vai funcionar bem. Mas a partir do momento que o torque transferido for maior que o atrito ocorrerá deslizamento.

Com o objetivo de se aumentar o atrito entre os cilindros, fez-se necessária a utilização de dentes que possibilitam uma transmissão mais eficiente e com maior torque. Nasce assim a engrenagem.

Todo estudo da engrenagem estará concentrado no estudo de seus dentes, iguais em uma mesma engrenagem, relativo à sua geometria e resistência.

6.1. Tipos de engrenagens

As engrenagens como elementos de transmissão de potência se apresentam nos seguintes tipos básicos:

- Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos;
- Engrenagens Cilíndricas de Dentes Helicoidais;
- Engrenagens Cônicas com Dentes Retos

A) Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos

Engrenagens de dentes retos, como mostrada na figura1, tem dentes paralelos ao eixo de rotação e é usada para transmitir movimento de um eixo a outro. É a engrenagem mais simples.



Figura 29: Engrenagem de dentes retos

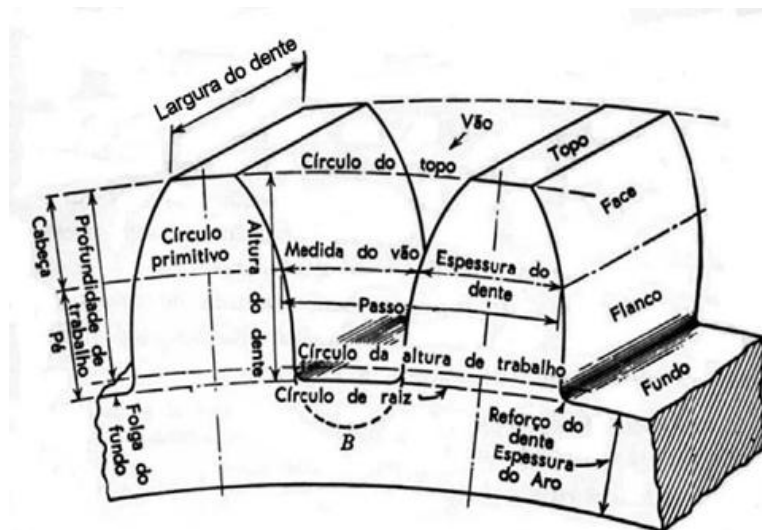


Figura 30: Engrenagens-Cilíndricas de Dentes Retos

Características Geométricas das Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos.

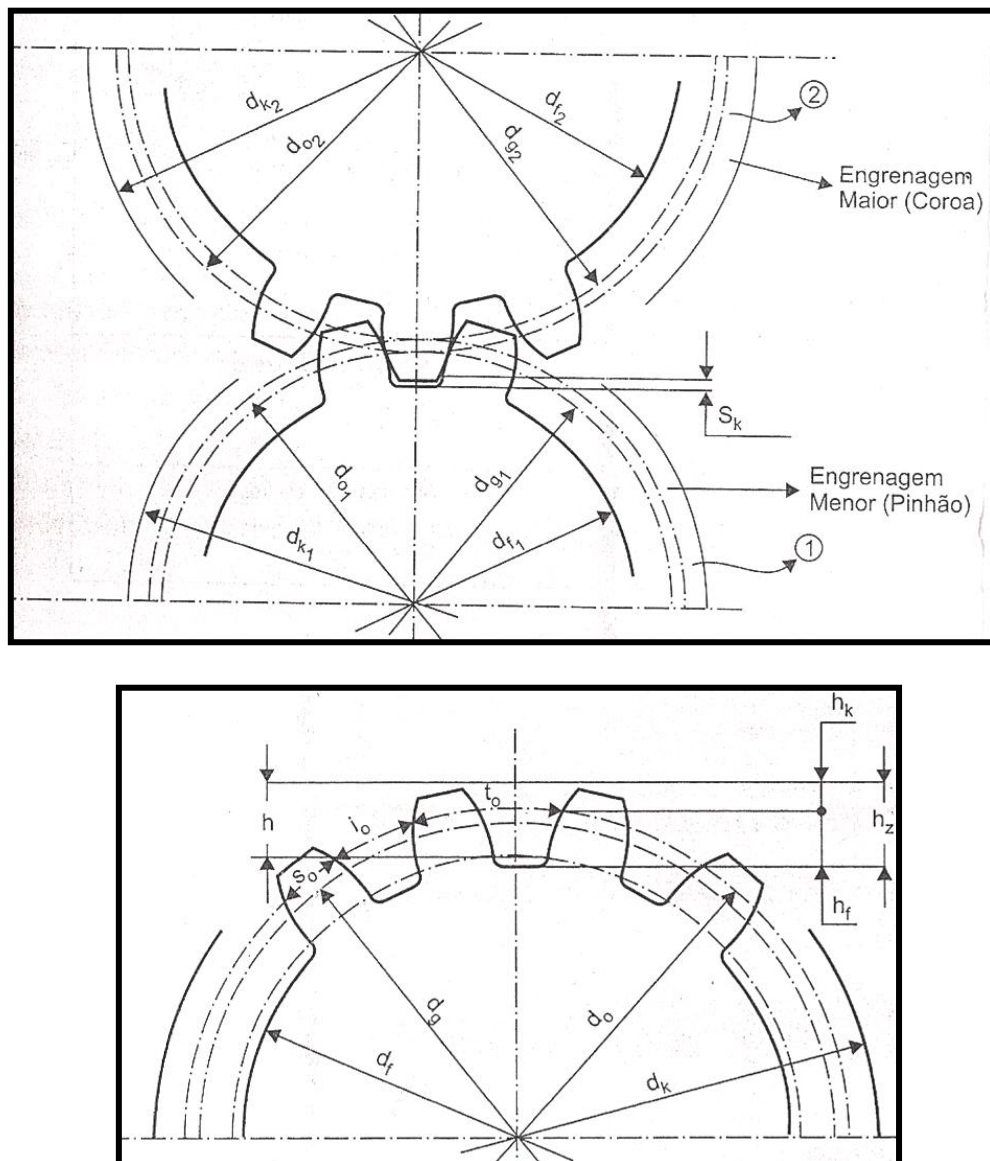


Figura 31: Características Geométricas das Engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos.

Onde:

d_o = diâmetro primitivo;
 d_g = diâmetro da base;
 d_f = diâmetro interno ou diâmetro do pé do dente;
 d_k = diâmetro externo ou diâmetro de cabeça do dente;
 t_o = Passo;
 h_k = altura da cabeça do dente;

h_f = altura do pé do dente;
 h_z = altura total do dente;
 h = altura comum do dente;
 S_o = espessura do dente no primitivo;
 S_k = folga da cabeça;
 l_o = vão entre os dentes no primitivo;
 b = largura do dente;
 A = ângulo de pressão.

O ângulo de pressão (α), num engrenamento é definido como o ângulo entre a linha de ação e a direção da velocidade angular, de modo que a linha de ação está rotacionada a α graus da direção de rotação da engrenagem movida. As engrenagens são fabricadas atualmente com ângulos de pressão padronizados para diminuir o custo no processo de fabricação. Os ângulos de pressão são 14.5° , 20° e 25° , sendo o mais usado 20° .

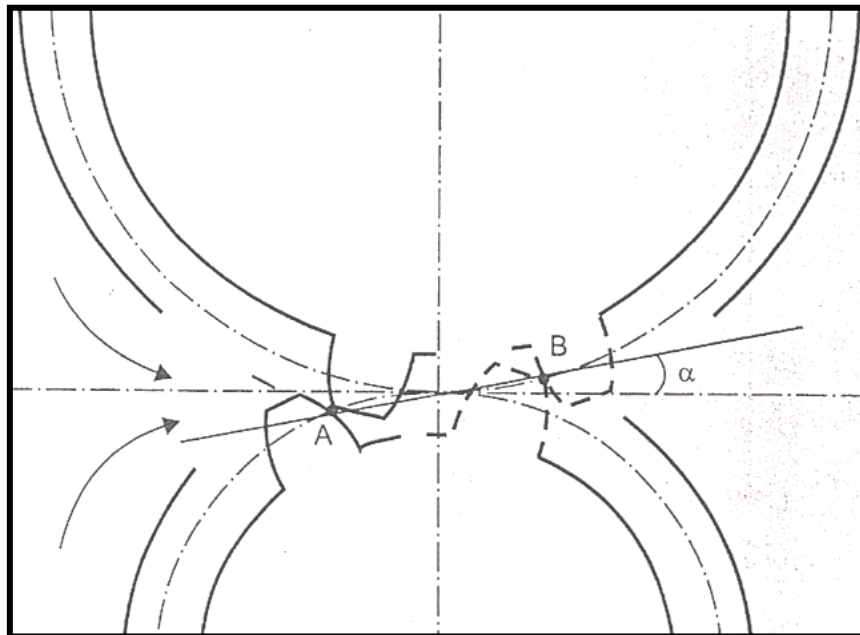


Figura 32: Ângulo de Pressão.

Diâmetros Principais

Os diâmetros principais são:

- Diâmetro primitivo = $d_o = m \cdot Z$
- Diâmetro de base = $d_G = d_o \cdot \cos \alpha$
- Diâmetro interno ou diâmetro de pé do dente = $d_f = d_o - 2 \cdot h_f$
- Diâmetro externo ou diâmetro da cabeça do dente
 $d_k = d_o + 2 \cdot h_k$

Formulário Para dimensionamento das engrenagens Cilíndricas de Dentes Retos

Características Geométricas.

Numero de dentes(Z) $Z = \frac{d_o}{m}$	Módulo (m) $m = \frac{t_o}{\pi}$
Passo (t _o) $t_o = m \cdot \pi$	Espessura do dente no primitivo (S _o) $S_o = \frac{t_o}{2}$
Altura comum do dente (h) $h = 2 \cdot m$	Altura da cabeça do dente (h _k) $h_k = m$
Altura total do dente (h _z) $h_z = 2,2 \cdot m$	Altura do pé do dente (h _f) $H_f = 1,2 \cdot m$
Vão entre os dentes no primitivo (i _o) $I_o = \frac{t_o}{2}$	Ângulo de pressão (α) $A = 20^\circ$
Folga da cabeça (S _k) $S_k = 0,2 \cdot m$	Relação de transmissão (i) $i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{\eta_1}{\eta_2}$
Largura do dente (b) A ser dimensionado ou adotado	Distância entre centros (C) $C = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2}$

OBS: Módulo - em toda engrenagem existe uma relação constante relacionando o número de dentes (Z) e o diâmetro primitivo (d_o). No sistema métrico esta relação é chamada de módulo m (em milímetro) e no sistema inglês de passo diametral (número de dentes por polegada).

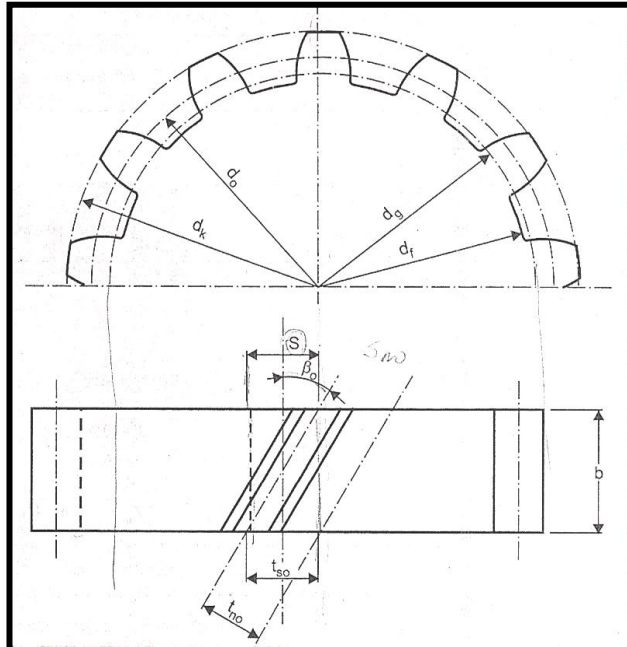
B) Engrenagens Cilíndricas de Dentes Helicoidais

Possuem dentes inclinados em relação ao eixo de rotação da engrenagem. Podem transmitir rotação entre eixos paralelos e eixos concorrentes (dentes hipoidais). Podem ser utilizadas nas mesmas aplicações das E.C.R.. Neste caso são mais silenciosas. A inclinação dos dentes induz o aparecimento de forças axiais.



Figura 33: Cilíndricas de Dentes Helicoidais

Características Geométricas



Formulário Para dimensionamento das engrenagens Cilíndricas de Dentes Helicoidais

Formulário para Dimensionamento.

Denominação	Formulário
Módulo Normal (normalizado)	$m_{no} = \frac{t_o}{\pi}$
Modulo Frontal	$m_{so} = m_{no} \cdot \sec \beta_o$
Passo Frontal	$t_{so} = m_{so} \cdot \pi$
Passo Normal	$t_{no} = m_{no} \cdot \pi$
Espessura do dente Frontal	$S_{so} = \frac{t_{so}}{2}$
Vão entre Dentes no Frontal	$L_{so} = \frac{t_{so}}{2}$
Espessura do Dente Normal	$S_{no} = \frac{t_{no}}{2}$
Vão entre Dentes Normais	$I_{no} = \frac{t_{no}}{2}$
Altura da Cabeça do Dente	$h_k = m_{no}$
Altura do Pé do Dente	$h_f = 1.2 m_{no}$
Altura Total do Dente	$h_z = 2.2 m_{no}$
Folga da Cabeça	$S_k = 0.2 m_{no}$
Ângulo d a Hélice β_o	$\sec \beta_o = \frac{2.A}{Z_1 \cdot m_{no} \cdot (i+1)}$
Ângulo de Pressão Normal α_{no}	$\alpha_{no} = 20^\circ \text{DIN867}$
Ângulo de Pressão Frontal α_{so}	$\tan \alpha_{so} = \frac{\tan \alpha_{no}}{\cos \beta_o}$
Distância Centro a Centro	$C_c = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \cdot (m_s)$
Raio Imaginário no Plano Normal	$r_n = \frac{r_o}{\cos^2 \beta_o}$
Número Imaginário de Dentes	$Z_1 = \frac{Z}{(\cos \beta_o)^3}$
Avanço do Dente	$S = b \cdot \tan \beta_o$
Diâmetro Primitivo	$d_o = Z \cdot m_s$
Diâmetro Externo	$d_k = d_o + 2 \cdot h_k$
Diâmetro do Pé do Dente	$d_f = d_o - 2 \cdot h_f$
Diâmetro de Base	$d_g = d_o \cdot \cos \alpha_{so}$

C) Engrenagens Cônicas

As engrenagens cônicas com dente retos possuem as seguintes características:

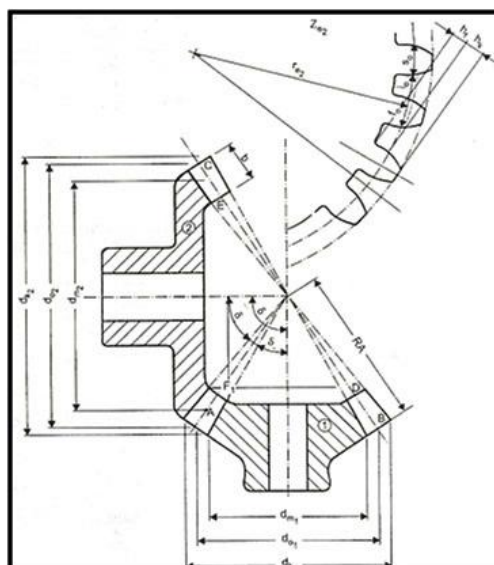
Engrenagens Cônicas: Possuem a forma de tronco de cones. São utilizadas principalmente em aplicações que exigem eixos que se cruzam (concorrentes). Os dentes podem ser retos ou inclinados em relação ao eixo de rotação da engrenagem.



Figura 34: Engrenagens cônicas

- São utilizadas em eixos reversos
- A relação de transmissão máxima que deve ser utilizada é 1:6
- Para as relações de transmissão acima de 1:1.2 são mais caras que as engrenagens cilíndricas.

Características Geométricas



Formulário para dimensionamento das engrenagens Cônicas com dentes Retos

Denominação	Símbolo	Fórmula
Número de Dentes	Z_1	$Z_1 = \frac{d_{o1}}{m}$
módulo	m	$M = \frac{t_o}{\pi}$
Módulo Médio	m_m	$M_m = 0,8.m$
Passo	t_o	$t_o = m.\pi$
Espessura no primitivo	S_o	$S_o = \frac{t_o}{2}$
Vão entre os dentes no primitivo	l_o	$l_o = \frac{t_o}{2}$
Diâmetro primitivo	d_{o1}	$d_{o1} = m.Z_1$
Diâmetro primitivo médio	d_{m1}	$d_{m1} = b.\text{sen}\delta_1$ $d_{m2} = d_{m1}.i$
Altura comum do dente	h	$h = 2.m$
Altura da cabeça do dente	h_k	$h_k = m$
Altura do pé do dente	h_f	$h_f = 1,1 \text{ a } 1,3 .m$
Altura total do dente	h_z	$h_z = 2,1 \text{ a } 2,3.m$
Folga na cabeça	S_k	$S_k = 0,1 \text{ a } 0,3.m$
Diâmetro externo ou de cabeça	$d_{k1,2}$	$d_{k1} = d_{o1} + 2.m \cos \delta_1$ $d_{k1} = m.(Z_1 + 2.\cos \delta_1)$ $d_{k2} = d_{o2} + 2.m \cos \delta_2$ $d_{k1} = m.(Z_2 + 2.\cos \delta_2)$
Ângulo de pressão	α_o	$\alpha_o = 20^\circ$
Abertura angular entre eixos	δ	$\delta = \delta_1 + \delta_2$

Formulário para dimensionamento das engrenagens Cônicas com Dentes Retos(continuação)

Conicidade de engrenagem relativa no primitivo	$\delta_{1,2}$	$\text{Tg}\delta_2 = \frac{\text{sen}\delta}{\cos\delta + \frac{Z_1}{Z_2}} \text{ para } \delta = 90^\circ$ $\delta_1 = \delta - \delta_2$
Conicidade de engrenagem relativa no diâmetro externo	$\delta_{k1,2}$	$\delta_{k1} = \delta_1 + k$ <p>em que $\text{tgk} = \frac{m}{R_a}$ para $\delta = 90^\circ$</p> $\text{tgk} = \sqrt{\frac{4}{Z_1^2 + Z_2^2}}$
Geratriz relativa no diâmetro primitivo	R_a	$R_a = m \cdot \sqrt{\frac{Z_1^2 + Z_2^2}{4}}$ $R_a = d_{o1} \cdot \sqrt{\frac{1+i^2}{4}}$
Geratriz relativa no diâmetro primitivo médio	R_m	$R_m = d_{m1} \cdot \sqrt{\frac{1+i^2}{4}} \text{ para } \alpha = 90^\circ$
Largura do dente	b	$b \leq 1/3 R_a \leq 8.m$
Número de dentes equivalentes	$Z_{e1,2}$	$Z_{e1} = \frac{Z_1}{\cos\delta_1} \text{ e } Z_{e2} = \frac{Z_2}{\cos\delta_2}$
Raio primitivo da engrenagem equivalente	$r_{e1,2}$	$r_{e1} = \frac{d_{o1}}{2 \cdot \cos\delta_1}$
Relação de multiplicação	i	$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_{o2}}{d_{o1}} = \frac{\text{sen}\delta_2}{\text{sen}\delta_1}$ <p>para $\delta = 90^\circ$</p> $i = \text{tg}\delta_2$

D) Parafuso sem-fim– Engrenagem coroa

Os parafusos sem-fim são usados para transmitir potência entre eixos reversos. O ângulo formado entre os eixos é na grande maioria dos casos 90° .

Relações de transmissão relativamente altas podem ser obtidas satisfatoriamente num espaço mínimo, porém com sacrifício do rendimento, comparativamente com outros tipos de engrenagens. Nos parafusos sem-fim a rosca desliza em contato com os dentes da engrenagem helicoidal, evitando assim o efeito do impacto entre os dentes como nos casos dos outros tipos de engrenagem. Este efeito resulta num funcionamento silencioso se o projeto e confecção forem adequados. Este deslizamento provoca um maior atrito, que pode levar algumas vezes a problemas de aquecimento e perda de rendimento. O parafuso sem-fim pode ter uma, duas, três ou mais entradas. O passo axial da rosca sem-fim é igual ao passo frontal da engrenagem helicoidal. O avanço é a distância axial que o parafuso se desloca em cada volta completa.

Parafuso sem fim (Sem fim-coroa): O sem fim é um parafuso acoplado com uma engrenagem coroa, geralmente do tipo helicoidal. Este tipo de engrenagem é bastante usado quando a relação de transmissão de velocidades é bastante elevada

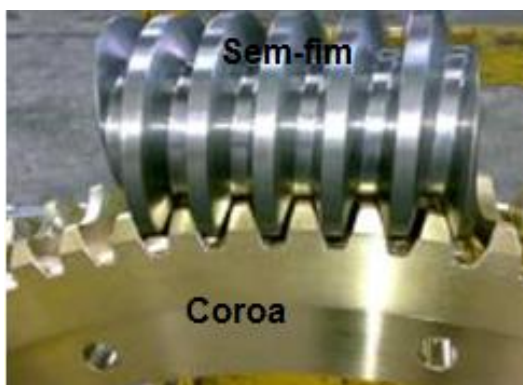


Figura 35: Parafuso sem-fim e engrenagem helicoidal.

E) Pinhão-Cremalheira:

Neste sistema, a coroa tem um diâmetro infinito, tornando-se reta. Os dentes podem ser retos ou inclinados. O dimensionamento é semelhante às engrenagens cilíndricas retas ou helicoidais. Consegue-se através deste sistema transformar movimento de rotação em translação.



Figura 36: Pinhão-Cremalheira

7. Cames

Came: Elemento mecânico usado para acionar um *seguidor* por meio de contato direto.

Os seguidores dos cames são classificados de acordo com:

Movimento	<ul style="list-style-type: none">• Translação• Oscilação
Trajetória de deslocamento	<ul style="list-style-type: none">• Radial• Deslocado
Superfície do seguidor	<ul style="list-style-type: none">• Face plana• Face esférica• Face de rolamento

Os cames são classificados de acordo com:

Forma- cilindro	<ul style="list-style-type: none">• Cames de placa (de disco ou radial)• Cames de cunha• Extremidade ou face• Forqueta
-----------------	---

O seguidor deve ser vinculado ao cames por: mola; gravidade ou vínculo mecânico

- (a) came radial e seguidor de translação de face plana deslocado;
- (b) came radial e seguidor oscilante de face esférica;
- (c) came radial e seguidor de aresta de face e translação;
- (d) came de dois lóbulos radiais e seguidor de rolete de translação deslocado;

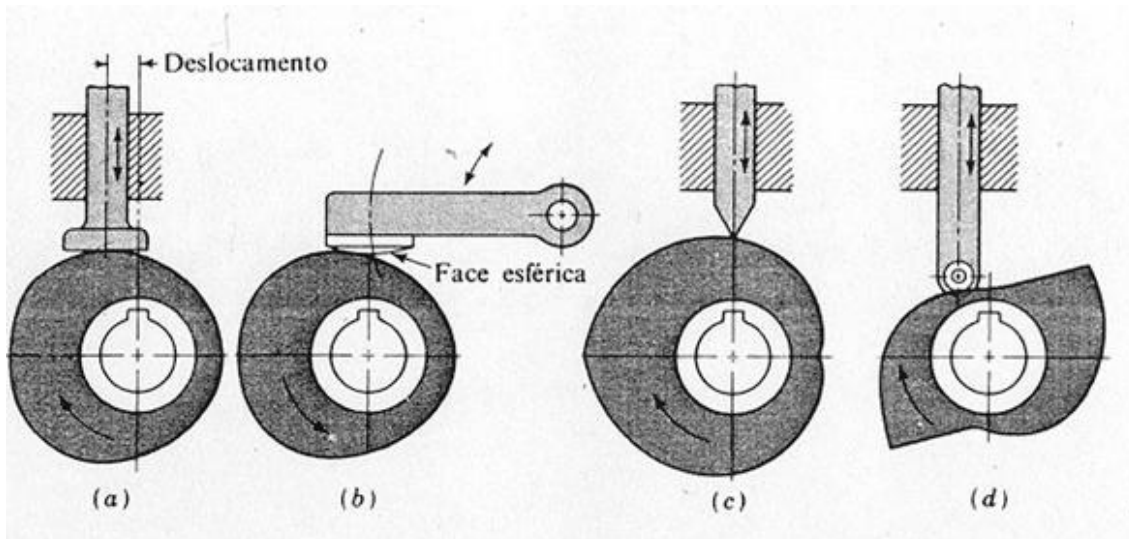


Figura 37: Tipos de cames.

- (e) came de cunha e seguidor de rolete de translação;
- (f) came cilíndrico e seguidor de rolete oscilante;
- (g) came de face ou extremidade e seguidor de rolete de translação;
- (h) came de forqueta e seguidor de rolete de translação.

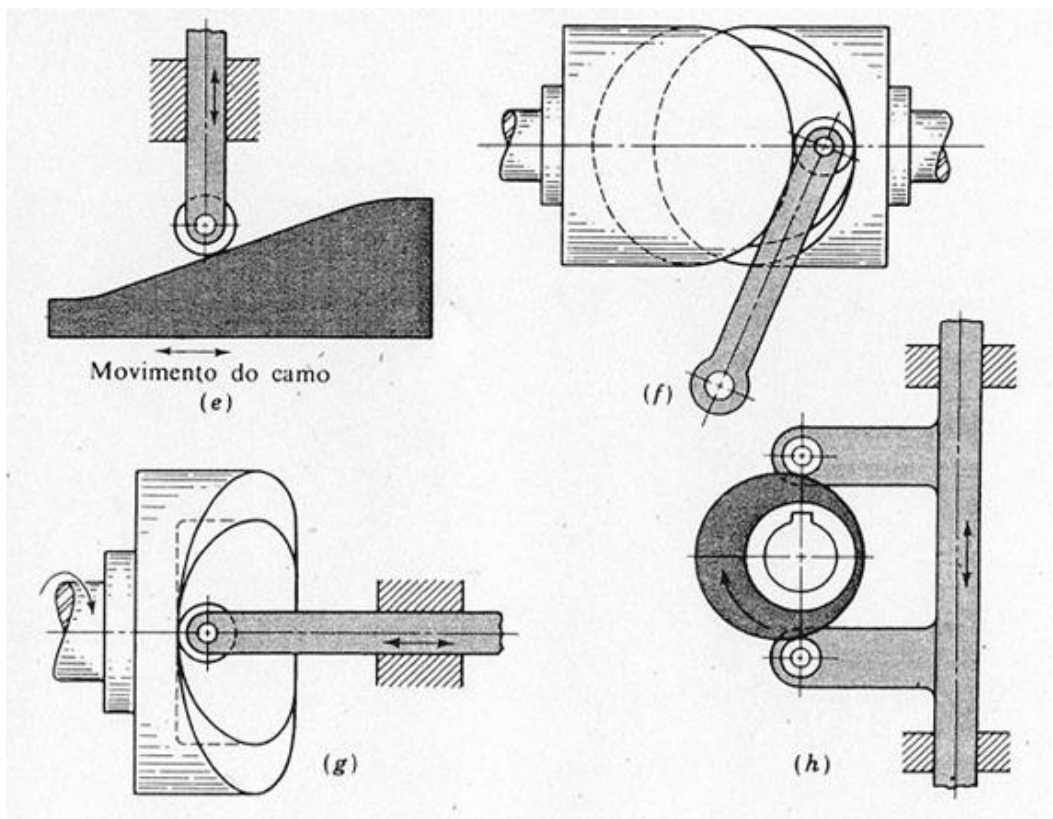


Figura 38: Tipos de cames.

8. ACOPLAMENTOS

Acoplamento é um conjunto mecânico, constituído de elementos de máquina, empregado na transmissão de movimento de rotação entre duas árvores ou eixo-árvores.

Classificação

Acoplamentos fixos:

Os acoplamentos fixos servem para unir árvores de tal maneira que funcionem como se fossem uma única peça, alinhando as árvores de forma precisa. Por motivo de segurança, os acoplamentos devem ser construídos de modo que não apresentem nenhuma saliência.



Acoplamento rígido com flanges parafusadas: Esse tipo de acoplamento é utilizado quando se pretende conectar árvores, e é próprio para a transmissão de grande potência em baixa velocidade

Acoplamento com luva de compressão ou de aperto: Esse tipo de luva facilita a manutenção de máquinas e equipamentos, com a vantagem de não interferir no posicionamento das árvores, podendo ser montado e removido sem problemas de alinhamento.



Acoplamento de discos ou pratos: Empregado na transmissão de grandes potências em casos especiais, como, por exemplo, nas árvores de turbinas. As superfícies de contato nesse tipo de acoplamento podem ser lisas ou dentadas.

©2000 How Stuff Works

Acoplamentos elásticos:

Esses elementos tornam mais suave a transmissão do movimento em árvores que tenham movimentos bruscos, e permitem o funcionamento do conjunto com desalinhamento paralelo, angular e axial entre as árvores. Os acoplamentos elásticos são construídos em forma articulada, elástica ou articulada e elástica. Permitem a compensação de até 6 graus de ângulo de torção e deslocamento angular axial.

Acoplamento elástico de pinos: Os elementos transmissores são pinos de aço com mangas de borracha.



Acoplamento perflex: Os discos de acoplamento são unidos perifericamente por uma ligação de borracha apertada por anéis de pressão. Esse acoplamento permite o jogo longitudinal do eixo.

Acoplamento elástico de garras : As garras, constituídas por tocos de borracha, encaixam-se nas aberturas do contra disco e transmitem o movimento de rotação.



Acoplamento elástico de fita de aço: Consiste de dois cubos providos de flanges ranhuradas, nos quais está montada uma grade elástica que liga os cubos. O conjunto está alojado em duas tampas providas de junta de encosto e de retentor elástico junto ao cubo. Todo o espaço entre os cabos e as tampas é preenchido com graxa.

Acoplamento de dentes arqueados: Os dentes possuem a forma ligeiramente curvada no sentido axial, o que permite até 3 graus de desalinhamento angular. O anel dentado (peça transmissora do movimento) possui duas carreiras de dentes que são separadas por uma saliência central.



9. ELEMENTOS DE APOIO:

- Mancais;
- Guias

Mancais

Os mancais são elementos de máquinas usados como apoio para os eixos e árvores. A parte do eixo que é introduzida no mancal é denominada de munhão. Devido ao atrito existente entre as superfícies de contato existe no mancal um elemento que tem como função reduzir o atrito e também facilitar a manutenção. Este elemento pode ser: de Bucha ou de Rolamento.

Quando o mancal possui uma bucha é denominado de mancal de deslizamento devido ao tipo de atrito que neste caso é de deslizamento (fricção). Quando o mancal possui um rolamento é denominado de mancal de rolamento devido ao atrito de rolamento.



Figura 39: Mancal de deslizamento e mancal de rolamento

Os mancais de deslizamento possuem uma bucha que tem a função de receber o atrito direto com a superfície do eixo. De acordo com o tipo de esforço, podemos classificar os mancais em:

- Mancais para cargas radiais;
- Mancais para cargas axiais (mancal de encosto ou escora);
- Mancais para cargas radiais e axiais.

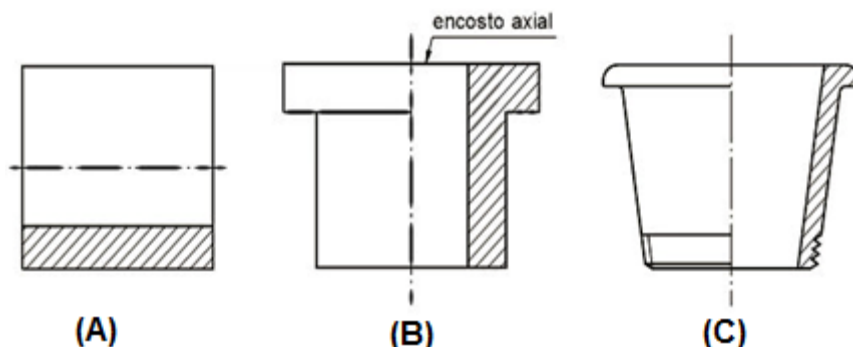


Figura 40: Mancais de deslizamentos Radial(A), Axial(B) e Misto(C)

•

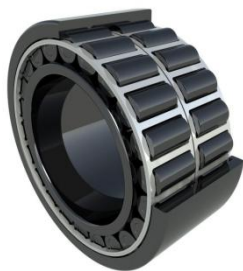
Os mancais de rolamento as superfícies em movimento são separadas por esferas ou roletes e então, o atrito de fricção é substituído pelo atrito de rolamento. Como a área de contato é pequena e as tensões são grandes, as partes girantes dos rolamentos são confeccionadas de materiais duros e de alta resistência. A maior vantagem dos mancais de rolamentos é que o atrito na partida é pequeno praticamente igual ao de operação em contraste com o atrito inicial de metal contra metal dos mancais de fricção. Os rolamentos podem ser classificados:

- quanto ao esforço suportado em radiais, axiais e mista
 - **Radiais** - não suportam cargas axiais e impedem o deslocamento no sentido transversal ao eixo
 - **Axiais** - não podem ser submetidos a cargas radiais. Impedem o deslocamento no sentido axial, isto é, longitudinal ao eixo.
 - **Mistas** - suportam tanto carga radial como axial. Impedem o deslocamento tanto no sentido transversal quanto no axial.
- Quanto aos seus elementos rolantes. De esfera de rolo e de agulha

De esferas - os corpos rolantes são esferas. Apropriados para rotações mais elevadas.



Figura 41: Rolamento de Esfera



De rolos - os corpos rolantes são formados de cilindros, rolos cônicos ou barriletes. Esses rolamentos suportam cargas maiores e devem ser usados em velocidades menores.

Figura 42: rolamentos de rolos

De agulhas - os corpos rolantes são de pequeno diâmetro e grande comprimento. São recomendados para mecanismos oscilantes, onde a carga não é constante e o espaço radial é limitado.



Figura 43: Rolamento de agulha

Os rolamentos limitam, ao máximo, as perdas de energia em consequência do atrito. São geralmente constituídos de dois anéis concêntricos, entre os quais são colocados elementos rolantes como esferas, roletes e agulhas.

Os rolamentos de esfera compõem-se de:

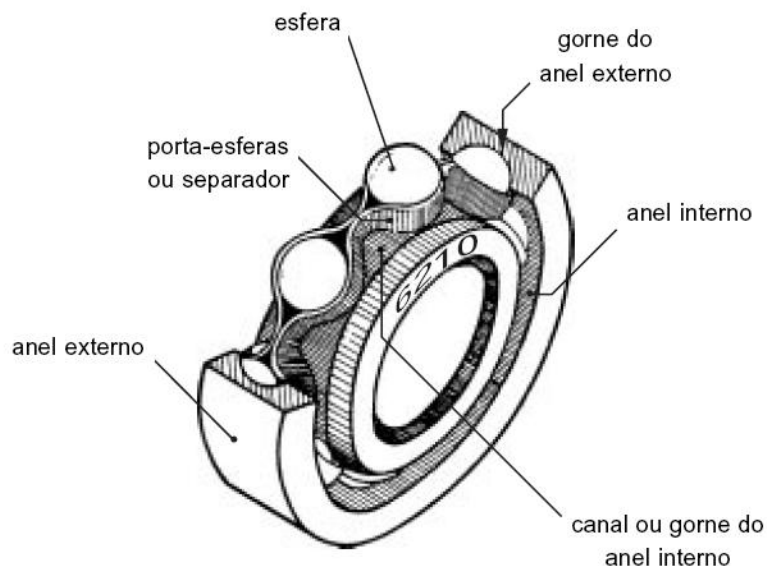
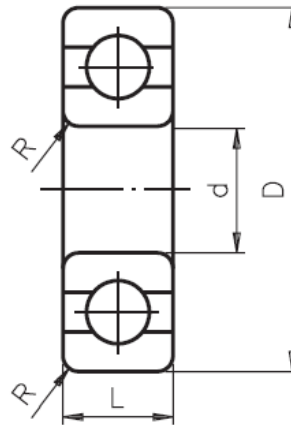


Figura 44: Elementos dos Rolamentos

As dimensões e características dos rolamentos são indicadas nas diferentes normas técnicas e nos catálogos de fabricantes. Ao examinar um catálogo de rolamentos, ou uma norma específica, você encontrará informações sobre as seguintes características:

Características dos rolamentos:

D: diâmetro externo;
d: diâmetro interno;
R: raio de arredondamento;
L: largura.



Em geral, a normalização dos rolamentos é feita a partir do diâmetro interno d , isto é, a partir do diâmetro do eixo em que o rolamento é utilizado. Para cada diâmetro são definidas três séries de rolamentos: leve, média e pesada.

As séries leves são usadas para cargas pequenas. Para cargas maiores, são usadas as séries médias ou pesada. Os valores do diâmetro D e da largura L aumentam progressivamente em função dos aumentos das cargas

10 Cabos de Aço

10.1. Conceito

Cabos são elementos de transmissão que suportam cargas (força de tração), deslocando-as nas posições horizontal, vertical ou inclinada. Os cabos são muito empregados em equipamentos de transporte e na elevação de cargas, como em elevadores, escavadeiras, pontes rolantes (Figura 1). Os cabos de aço sempre trabalham sob tensão e têm a função de sustentar ou elevar cargas. Os cabos estão sujeitos aos seguintes esforços:

- Cabos de aço que trabalham como sustentação são submetidos a uma solicitação estática, devendo ser dimensionados como elementos estruturais.
- Cabos de aço que se movimentam durante o ciclo de trabalho, sofrem desgaste por atrito e devem ser dimensionados como elementos de máquinas submetidos à fadiga.

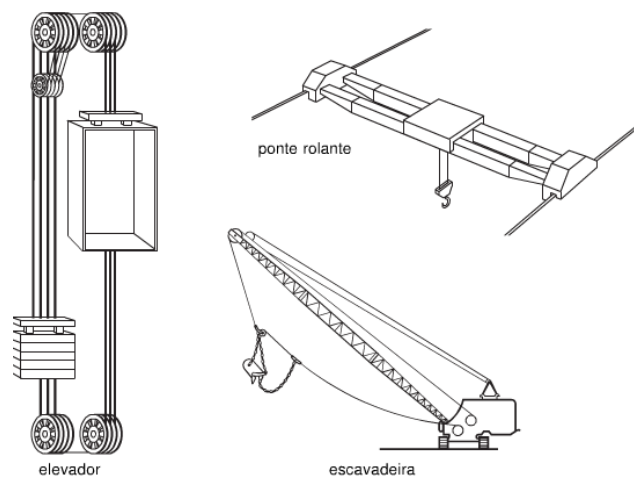


Figura 45: Exemplos da utilização de cabos de aço

10.2. Componentes do cabo de aço

O cabo de aço se constitui de alma e perna. A perna se compõe de vários arames em torno de um arame central, conforme a figura abaixo.

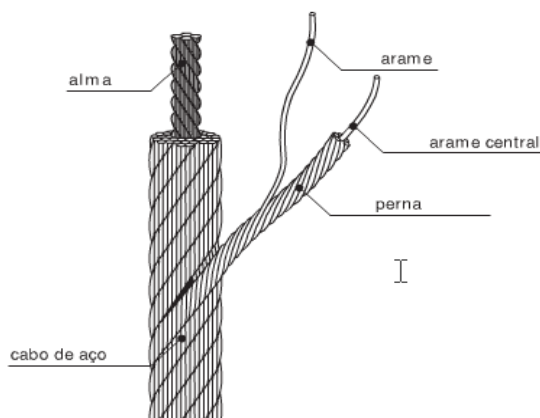


Figura 46: Elementos construtivos dos cabos de aço

10.3. Construção de cabos

Construção de um cabo de aço é o termo usado para indicar o número de pernas, a quantidade de arames em cada perna, a sua composição e o tipo de alma.

As pernas dos cabos podem ser fabricadas em uma, duas ou mais operações, conforme sua composição. Nos primórdios da fabricação de cabos de aço as composições usuais dos arames nas pernas eram as que envolviam várias operações, com arames do mesmo diâmetro, tais como: 1 + 6/12 (2 operações) ou 1 + 6/12/18 (3 operações). Assim eram torcidos primeiramente 6 arames em volta de um arame central. Posteriormente, em nova passagem, o núcleo 1 + 6 arames era coberto com 12 arames. Esta nova camada tem por força um passo (distância em que um arame dá uma volta completa – Figura 3) diferente do passo do núcleo, o que ocasiona um cruzamento com arames internos, e o mesmo se repete ao se dar nova cobertura dos 12 arames com mais 18, para o caso da fabricação de pernas de 37 arames.

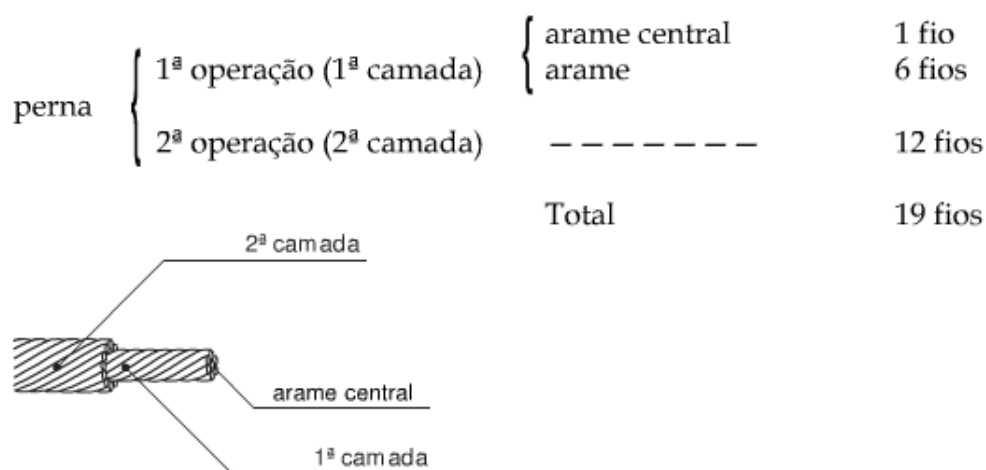
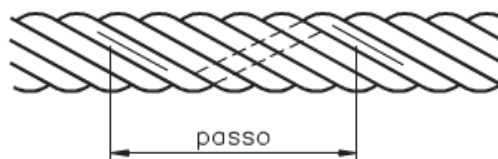


Figura 47: Esquema de um cabo formado em 2 operações (1+6/12 ou cabo de 6 por 19)

Quando a perna é construída em várias operações, os passos ficam diferentes no arame usado em cada camada. Figura 4 Essa diferença causa atrito durante o uso e, conseqüentemente, desgasta os fios.



Passo é a distância entre dois pontos de um fio em torno da alma do cabo.

Figura 48: Conceito de passo

Com o aperfeiçoamento das técnicas de fabricação, foram desenvolvidas máquinas e construções de cabos que nos possibilitam a confecção das pernas em uma única operação, sendo todas as camadas do mesmo passo. Assim surgiram as composições "Seale", "Filler" e "Warrington", formadas de arames de diferentes diâmetros. Estas composições conservam as vantagens das anteriores e eliminam sua principal desvantagem, ou seja, o desgaste interno ocasionado pelo atrito no cruzamento dos arames.

10.4. Tipos de distribuição dos fios nas pernas

Existem vários tipos de distribuição de fios nas camadas de cada perna do cabo. Os principais tipos de distribuição são:

A) Distribuição Seale

As camadas são alternadas em fios grossos e finos.

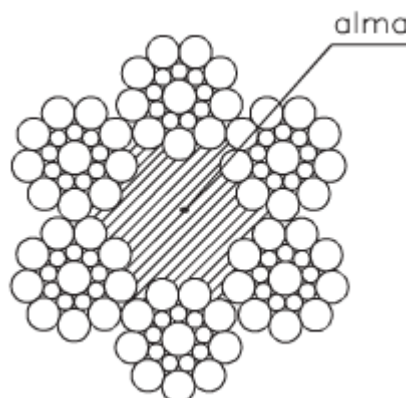


Figura 49: Constituição do cabo de aço "Seale"

Na composição "Seale", figura 5, existem pelo menos duas camadas adjacentes com o mesmo número de arames. Todos os arames de uma mesma camada possuem alta resistência ao desgaste.

B) Distribuição Filler

As pernas contêm fios de diâmetro pequeno que são utilizados como enchimento dos vãos dos fios grossos.

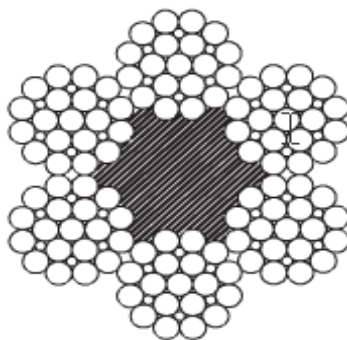


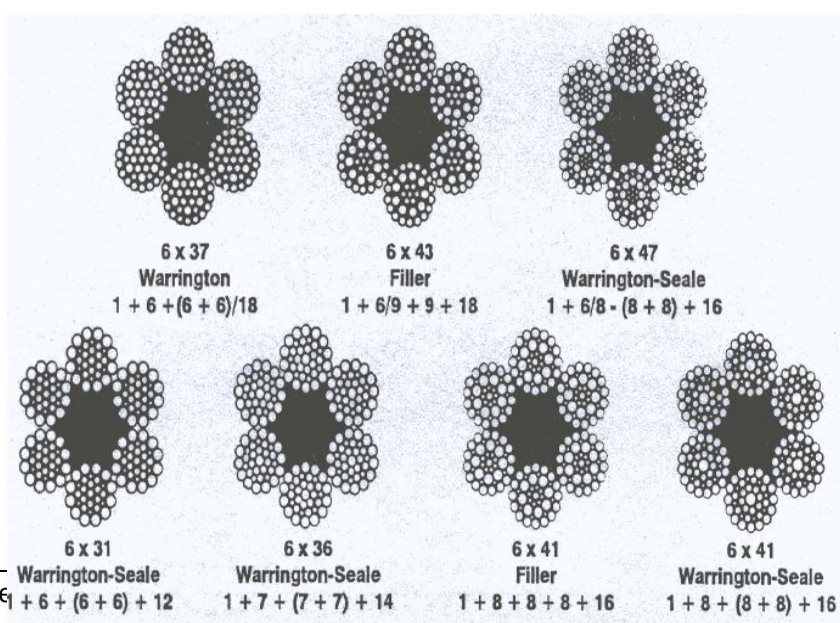
Figura 50: Constituição do cabo de aço "Filler"

A composição "Filler", figura 6, possui arames principais e arames finos, que servem de enchimento para a boa acomodação dos outros arames. Os arames de enchimento não estão sujeitos às especificações que os arames principais devem satisfazer. Os cabos de aço fabricados com essa composição possuem boa resistência ao desgaste, boa resistência à fadiga e alta resistência ao amassamento.

C) Distribuição Warrington

É a composição onde existe pelo menos uma camada constituída de arames de dois diâmetros diferentes e alternados. Os cabos de aço fabricados com essa composição possuem boa resistência ao desgaste e boa resistência à fadiga. Figura 7.

Por outro lado, ainda existem outros tipos de composições que são formadas pela aglutinação de duas das acima citadas, como por exemplo, a composição "Warrington-Seale", que possui as principais características de cada composição, proporcionando ao cabo alta resistência à abrasão conjugado com alta resistência à fadiga de flexão.



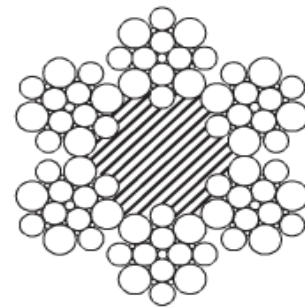
10.5. Tipos de alma de cabos de aço

As almas de cabos de aço podem ser feitas de vários materiais, de acordo com a aplicação desejada. Existem, portanto, diversos tipos de alma. Veremos os mais comuns: alma de fibra, de algodão, de asbesto, de aço.

a) Almas de fibra

É o tipo mais utilizado para cargas não muito pesadas. As fibras podem ser naturais (AF) ou artificiais (AFA).

As almas de fibra em geral dão maior flexibilidade ao cabo de aço. As almas de fibras naturais são normalmente de sisal, e as almas de fibras artificiais são geralmente de polipropileno.



cabo com alma de fibra
AF (fibra natural)
ou
AFA (fibra artificial)

Vantagens das fibras artificiais:

- não se deterioram em contato com agentes agressivos;
- são obtidas em maior quantidade;
- não absorvem umidade.

Desvantagens das fibras artificiais:

- são mais caras;
- são utilizadas somente em cabos especiais.

a) Almas de aço

As almas de aço garantem maior resistência ao amassamento e aumentam a resistência à tração. A alma de aço pode ser formada por uma perna de cabo (AA) ou por um cabo de aço independente (AACI), sendo esta última modalidade preferida quando se exige do cabo maior flexibilidade, combinada com alta resistência à tração.

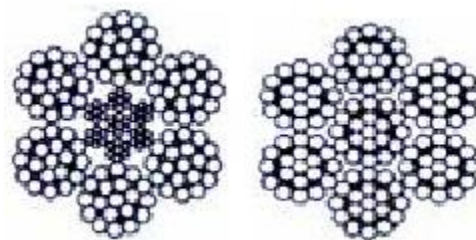


Figura 53: Alma de aço

Um cabo de 6 pernas com alma de aço apresenta um aumento de 7,5% na resistência à tração e aproximadamente 10% na massa em relação a um cabo com alma de fibra do mesmo diâmetro e construção.

c) Alma de algodão

Tipo de alma que é utilizado em cabos de pequenas dimensões.

d) Alma de asbesto

Tipo de alma utilizado em cabos especiais, sujeitos a altas temperaturas.

10.6. Tipos de torção

Os cabos de aço, quando tracionados, apresentam torção das pernas ao redor da alma. Nas pernas também há torção dos fios ao redor do fio central. O sentido dessas torções pode variar, obtendo-se as situações:

A) Torção regular ou em cruz

Os fios de cada perna são torcidos no sentido oposto ao das pernas ao redor da alma. As torções podem ser à esquerda ou à direita. Esse tipo de torção confere mais estabilidade ao cabo.



regular à direita

regular à esquerda

Figura 54: Torção do cabo de aço

Estes cabos são estáveis, possuem boa resistência ao desgaste interno e torção e são fáceis de manusear. Também possuem considerável resistência a amassamentos e deformações devido ao curto comprimento dos arames expostos.

B) Torção lang ou em paralelo

Os fios de cada perna são torcidos no mesmo sentido das pernas que ficam ao redor da alma. As torções podem ser à esquerda ou à direita. Esse tipo de torção aumenta a resistência ao atrito (abrasão) e dá mais flexibilidade.



lang à direita

lang à esquerda

Figura 55: Torção do cabo de aço

Devido ao fato dos arames externos possuírem maior área exposta, a torção Lang proporciona ao cabo de aço maior resistência à abrasão. São também mais flexíveis e possuem maior resistência à fadiga. Estão mais sujeitos ao desgaste interno, distorções e deformações e possuem baixa resistência aos amassamentos. Além do mais, os cabos de aço torção Lang devem ter sempre as suas extremidades permanentemente fixadas para prevenir a sua distorção e em vista disso, não são recomendados para movimentar cargas com apenas uma linha de cabo.

Nota: A não ser em casos especiais (como por exemplo, cabo trator de linhas aéreas) não se deve usar cabos de torção Lang com alma de fibra por apresentarem pouca estabilidade e pequena resistência aos amassamentos.

C)Anti-Giratório

Cada camada de pernas tem um sentido de enrolamento inverso ao da camada imediatamente inferior, conforme se é representado na figura 56 abaixo.

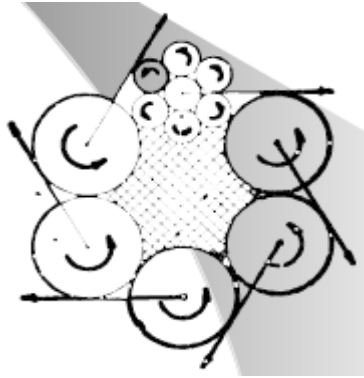


Figura 56:Torção do cabo de aço

9.7. Preformação dos cabos de aço

Os cabos de aço são fabricados por um processo especial, de modo que os arames e as pernas possam ser curvados de forma helicoidal, sem formar tensões internas.



Figura 57: Pernas do cabo de aço

As principais vantagens dos cabos preformados são:

- manuseio mais fácil e mais seguro;
- no caso da quebra de um arame, ele continuará curvado;
- não há necessidade de amarrar as pontas.
- Divisão da carga equilibrada entre todas as pernas

10.8. Fixação e união dos cabos de aço

Os cabos de aço são fixados em sua extremidade por meio de ganchos ou laços. Os laços são formados pelo trançamento do próprio cabo. Os ganchos são acrescentados ao cabo.



Figura 58 Fixação do cabo de aço

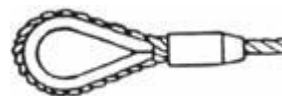
A) Maneiras de fixação da ponta

- Ponta com soquete chumbador fixado em zinco fundido, sendo possível ainda a utilização de liga de antimônio..



- Ponta fixada por cunha. Possui a vantagem de ser de fácil desmontagem mas deve ser constantemente tracionado.

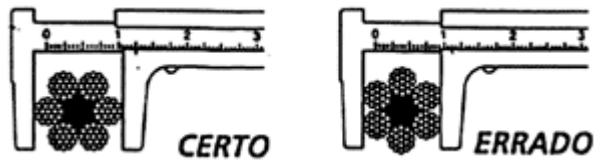
- Olhal com sapatilha de proteção..



- Olhal com estribo protetor.



*Medição do diâmetro: o diâmetro do cabo de aço é aquele da sua circunferência máxima..



11. MOLAS

Uma mola é um objeto elástico flexível usado para armazenar a energia mecânica. As molas são feitas geralmente de aço endurecido.

Trata-se de um elemento único ou uma associação de elementos (sistema) capaz de assumir notáveis deformações elásticas sob a ação de forças ou momentos, e, portanto, em condições de armazenar uma grande quantidade de energia potencial elástica. Os elementos característicos das molas são a flecha, a rigidez e a flexibilidade.

Flecha é a deformação sofrida pela mola sob a ação de uma determinada força, medida na direção da própria força. Tal conceito pode estender-se também a um elemento elástico sujeito a um binário, neste caso a força é substituída por um momento aplicado e a deformação retilínea pelo deslocamento angular.

Rigidez Propriedade de um material, de sofrer tensões sem se deformar permanentemente. Sob tensão crescente, o material irá se deformar de forma elástica até o ponto em que se deforma permanentemente, seja de forma rúptil, seja de forma dúctil o que depende das propriedades reológicas do material e também das condições termodinâmicas e do tempo em que a tensão é aplicada.

Flexibilidade é a capacidade de um determinado material se tornar flexível, que se pode dobrar, curvar, etc.

Em geral os molas são elementos elásticos de grande importância, empregados com os seguintes objetivos: absorver energia, como em suspensão de automóveis; acumular energia, como em relógios; manter elementos sob tensão controlada, como em válvulas; medir, como em balanças e outros instrumentos

11.1 Tipos de Molas:

B) Mola helicoidal - Nas formas cilíndrica, barrileta ou cônica. Trabalha para compressão ou tração. O barrileamento ou conificação visa aumentar o curso sem encostar as espiras. Pode ter a secção circular ou prismática



- C) Barra de torção** – fabricada de vergalhão redondo ou quadrada . Também submetida a um torque.



- D) Mola espiral** - trabalha para torção. É fabricada de arame ou fita de aço, enrolada em espiral plana e deforma-se sob a aplicação de um momento torsor.

- E) Mola de torção** - fabricada com fios de secção circular ou prismática para travas, esperas ou molas de retorno.



- F) Mola de disco** - plana feita de chapa de aço recortada de várias maneiras.

- G) Mola prato** - feita de chapa conificada. Trabalha para compressão. É formada por uma pilha de discos montados com as concavidades alternadamente opostas. Possibilita variar a rigidez e capacidade de carga apenas mudando o número de discos ou sua disposição.



- H) Mola anelar** - constituída por anéis com chanfros alternadamente internos e externos superpostos em um cilindro (Figura 57). Sob compressão axial, os anéis internos contraem-se

e os externos expandem-se. Usada para solicitações de alta rigidez

Outros tipos

- **Mola de flexão** - consiste em uma ou várias lâminas de aço, levemente curvas ou planas, sustentadas em uma ponta (vigas de balanço) e carregadas na outra. Pode ser também sustentada em ambas às pontas e carregadas ao centro
- **Mola de borracha** - é formada por tarugos de borracha, separados por discos metálicos, que trabalha para compressão. Possui alta capacidade de armazenar energia e resiste bem ao cisalhamento. Usada habitualmente para isolar vibrações. Em veículos e máquinas, emprega-se um tipo chamado coxim, que é um bloco de borracha colado a placas de metal.
- **Mola de plastiprene** - feita em forma de tarugos de uretano sólido. Está substituindo com vantagem a mola de aço usada em ferramentaria, visto que resiste muito bem aos óleos, raramente quebra de imprevisto, suporta altas pressões e tem ótima flexibilidade
- **Mola voluta** - formada por uma lâmina relativamente larga, enrolada em hélice cônica com superposição das espiras. É usada quando são exigidos peças muito compactas e amortecimento pelo atrito entre as espiras

11.2 Materiais para Molas:

- **Aço piano** - contém de 0,07 a 1% de carbono, 0,25 a 0,40% de manganês e 0,1 a 0,2% de silício. Seu limite de ruptura é de 1 700 N/mm².
- **Aço mola trefilado duro** - contém 0,5 a 0,65% de carbono e 0,7% a 1% de manganês. Seu limite de ruptura está entre 840 e 1 260 N/mm².
- **Aço laminado a quente** - contém de 0,9 a 1,05% de carbono. Seu limite de ruptura está entre 1 230 e 1 370 N/mm².
- **Aço silício-manganês (SAE-9260)** - com 0,6% de carbono, 0,6 a 0,9% de manganês e 1,8 a 2,2% de vanádio. Seu limite de ruptura está entre 1 400 e 2 100 N/mm². Usado para molas de veículos.

- **Aço cromo-vanádio -(SAE-6150)** - com 0,5% de carbono, 0,5 a 0,8% de manganês, 0,9 a 1,2% de cromo e 0,15 a 0,2% de vanádio. Usado especialmente para molas de válvulas.
- **Aço mola revenido** - contém de 0,85 a 1% de carbono e 0,3 a 0,45% de manganês. Seu limite de ruptura está entre 1050 e 1750 N/mm².
- **Aço inoxidável para molas** - com 0,12% de carbono, 17 a 20% de cromo e 8 a 10% de níquel. Seu limite de ruptura está entre 1050 e 1960 N/mm².
- **Bronze fosforoso para molas** - com 5% de estanho e 0,5% de fósforo. Seu limite de ruptura é 660 N/mm².

12, Referências Bibliográficas

MELCONIAN, S. *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. 9ª ED. SÃO PAULO: ÉRICA, 2008. 376P.

[HTTP://WWW.DAGROSS.COM.BR/GM.HTM](http://www.dagross.com.br/gm.htm)

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. SÃO PAULO: GLOBO. (TELECURSO 2000).

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. *ELEMENTOS E CONJUNTOS MECÂNICOS DE MÁQUINAS*. SÃO PAULO.

SHIGLEY, JOSEPH E. *ELEMENTOS DE MÁQUINAS*. L.T.C., 1990. 2 V.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação