



ÓRGÃOS DE MÁQUINAS II

Licenciatura em Engenharia Mecânica



Elaborado por Paulo Flores - 2023

Departamento de Engenharia Mecânica

Universidade do Minho

Campus de Azurém

4804-533 Guimarães

pflores@dem.uminho.pt

T.06 – RODAS DE ATRITO

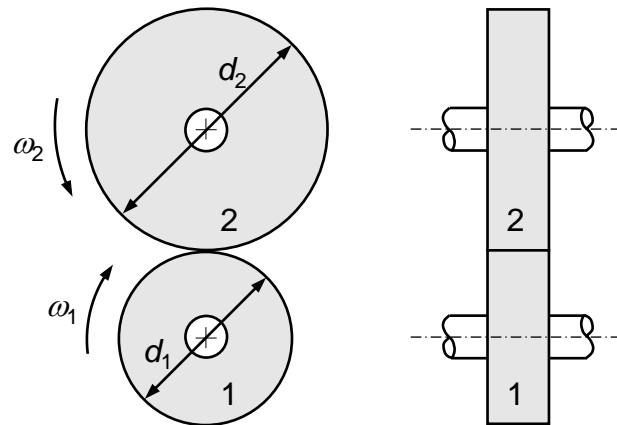
1. Introdução
2. Tipos de Rodas de Atrito
3. Relação de Transmissão
4. Forças de Contacto
5. Materiais Utilizados
6. Variadores de Velocidade
7. Transmissões por Rodas de Atrito

1. Introdução

Princípio de Funcionamento

No grupo das transmissões mecânicas em que o **princípio de funcionamento assenta no atrito** desenvolvido entre as superfícies de contacto dos órgãos transmissores, as rodas de atrito são, por excelência, o seu exemplo mais elucidativo.

As rodas de atrito constituem, quiçá, o caso mais simples de uma transmissão mecânica, em que **dois tambores, encostados um ao outro, transmitem movimento**, apenas e só, por efeito de atrito.



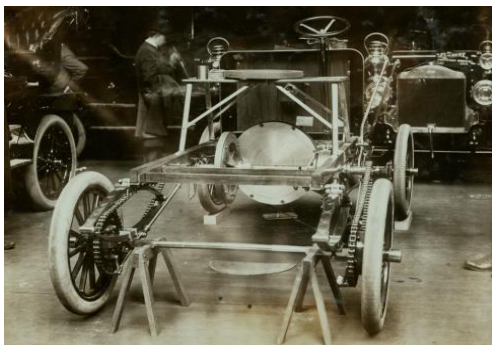
Este tipo de transmissão é composto por **dois tambores**, montados nos veios motor e movido, cujas **superfícies úteis estão em contacto direto** e, deste modo, comprimem os tambores um contra o outro.

Assim, quando o veio motor roda, desenvolve-se uma **força de atrito** entre os dois tambores, a qual é determinante no movimento do veio movido.

1. Introdução

Aplicações

As rodas de atrito são utilizadas quando o **inevitável escorregamento** não condiciona, nem penaliza, o bom desempenho da máquina ou do equipamento em causa. As rodas de atrito encontram aplicação transmissões de veículos, cortadores de relva, equipamentos agrícolas, máquinas têxteis.



As rodas de atrito são utilizadas para **relações de transmissão até 6**, e apresentam rendimentos elevados, até 97%, quando as cargas em jogo são relativamente baixas.

As velocidades periféricas de funcionamento nas rodas de atrito podem atingir os **20 m/s**, sendo que a potência transmissível pode ultrapassar os **10 cv**.

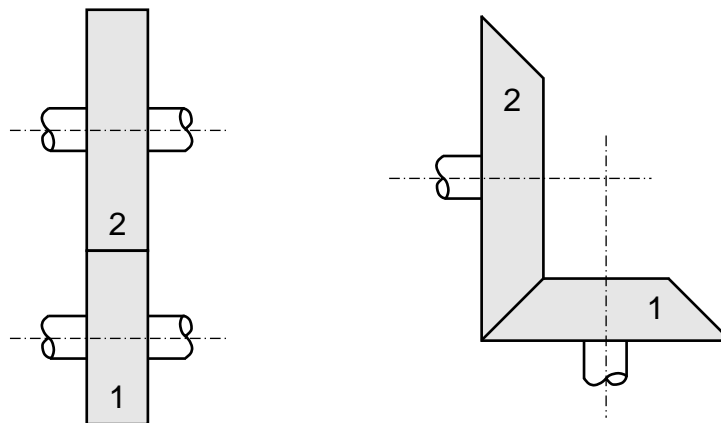
As transmissões por rodas de atrito têm como principais características limitativas, por um lado, o **elevado atravancamento** requerido e, por outro, o **escorregamento** que ocorre na interface de contacto.

O **escorregamento** depende, fundamentalmente, do binário a transmitir, da **pressão de contacto** entre os tambores, e do **par de materiais** utilizado nas superfícies das rodas.

2. Tipos de Rodas de Atrito

Disposição dos Eixos

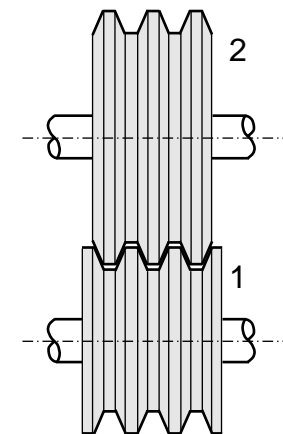
As rodas de atrito são transmissões mecânicas em que o **movimento é transmitido por efeito de atrito**, sendo que os eixos dos órgãos motor e movido podem ser paralelos ou concorrentes, tal como se mostra nas representações da figura abaixo.



As rodas de atrito com eixos paralelos podem ainda apresentar **ranhuras**, tal como se mostra na figura do lado.

Com este tipo de rodas de atrito é possível aumentar o binário transmitido, uma vez que o escorregamento é diminuto.

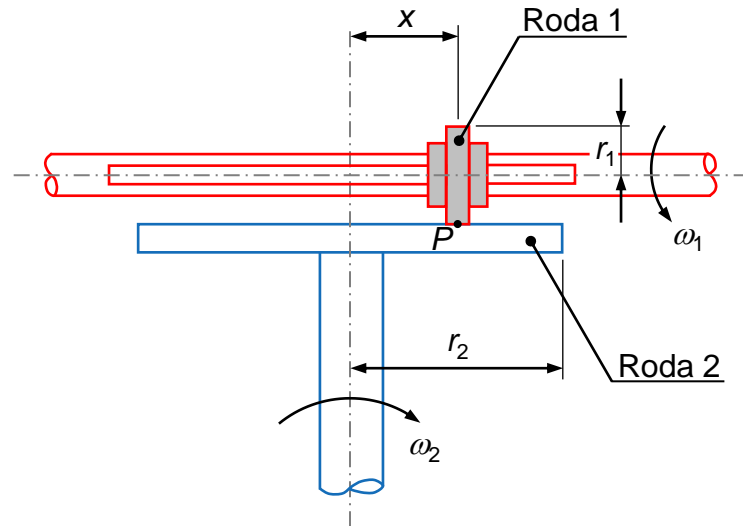
Uma das vantagens deste tipo de rodas prende-se com o facto de se conseguir **aumentar a pressão normal no contacto**, essencial para gerar atrito, sem aumentar significativamente as cargas nos apoios, em virtude da **inclinação das superfícies de contacto**.



2. Tipos de Rodas de Atrito

Variadores de Velocidade

Uma outra classe de rodas de atrito é a que inclui os **variadores contínuos de velocidade**, tal como o sistema de transmissão apresentado na figura abaixo.



Esta representação possui um conjunto de duas rodas, cujos eixos são perpendiculares entre si.

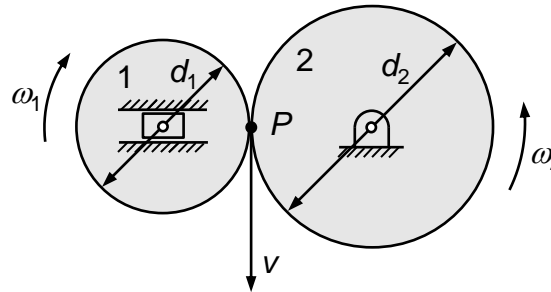
É evidente que a **roda 1** funciona por efeito de atrito sobre a **superfície circular da roda 2**.

Assim, quando a **roda 1** se desloca ao longo do seu eixo, a **distância daquela ao eixo da roda 2 varia** e, conseqüentemente, a **relação de transmissão do sistema varia** também.

3. Relação de Transmissão

Definição

A figura abaixo ilustra uma transmissão por **rodas de atrito**, em que dois tambores cilíndricos de eixos paralelos estão montados em **duas chumaceiras de modo a promover a compressão dos tambores** entre si.



Admitindo que **não há escorregamento** nas rodas de atrito, então, a relação de transmissão é dada por

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

O escorregamento nas rodas de atrito é materializado pelo **coeficiente de escorregamento**, representado pela letra ε , o qual é expresso do seguinte modo

$$\varepsilon = \frac{\omega_2 - \omega_2'}{\omega_2}$$

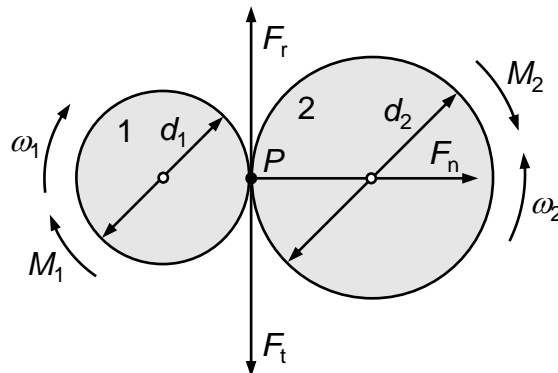
Da combinação das duas equações supra-apresentadas pode verificar-se que

$$\omega_2' = \omega_1 \frac{d_1}{d_2} (1 - \varepsilon)$$

4. Forças de Contacto

Forças Envolvidas

A figura abaixo mostra a representação de uma transmissão mecânica por **rodas de atrito cilíndricas**, onde se incluem as **forças de contacto** normal e tangencial.



O desempenho das rodas de atrito depende, essencialmente, da **força normal de contacto**, vulgo força de compressão, que aperta uma roda contra a outra, dos **materiais envolvidos** nas superfícies de contacto, e da resistência oferecida pela roda mandada.

Pode dizer-se que o tambor 1 roda por ação do momento motor M_1 . Por seu lado, no tambor 2 atua o momento resistente M_2 , o qual está associado à força resistente F_r .

O tambor 2 só roda quando a força de contacto tangencial, ou de atrito, F_t for igual ou superior à força resistente que atua no tambor movido.

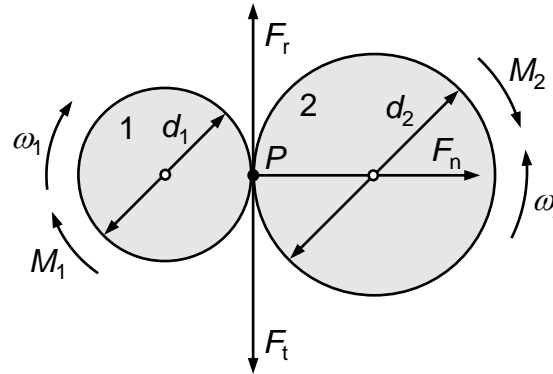
Pode dizer-se que a **força de atrito** que se desenvolve no ponto de contacto é devida à existência da força de compressão.

4. Forças de Contacto

Forças Envolvidas

Atendendo à [lei de atrito de Coulomb](#) sabe-se que

$$F_t = \mu F_n$$



Para que haja [transmissão de movimento](#) no sistema representado na figura acima é necessário verificar-se a seguinte condição

$$F_t \geq F_r \quad \text{em que} \quad F_r = \frac{M_2}{r_2}$$

Com a finalidade de evitar o escorregamento provocado por [pequenas sobrecargas](#) ou por [variações do coeficiente de atrito](#), a força de atrito deve ser ligeiramente superior à força resistente, isto é

$$F_t = \beta F_r$$

Combinando as equações anteriores resulta que

$$F_n = \frac{\beta F_r}{\mu} \quad \text{em que } \beta \text{ representa o coeficiente, ou fator, de contacto } (\beta = 1,25 - 1,5).$$

5. Materiais Utilizados

Caraterização dos Materiais

Os **tambores das rodas de atrito** podem ser compostos por diferentes materiais na zona de contacto, tais como metais, borrachas e couros.

Os materiais que constituem os tambores das rodas de atrito devem apresentar uma **boa resistência ao desgaste**, alguma **dureza superficial** e ainda um elevado valor de coeficiente de atrito.

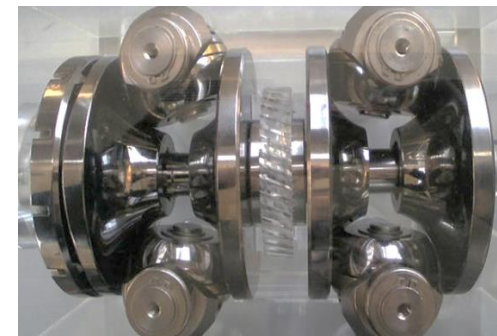
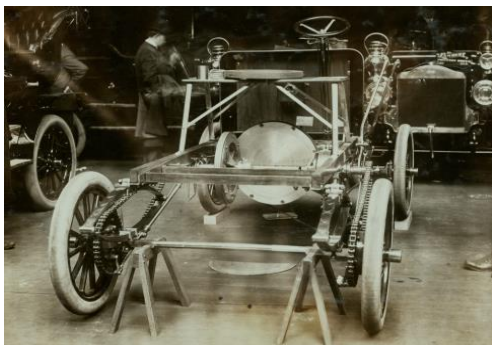
- **Aço ou ferro fundido** contra **aço ou ferro fundido** – Apesar do baixo valor de coeficiente de atrito, esta associação de materiais permite o uso de forças de compressão elevadas devido ao baixo desgaste e à elevada resistência ao rolamento. O aço e o ferro fundido são usados para tambores de pequenas dimensões, apresentando rendimentos relativamente elevados.
- **Aço ou ferro fundido** contra **borracha** – Esta combinação permite menores forças de compressão em virtude do elevado valor de coeficiente de atrito que apresenta, tendo maior capacidade de transmissão do que no caso anteriormente descrito. Em geral, estes pares tribológicos apresentam menores rendimentos face aos pares puramente metálicos.

Combinação de materiais	Coeficiente de atrito
Aço–aço, seco	0,15 – 0,20
Aço–aço, lubrificado com óleo	0,05
Ferro fundido – ferro fundido, seco	0,10 – 0,22
Ferro fundido – borracha, seco	0,20 – 0,35
Ferro fundido – fibra sintética, seco	0,20 – 0,25

6. Variadores de Velocidade

Caraterização

A construção de **variadores velocidade** é bastante simples e interessante, uma vez que aqueles possibilitam uma vasta gama de velocidades de saída. Do ponto de vista geométrico, os principais tipos de variadores contínuos de velocidade por rodas de atrito são os de **discos**, os **esféricos** e os **toroidais**.



Os **primeiros** são, tal como o próprio nome sugere, constituídos por discos, ou rodas, em geral, perpendiculares entre si.

Os **variadores esféricos** são compostos por dois cones montados nos veios de entrada e de saída, os quais são coaxiais.

Os **variadores contínuos de velocidade toroidais** apresentam o mesmo princípio de funcionamento dos esféricos, sendo que as diferenças se situam ao nível da geometria dos elementos de entrada e de saída, bem como dos elementos intermédios, sendo, neste caso, usados discos em vez de cones, e toroides em vez de esferas.

7. Transmissões por Rodas de Atrito

Caraterização

As rodas de atrito são, provavelmente, o mais **simples dos sistemas de transmissão** de movimento, sendo que a sua génese parece preceder a das engrenagens.

C. W. HUNT.
Counter-Shaft for Driving Machinery.
No. 197,472. Patented Nov. 27, 1877.

