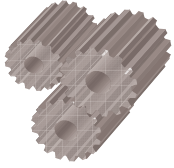




DEE
IPT



ACCIONAMIENTOS ELECTROMECAÑICOS

Accionamientos Electromecánicos Referências Históricas



Referências históricas:

Motor de CC

séc. XIX

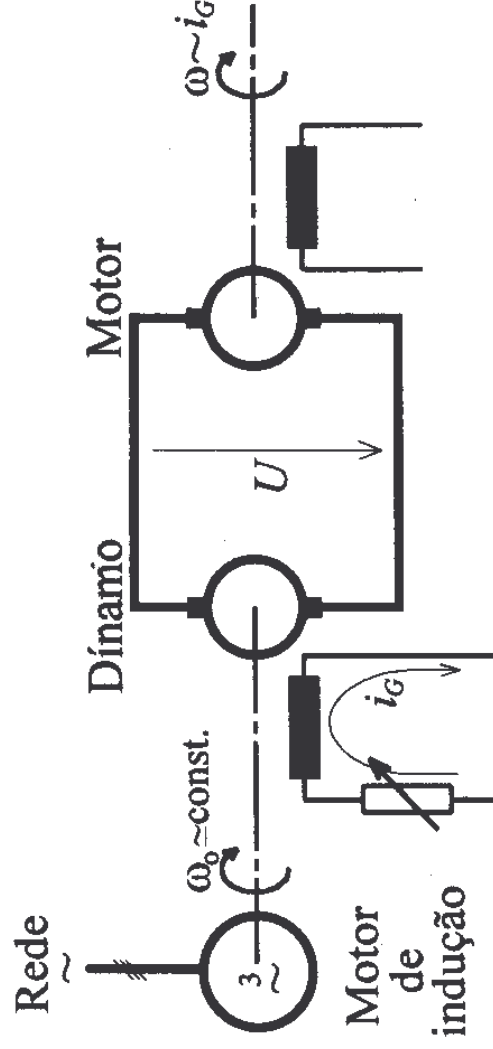
Motor de indução (Tesla)

final do séc. XIX

H. Ward Leonard:

1896

Variação de velocidade de máq. CC



Esquema do sistema clássico de Ward Leonard: o ajuste da corrente de excitação do dínamo impõe a tensão U que, por sua vez, impõe a velocidade do motor de corrente contínua.

Referências históricas:

Kramer:

1911

Variación de velocidade de motor trifásico com conjunto complexo de máquinas que retiram energia do escorregamento (motor) e enviam-no para a rede de alimentação

Válvulas:

anos 20

Rectificación controlada e conversores controlados (teoricamente)

Díodo e transístor:

anos 50

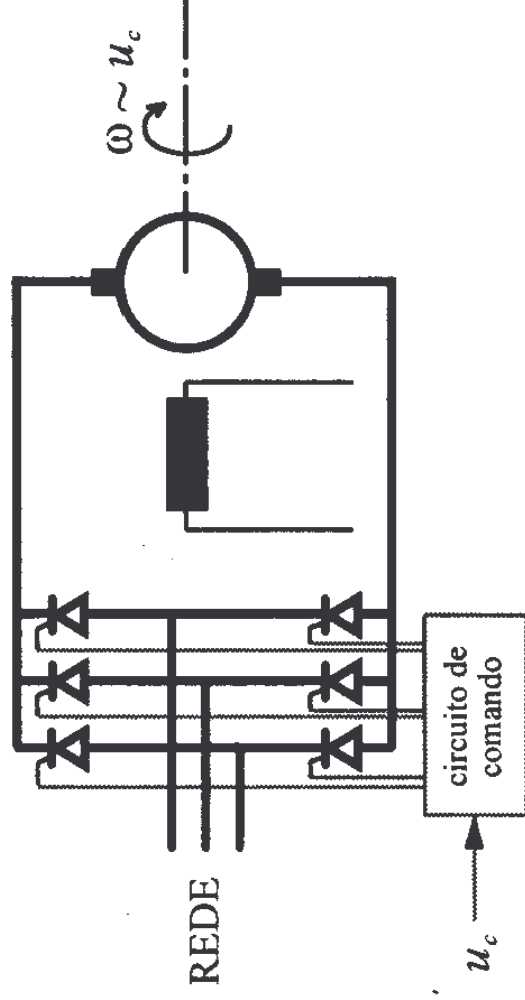
No final da década já existem rectificadores a díodos associados a reactâncias saturadas para fazer rectificação controlada

Referências históricas:

Tiristor:

década de 60

Conversores de comutação natural: rectificadores, cicloconversores, controladores de fase (Ward-Leonard estático).



Rectificador tiristorizado: não fazia comutação forçada (desligar) a não ser com circuitos auxiliares de extinção complexos.

Referências históricas:

Electrónica (CI's):

Desenvolvimento de comando (analógico e digital). Avanços nos materiais: ímãs → máquinas DC e síncronas.

década de 70

Transistores bipolares de comutação:

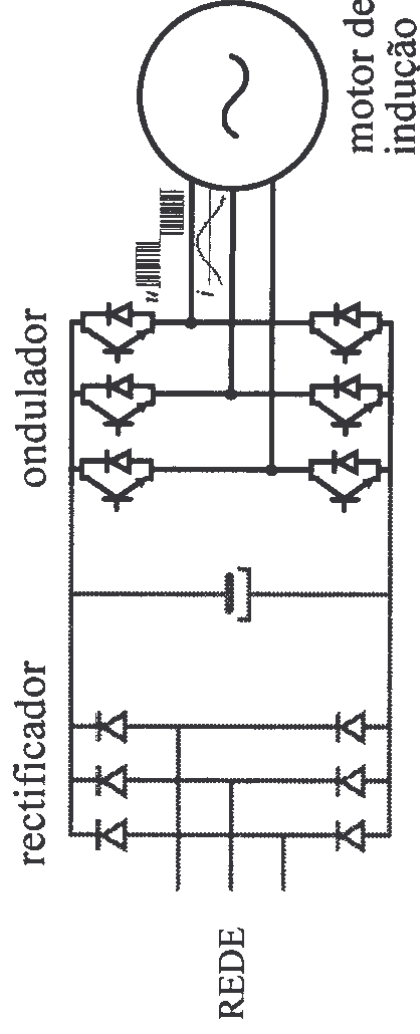
Autômatos e onduladores com PWM. Máquinas AC começam a substituir as DC. **Tíristor GTO** é utilizado para potências elevadas.

década de 80

IGBT's (Insolated Gate Bipolar Transistor) e MOSFETS

década de 90

Esquema do ondulador de tensão trifásico em ponte, construído com transistores bipolares de potência, e comandado em modulação de largura de impulso (PWM).

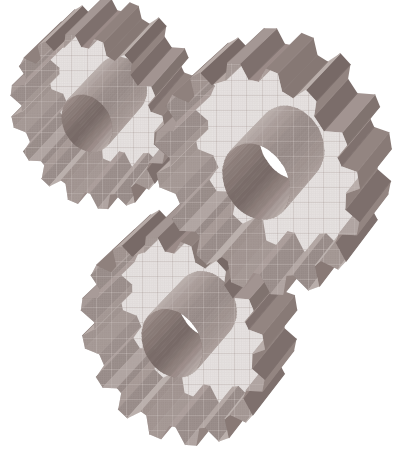


Actualmente os VEV's (Variadores Electrónicos de Velocidade) são vulgares e muitas vezes integrados nas máquinas.



DEE
IPT

ACCIONAMIENTOS ELECTROMECAÑICOS



Accionamientos Electromecânicos Sistemas Mecânicos

Sistemas mecânicos:

Os accionamentos destinam-se a produzir movimento, e por isso, incluem elementos físicos de natureza mecânica muito importantes.

O objectivo é abordar alguns aspectos referentes à dinâmica dos sistemas móveis e às características dos diferentes órgãos usados para: transmissão, conversão e adaptação do movimento.

Analogia:

Movimento linear

m (massa)

v (velocidade)

$F = m \, dv/dt$

Movimento rotacional

$J = mR^2$ (momento de inércia)

w (velocidade angular)

$T = J \, dw/dt = mR^2 \, dw/dt$

Sistemas mecânicos:

Descrição e Modelação (perspectiva da análise dos comportamentos):

Lei fundamental da dinâmica:

$$T_m = J \frac{d\omega}{dt} + T_r$$

Legenda:

T_m - binário mecânico (Nm)
 J - momento de inércia ($\text{Kgm}^2 = \text{Nms}^2$)
 w - velocidade angular ($\text{rad/s} = \text{s}^{-1}$)
 dw/dt – aceleração angular (s^{-2})
 T_r - binário resistente (carga e outros)

Sistemas mecânicos:

Existe ainda o efeito das perdas. Os atritos dependem de:

Tipo de materiais em contacto, velocidade, posição, temperatura, vibração.

Os atritos podem dividir-se em:

Atrito viscoso: É como o escoamento laminar, é proporcional à velocidade:

$$T_r = K_D \omega$$

Atrito com o ar: Escoamento turbulento de fluidos:

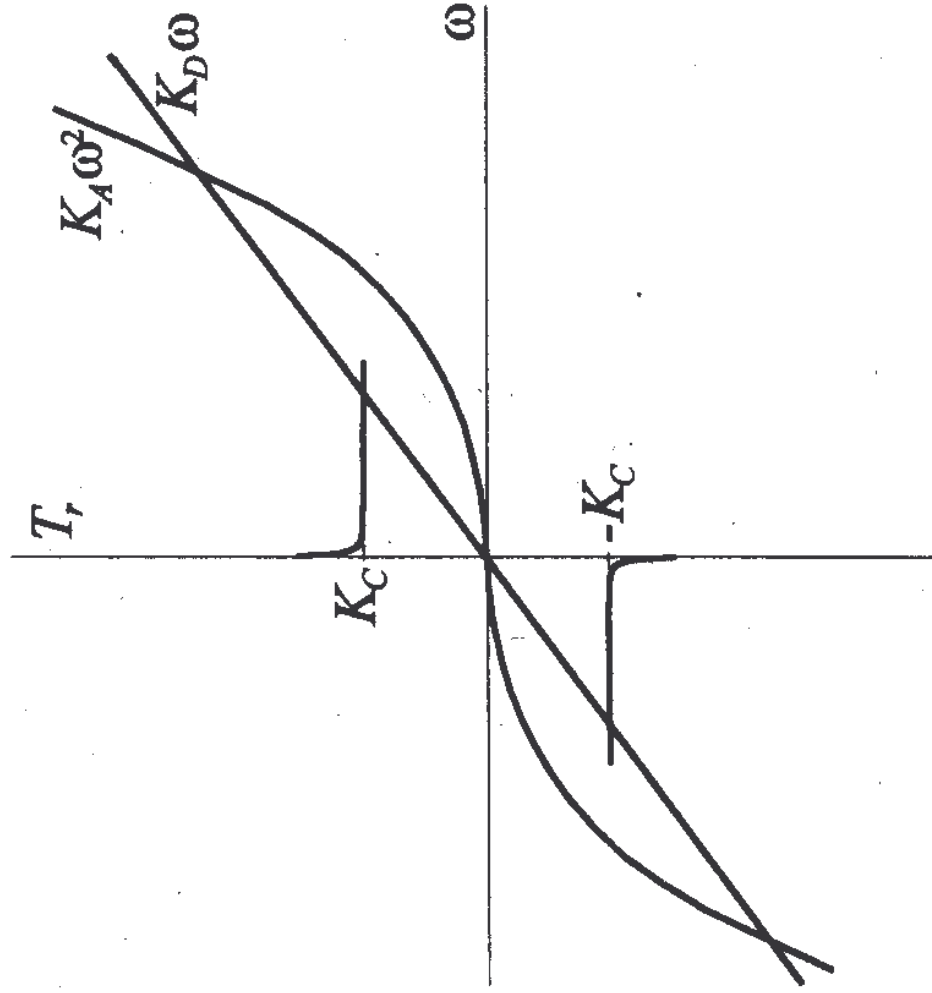
$$T_r = K_A \omega^2$$

Atrito estático (ou de Colomb): Fricção seca, às vezes despreza-se outras vezes é-lhe atribuído um valor constante.

$$T_r = \begin{cases} +K_C \\ -K_C \end{cases}$$



Sistemas mecânicos:

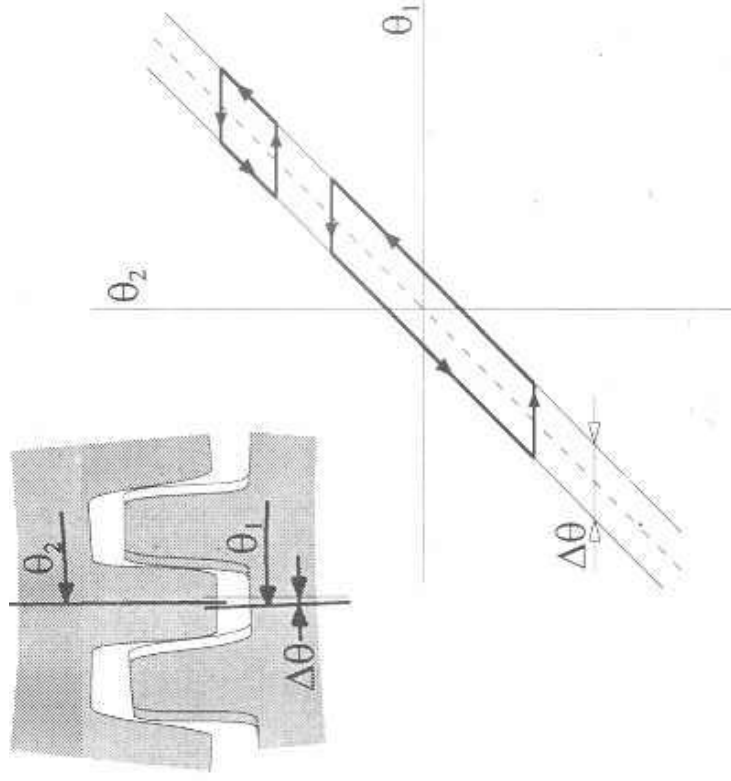


Sistemas mecânicos:

Outro efeito são as folgas:

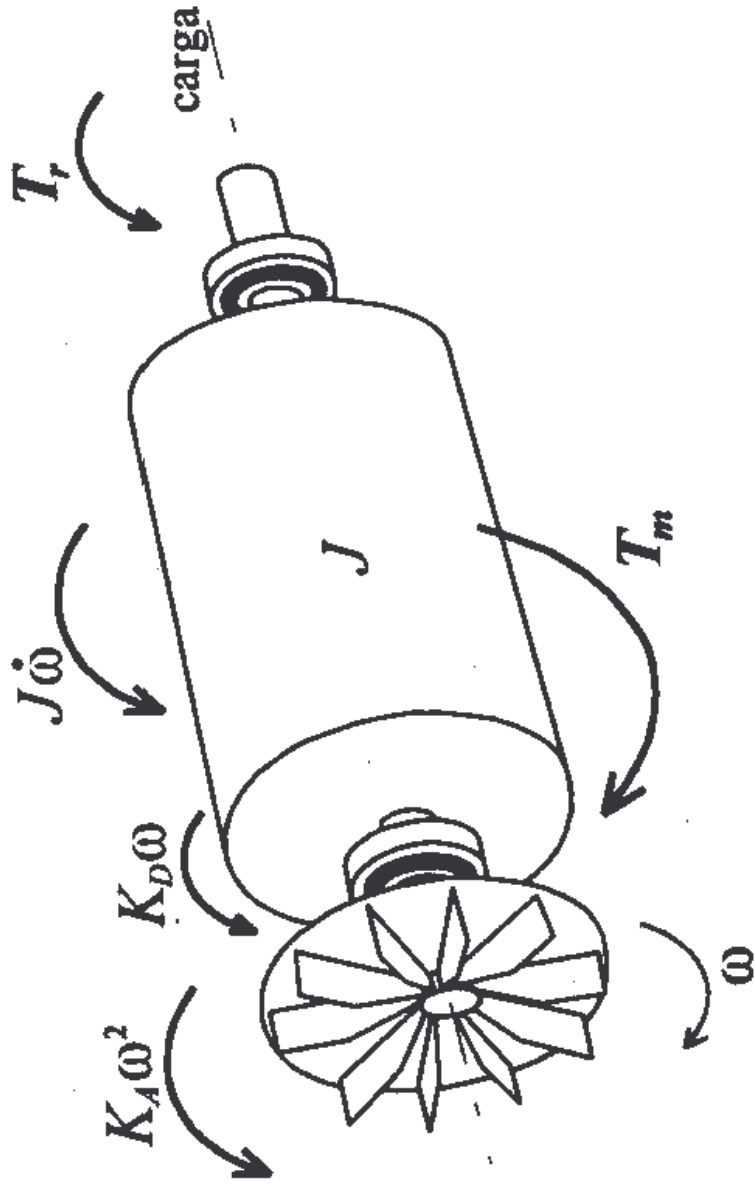
Toma a forma de uma histerese, normalmente despreza-se mas é muito mau para o controlo em posição.

Podem atenuar-se o seu efeito por pré-tensionamento:



Sistemas mecânicos:

Juntando os efeitos anteriores o modelo do sistema será:



Sistemas mecânicos:

Outro efeito é o comportamento elástico:

$$T_r = K_e \theta$$

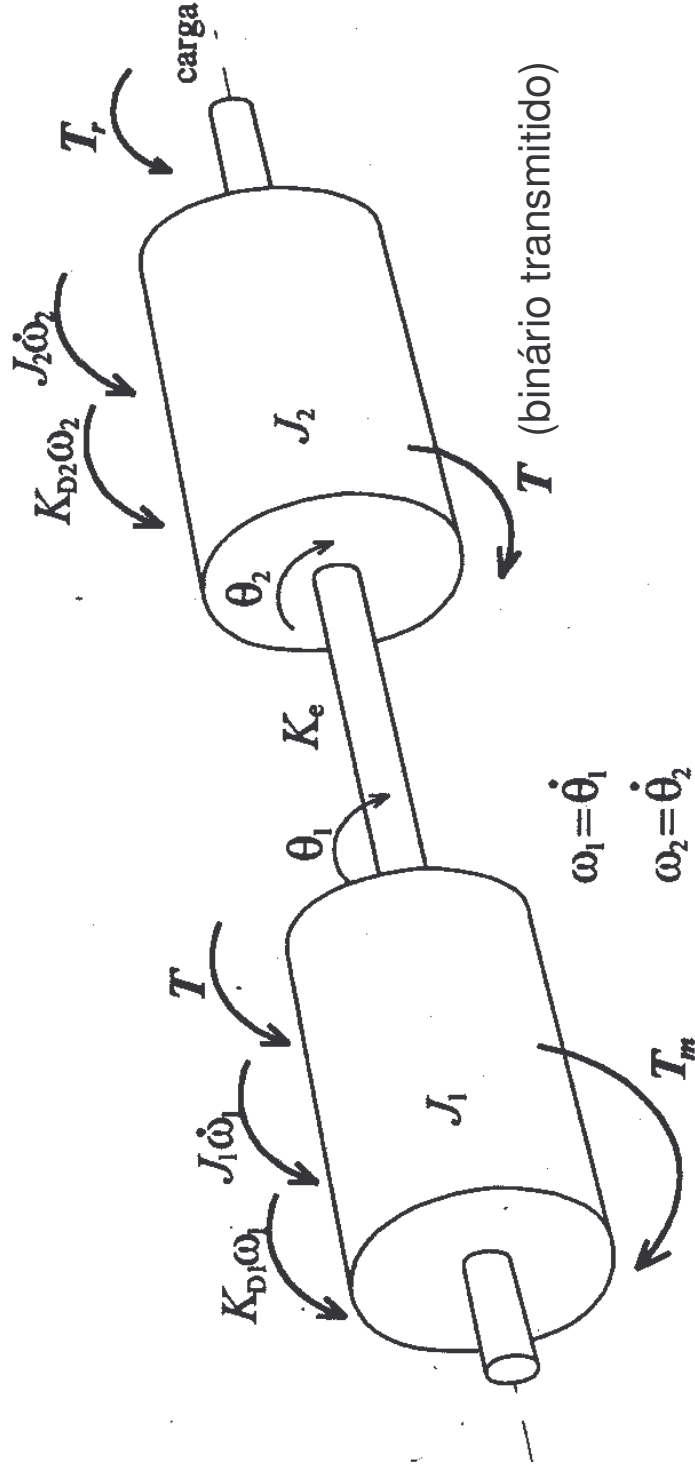
Legenda:

K_e – coeficiente de elasticidade torcional (Nm/rad)

θ - desvio angular (rad)

Sistemas mecânicos:

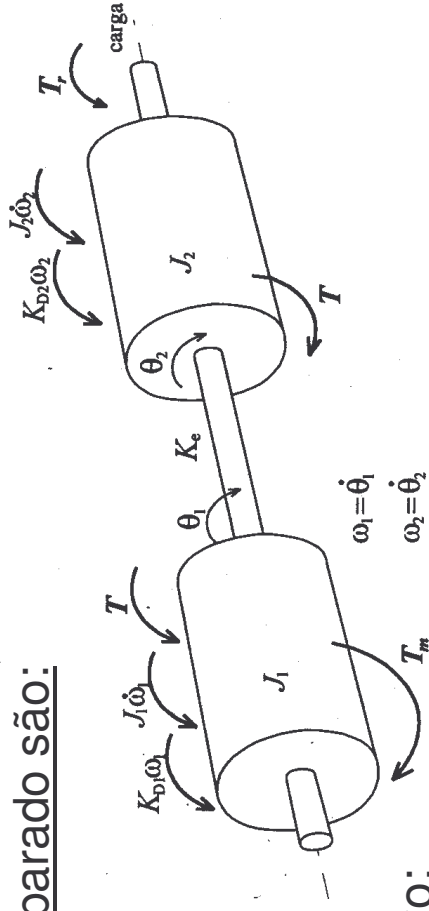
Juntando os efeitos anteriores o modelo do sistema será:



Sistemas mecânicos:

As equações de cada parcela em separado são:

$$\begin{aligned} T_m &= J_1 \frac{dw_1}{dt} + K_{D1} w_1 + T \\ T &= J_2 \frac{dw_2}{dt} + K_{D2} w_2 + T_r \end{aligned}$$



Considerando o efeito elástico do eixo:

$$T = K_e(\theta_1 - \theta_2) = K_e \theta \quad , d\theta = d\theta_1 - d\theta_2 = w_1 - w_2$$

Assim:

$$\begin{cases} J_1 \frac{dw_1}{dt} = -K_{D1} w_1 - K_e \theta + T_m \\ J_2 \frac{dw_2}{dt} = -K_{D2} w_2 + K_e \theta - T_r \\ d\theta = w_1 - w_2 \end{cases}$$

Sistemas mecânicos:

Exemplos de tipos de cargas:

O binário resistente normalmente é uma função de: velocidade, aceleração ou posição

Cargas inerciais: $T_r = J \, dw/dt$

Ventiladores e cargas centrifugas: $T_r = K_A w^2$ (desprezando dinâmica de fluidos)

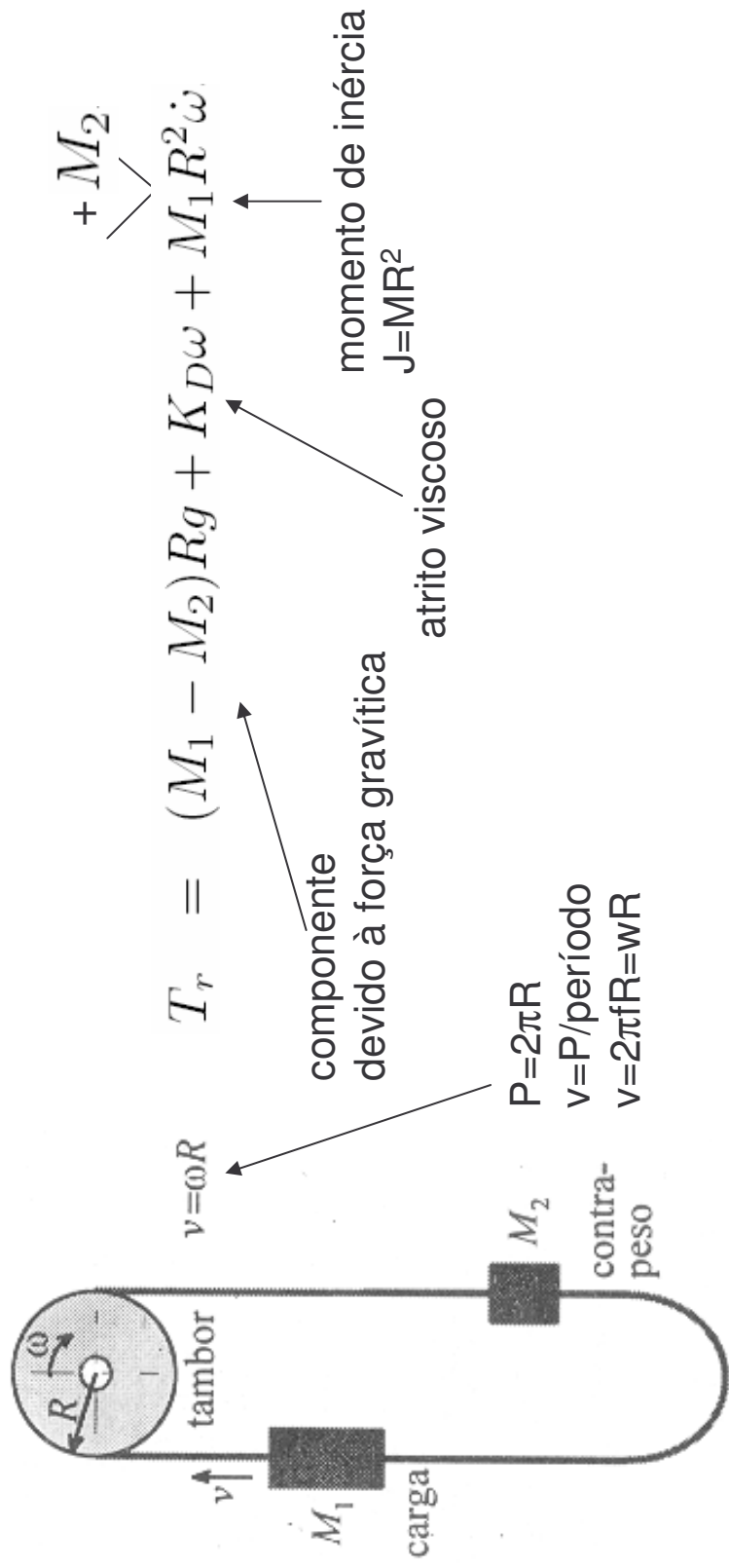
Máquinas ferramenta de desgaste: $T_r = K_C + K_D w$
(atritos estáticos e dinâmicos)

Compressores de êmbolo: $T_r = K_C + K_D w$ + ondulação
(atritos estáticos e dinâmicos)

Tracção de veículo na horizontal: $T_r = K_C + K_D w + K_D w^2$
(atritos estáticos, dinâmicos e turbilhão)

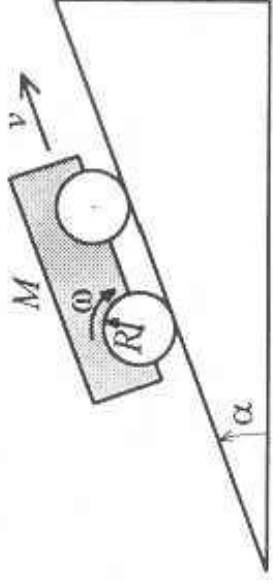
Sistemas mecânicos:

Carga por gravidade (ex. elevador):



Sistemas mecânicos:

Tracção de viatura em plano inclinado (ex. elevador):



$$T_r = MRg.\text{sen}\alpha + K_D\omega + MR^2\dot{\omega}$$

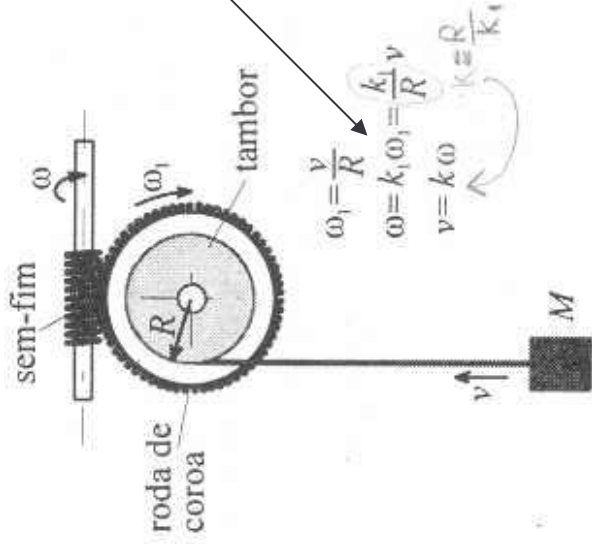
componente
devido à força gravítica
(força vezes braço)

atrito viscoso

momento de inércia
Do ponto de vista do motor
 $J=MR^2$

Sistemas mecânicos:

Elevação de carga com dispositivo com atrito elevado:



Definição
 $K_1: w/w_1$

$$T_1 = MR^2 dw_1/dt$$

$$T = MR^2 (dw_1/dt)/K_1^2$$

$$T = MK^2 (dw_1/dt)$$

$$T_r = Mkg + T_C + K_D\omega + Mk^2\dot{\omega}$$

Peso

$$T_1 = FR$$

$$T_1 = MgR$$

$$T = MgR/K_1$$

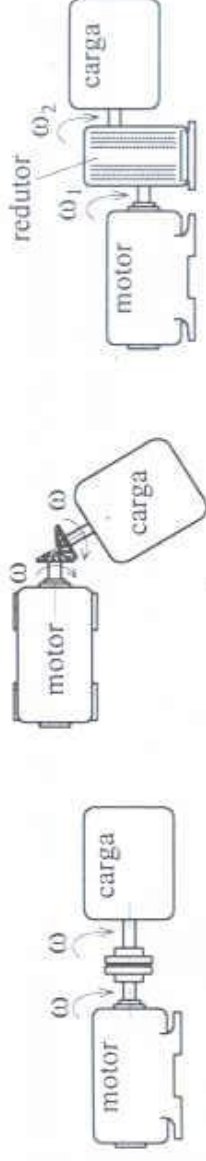
$$T = MgK$$

atrito

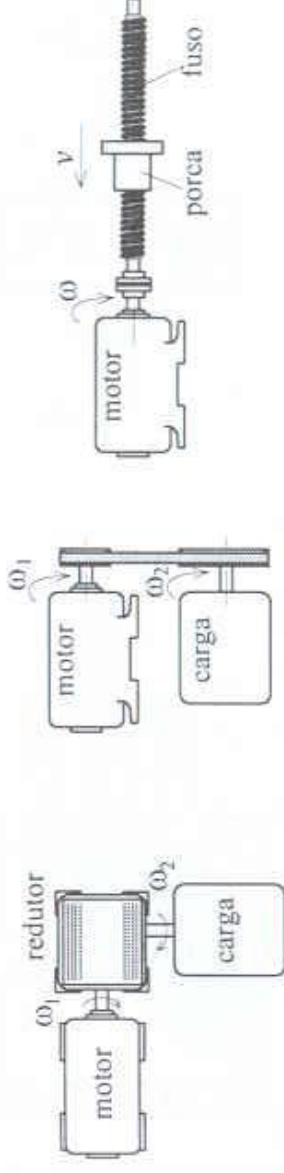
Atrito viscoso

Sistemas mecânicos:

Órgãos para transmissão e adaptação de movimentos:

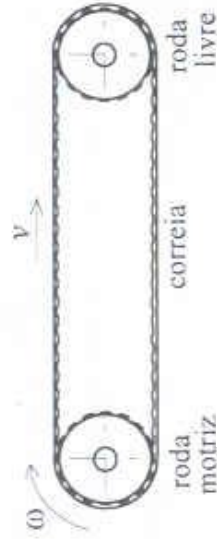


Ataque directo alinhado Ataque directo oblíquo

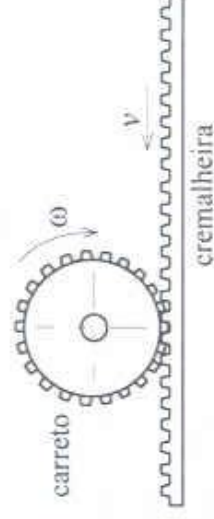


Correia

Para linear: sem fim



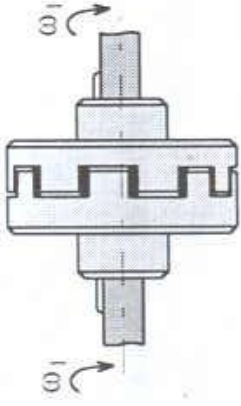
Para linear: correia



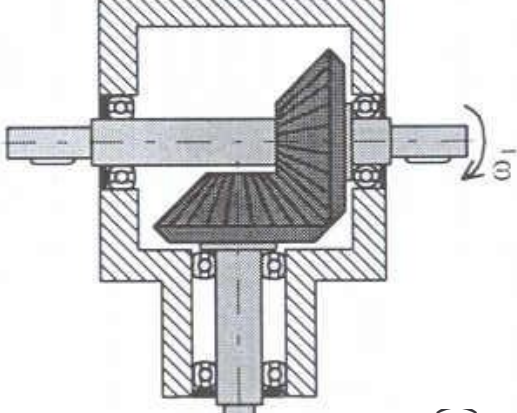
Para linear: cremalheira

Sistemas mecânicos:

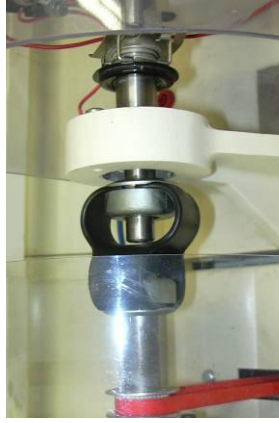
Órgãos para transmissão e adaptação de movimentos:



ω_1



Junta elástica (desalinhamento e amortecimento)



Transmissão ortogonal



Transmissão oblíqua de ângulo variável

Fim