



CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE MECÂNICA

LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Prof. Leandro M. Gimenez

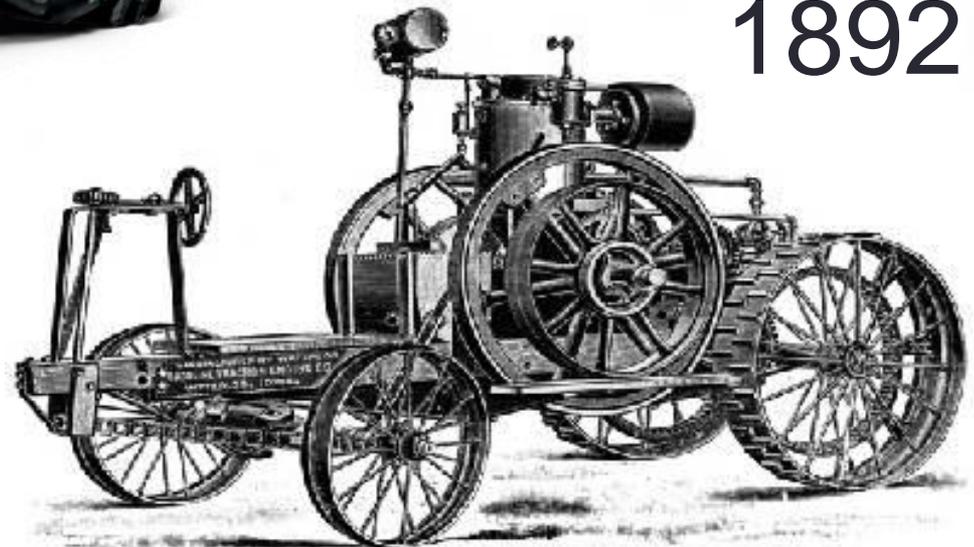


Material para Estudo

- Texto
 - MIALHE, L.G. Máquinas motoras na agricultura. EDUSP, São Paulo, 1980. Capítulo 1, v.1.
- Slides
 - E-disciplinas



2020



1892

Definições

MÁQUINA



Conjunto de órgãos constrangidos em seus movimentos por obstáculos fixos e de resistência suficiente para transmitir o efeito de forças e transformar energia

Qualquer dispositivo capaz de aumentar ou regular o efeito de uma força ou que produza movimento

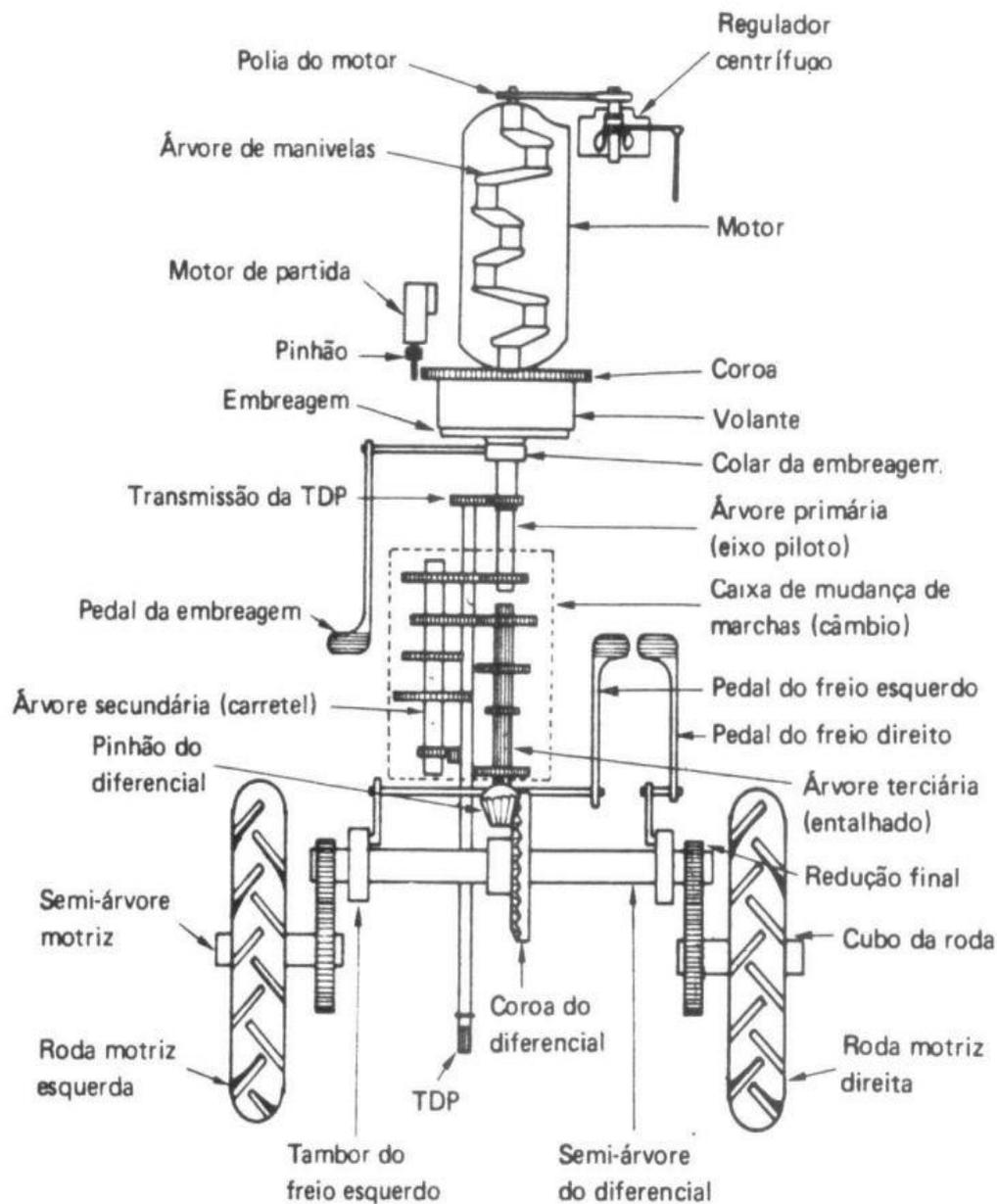
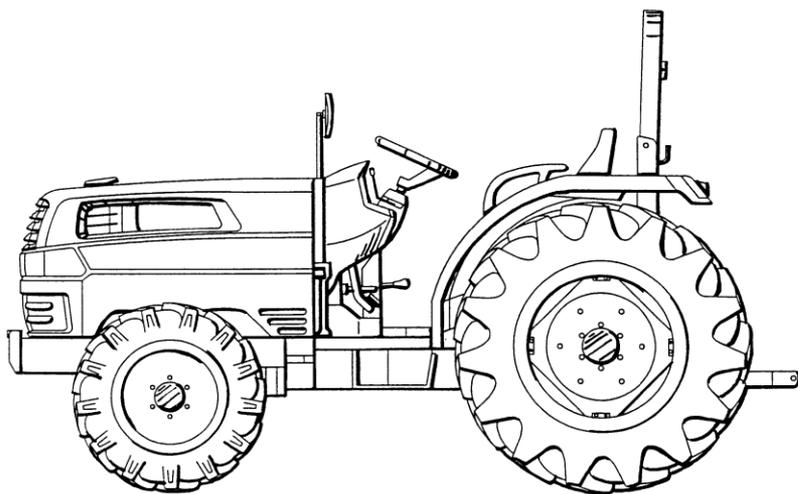
Definições

MAQUINA AGRÍCOLA

Aquela projetada para realizar integralmente ou de modo auxiliar operações agrícolas



Trator



Análise funcional das máquinas

- Máquina → coleção ou sistema composto por diversos subsistemas
- Para estudo as máquinas agrícolas podem ser subdivididas em duas classes de subsistemas
 - Sistema de apoio
 - Subsistemas: suporte, fonte de potência, transmissão
 - *Auxiliares do sistema de processamento*
 - Sistema de processamento
 - *Efetivamente realiza a função para a qual a máquina se faz necessária*

Exemplo: Enfardadora





Enfardadora de Feno

Recolhimento

Carregamento

Dosagem

Corte

Compactação

Amarração

Deposição

Fora da máquina

No interior da máquina

Mecânica

Parte da física que estuda o comportamento de sistemas submetidos à ação de uma ou mais forças

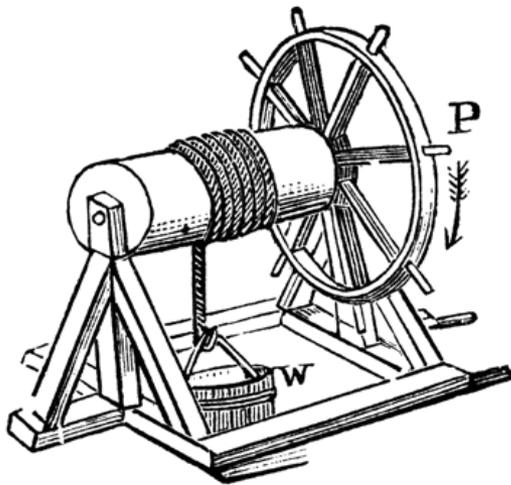
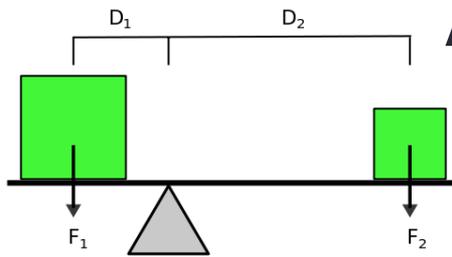
Estática: estuda a causa dos movimentos

Cinemática: descreve o movimento dos corpos sem se preocupar em investigar quem os provoca

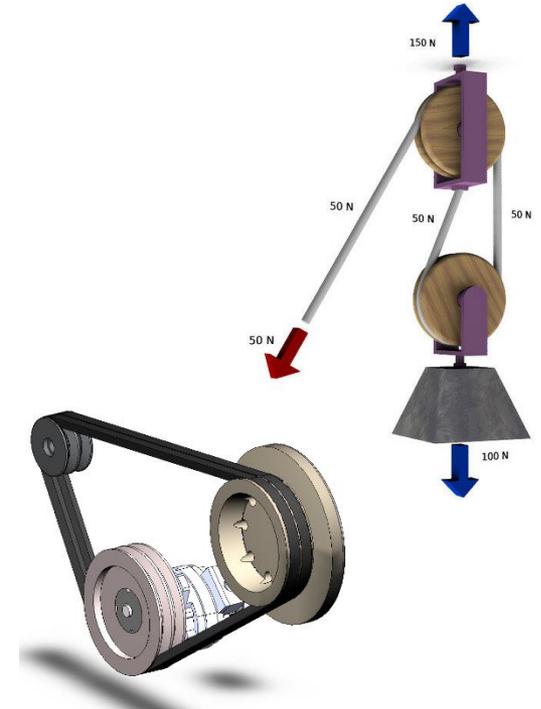
Dinâmica: estuda o movimento dos corpos relacionando-os com as forças que atuam sobre eles

Máquinas simples

Alavanca



Roda com eixo



Polias

Alavancas

- Uma barra rígida, que pode ser reta ou curva e que pode ser rotacionada em torno de um ponto fixo (fulcro).
- Quando a alavanca é utilizada duas forças são caracterizadas: Força aplicada (F_a) e Força resultante (F_r)
- A barra, o fulcro e as forças podem ser combinadas de três maneiras distintas, denominadas Classes

Matematicamente o princípio das alavancas é descrito por:

$$Força_a \times Distância_a = Força_r \times Distância_r$$

Comprimento do braço de alavanca

Alavanca Classe 1

- Utilizadas em função do *ganho mecânico*, o aumento de força obtido.

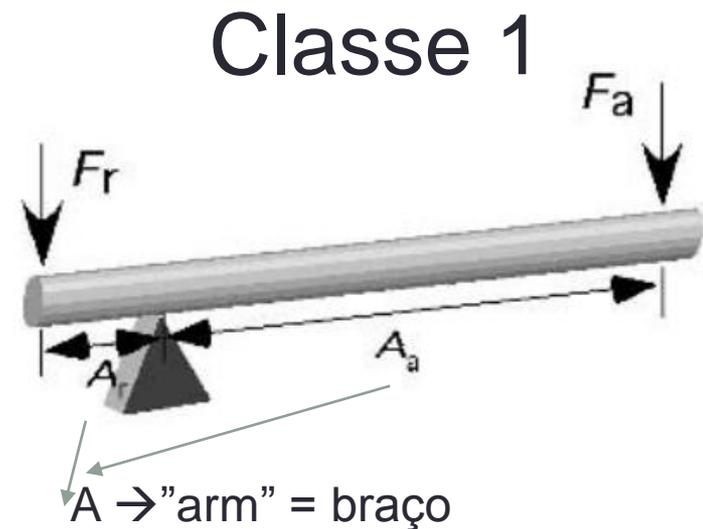
$$\text{Ganho Mecânico} = \frac{\text{Comprimento do braço aplicação}}{\text{Comprimento do braço da resultante}}$$

Quanto peso uma pessoa pode levantar com uma alavanca considerando que seu peso é de 70 N, o braço de aplicação tem 5 m e o da força resultante 1 m?

$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r} \quad F_r = \frac{70 \text{ N} \times 5 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$F_r = 350 \text{ N}$$



Alavanca Classe 2

- Também produzem ganho mecânico.

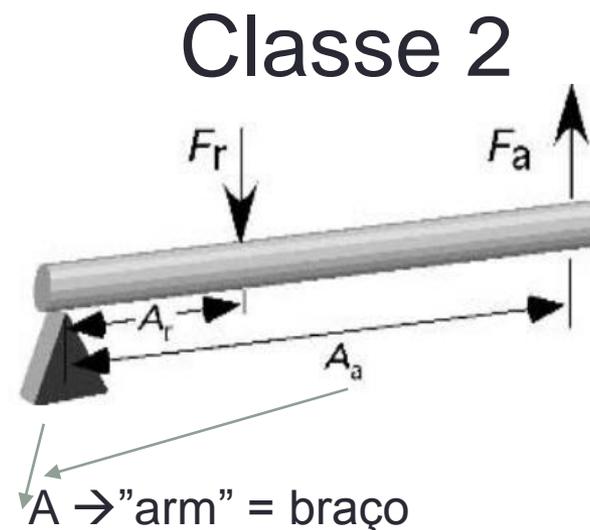
Quanto peso uma pessoa pode levantar com uma alavanca classe 2 considerando que seu peso é de 70 N? Considerando o mesmo tamanho da barra e $D_r = 1\text{ m}$:

$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r} \quad F_r = \frac{70\text{ N} \times 6\text{ m}}{1\text{ m}}$$

$$F_r = 420\text{ N}$$

No caso, considerando um mesmo comprimento total da barra o ganho mecânico será maior, em função do arranjo



Alavanca Classe 3

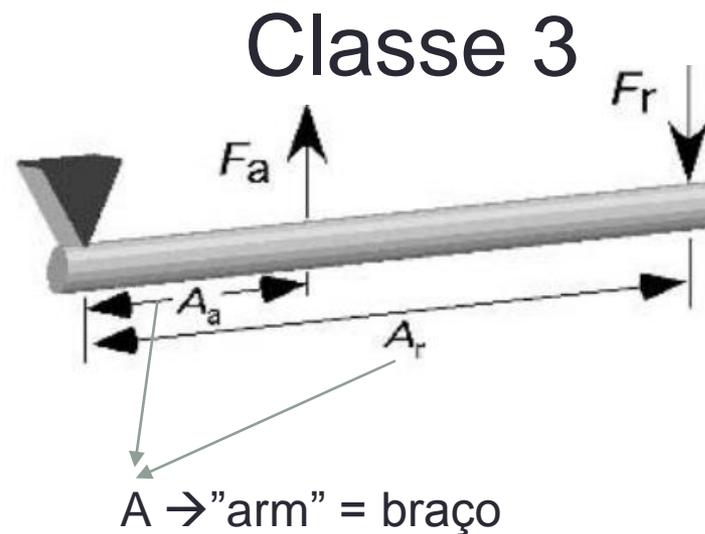
- Não produz ganho mecânico, pelo contrário < 1 ;
- Utilizada prioritariamente para aumentar velocidade e deslocamento

$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r} \quad F_r = \frac{70 \text{ N} \times 1 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

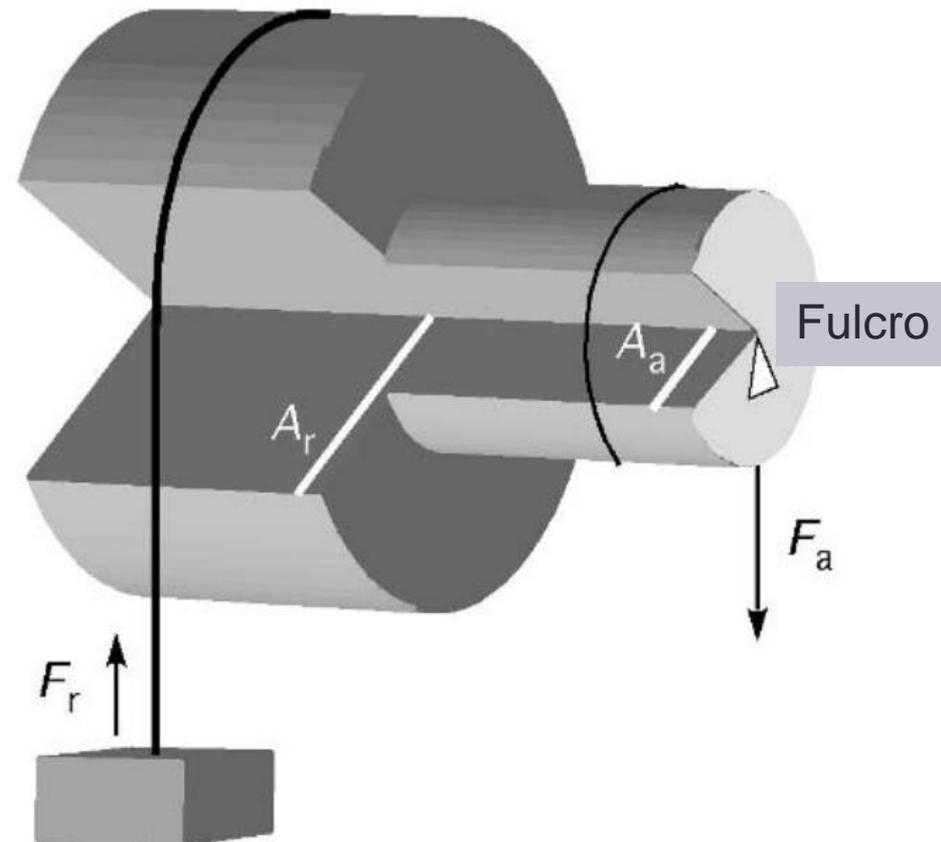
$$F_r = 11,7 \text{ N}$$

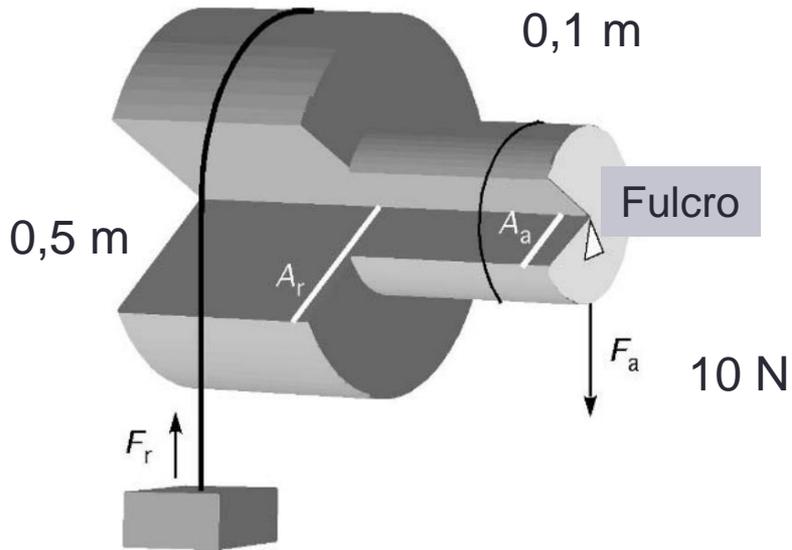
A força resultante é menor que a aplicada, porém o deslocamento e a velocidade são proporcionalmente aumentadas



Roda e eixo (ou árvore)

- A roda e o eixo funcionam como uma alavanca “contínua”;
- O centro do eixo corresponde ao fulcro;
- Pode correr vantagem mecânica ou não, em função da aplicação de força na roda ou no eixo

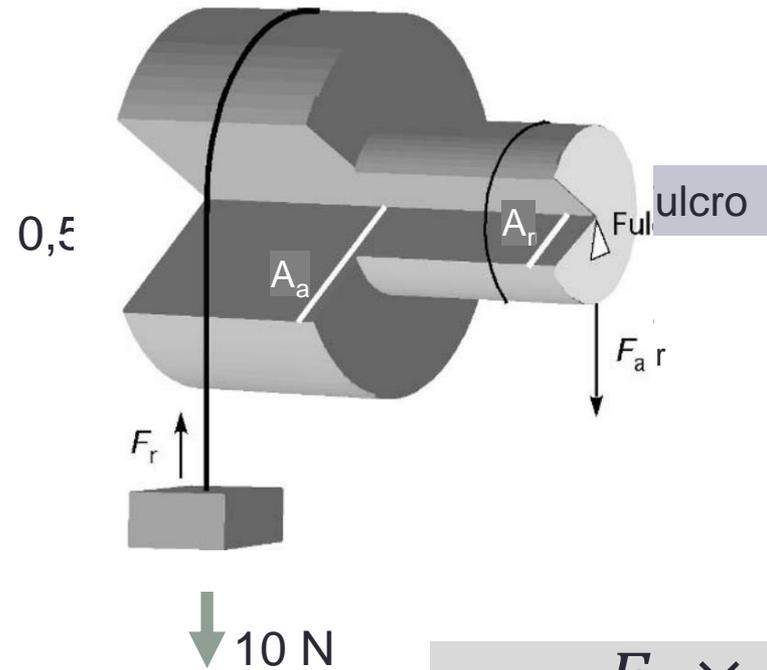




$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r}$$

$$F_r = \frac{10 \text{ N} \times 0,1 \text{ m}}{0,5 \text{ m}}$$

$$F_r = 2 \text{ N}$$

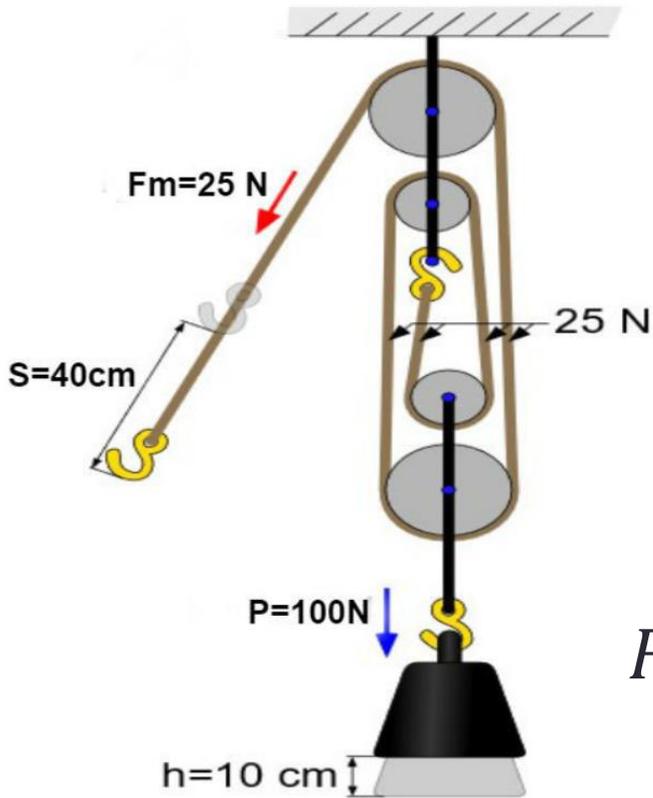


$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r}$$

$$F_r = \frac{10 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$F_r = 50 \text{ N}$$

Polias



$$F_a = \frac{F_R}{2^n}$$

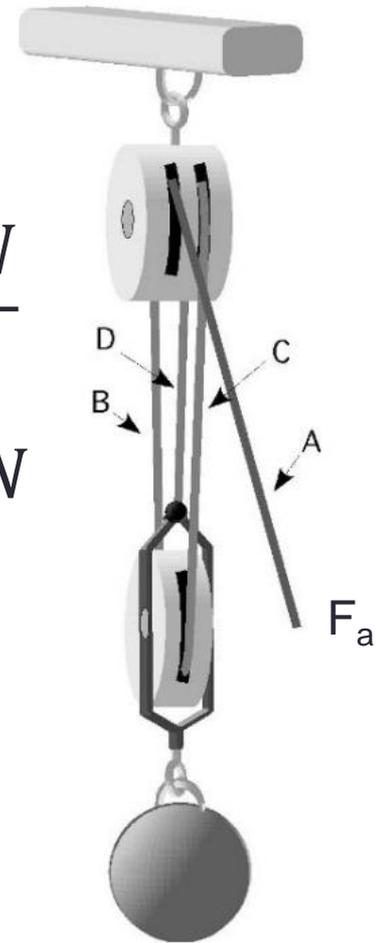
$$F_a = \frac{100}{2^2}$$

$$F_a = 25 N$$

$$F_a = \frac{F_R}{N_c}$$

$$F_a = \frac{100 N}{3}$$

$$F_a = 33,3 N$$

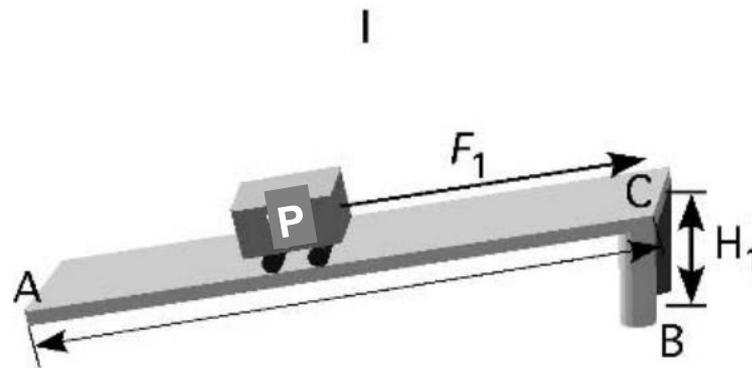


F_r 100 N

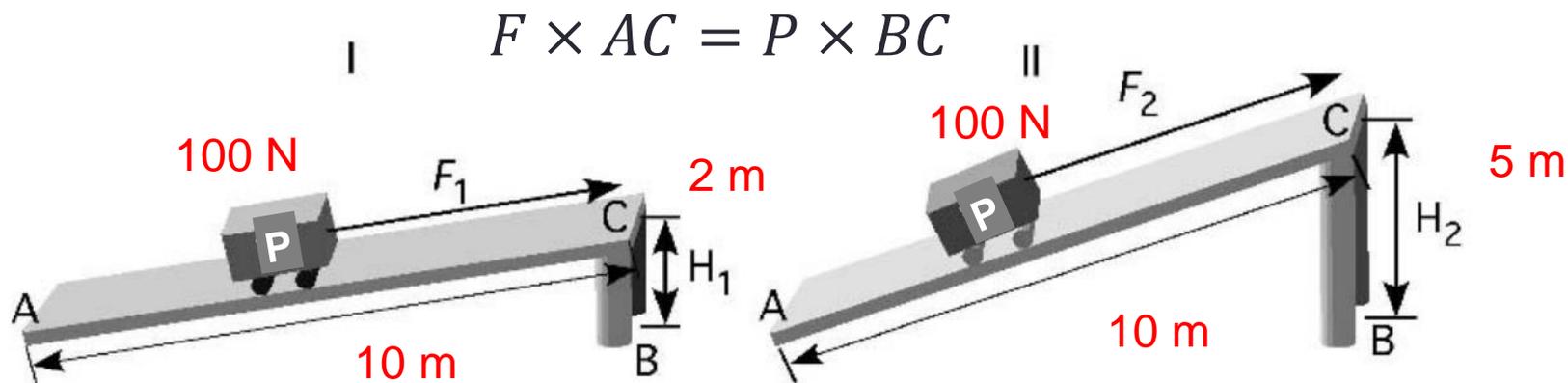
Plano Inclinado

- Superfície uniforme com inclinação,
- Vantagem mecânica determinada pela razão entre o comprimento do plano inclinado e a diferença em elevação.

$$F \times AC = P \times BC$$



Plano Inclinado



$$F = \frac{P \times BC}{AC}$$

$$F = \frac{100 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{10 \text{ m}}$$

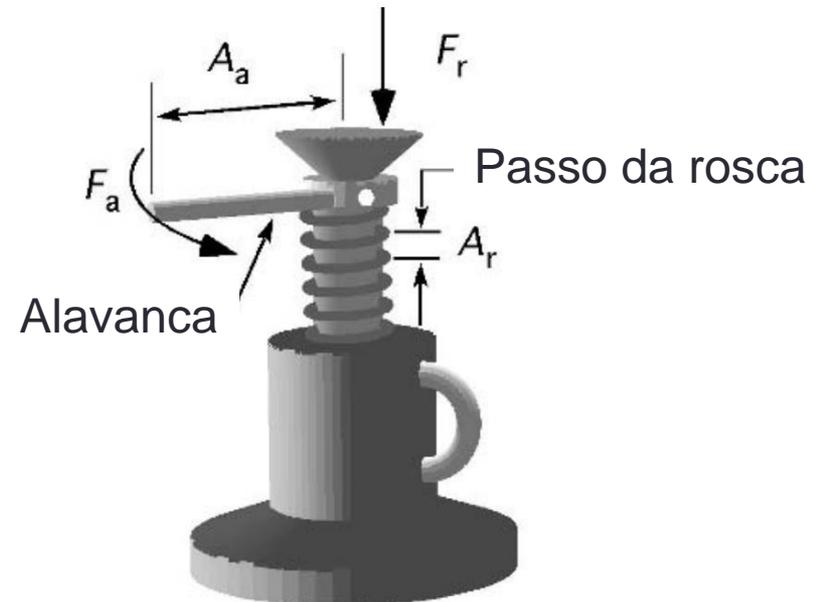
$$F = 20 \text{ N}$$

$$F = \frac{100 \text{ N} \times 5 \text{ m}}{10 \text{ m}}$$

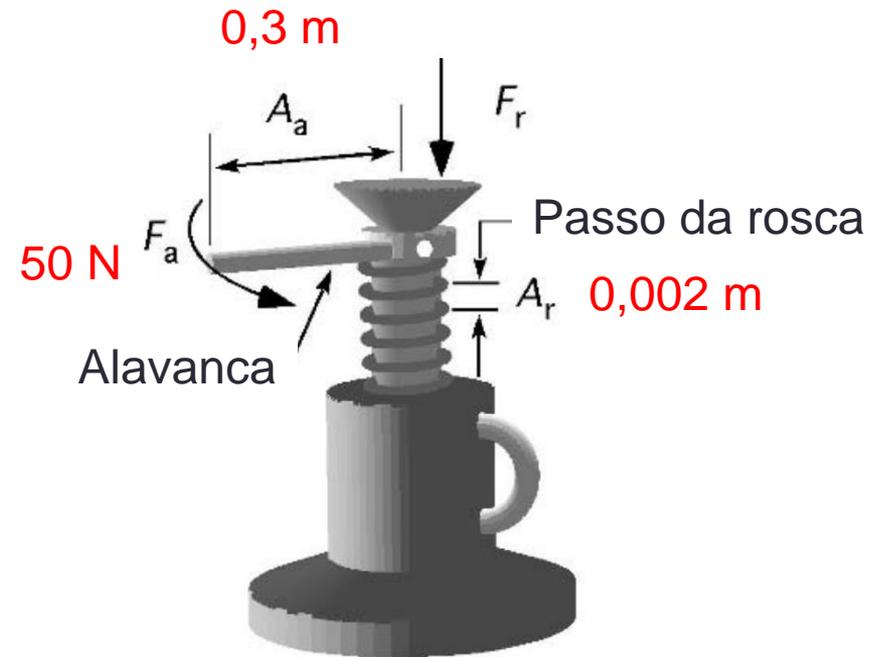
$$F = 50 \text{ N}$$

Parafuso

- Combinação de plano inclinado com alavanca
- As roscas, ranhuras na superfície de parafusos ou roscas, nada mais são que planos inclinados esculpidos ao redor de um cilindro.
- Uma alavanca é utilizada para rotacionar as roscas, provocando deslocamento.



Parafuso



$$F_a \times A_a = F_r \times A_r$$

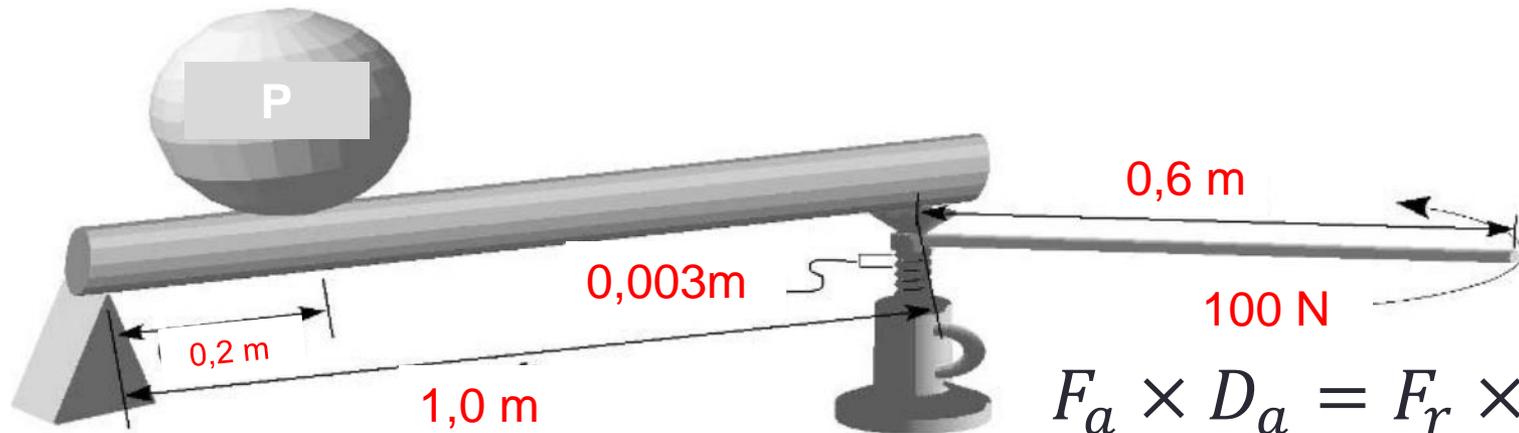
$$F_r = \frac{F_a \times A_a}{A_r}$$

$$F_r = \frac{50\text{ N} \times 0,3\text{ m}}{0,002\text{ m}}$$

$$F_r = 7500\text{ N}$$

Combinando máquinas simples

- Quanto peso é possível levantar?



$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

$$F_r = \frac{20000 \text{ N} \times 1,0 \text{ m}}{0,2 \text{ m}}$$

$$F_r = 100.000 \text{ N}$$

Ou seja,
Aplicando aprox. 10
kg é possível erguer
aprox. 10.000 kg

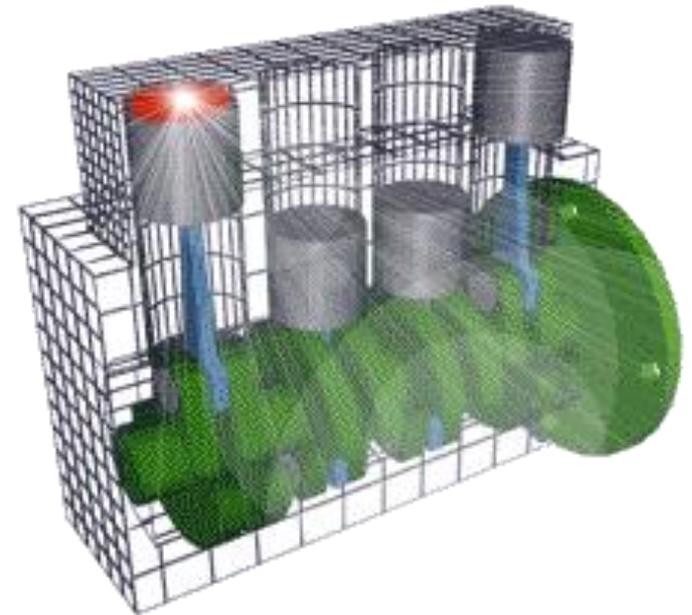
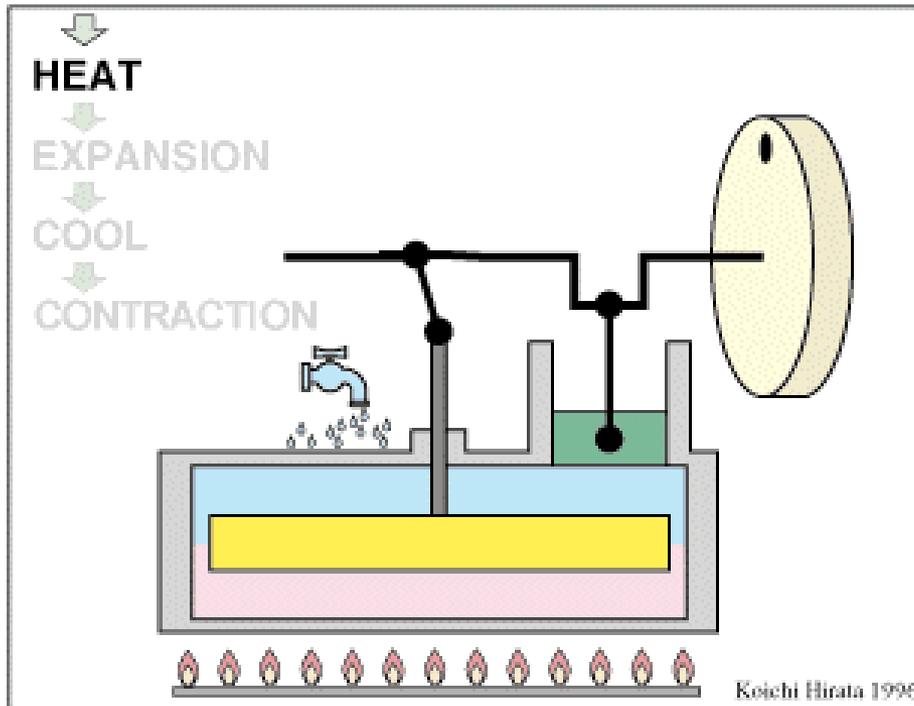
$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

$$F_r = \frac{100 \text{ N} \times 0,6 \text{ m}}{0,003 \text{ m}}$$

$$F_r = 20.000 \text{ N}$$

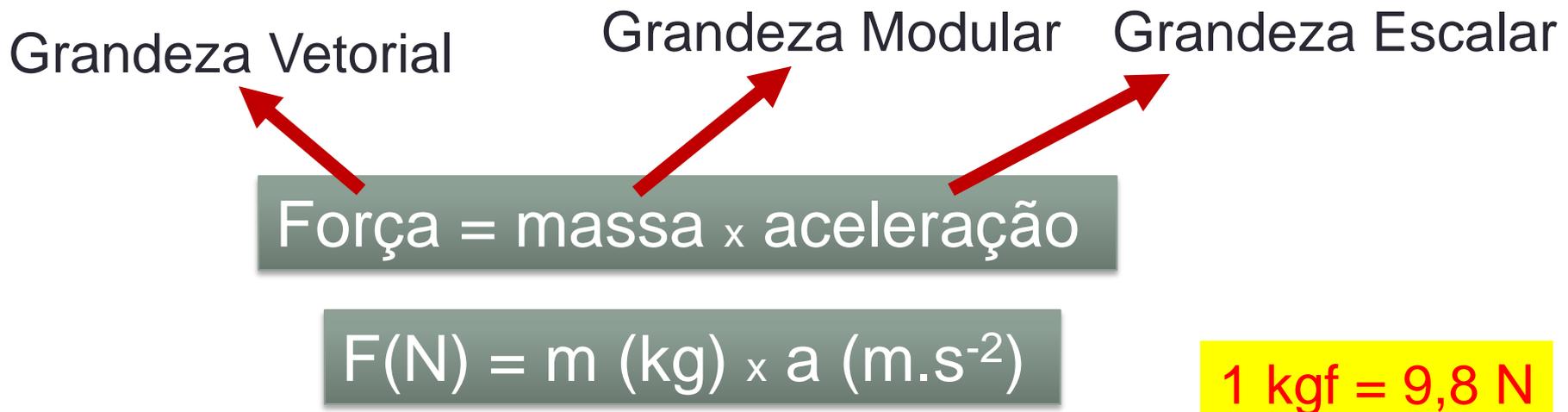
3 mm para cada volta...

Nos motores se utilizam os princípios das máquinas simples



Força

- A ação que um corpo exerce sobre outro, tendendo a mudar ou modificando seus movimentos;
- Agente físico capaz de alterar o estado de repouso ou de movimento uniforme de um corpo material;
- Quando um corpo se movimenta, para ou se deforma a causa é uma força;



Trabalho

- Movimento produzido pela atuação de uma força sobre um corpo;
- O deslocamento do ponto de aplicação de uma força;

Trabalho = força x deslocamento

$$W(\text{J}) = F(\text{N}) \times d(\text{m})$$

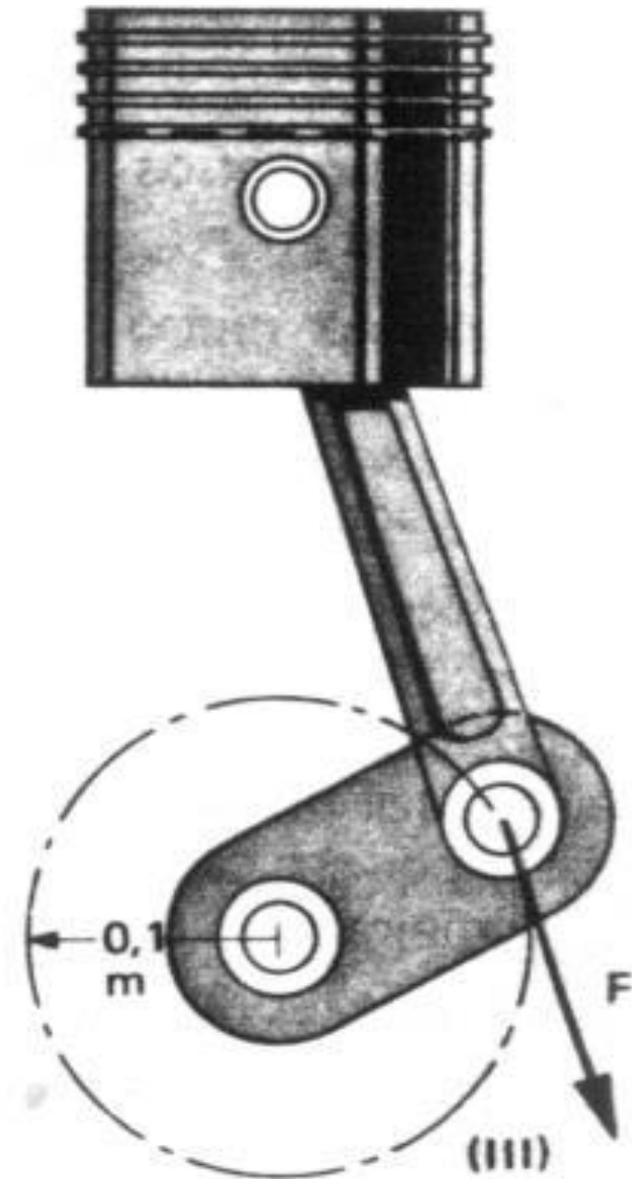
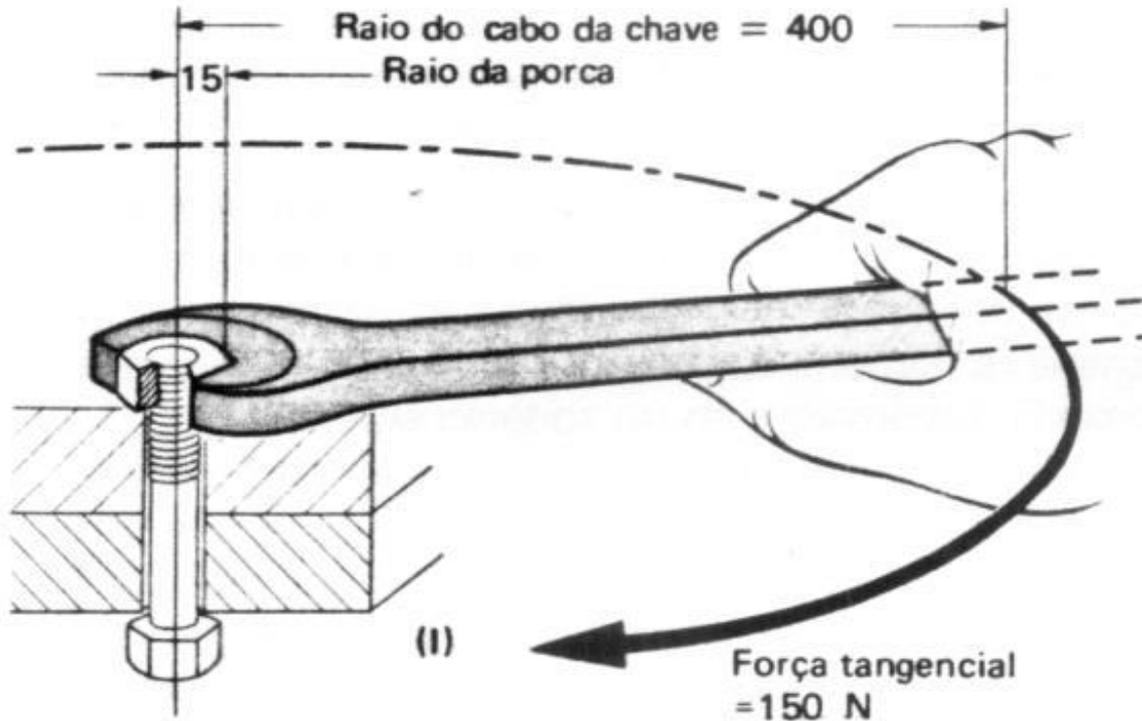
Torque

- Componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é efetivamente utilizada para fazê-lo girar em torno de um eixo ou ponto central.
- É um momento de força que tende a produzir ou que produz rotação.
- É o produto de uma força por um raio.

Torque (Nm) = força(N) x comprimento do braço (m)

$$T(\text{Nm}) = f(\text{N}) \times r (\text{m})$$

Torque



Força de tração em tratores...



Potência

- Quantidade de trabalho que é realizado no tempo.

$$\text{Potência (W)} = \frac{\text{Trabalho (J)}}{\text{Tempo(s)}}$$

$$P \text{ (W)} = \frac{W(\text{J})}{t(\text{s})}$$

Potência

$$\text{Potência (W)} = \frac{\text{Trabalho (J)}}{\text{Tempo(s)}}$$

$$\text{Potência (W)} = \frac{\text{Força (N)} \times \text{Deslocamento (m)}}{\text{Tempo(s)}}$$

$$\text{Potência (W)} = \text{Força (N)} \times \text{Velocidade (m.s}^{-1}\text{)}$$

Potência no movimento circular

$$\text{Potência (W)} = \text{Força (N)} \times \text{Velocidade (m.s}^{-1}\text{)}$$

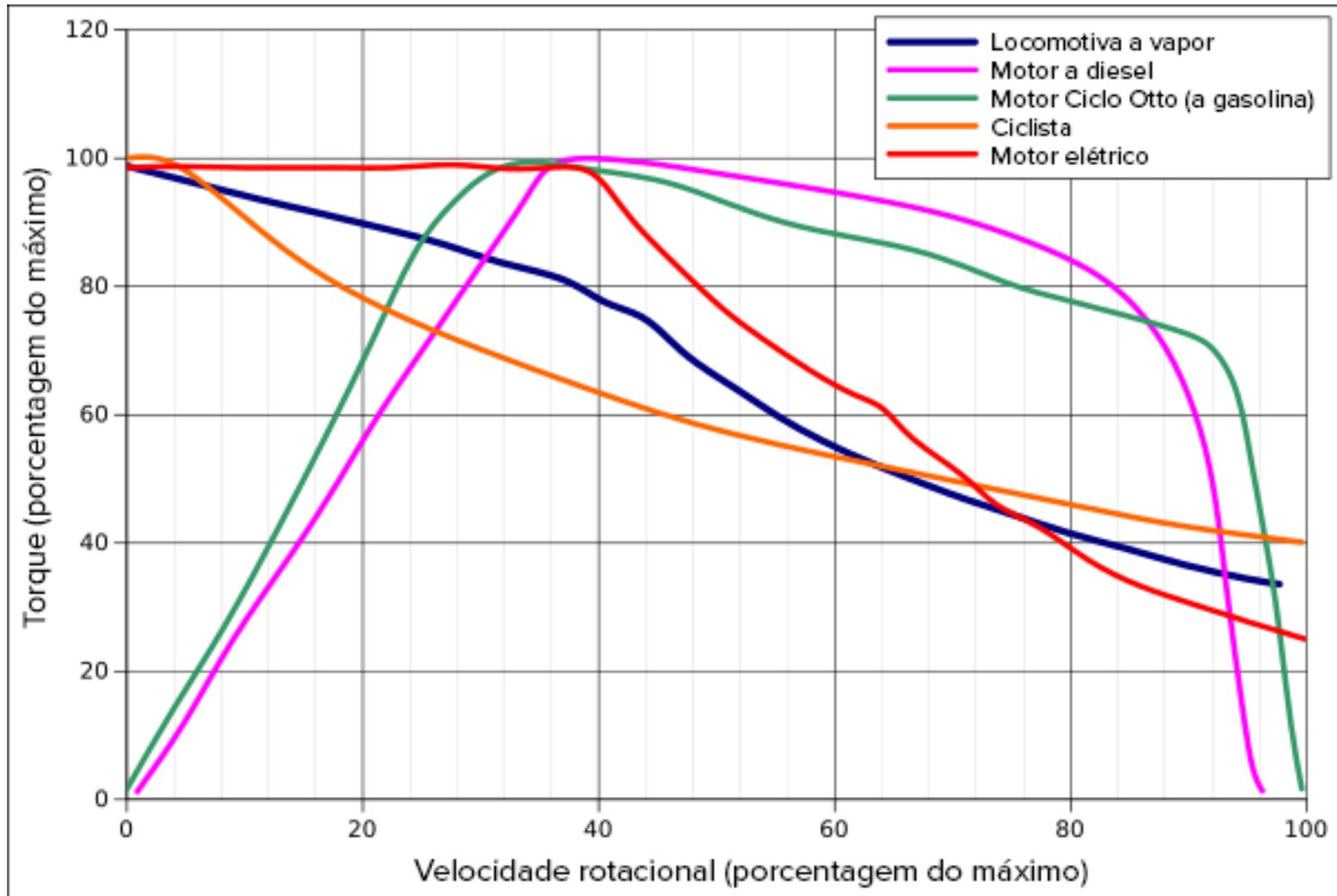
$$\text{Potência (W)} = \frac{F(\text{N}) \times 2 \times \pi \times r(\text{m}) \times n \text{ (rpm)}}{60}$$

$$\text{Potência (W)} = \frac{T(\text{Nm}) \times 2 \times \pi \times n \text{ (rpm)}}{60}$$

$$1 \text{ cv} = 735,5 \text{ W} = 0,7355 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,36 \text{ cv}$$

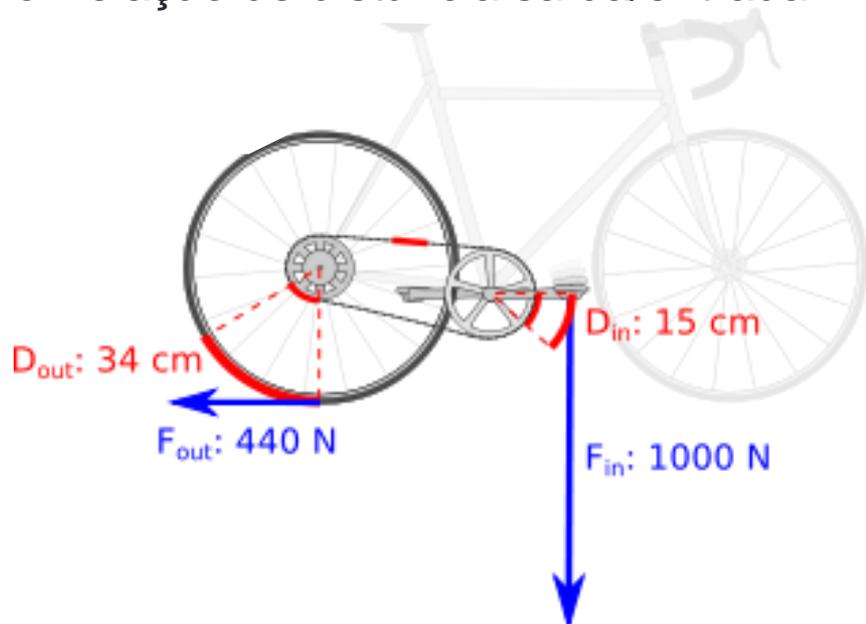
Velocidade x Torque



Velocidade x Torque : Transmissões

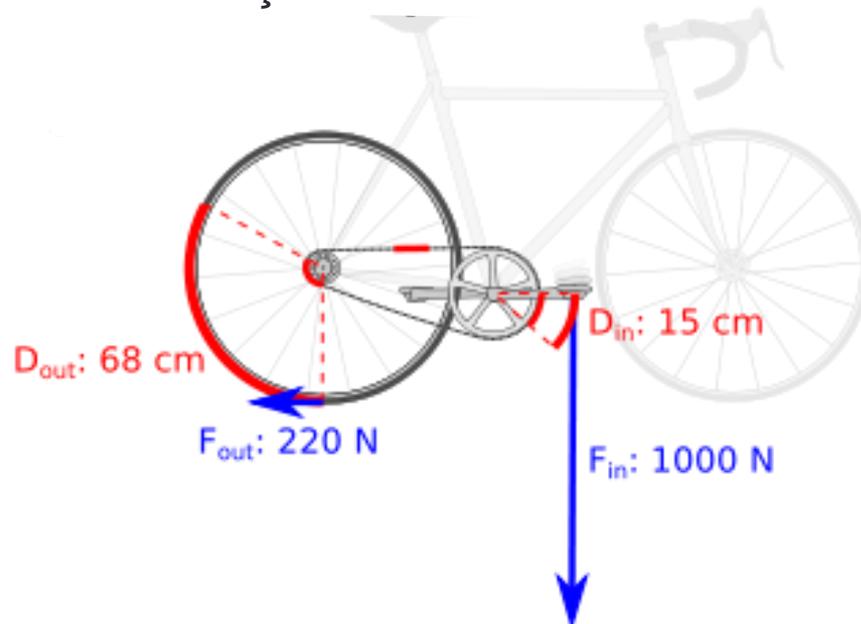
Marcha “leve”

- Menor relação de raios frente/atrás
- Maior relação de força saída/entrada
- Menor relação de distância saída/entrada



Marcha “pesada”

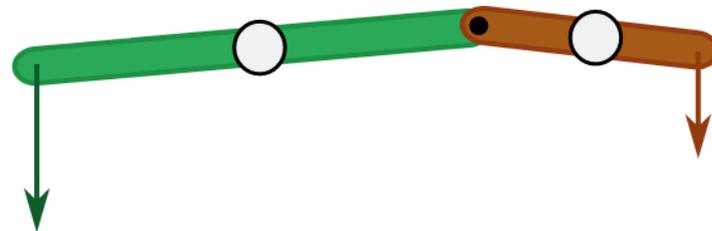
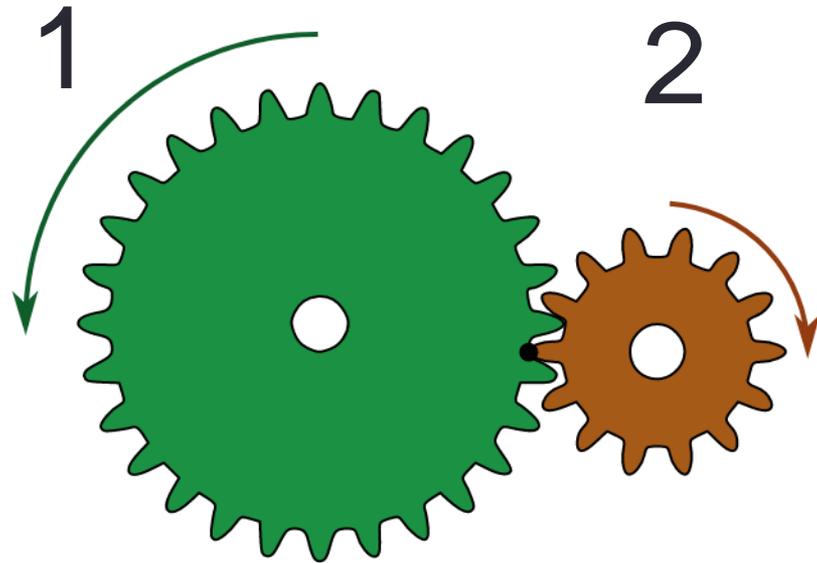
- Maior relação de rotação frente/atrás
- Maior relação de força saída/entrada
- Menor relação de distância saída/entrada



Rotação x Diâmetro x Torque

$$\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1} = \frac{T2}{T1}$$

N = rotação
Z = Número de dentes
T = Torque



Rotação x Diâmetro x Torque

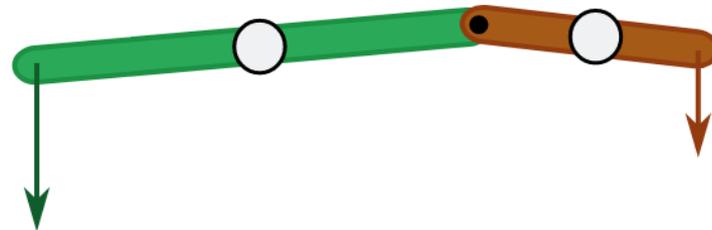
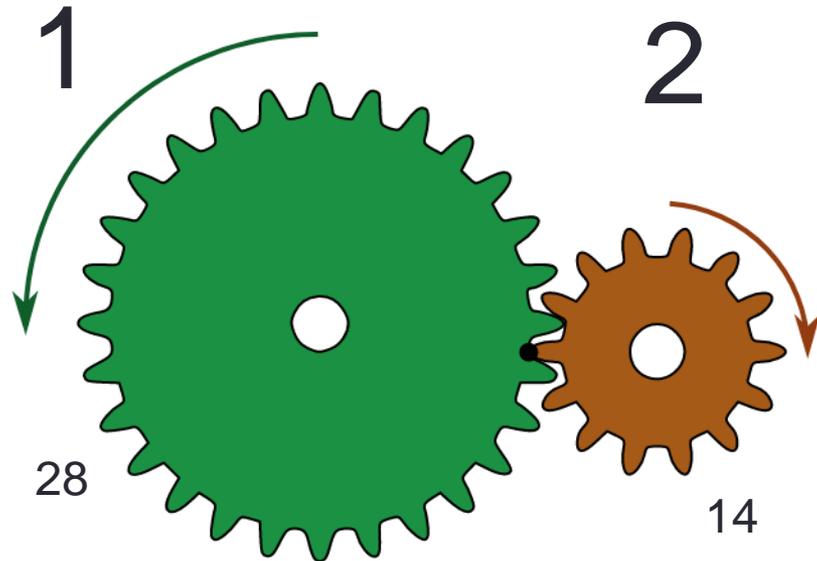
$$\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1}$$

$$\frac{N1}{N2} = \frac{14}{28}$$

$$\frac{N1}{N2} = 0,5$$

$$\frac{1}{N2} = 0,5$$

$$N2 = 2$$



N = rotação

Z = Número de dentes

T = Torque

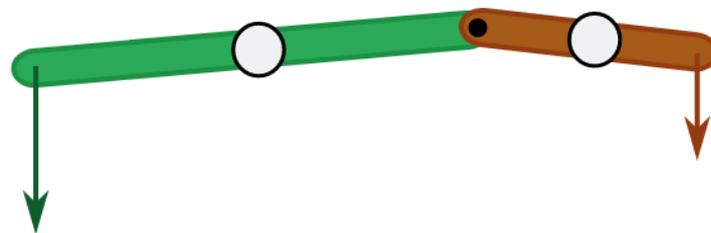
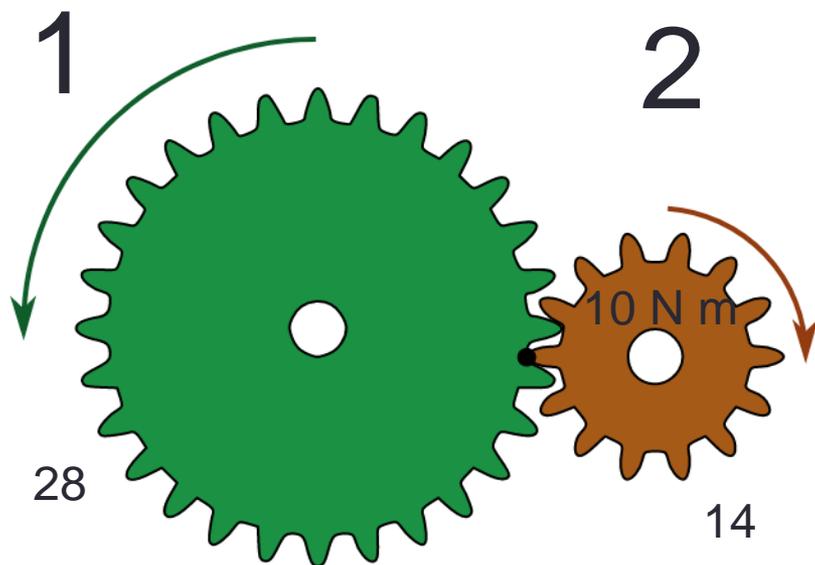
Rotação x Diâmetro x Torque

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$\frac{14}{28} = \frac{10 \text{ Nm}}{T_1}$$

$$0,5 = \frac{10 \text{ Nm}}{T_1}$$

$$T_1 = 20 \text{ Nm}$$



N = rotação

Z = Número de dentes

T = Torque

Eficiência

- A potência disponibilizada é sempre menor que a fornecida e a razão entre as duas (saída e entrada) é denominada de eficiência;

$$E_f = \frac{P_{\text{saída}}}{P_{\text{entrada}}}$$

Exercícios

1) Uma árvore de transmissão disponibiliza 50 CV com uma rotação de 720 rpm.

a) Determinar o torque exercido pela árvore. (R: 487 Nm)

Exercícios

2) Um moinho é acionado por um motor elétrico de 1,47 kW girando a 1800 rpm por meio de correia e polias. A polia do motor tem 180 mm de diâmetro e a do moinho 230 mm de diâmetro.

- a) Qual a rotação na árvore do moinho? (R: 1409 rpm)
- b) Qual o torque, a plena potência, na árvore do moinho considerando 99% de rendimento na transmissão? (R: 9,86 Nm)

Exercícios

- 3) Um trator desenvolve uma potência de 100 CV a uma rotação de 1800 rpm e move-se com velocidade constante de 7,2 km/h.
- a) Determine a força de tração do trator, considerando não haver perdas. (R: 36775 N)

Exercícios

4) Uma grade pesada demanda 37 kN para ser tracionada a 5 km/h em operação numa determinada condição de solo.

a) Considerando que o trator, nessa condição, aproveita apenas 65% da potência que gera, qual a potência necessária no motor deste trator?

(R: 79123 W)

Exercícios

5) Qual a potência que cada um dos equipamentos demanda? (1 kgf = 9,8 N)

- a) Destruição de soqueira - enxada rotativa que trabalha a 540 rpm e um torque de 5 kgf m; (R: 2771 W)
- b) Aração – com um arado que necessita de uma força de tração de 2000 kgf, para trabalhar a uma velocidade de 5 km/h; (R: 27244 W)
- c) Gradagem – com uma grande niveladora que necessita de uma força de tração de 5000 kgf, para trabalhar a uma velocidade de 7 km/h; (R: 95060 W)
- d) Cultivo – com um cultivador que necessita de uma força de tração de 1000 kgf para trabalhar a uma velocidade de 9 km/h. (R: 24500 W)

Unidades

- Sistema Internacional de Unidades

Sete unidades fundamentais

- Comprimento
- Massa
- Tempo
- Temperatura
- Corrente
- Intensidade luminosa
- Quantidade de matéria

Grandezas e unidades de base - SI

Grandeza de base		Unidade de base do SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
comprimento	$l, x, r, \text{ etc.}$	metro	m
massa	m	kilograma	kg
tempo, duração	t	segundo	s
corrente elétrica	I, i	ampere	A
temperatura termodinâmica	T	kelvin	K
quantidade de substância	n	mol	mol
intensidade luminosa	I_v	candela	cd

Fonte: [INMETRO](#)

Grandezas e unidades derivadas- SI

Grandeza derivada		Unidade derivada coerente do SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
área	A	metro quadrado	m^2
volume	V	metro cúbico	m^3
velocidade	v	metro por segundo	m/s
aceleração	a	metro por segundo quadrado	m/s^2
número de ondas	σ, ν	metro elevado à potência menos um	m^{-1}
densidade, massa específica	ρ	kilograma por metro cúbico	kg/m^3
densidade superficial	ρ_A	kilograma por metro quadrado	kg/m^2
volume específico	v	metro cúbico por quilograma	m^3/kg
densidade de corrente	j	ampere por metro quadrado	A/m^2
campo magnético	H	ampere por metro	A/m
concentração de quantidade de substância ^(a)	c	mol por metro cúbico	mol/m^3
concentração mássica	ρ, γ	kilograma por metro cúbico	kg/m^3
luminância	L_v	candela por metro quadrado	cd/m^2
índice de refração ^(b)	n	um	1
permeabilidade relativa ^(b)	μ_r	um	1

Grandezas e unidades derivadas- SI

Grandeza derivada	Unidade SI derivada coerente ^(a)			
	Nome	Símbolo	Expressão utilizando outras unidades do SI	Expressão em unidades de base do SI
ângulo plano	radiano ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
ângulo sólido	esferorradiano ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
frequência	hertz ^(d)	Hz		s ⁻¹
força	newton	N		m kg s ⁻²
pressão, tensão	pascal	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	N m	m ² kg s ⁻²
potência, fluxo radiante	watt	W	J/s	m ² kg s ⁻³

Prefixos - SI

Fator	Nome do Prefixo	Símbolo	Fator	Nome do Prefixo	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Fonte: [INMETRO](#)



FIM

Leandro M. Gimenez
Imgimenez@usp.br