



Conceitos Fundamentais de Mecânica

LEB0332 – Mecânica e Máquinas Motoras

Prof. Thiago Romanelli



ESALQ

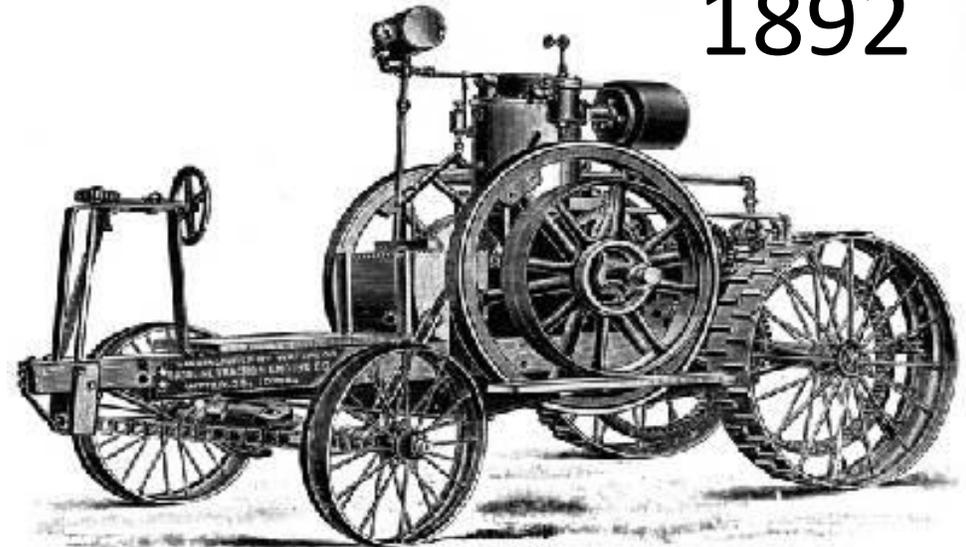
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo



TRATOR – MÁQUINA IMPORTANTE!



2020



1892

DEFINIÇÃO



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

MÁQUINA AGRÍCOLA

Aquela projetada para realizar integralmente ou de modo auxiliar operações agrícolas



ANÁLISE FUNCIONAL DAS MÁQUINAS

- ❖ Máquina → coleção ou sistema composto por diversos subsistemas
- ❖ Para estudo as máquinas agrícolas podem ser subdivididas em subsistemas
 - ❖ Subsistema de apoio
 - ❖ Sub(sub)sistemas: suporte, fonte de potência, transmissão
 - ❖ *Auxiliares do sistema de processamento*
 - ❖ Subsistema de processamento
 - ❖ *Efetivamente realiza a função para a qual a máquina se faz necessária*

EXEMPLO DE MÁQUINA COMPLEXA = ENFARDADORA

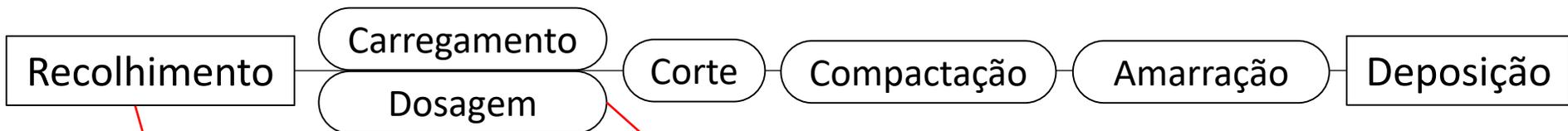




Subsistema de Apoio

Transmissão
Suporte

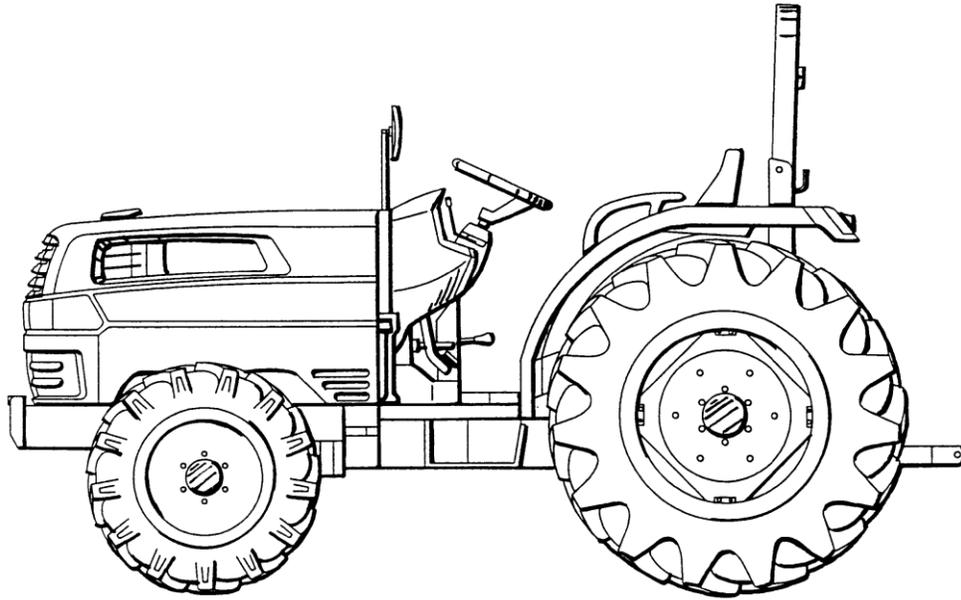
Subsistema de Processamento



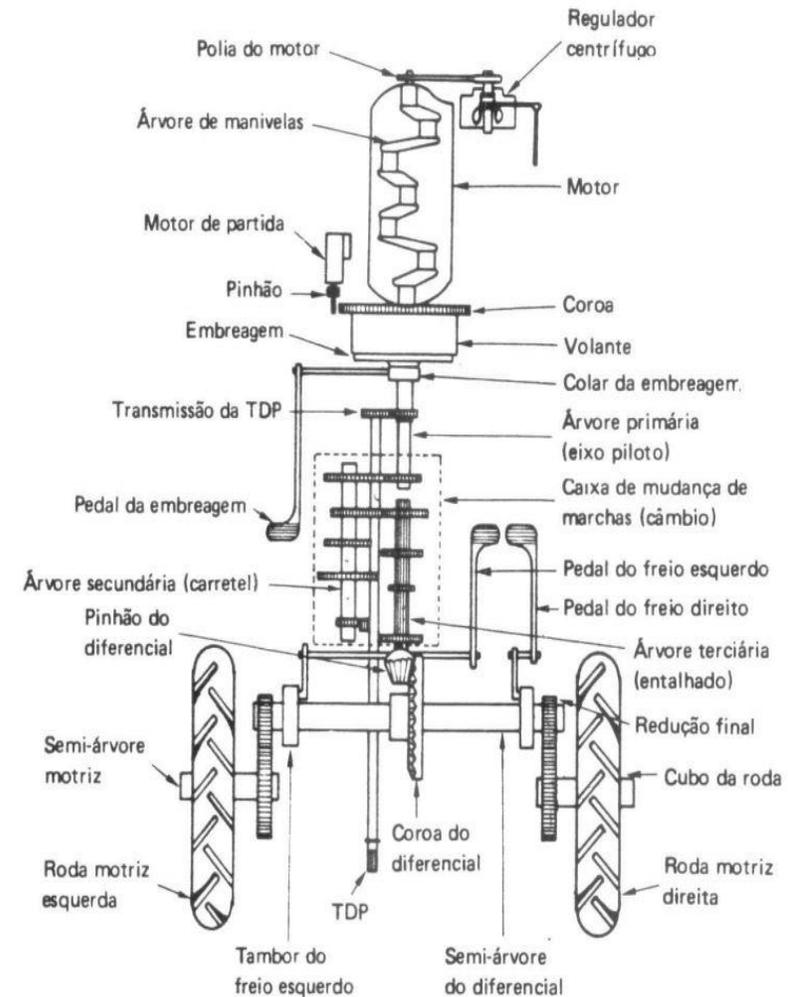
Fora da máquina

No interior da máquina

TRATOR – OUTRA MÁQUINA COMPLEXA...



Ao longo da disciplina subdividiremos o trator em seus diversos sistemas para facilitar o estudo, chegando até o nível de componentes fundamentais.



MECÂNICA

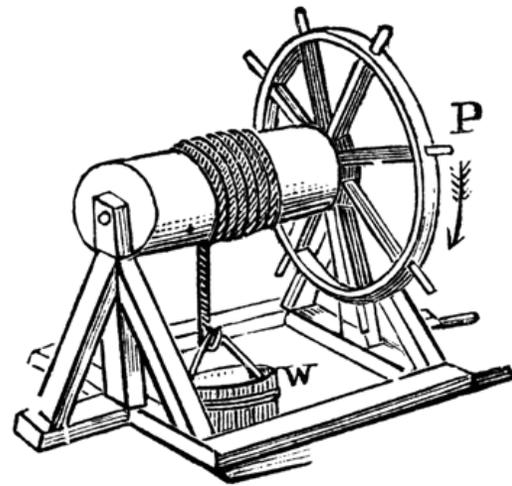
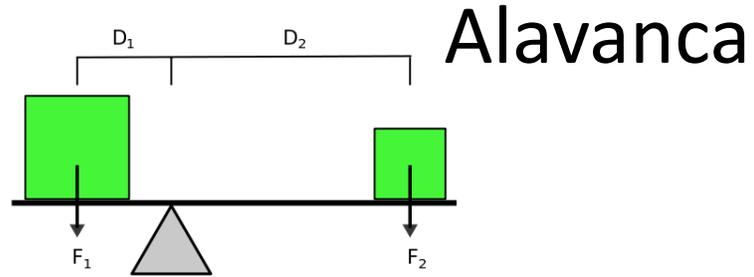
Parte da física que estuda o comportamento de sistemas submetidos à ação de uma ou mais forças

Estática: estuda a causa dos movimentos

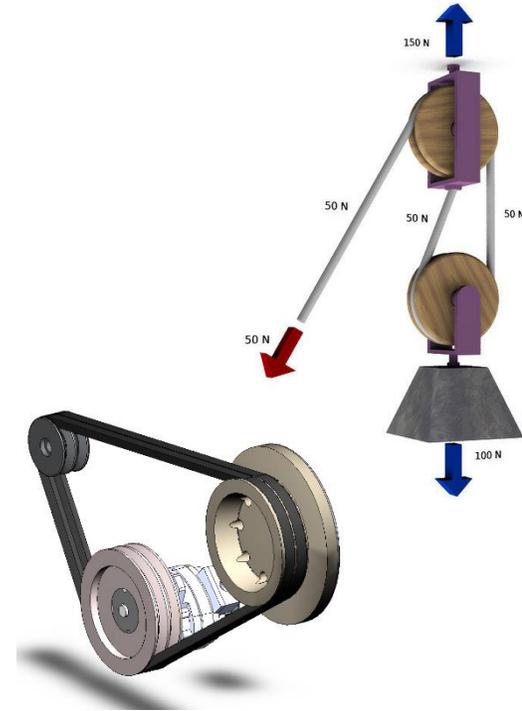
Cinemática: descreve o movimento dos corpos sem se preocupar em investigar quem os provoca

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

MÁQUINAS SIMPLES



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

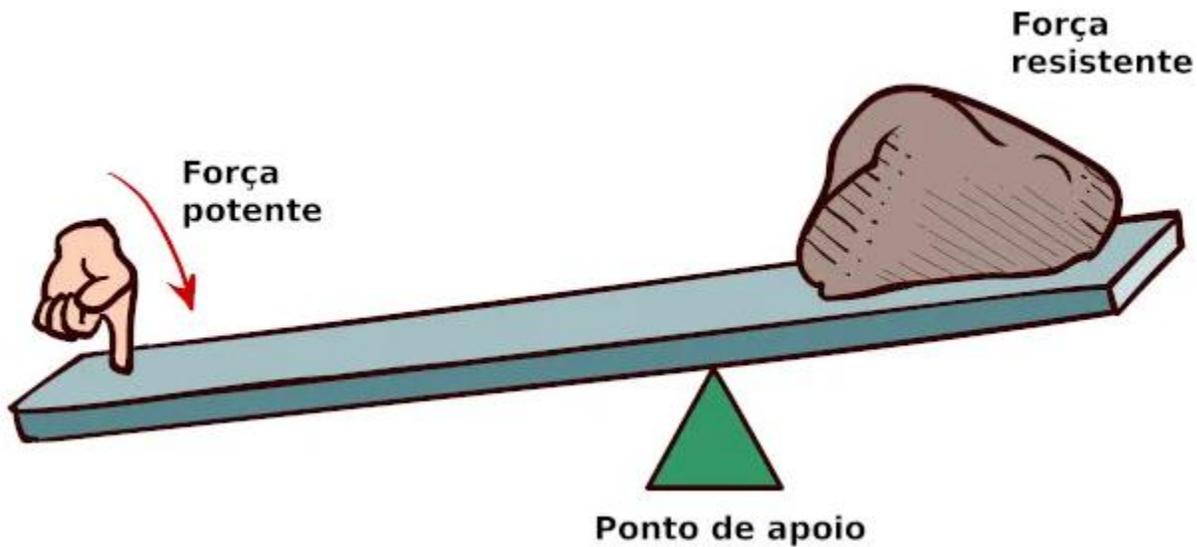
Matematicamente o princípio das alavancas é descrito por:

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

Comprimento do braço de alavanca

ALAVANCAS CLASSE 1 OU INTERFIXAS

- ❖ O ponto de apoio fica entre os pontos onde se aplica a força potente e o ponto onde se encontra o peso do objeto a ser movido.



ALAVANCAS CLASSE 1 OU INTERFIXA

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

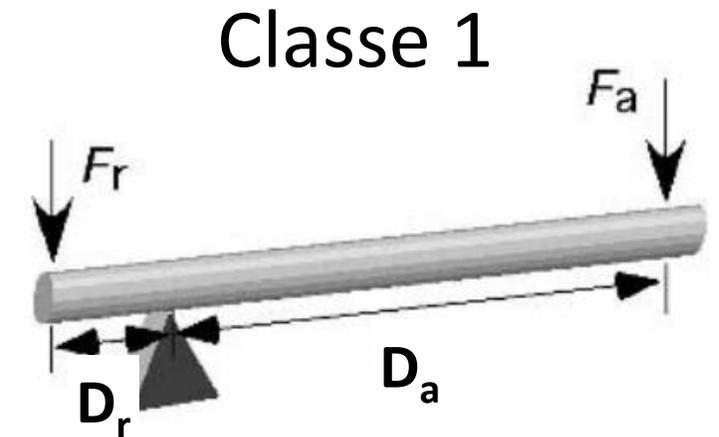
$$\text{Ganho Mecânico} = \frac{\text{Comprimento do braço aplicação}}{\text{Comprimento do braço da resultante}}$$

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

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

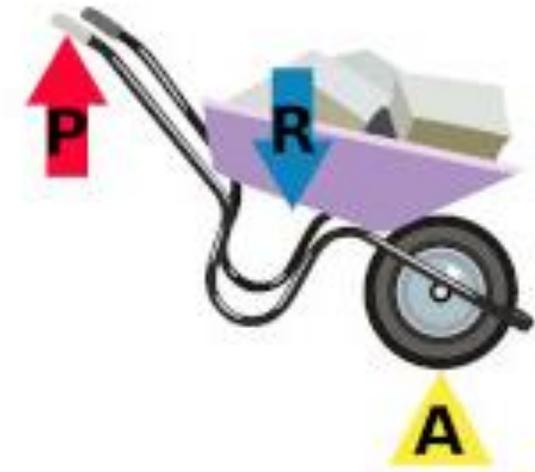
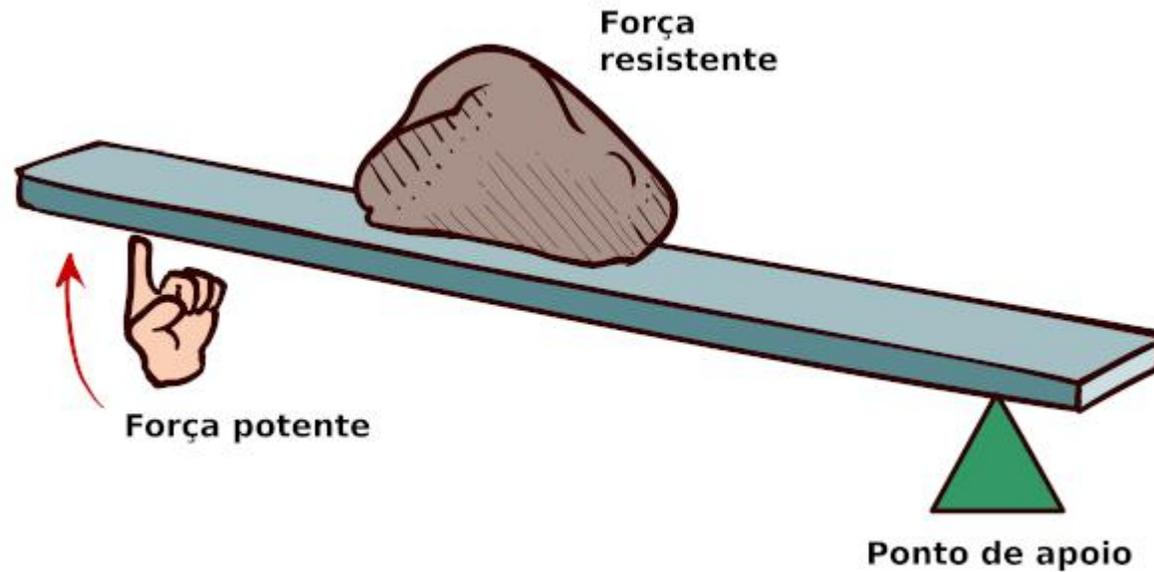
$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r} \quad F_r = \frac{70 \text{ kg} \times 9,8 \text{ ms}^{-2} \times 5 \text{ m}}{1 \text{ m}}$$

$$F_r = 3430 \text{ N} \rightarrow 350 \text{ kg}$$



ALAVANCA CLASSE 2 OU INTER-RESISTENTES

- ❖ A força peso é aplicada entre o ponto de apoio e a força potente.



ALAVANCA CLASSE 2 OU INTER-RESISTENTES

❖ Também produzem ganho mecânico.

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

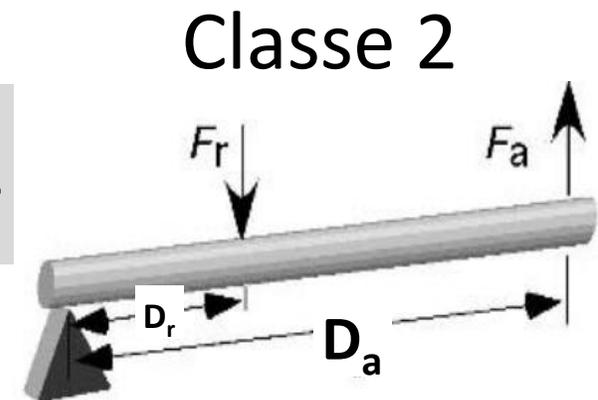
$$F_a \times D_a = F_r \times D_r$$

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

$$F_r = \frac{70\text{ kg} \times 9,8\text{ ms}^{-2} \times 6\text{ m}}{1\text{ m}}$$

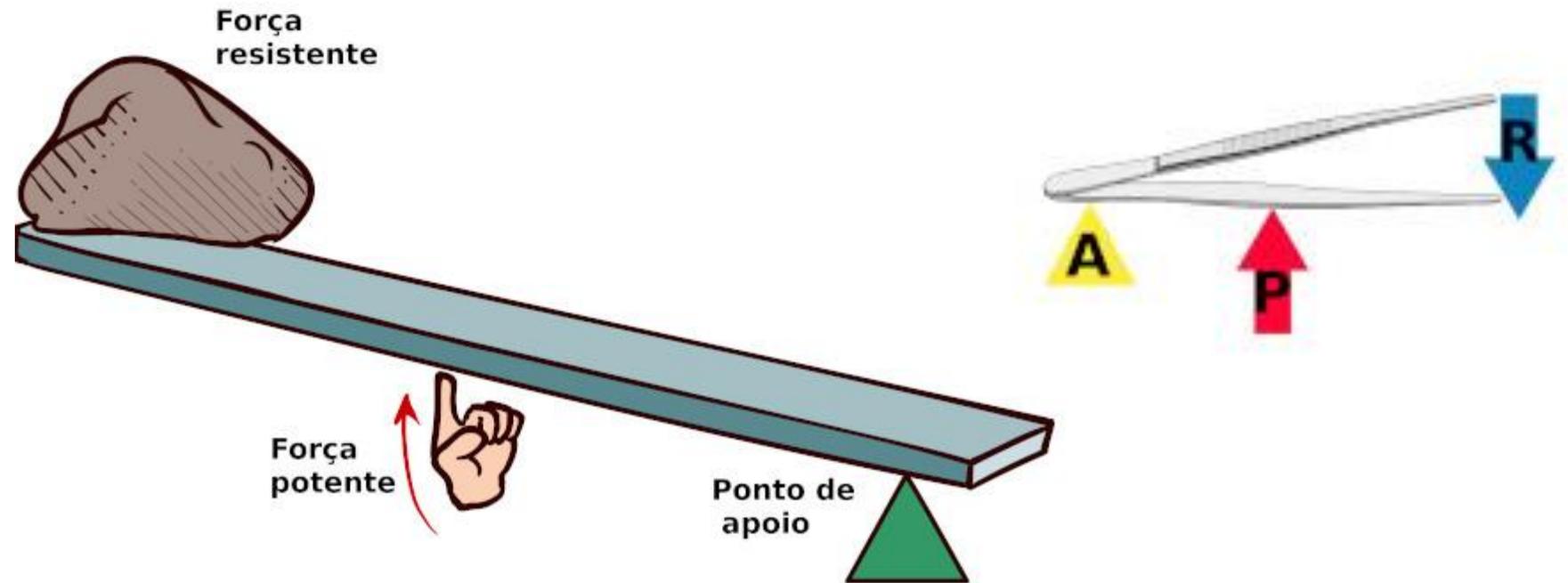
$$F_r = 4116\text{ N} \rightarrow 420\text{ kg}$$

Neste caso, considerando um mesmo comprimento total da barra o ganho mecânico será maior, em função do arranjo



ALAVANCA CLASSE 3 OU INTERPOTENTE

- ❖ O ponto de aplicação da força potente está localizado entre o ponto de apoio e o ponto onde atua a força peso do corpo a ser movido.



ALAVANCA CLASSE 3 OU INTERPOTENTE

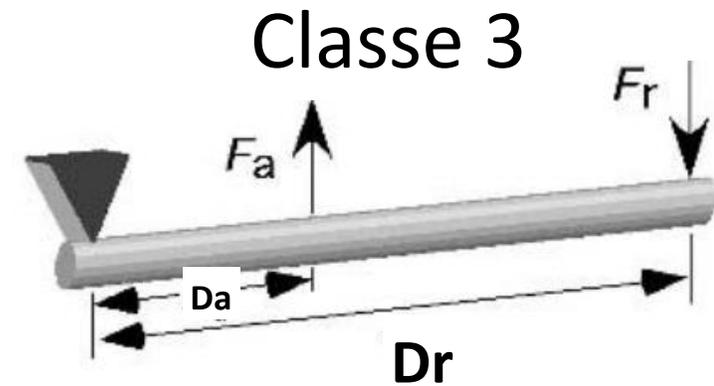
- ❖ Não produz ganho mecânico, pelo contrário < 1 ;
- ❖ Utilizada prioritariamente para aumentar velocidade e deslocamento

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

$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r} \quad F_r = \frac{70 \text{ kg} \times 9,8 \text{ ms}^{-2} \times 1 \text{ m}}{6 \text{ m}}$$

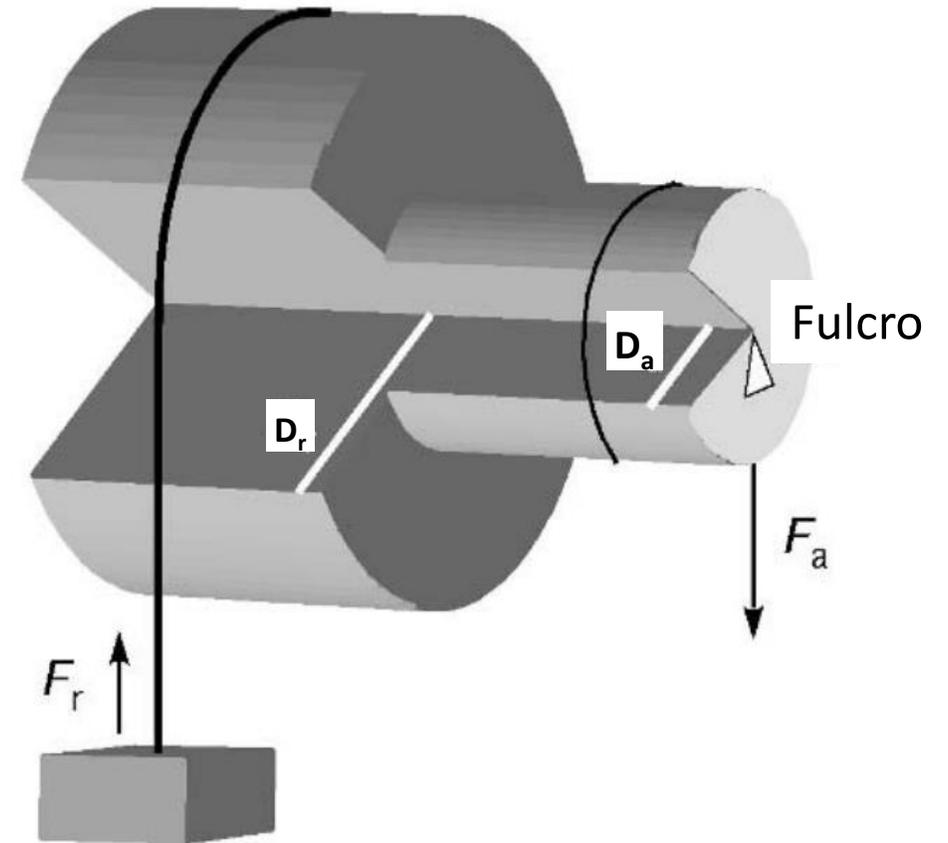
$$F_r = 114,3 \text{ N} \rightarrow 11,6 \text{ kg}$$

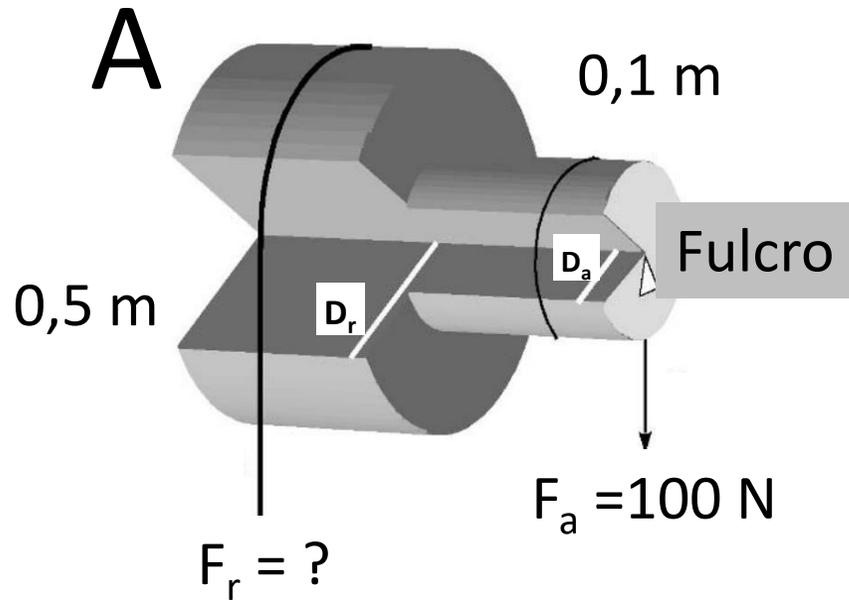
A força resultante é menor que a aplicada, porém o deslocamento e a velocidade são proporcionalmente aumentadas



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

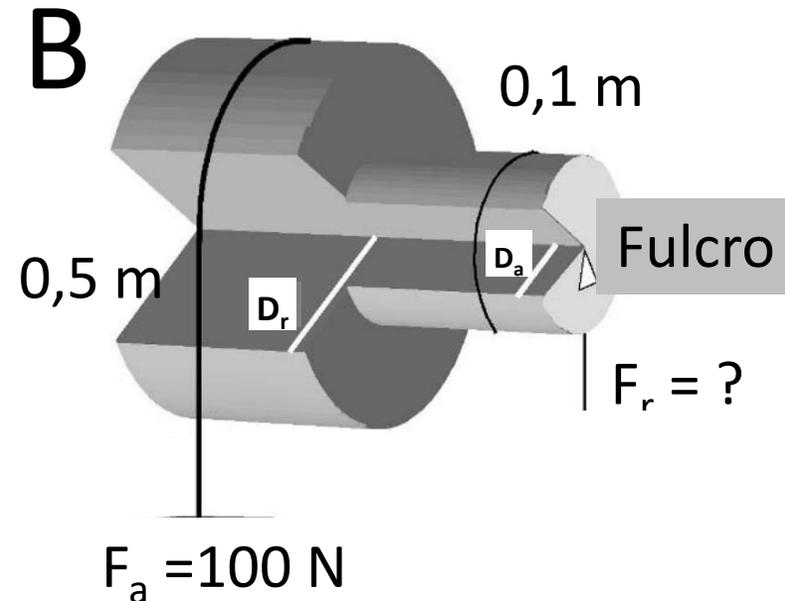




$$F_r = \frac{F_a \times D_a}{D_r}$$

$$F_r = \frac{100 \text{ N} \times 0,1 \text{ m}}{0,5 \text{ m}}$$

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



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

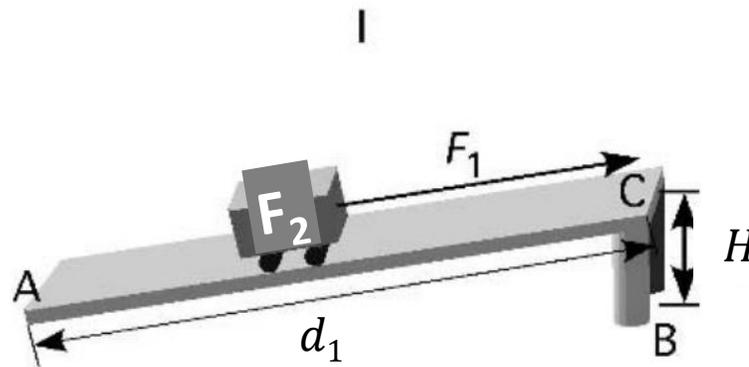
$$F_r = \frac{100 \text{ N} \times 0,5 \text{ m}}{0,1 \text{ m}}$$

$$F_r = 500 \text{ N}$$

PLANO INCLINADO

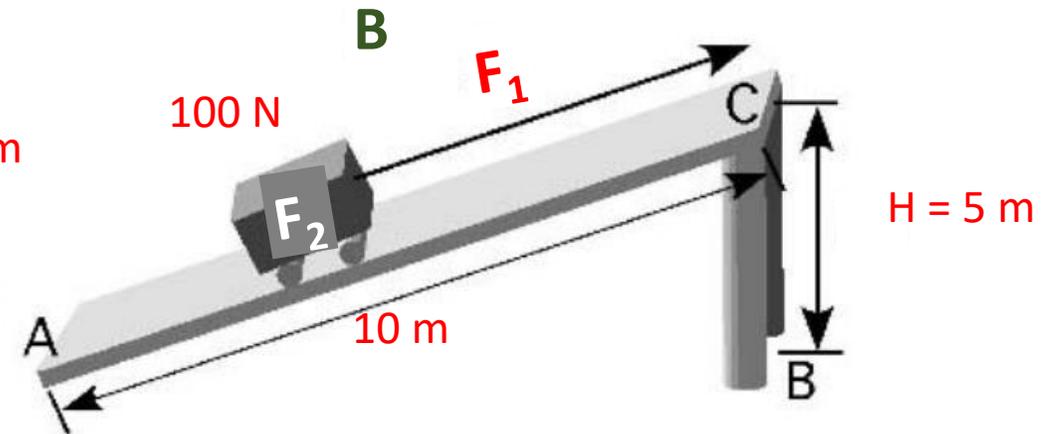
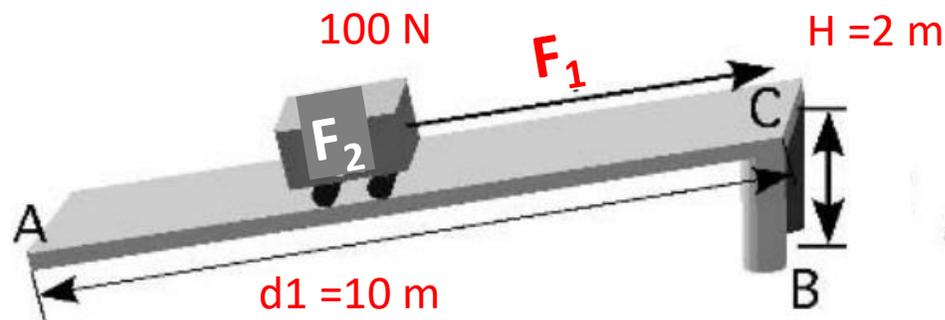
- ❖ Superfície uniforme com inclinação,
- ❖ Vantagem mecânica determinada pela razão entre o comprimento do plano inclinado e a diferença em elevação.

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times H$$



PLANO INCLINADO

$$F_1 \times d_1 = F_2 \times H \quad \text{A}$$



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

$$F_1 = \frac{100 \text{ N} \times 2 \text{ m}}{10 \text{ m}}$$

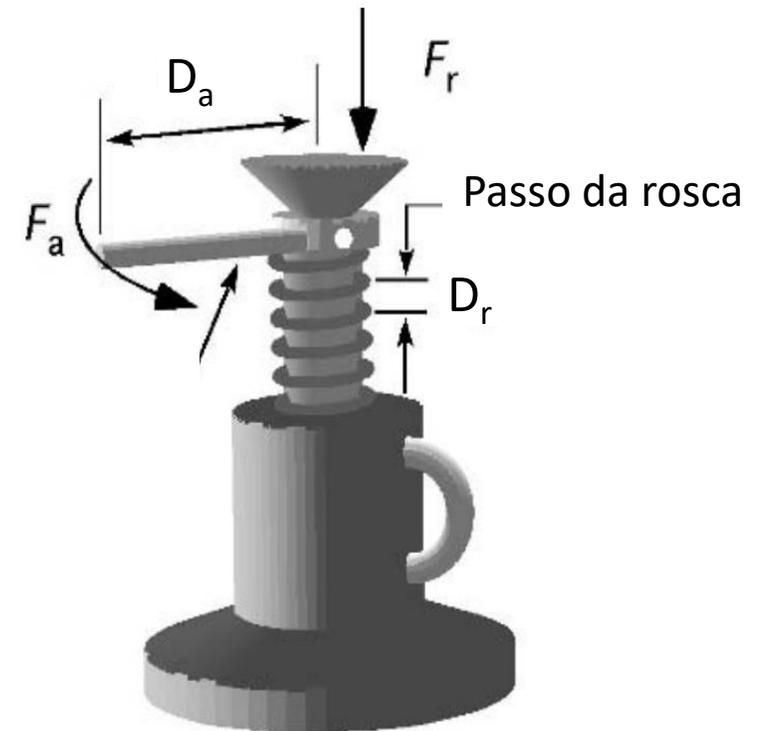
$$F_1 = 20 \text{ N}$$

$$F_1 = \frac{100 \text{ N} \times 5 \text{ m}}{10 \text{ m}}$$

$$F_1 = 50 \text{ N}$$

EXEMPLO DO 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.

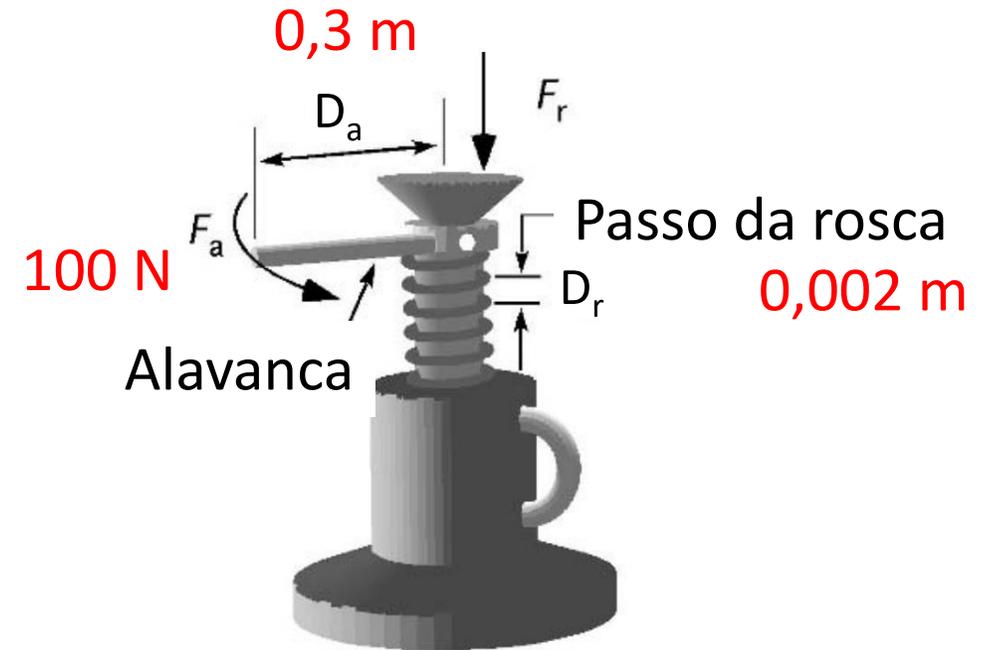


PARAFUSO

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

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

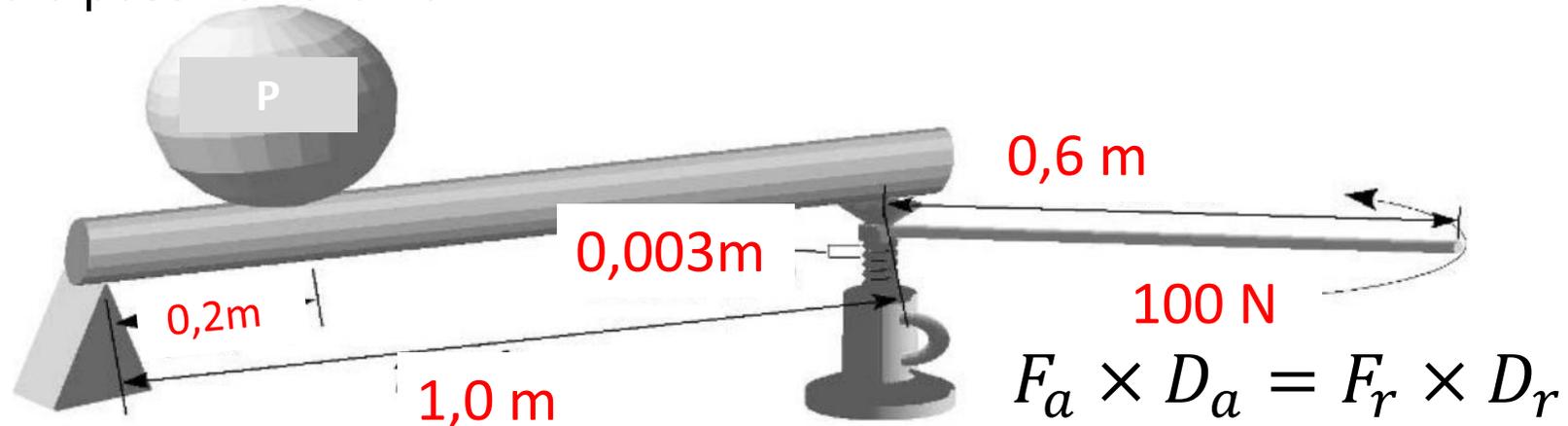
$$F_r = \frac{100 \text{ N} \times 0,3 \text{ m}}{0,002 \text{ m}}$$



$$F_r = 15.000 \text{ N}$$

COMBINANDO MÁQUINAS SIMPLES

❖ Quanto peso é possível levantar?



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

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

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

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

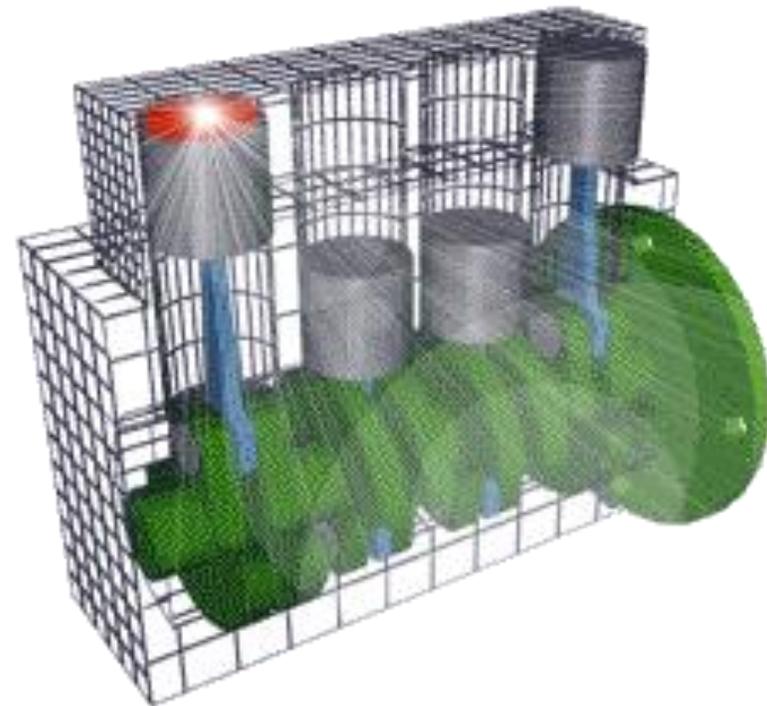
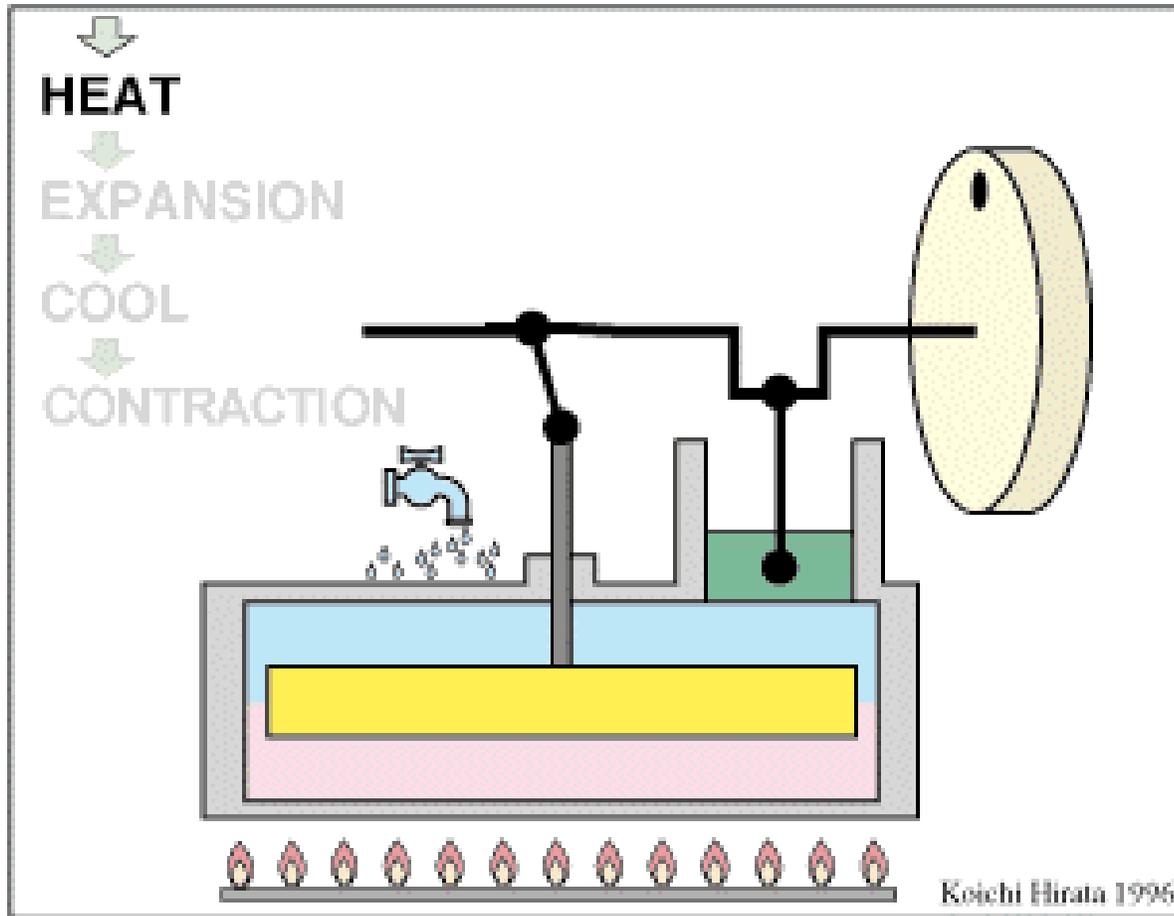
Ou seja,
Aplicando aprox. 10
kg é possível erguer
aprox. 10.000 kg

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

3 mm para cada volta...

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

EXEMPLO DE MOTORES: EM QUE 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;

Força = massa x aceleração

$$F(\text{N}) = m (\text{kg}) \times a (\text{m s}^{-2})$$

$$1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$$

TRABALHO

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

Trabalho = força x deslocamento

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

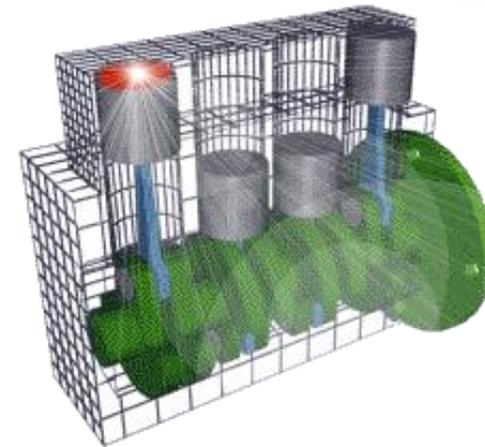
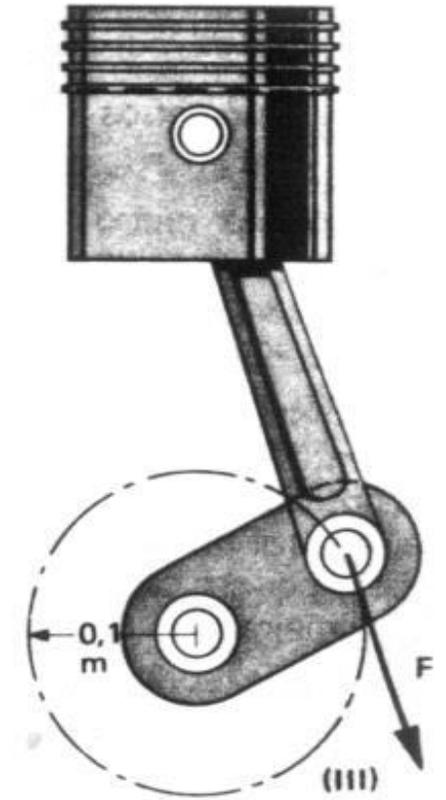
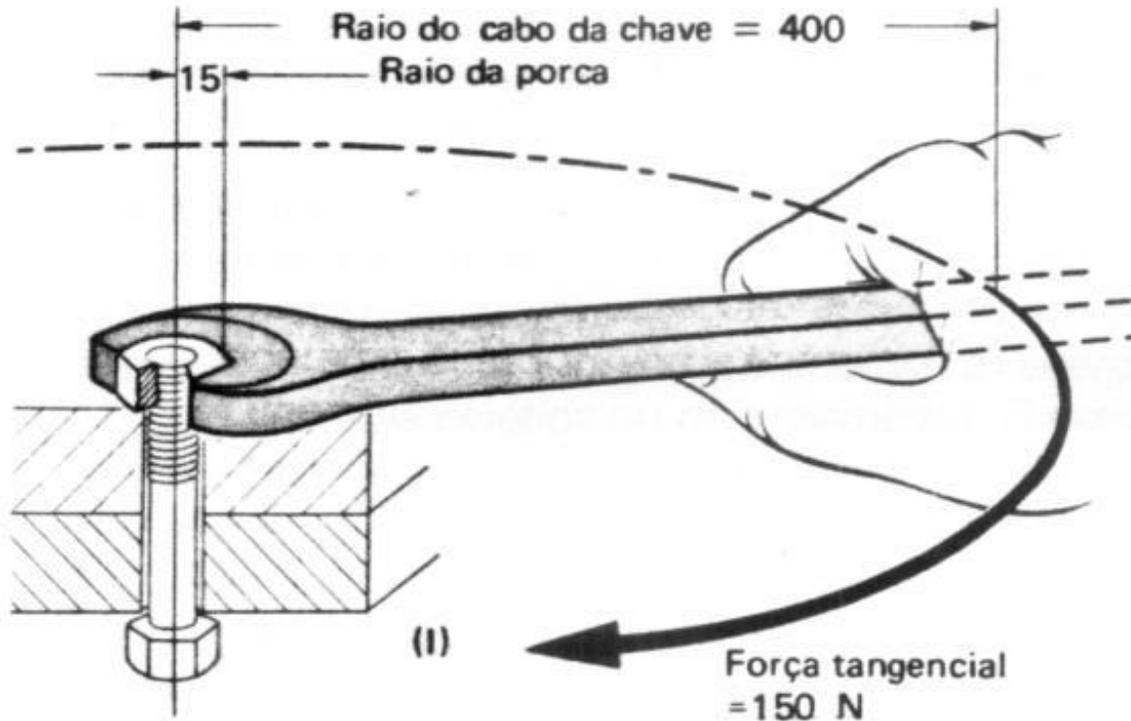
TORQUE

- ❖ 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



POTÊNCIA

- ❖ Capacidade de transmissão de energia por tempo
- ❖ Energia é transmitida por meio de trabalho ou calor.

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

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

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

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

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

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

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

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

EXEMPLO: FORÇA DE TRAÇÃO



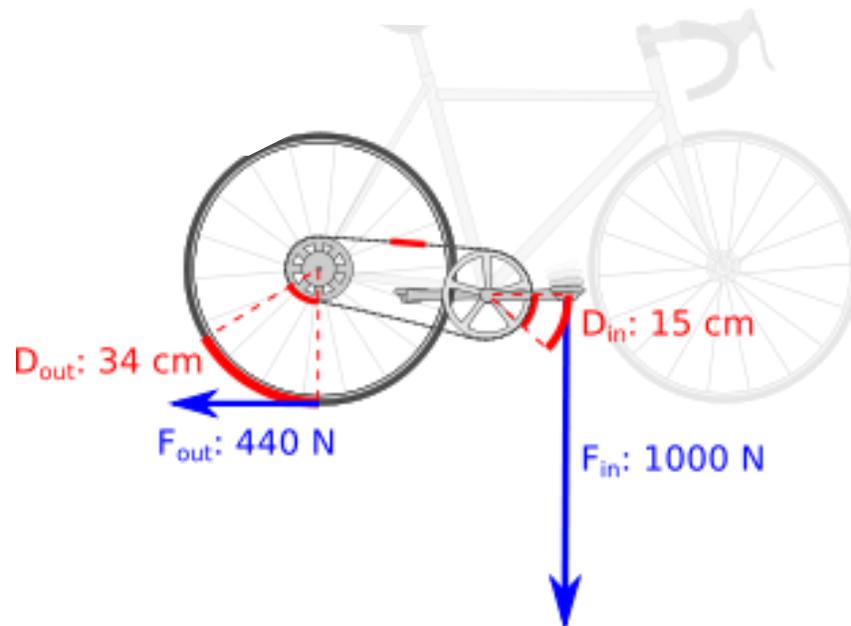
VELOCIDADE X TORQUE : TRANSMISSÕES

Marcha “leve”

Menor relação de raios frente/atrás

Maior relação de força saída/entrada

Menor relação de distância saída/entrada

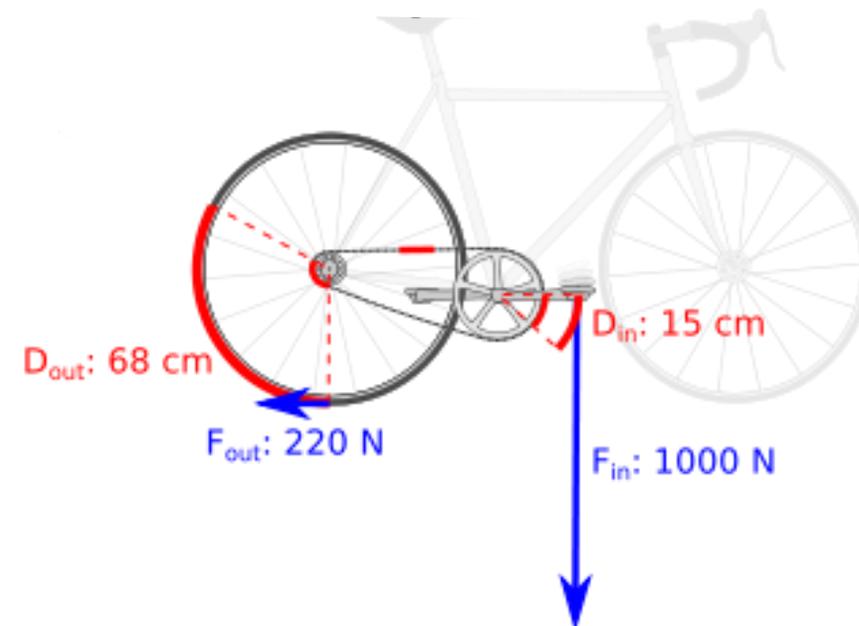


Marcha “pesada”

Maior relação de rotação frente/atrás

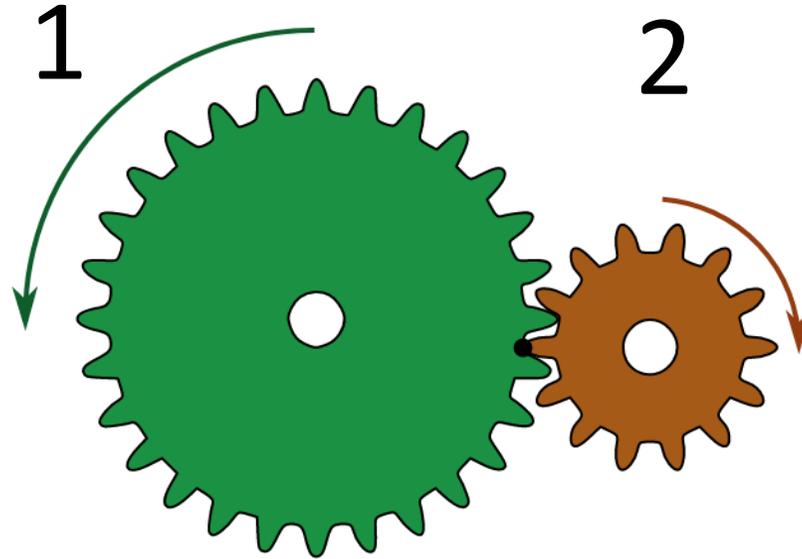
Menor relação de força saída/entrada

Maior relação de distância saída/entrada



ROTAÇÃO X DISTÂNCIA X TORQUE

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



N = rotação

Z = Número de dentes

T = Torque

ROTAÇÃO X DISTÂNCIA X TORQUE

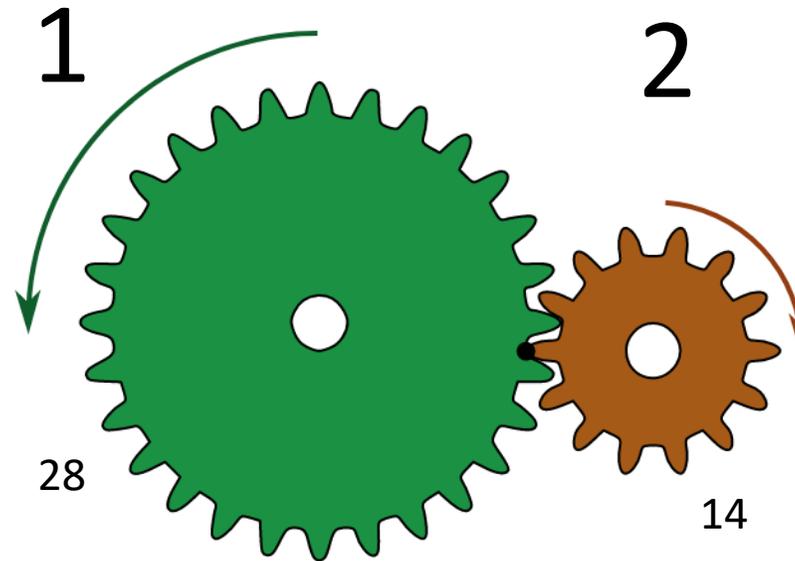
$$\frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1}$$

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

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

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

$$N2 = 2$$



N = rotação

Z = Número de dentes

T = Torque

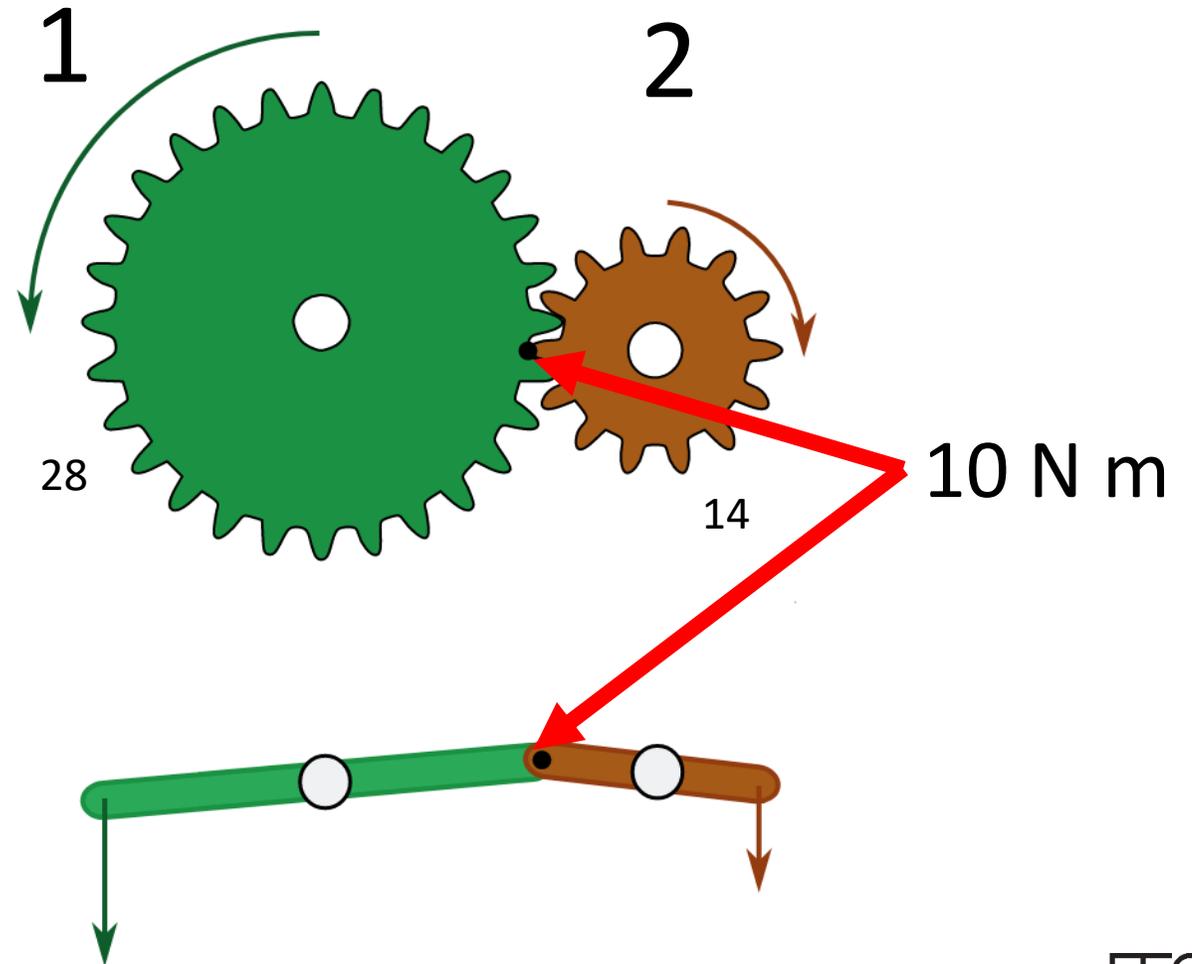
ROTAÇÃO X DISTÂNCIA X TORQUE

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

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

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

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



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;

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

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. A árvore do motor tem uma rotação de 1800 rpm e a transmissão do movimento é realizada 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 motor de 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.

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.

Considerando que o trator, nessa condição, aproveita 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?
- a) Preparo do solo com enxada rotativa: 540 rpm e um torque de 49 Nm;
 - b) Aração – com um arado que necessita de uma força de tração de 2000 kgf, para trabalhar a uma velocidade de 5 km/h;
 - 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;
 - d) Cultivo – com um cultivador que necessita de uma força de tração de 1000 kgf para trabalhar a uma velocidade de 9 km/h.

EXERCÍCIOS

5) Qual a potência que cada um dos equipamentos demanda?

- a) Acionamento de enxada rotativa por meio da tomada de potência: 540 rpm e um torque de 49 Nm; (R: 2771 W)



EXERCÍCIOS

- 5) Qual a potência que cada um dos equipamentos demanda?
- b) Aração – com um arado que necessita de uma força de tração de 19600 N, para trabalhar a uma velocidade de 5 km/h; (R: 27244 W)



EXERCÍCIOS

5) Qual a potência que cada um dos equipamentos demanda?
Gradagem – com uma grande niveladora que necessita de uma força de tração de 49000 N, para trabalhar a uma velocidade de 7 km/h; (R: 95060 W)



EXERCÍCIOS

- 5) Qual a potência que cada um dos equipamentos demanda?
- d) Cultivo – com um cultivador que necessita de uma força de tração de 10000 N para trabalhar a uma velocidade de 9 km/h. (R: 25000 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	Nome	Símbolo	Unidade SI derivada coerente ^(a)	
			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](#)



ESALQ