

# Mecânica e Biomecânica

Belarmino Luís Matsinhe



Instituto Superior de Ciências de Saúde

30 de março de 2023

# Mecânica e Biomecânica

1. Cinemática de um ponto material;
2. Dinâmica de um ponto material;
  - ▶ Leis de Newton;
  - ▶ Forças especiais;
  - ▶ Torque [Momento de Força];
  - ▶ Equilíbrio dos corpos;
  - ▶ Trabalho e Energia.

**Leitura complementar obrigatória:** Anatomia e Fisiologia do Corpo humano. Fundamentos de Biomecânica.

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:  
Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

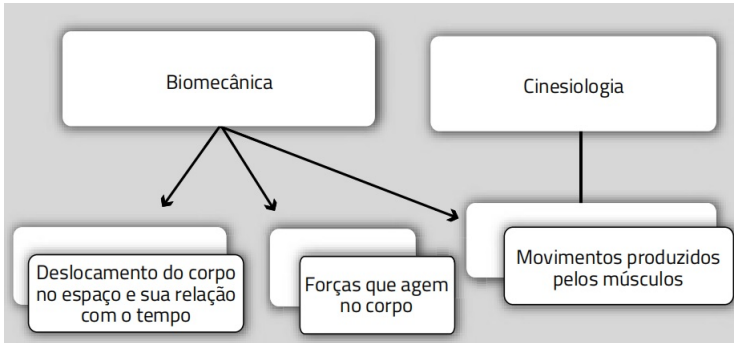
Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia



# Mecânica e Biomecânica

Cinemática estuda o movimento dos corpos ou sistemas independentemente das causas deste mesmo movimento.

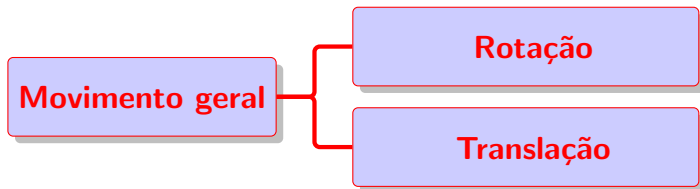


Figura: Tipos de movimento

# Mecânica e Biomecânica

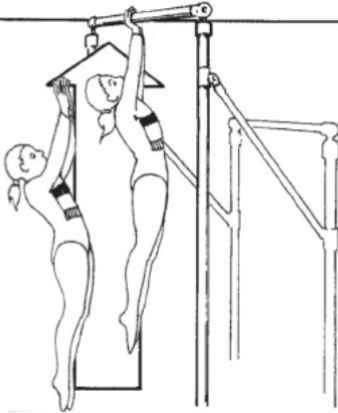
Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

**Movimento retilíneo**



Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

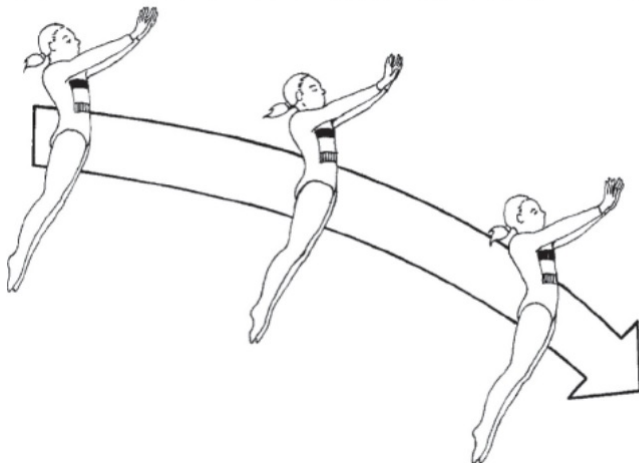
Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento curvilíneo



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

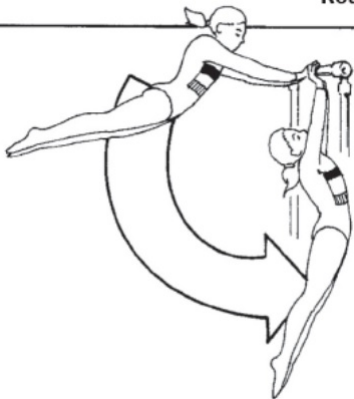
Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Rotação



Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:  
Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Posição

$\vec{r}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$ . As equações paramétricas em um dado ponto são:

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

$$z = z(t)$$

Assim, o vector posição é:

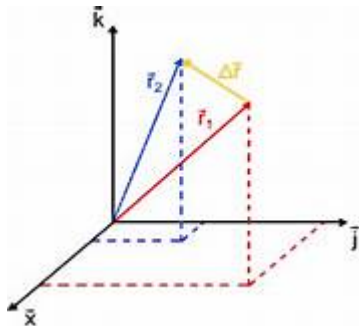
$$\vec{r}(t) = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k} \quad (1)$$

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)



# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Deslocamento



Quando um corpo **muda da sua posição** com o decorrer do tempo diz se que este está em **movimento translacional** e, caso contrário, está em repouso ou em rotação.

# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Velocidade

- Medida da alteração na posição durante um determinado intervalo de tempo.

$$\vec{v}(t) = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k} \quad (2)$$

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} \quad (3)$$

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:  
Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

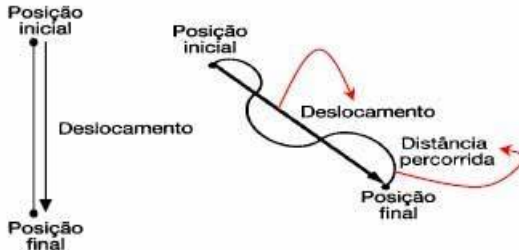
Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Velocidade

- Medida da rapidez de um determinado movimento.

$$\bar{v}_{esc} = \frac{S}{\Delta t} \quad (4)$$



# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Aceleração

É a taxa de variação da velocidade do corpo ao longo do tempo.

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (5)$$

onde,  $\Delta \vec{v}$  é a variação da velocidade nos instantes  $t$  e  $t + \Delta t$ . No instante  $t$  a velocidade é  $\vec{v}$  e no instante  $t + \Delta t$  é  $\vec{v} + \Delta \vec{v}$ .

# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Cinemáticas: Aceleração

Repare que  $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  é vector aceleração média do corpo no intervalo de tempo  $\Delta t$ .

Assim, o vector aceleração média é:

$$\vec{a}_{med} = \frac{\vec{v}_B - \vec{v}_A}{t_B - t_A} \quad (6)$$

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento retilíneo: Uniforme

$$\vec{v} = \text{const.}$$

$$x(t) = x_0 + vt$$

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento retilíneo: Variado

$$\vec{a} = \text{const.}$$

$$x(t) = x_o + v_o t \pm \frac{1}{2} a t^2$$

$$v(t) = v_o \pm a t$$

$$v^2 = v_o^2 \pm 2a\Delta x$$

O sinal (-) é quando  $\vec{a}$  tem sentido oposto ao do movimento.

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento curvelínea

Para o movimento curvelíneo, geralmente a velocidade varia quer o módulo quer o sentido.

- Movimento no plano XOY com aceleração constante

$$\vec{v} = \vec{v}_o + \vec{a}t$$

$$\vec{r} = \vec{r}_o + \vec{v}_o t + \frac{1}{2} \vec{a}t^2$$

$$\vec{v}_o = v_{ox}\vec{i} + v_{oy}\vec{j}$$

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$$

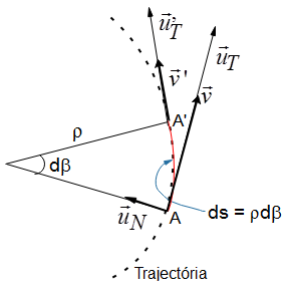
[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)



# Mecânica e Biomecânica

## Movimento curvelínea

- Movimento curvelíneo  $\rho \neq \text{const.} \wedge a \neq \text{const.}$



$$\vec{v} = v\vec{u}_T$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt}\vec{u}_T + \frac{v^2}{\rho}\vec{u}_N$$

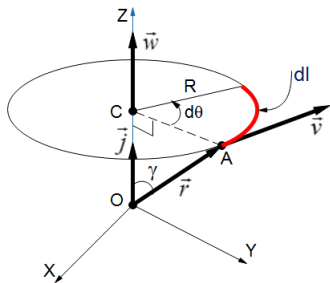
$$\vec{a} = a_T\vec{u}_T + a_N\vec{u}_N$$

$$a = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$$

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento circular

- Movimento Circular  $\rho = \text{const.}$  ( $\rho = R$ )



$$a_N \equiv a_c = \frac{v^2}{R} \quad (7)$$

$$dl = R d\theta \Rightarrow v = r\omega$$

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

$$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

# Mecânica e Biomecânica

## Movimento circular

$$\theta(t) = \theta_o + \omega_o t + 0.5\alpha t^2 \quad (8)$$

Se  $\omega = \text{const.}$  estamos perante um movimento circular uniforme. Neste caso, o movimento é periódico.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (9)$$

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:  
Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Por que estudar biodinâmica?

A biodinâmica dedica-se ao estudo das causas dos movimentos realizados por organismos vivos.



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

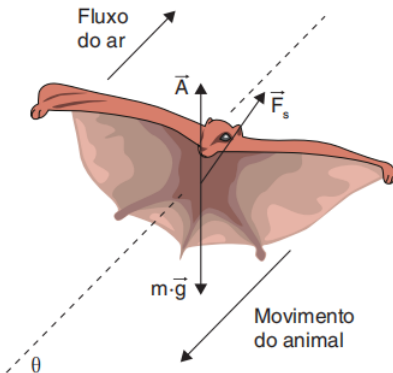
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Por que estudar biodinâmica?

A biodinâmica dedica-se ao estudo das causas dos movimentos realizados por organismos vivos.



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Por que estudar biodinâmica?

O conhecimento dos **conceitos biodinâmicos** básicos fornece a compreensão básica sobre os princípios físicos e suas aplicações na **análise dos movimentos do corpo humano**.

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Por que estudar biodinâmica?

A análise dos princípios biodinâmicos permite solucionar problemas relacionados com a saúde e desempenho humanos. Por exemplo;

- ▶ Por que a natação não é o melhor exercício para pessoas com osteoporose?
- ▶ Quais estratégias para equilibrar um membro do corpo lesionado?
- ▶ Por que alguns indivíduos são capazes de flutuar e outros não?

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Grandezas Dinâmicas ou Cinéticas

- ▶ Força;
- ▶ peso;
- ▶ Pressão;
- ▶ Torque ou momento de força; e
- ▶ Trabalho e energia

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

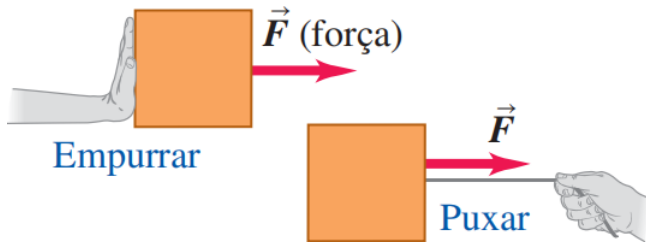
Corpos

Trabalho e Energia



# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento



A unidade da força no SI é Newton (N), porém, ainda é frequente encontrar expressa em outras unidades como **dina** (dyn) [ $1N = 10^5 dyn$  ].

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

Quando a força é exercida sobre um corpo, dois fenómenos podem ocorrer sobre esse corpo, a saber:

- ▶ Mudança do seu estado de movimento;
- ▶ Deformação.

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

o efeito sobre o movimento de um corpo produzido por um número qualquer de forças é o mesmo efeito produzido por uma força única igual à soma vetorial de todas as forças.

A força resultante .....  $\vec{R} = \Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$   
atuando sobre um corpo ...

... é a soma vetorial ou resultante de todas as forças individuais atuando sobre esse corpo.

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

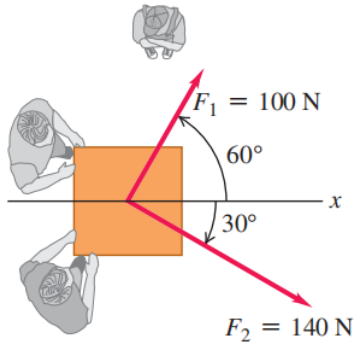
Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

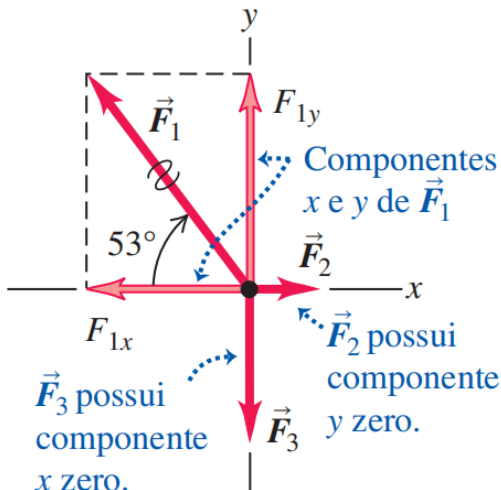
Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

A descrição precisa e consistente da dinâmica dos corpos e/ou sistema dos corpos para o nosso estudo será feita baseando-se nas leis fundamentais da mecânica clássica -

### **As leis de Newton**

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

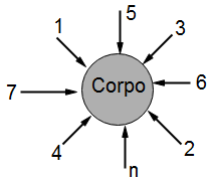
Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

### Primeira lei de Newton (lei da inércia)

Se a resultante das forças que actuam sobre um corpo é nula, o corpo permanece em repouso se inicialmente estava em repouso ou em movimento rectilíneo uniforme se inicialmente estava em movimento.



$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \quad (10)$$

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

### 2ª lei de Newton (Lei Fundamental da Dinâmica)

Um corpo sob atuação de uma força move-se de tal forma que a taxa de variação temporal da sua quantidade de movimento se iguale à essa força.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \implies \vec{F} = m\vec{a} \quad (11)$$

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia



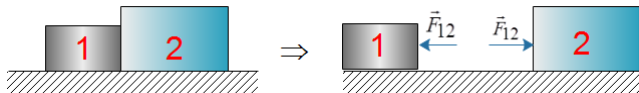
# Mecânica e Biomecânica

## Força e movimento

### 3ª lei de Newton (Lei de acção e reacção)

Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são iguais em módulo e têm sentidos opostos.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \Rightarrow |\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| \quad (12)$$



Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: tração /compressão

A força de tração/compressão é aquela que é aplicada a um corpo numa direcção perpendicular à superfície e com sentido para o exterior/interior do corpo.

na biodinâmica estas forças são exercidas sobre fibras musculares, tendões, ligamentos e nos ossos.



**Tração (+)**



**Compressão (-)**

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: tração /compressão

No caso de corpos sólidos,

$$k = E \frac{A}{\ell_o}$$

onde,  $E$  é **módulo de Young** em  $N/m^2$ ,  $\ell_o$  é o comprimento inicial do material (objecto) em metros (m) e  $A$  é area de secção transversal em  $m^2$ .

O módulo de Young ( $E$ ) é uma propriedade mecânica com base no qual mede-se a rigidez de um sólido.

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: tração /compressão

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (13)$$

onde,  $\sigma$  é a tensão (também chamado de *stress*) ( $\sigma = F/A$ ) em  $N/m^2$  no SI e  $\epsilon$  é a deformação relativa do corpo (*strain*) ( $\epsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_o}$ ), isto é, mudança no comprimento dividido pelo comprimento original.

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força de atrito

Existe dois tipos de força de atrito, a saber:

- Força de atrito estático;
- Força de atrito cinético.

### Força de atrito estático

Se o corpo não se move, a força de atrito estático  $\vec{f}_s$  e a componente de  $\vec{F}$  paralela à superfície se equilibram.

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força de atrito

A força de atrito estático acima do qual o corpo começa a se mover denomina-se força de atrito estático máximo e é expresso por:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \quad (14)$$

onde,  $\mu_s$  é o coeficiente de atrito estático e é adimensional ( $\mu_s < 1.0$ )

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força de atrito

Se o corpo começa a deslizar sobre a superfície, o módulo da força de atrito diminui rapidamente para um valor dado por:

$$f_k = \mu_k F_N \quad (15)$$

onde,  $\mu_k$  é o coeficiente de atrito cinético e é adimensional ( $\mu_k < 1.0$ )

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força de atrito

**Tabela:** Coeficientes de atrito de alguns materiais [Okuno & Fratin,2014]

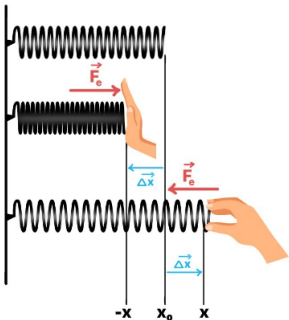
<b>Materiais</b>	$\mu_s$	$\mu_k$
Vidro com vidro	0.94	0.40
Madeira com madeira	0.25 - 0.50	0.20
Osso com osso com líquido sinovial no corpo humano	0.01	0.003



# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força Elástica

A força elástica ou restauradora tem origem nas forças intermoleculares que mantêm as moléculas e/ou átomos unidos.



Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força Elástica

### Lei de Hooke

A lei de Hooke demonstra que existe uma relação linear entre força aplicada e deformação de um objeto sólido.

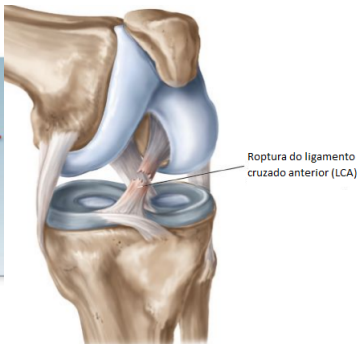
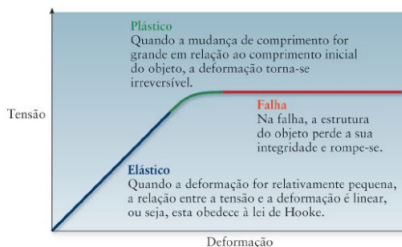
$$\vec{F}_e = -k\Delta\vec{x} \quad (16)$$

onde,  $k$  é a constante elástica e  $\Delta x$  é a elongação.

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:  
Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de  
Newton](#)[Equilíbrio dos  
Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força elástica



Tensão *versus* Deformação.

[Kesten,P & Tauck, D.,2017]

LCA rompido [Kesten,P & Tauck, D.,2017]

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Força centrípeta

Uma força centrípeta é aquela que acelera os corpos modificando somente a direcção das suas velocidades.

As direcções da aceleração centrípeta e da força centrípeta não são constantes; variam continuamente de modo a apontar sempre para o centro do círculo.

$$F_c = m \frac{v^2}{R} \quad (17)$$

onde,  $R$  é o raio do círculo descrito pela corpo durante o seu movimento.

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:](#)[Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de Newton](#)[Equilíbrio dos Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Torque

Torque é uma medida quantitativa da tendência de uma força excêntrica causar rotação ao redor de um ponto. Em seres humanos, quando os músculos contraem, exercem forças excêntricas nos ossos fazendo com que estes girem através das suas uniões (cotovelos por exemplo).

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

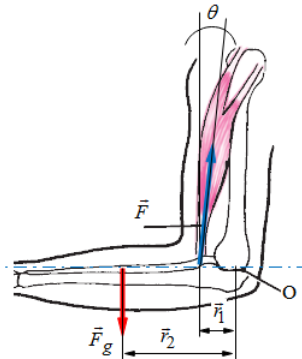
# Mecânica e Biomecânica

## Forças especiais: Torque

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (18)$$

O torque causado pela  
contração do biceps é:

$$|\vec{\tau}| = |\vec{F}| |\vec{r}_1| \cos\theta$$



# Mecânica e Biomecânica

## Condições de Equilíbrio

1. Equilíbrio estático - quando a resultante das forças e dos torques que actuam sobre o corpo é nula.

$$\begin{cases} \sum_i \vec{F}_i = 0 \\ \sum_i \vec{\tau}_i = 0 \end{cases}$$

2. Equilíbrio dinâmico - quando a resultante das forças que actuam sobre um corpo em movimento é nula e, por essa razão, o corpo move-se a uma velocidade constante sem mudança da direcção.

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:](#)[Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de Newton](#)[Equilíbrio dos Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

## Condições de Equilíbrio

É importante notar que para pudermos controlar o equilíbrio, temos que maximizar a estabilidade, i.é, a nossa habilidade de resistir à perturbação do equilíbrio. Para tal, é necessário que determinemos correctamente a posição do **centro de massa** do corpo e façamos, caso necessário, a sua correcta mudança.

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

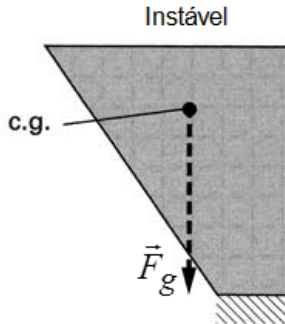
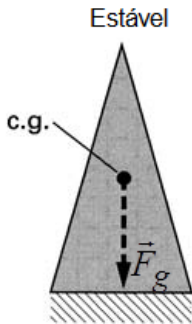
Trabalho e Energia



# Mecânica e Biomecânica

## Condições de Equilíbrio

O centro de massa é o ponto de equilíbrio de toda a massa do corpo e/ou sistema.



# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

Em Física diz-se que houve realização de trabalho quando a partícula e/ou objecto sob acção de uma força deslocou de um ponto para outro.

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} d\vec{r} \quad (19)$$

Quando a força<sup>1</sup> é constante (tanto em magnitude assim como em direcção), a Eq.(19) expressa-se por:

$$W_{AB} = Fd\cos(\theta) \quad (19a)$$

# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

Repare-se que  $F \cos(\theta)$  é a força na direcção do deslocamento e podemos representar por  $F_{||}$ .

Considerando a expressão da velocidade no movimento variado, isto é,  $v^2 = v_o^2 + 2ad$  pode-se isolar a aceleração e expressar-se a força por

$$F_{||} = m \frac{v^2 - v_o^2}{2d} \quad (20)$$

# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

Substituindo (20) em (19a) tem

$$W_{AB} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 \quad (21)$$

A quantidade  $\frac{1}{2}mv^2$  é chamada **energia cinética de translação** ( $E_c$ ) dos corpos.

# Mecânica e Biomecânica

Considerando-se a expressão da Eq.(21) pode-se definir trabalho como sendo a variação da energia cinética. Esta afirmação é geral e é válida para qualquer natureza da força.

Tanto o trabalho quanto a energia cinética, as suas unidades no SI é *joule* (J). Porém, existem outras unidades que são também usadas, como por exemplo, *ergs*<sup>2</sup> e *electron-volt* (eV)<sup>3</sup>

---

$$^2 1 \text{ ergs} = 10^{-7} \text{ J}$$

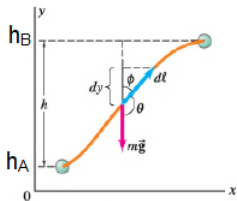
$$^3 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-16} \text{ J}$$

[Sumário](#)[Conceitos gerais](#)[Cinemática](#)[Cinemática:](#)[Translação](#)[Dinâmica](#)[Dinâmica: Leis de](#)[Newton](#)[Equilíbrio dos](#)[Corpos](#)[Trabalho e Energia](#)

# Mecânica e Biomecânica

Em caso de forças conservativas (Ex.  $\vec{F}_g$ ), o trabalho efectuado por elas não depende da trajectória seguida mas sim, da posições inicial e final.

$$W_{AB} = mg(h_A - h_B) \quad (22)$$



# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

**Tabela:** Exemplos de forças conservativas e não conservativas

<b>Forças conservativas</b>	<b>Forças não conservativas</b>
Gravitacional	Atrito
Elástica	Tensão
Eléctrica	

# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia

A quantidade  $mgh$  chama-se **energia potencial gravitacional** ( $E_p$ ) da partícula.

$$E_p = mgh \quad (23)$$

A energia potencial elástica é dada por

$$E_{pe} = \frac{1}{2}k\Delta x^2 \quad (24)$$



# Mecânica e Biomecânica

Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Em caso de rotação em torno de um determinado eixo;

$$E_c = \frac{1}{2} \left( \sum_i m_i r_i^2 \right) \omega^2 \quad (25)$$

Onde.

$$I = \sum_i m_i r_i^2 \quad \text{ou} \quad I = \int r^2 dm \quad (25a)$$

$$E_c = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (25b)$$

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
Newton

Equilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# Mecânica e Biomecânica

## Conservação da energia mecânica

Se em um sistema, as forças que realizam trabalho são somente as conservativas, a energia mecânica total do sistema não decresce e nem aumenta. Ela mantém-se constante.

$$EM_A = EM_B \Rightarrow E_{cA} + E_{pA} = E_{cB} + E_{pB} \quad (26)$$

Onde,  $EM$  refere à energia mecânica e os índices (A e B) dizem respeito às posições onde está a partícula.

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de  
NewtonEquilíbrio dos  
Corpos

Trabalho e Energia

# FIM DA AULA



Mecânica e

Biomecânica

Belarmino Luís

Matsinhe

Sumário

Conceitos gerais

Cinemática

Cinemática:

Translação

Dinâmica

Dinâmica: Leis de

Newton

Equilíbrio dos

Corpos

Trabalho e Energia