



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE ALAGOAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS SERTÃO  
EIXO TECNOLOGIA



# Mecânica dos Sólidos I

Prof. Dr. Alverlando Ricardo



Aula 1: **Introdução**

# A DISCIPLINA: MEC1

## Informações gerais:

**Ano/Semestre:** 2019.1

**Disciplina:** MECÂNICA DOS SÓLIDOS 1

**Horário:**

Quinta-feira:  
10h10 – 12h30

**Natureza:** Obrigatória

4º Período

**aula/semana:** 03 (três)

**aula/total:** 60 (sessenta)

**Docente:** Alverlando Ricardo

**E-mail:** alverlando.ricardo@hotmail.com

- **Plano de curso;**
- <http://www.ufal.edu.br/estudante/graduacao/normas>
- <https://alverlandoricardo.wixsite.com/professor>

# A DISCIPLINA: MEC1

## ➤ EMENTA & OBJETIVOS:



### Ementa:

Objetivos da mecânica dos sólidos rígidos e deformáveis.  
Estática dos pontos materiais. Estática dos corpos rígidos.  
Características geométricas dos corpos.

### Objetivos:

Conceituação básica e aplicações dos princípios que regem a Mecânica dos Sólidos (corpos rígidos), tendo como suporte matemático, noções de álgebra vetorial.  
Introdução à análise estrutural através do cálculo de reações de apoio.

# A DISCIPLINA: MEC1

## ➤ Conteúdo Programático:



## Conteúdo Programático:

---

### *Estática dos pontos materiais*

- Força. Decomposição de uma força em componentes
- Componentes cartesianas de uma força. Adição de forças
- Equilíbrio de um ponto material. Diagramas de corpo livre

### *Corpos rígidos*

- Momento de uma força em relação a um ponto. Teorema de Varignon
- Componentes cartesianas do momento de uma força
- Projeção de um vetor sobre um eixo dado
- Momento de uma força em relação a um eixo
- Binários. Momento de um binário. Binários equivalentes. Adição de binários
- Sistema força-binário. Redução de um sistema de forças a uma força e um binário

# A DISCIPLINA: MEC1

## ➤ Conteúdo Programático:



## Conteúdo Programático (continuação):

### *Equilíbrio dos corpos rígidos*

#### - Equilíbrio em duas dimensões

- \* Reações nos vínculos de uma estrutura. Tipos de apoio
- \* Equilíbrio de um corpo rígido (Diagrama de corpo livre)
- \* Corpo em equilíbrio submetido a duas e três forças

#### - Equilíbrio em três dimensões

- \* Reações nos vínculos de uma estrutura
- \* Equilíbrio de um corpo rígido (Diagrama de corpo livre)

# A DISCIPLINA: MEC1

## ➤ Conteúdo Programático:



## Conteúdo Programático (continuação):

### *Forças distribuídas: Centróides*

- Baricentro de um corpo bidimensional
- Centróides de superfícies e curvas
- Momentos de primeira ordem. Simetria
- Centróides de superfícies compostas
- Determinação do centróide por integração
- Teorema de Pappus. Cargas distribuídas sobre vigas

# A DISCIPLINA: MEC1

## ➤ Conteúdo Programático:



## Conteúdo Programático (continuação):

### *Forças distribuídas: Momentos de inércia*

- Momentos de Segunda ordem (ou de inércia) de uma superfície
- Determinação do momento de inércia por integração
- Momento polar de inércia. Raios de giração
- Teorema dos eixos paralelos
- Momento de inércia de superfícies compostas
- Produto de inércia. Eixos e momentos principais de inércia
- Círculo de Mohr para momentos e produtos de inércia

# A DISCIPLINA: MEC1



## REFERENCIAS BÁSICAS



**BEER et *al.* (2011)**

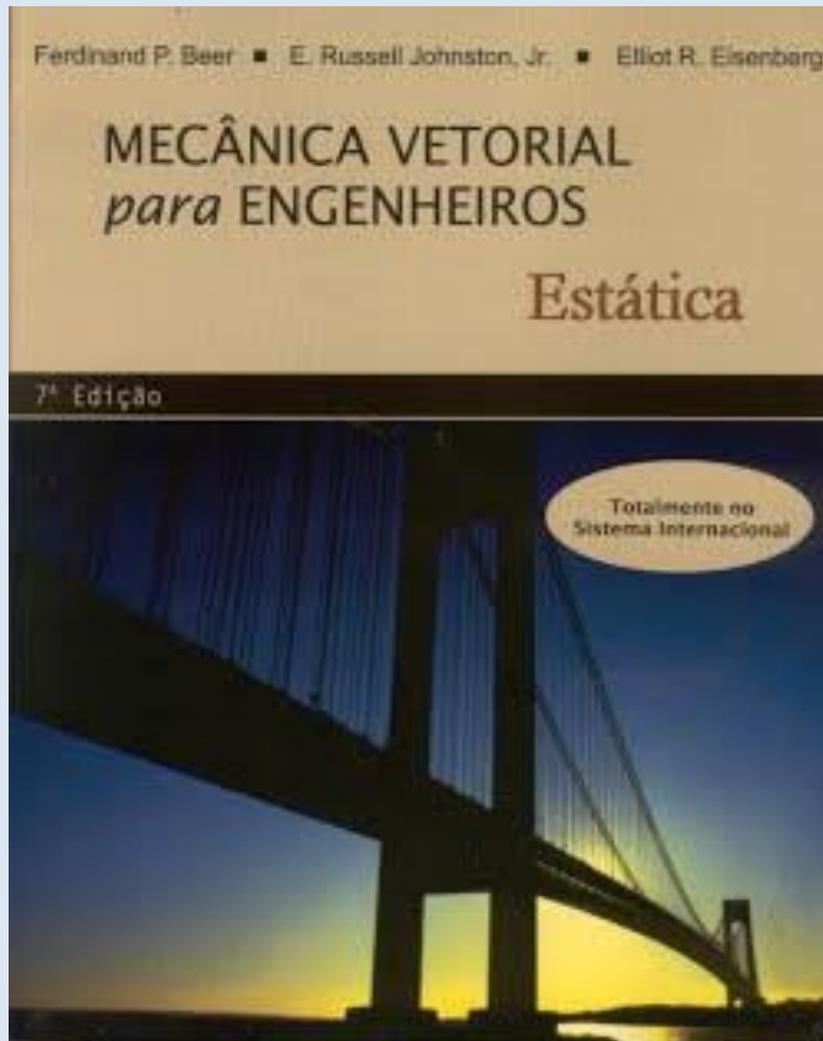
“MECÂNICA VETORIAL PARA ENGENHEIROS”. 9ª edição. AMGH (**Livro Texto**).

Nº de Exemplares na BU: XX

# A DISCIPLINA: MEC1



## REFERENCIAS BÁSICAS



**BEER et *al.* (20XX)**

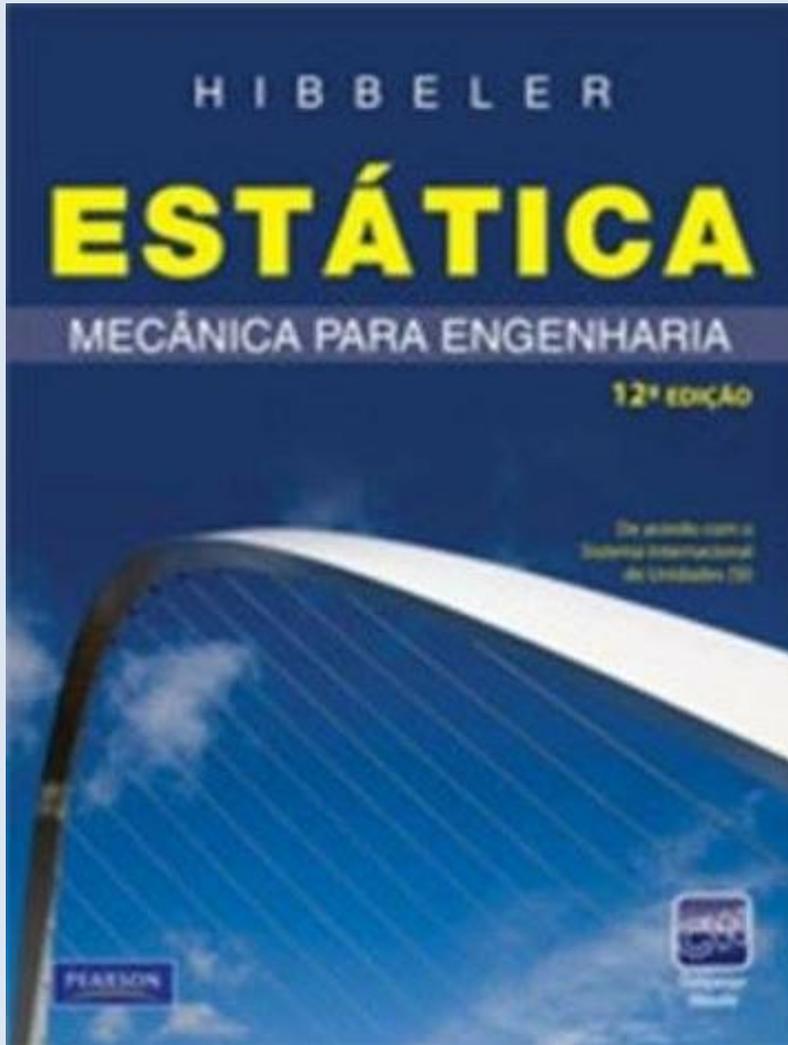
“MECÂNICA VETORIAL PARA ENGENHEIROS”. 7ª edição, 2006. **(Livro Texto)**.

Nº de Exemplares na BU: XX

# A DISCIPLINA: MEC1



## REFERENCIAS BÁSICAS



**Hibbeler R. C. (Várias edições)**

ESTÁTICA: Mecânica para Engenheiros, 12ª edições.

Nº de Exemplares na BU: XX

# A DISCIPLINA: MEC1



## REFERENCIAS BÁSICAS



**Notas de aula:**  
Disciplina: Mecânica dos Sólidos 1  
Professor: Eduardo Nobre Lages

# A DISCIPLINA: MEC1

Os passos em direção à análise e projeto de estruturas:

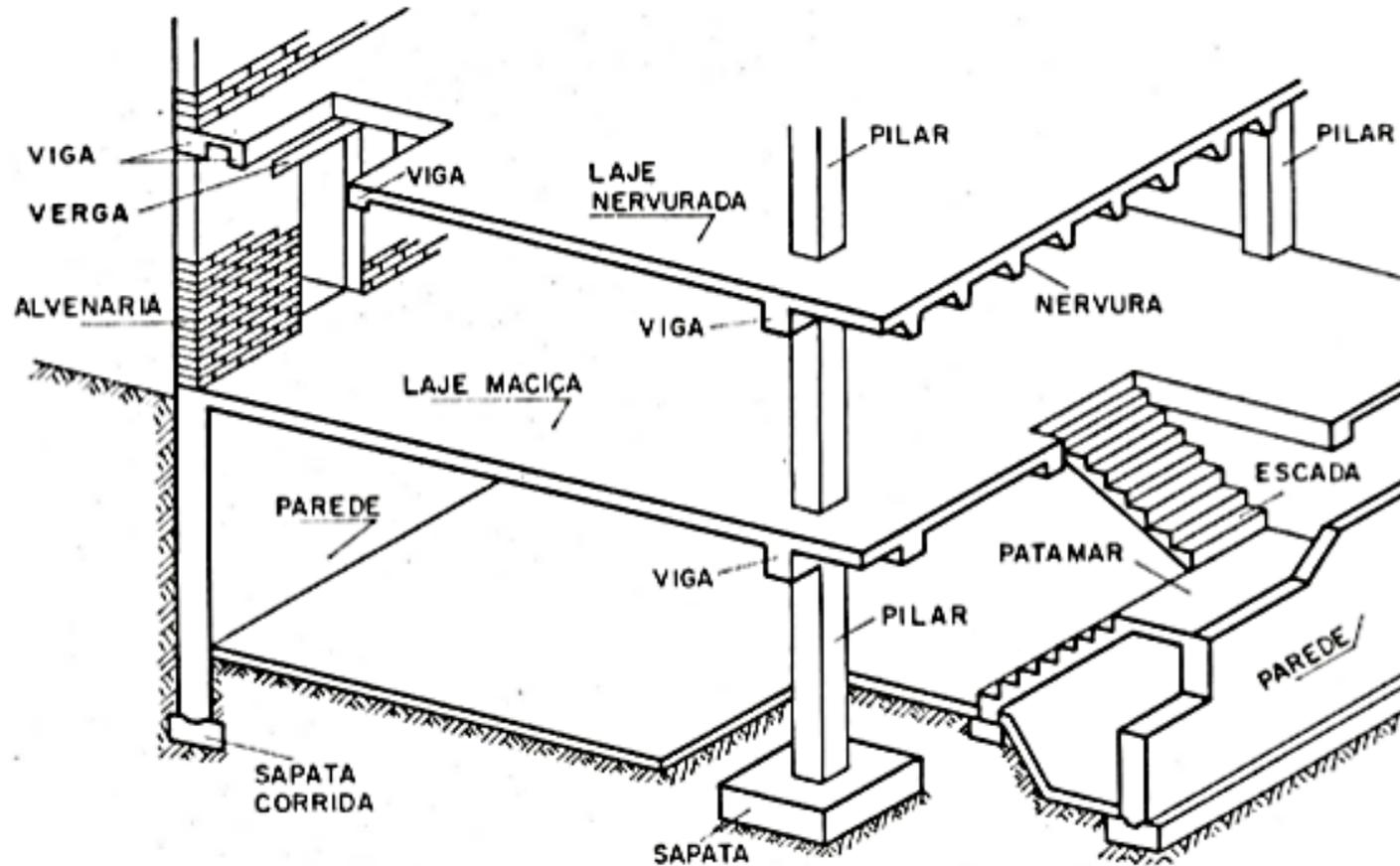
1º semestre:	-
2º semestre:	-
3º semestre:	Mecânica dos Sólidos 1
4º semestre:	Teoria das Estruturas 1
5º semestre:	Mecânica dos Sólidos 2
6º semestre:	Mecânica dos Sólidos 3
7º semestre:	Teoria das Estruturas 2 Estruturas de Concreto 1 Estruturas de Aço
8º semestre:	Estruturas de Concreto 2 Estruturas de Madeira
9º semestre:	Fundações 2
10º semestre:	-



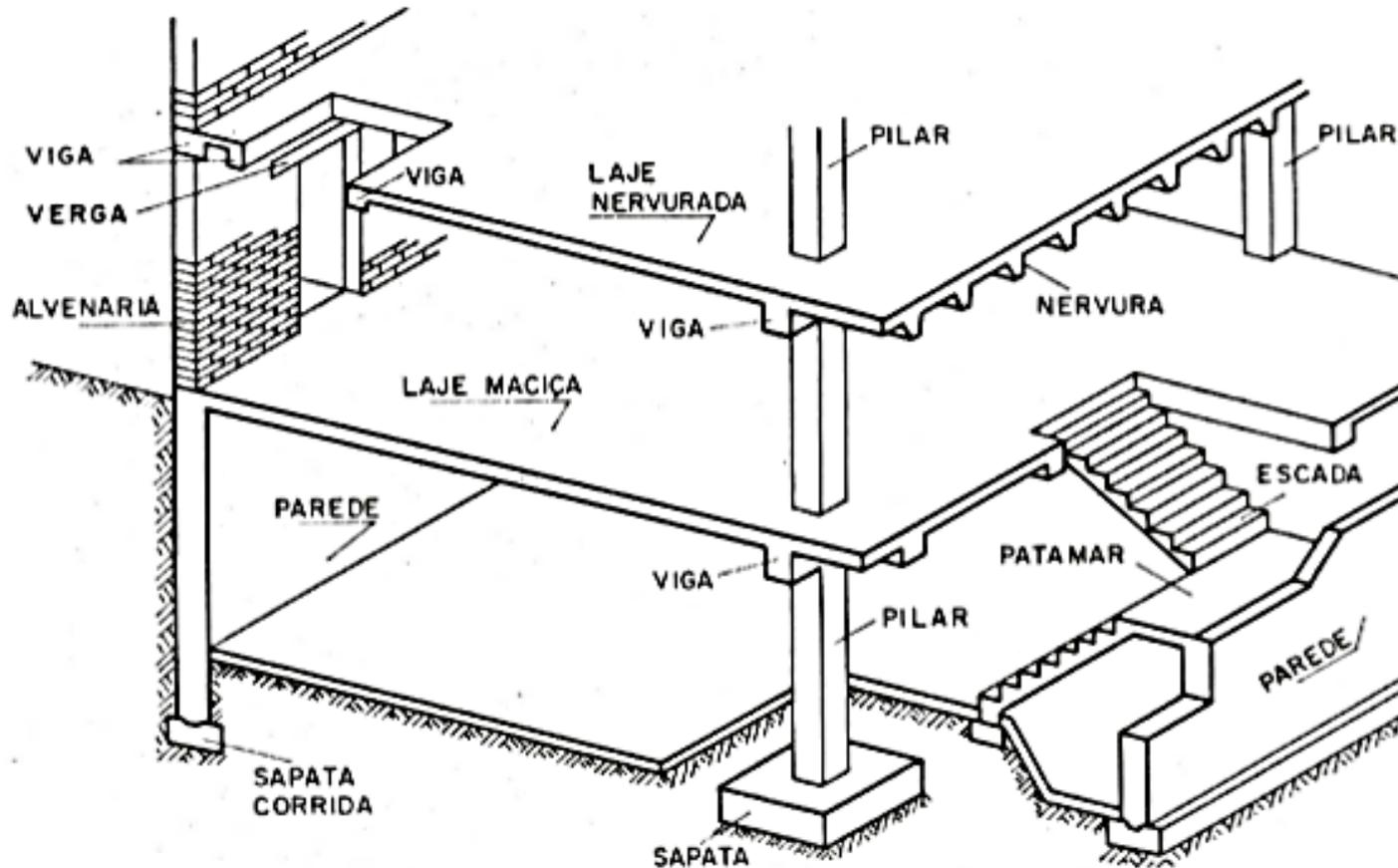
*Estática: Pontos materiais, Corpos rígidos,  
Centroide e inércia.*

# Introdução à Análise Estrutural

# O que é Estrutura?



# O que é Estrutura?

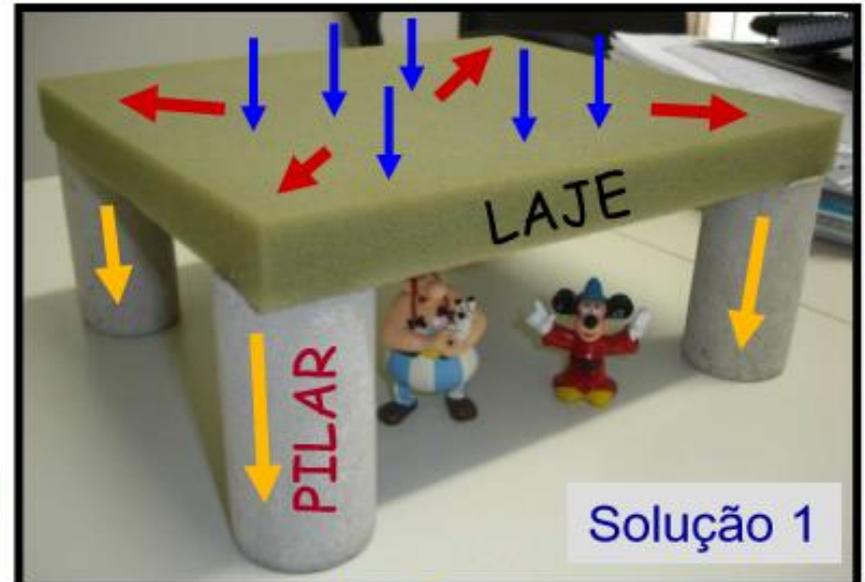


É a parte ou o *conjunto das partes* de uma construção que se destina a *resistir a cargas e transmiti-las ao solo*.

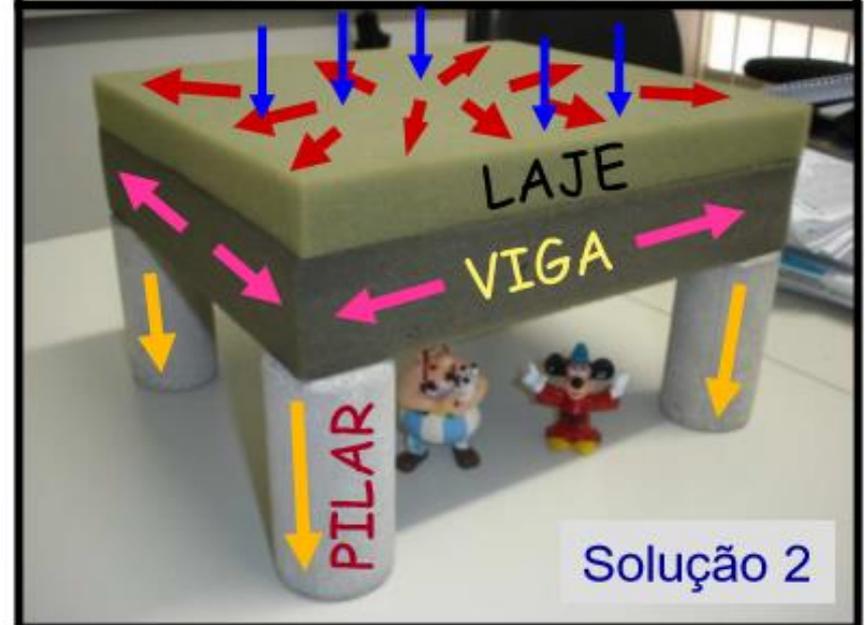
# Qual a melhor solução Estrutural?



Proposta Arquitetônica

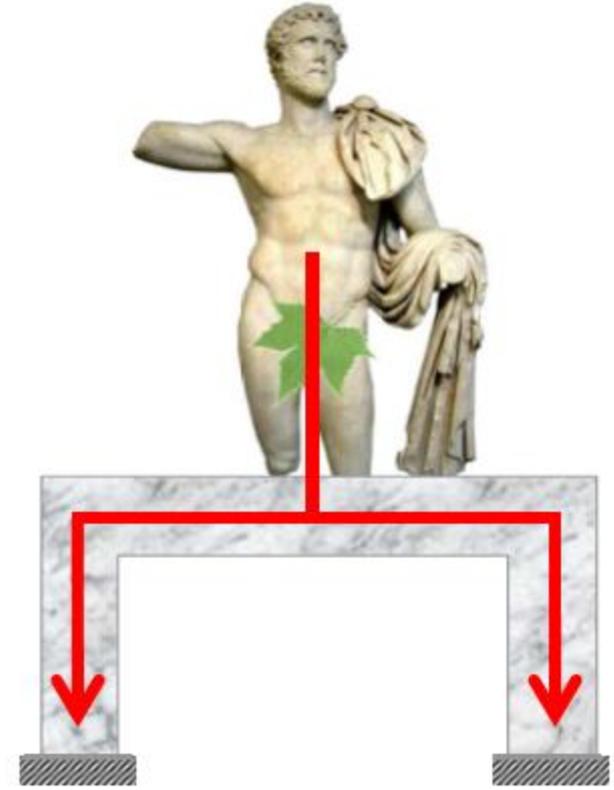
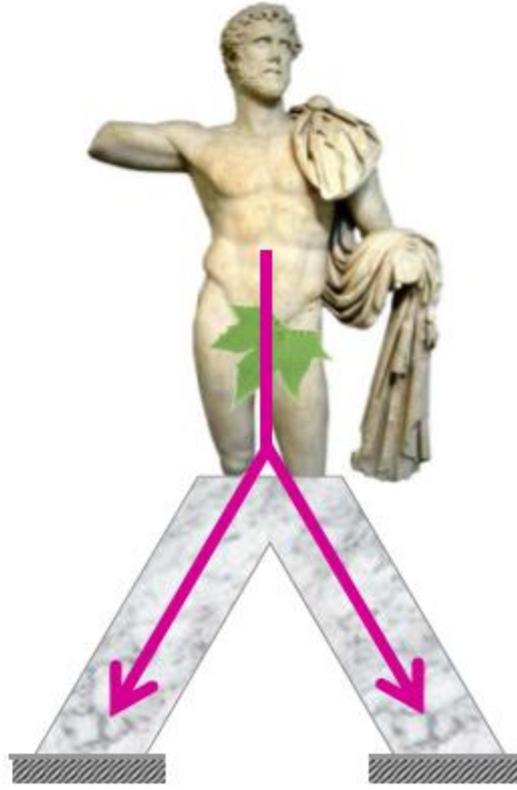
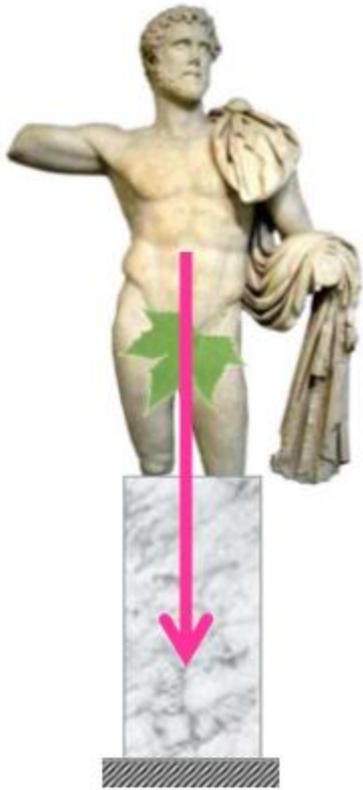


Solução 1

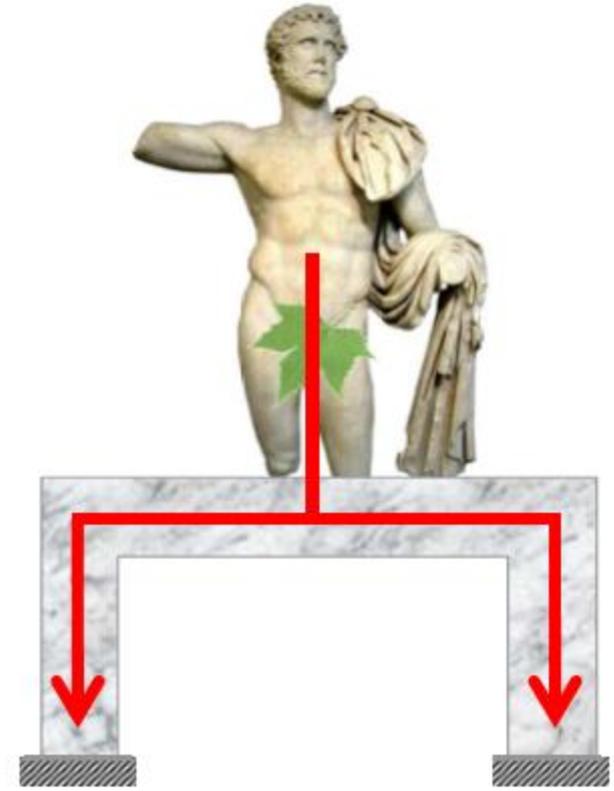
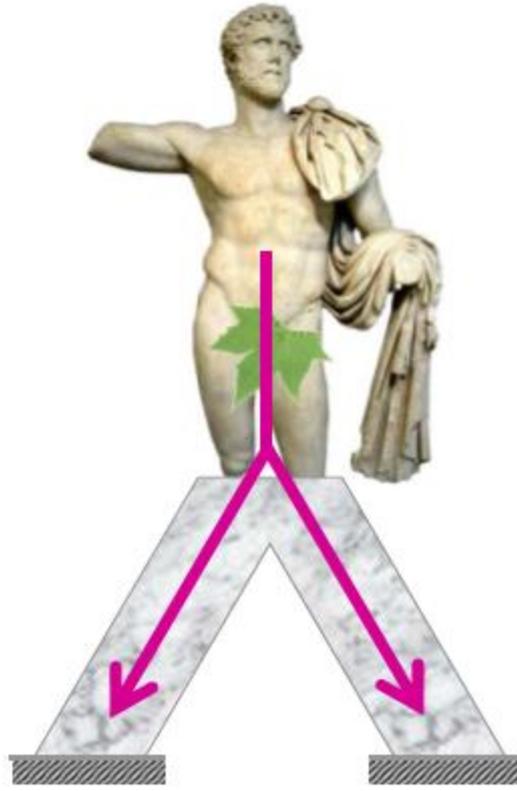
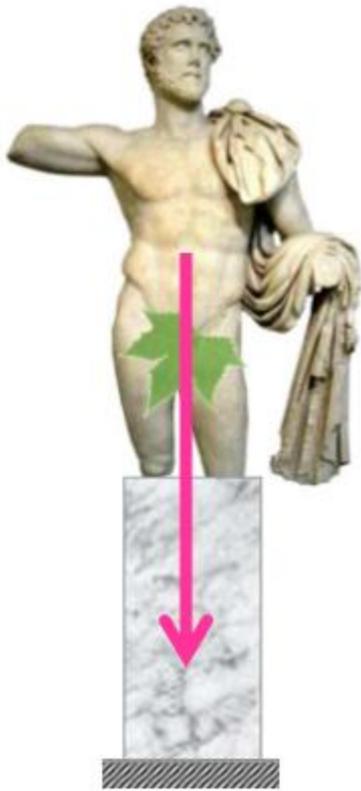


Solução 2

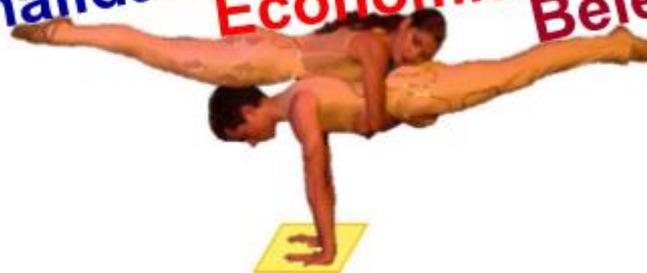
# Qual a melhor solução Estrutural?



# Qual a melhor solução Estrutural?



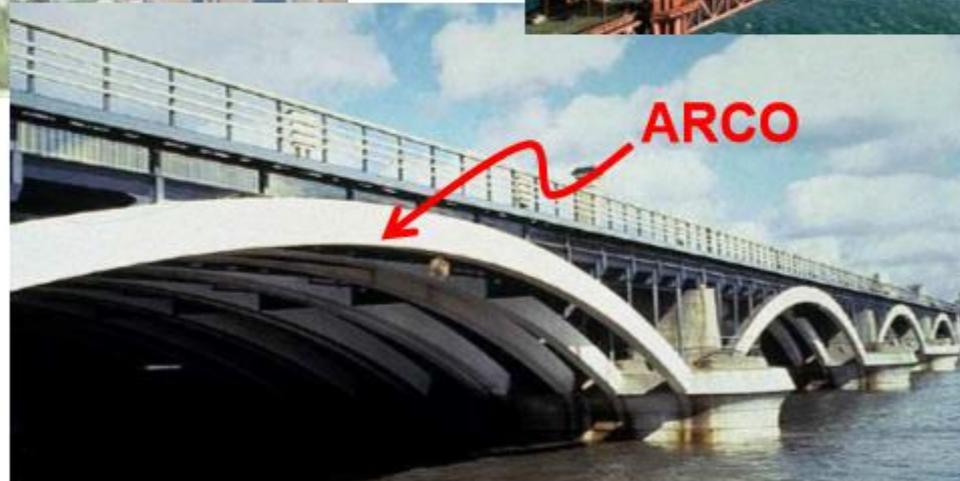
**Funcionalidade** **Economia** **Beleza**



# A Geometria dos Elementos Estruturais

## ***BARRAS OU FIOS:***

São elementos estruturais que apresentam uma de suas dimensões predominando sobre as outras duas.



# A Geometria dos Elementos Estruturais

## *FOLHAS:*

São elementos estruturais que apresentam duas de suas dimensões predominando sobre a terceira.

**CHAPA (VIGA PAREDE)**



**PLACA (LAJE)**

**CASCA**



# A Geometria dos Elementos Estruturais

## ***BLOCOS:***

São elementos estruturais que apresentam as três dimensões na mesma ordem de grandeza.



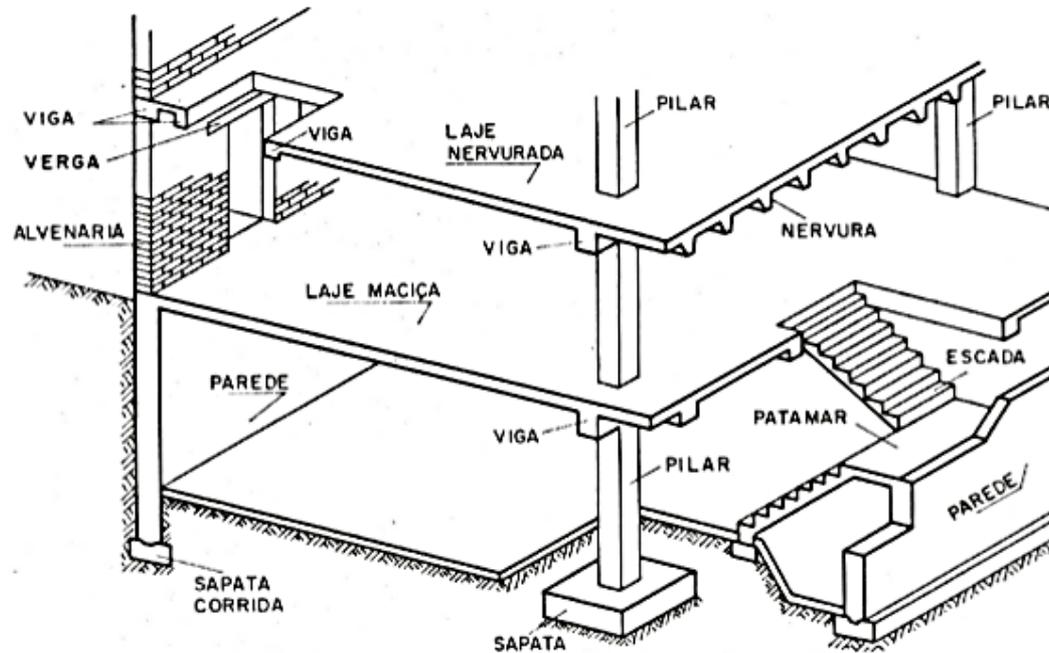
**BLOCO DE  
CONTRAFORTE DE  
UMA BARRAGEM**



**BLOCO DE  
FUNDAÇÃO**

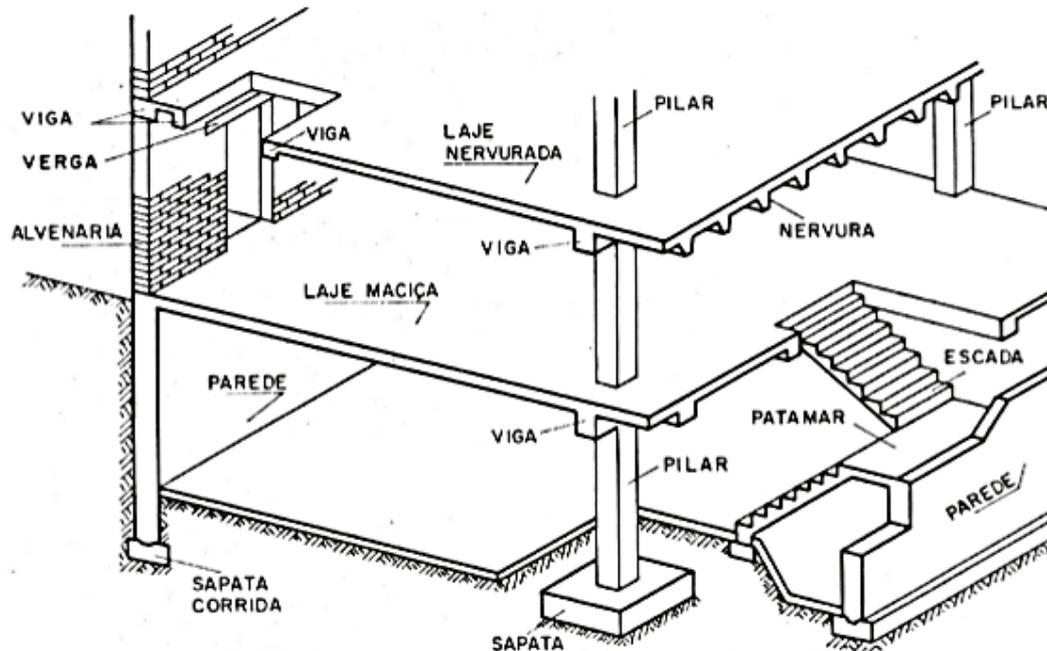
# Forças que Atuam nas Estruturas

As estruturas funcionam como caminho das forças para levá-las ao solo.

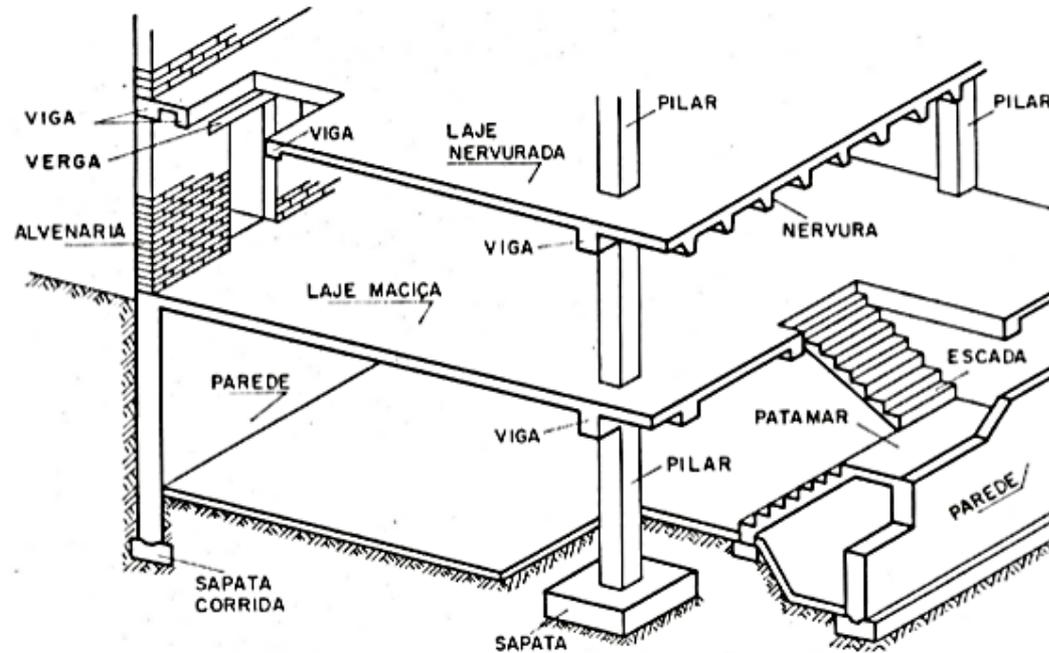


# Forças que Atuam nas Estruturas

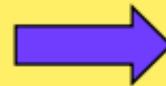
As forças que atuam nas edificações precisam ser muito bem conhecidas (intensidade, direção e sentido) para que a concepção estrutural seja coerente com o caminho que essas forças devem percorrer até o solo e para que os elementos estruturais sejam adequadamente dimensionados.



# Forças que Atuam nas Estruturas



Cargas permanentes



Toda a vida útil

Cargas acidentais



Eventualmente

# Forças que Atuam nas Estruturas

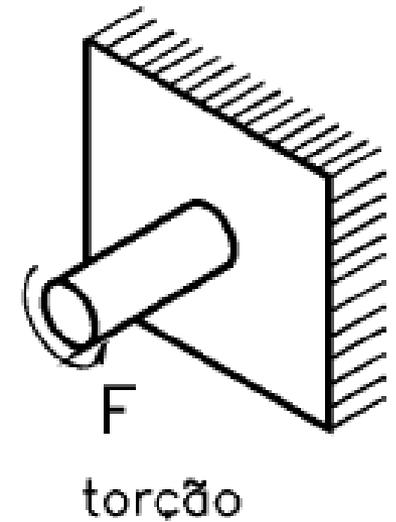
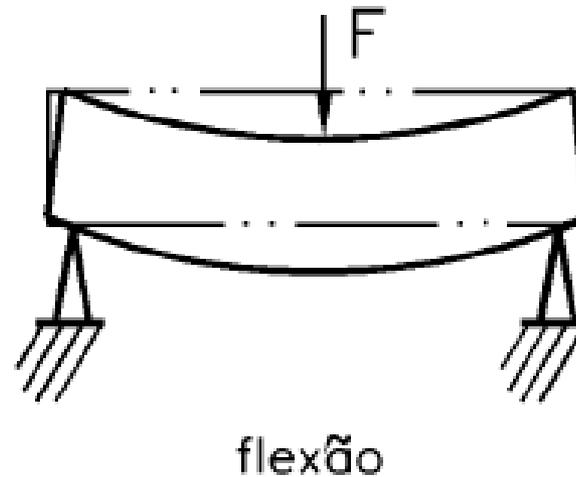
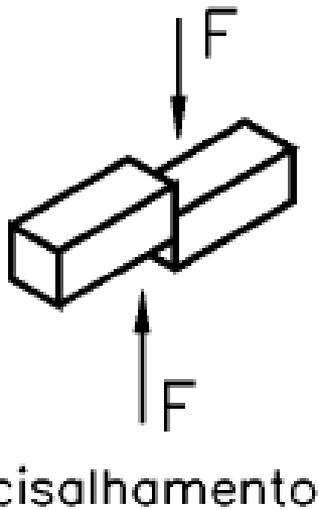
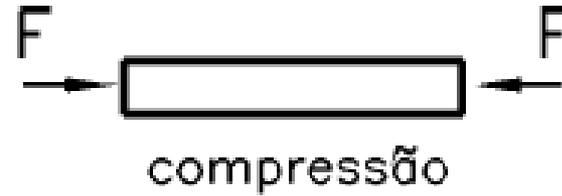
**Cargas permanentes:** determinadas com boa precisão

- Peso próprio da estrutura
- Peso dos revestimentos
- Peso das paredes

**Cargas acidentais:** estimadas por Normas

- Peso de ocupação das pessoas
- Peso dos mobiliários
- Peso de veículos
- Força do vento

# Tipos de Solicitações



# Alguns Critérios de Projeto

## Equilíbrio

Conceber um arranjo estrutural capaz de absorver às sollicitação externas e transmiti-las aos elementos de apoio mantendo-se em repouso.



# Alguns Critérios de Projeto

## Estabilidade

A configuração de equilíbrio do arranjo estrutural não pode ser alterado drasticamente na presença das imperfeições e das ações perturbadoras.



Estável



Instável



Indiferente



# Alguns Critérios de Projeto

## Resistência

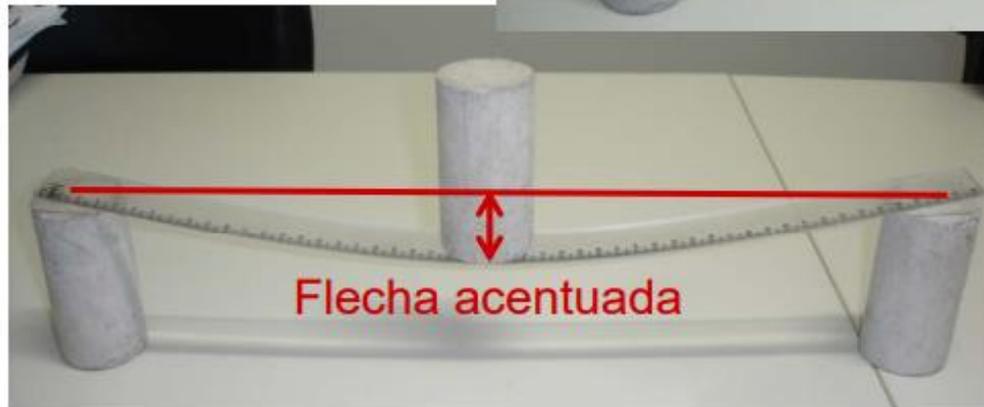
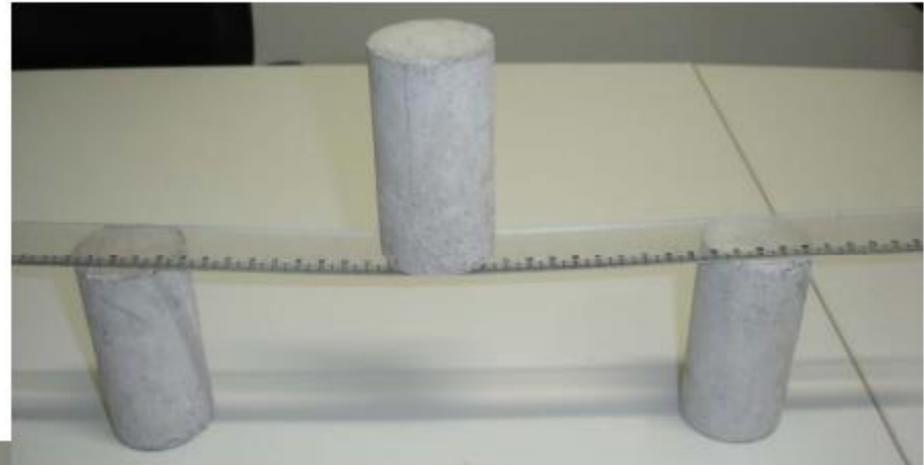
O material das peças estruturais deve ser capaz de absorver o nível de sollicitação interna gerado pela ações externas sem comprometer a sua integridade física.



# Alguns Critérios de Projeto

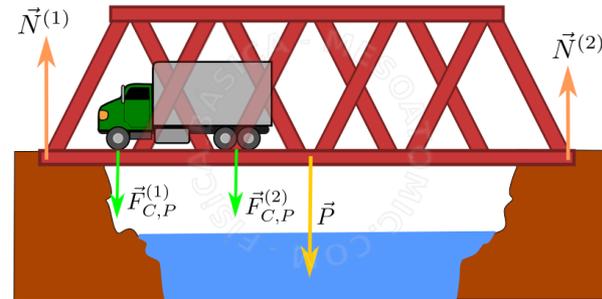
## Rigidez

As peças estruturais devem ser capazes de absorver as ações externas sem apresentar grandes deslocamentos que comprometam sua funcionalidade.



# Introdução à Mecânica

# O que é a Mecânica?



Ciência que descreve e prediz as condições de repouso ou movimento de corpos sob a ação de forças.



# Histórico

Aristóteles (384-322 a.C.)



**Estudou o movimento de corpos celestes.**

Arquimedes (287-212 a.C.)



**Leis da alavanca;  
Estudo de roldanas e polias;  
Lei do Empuxo;  
Determinação do número  $\pi$ .**

Isaac Newton (1643-1727 d.C)



**Lei Fundamental da Dinâmica;  
Teoria da Gravitação Universal;  
Cálculo Integral e Diferencial;  
Natureza das Cores.**

# Conceitos e Princípios Fundamentais

A **Estática** é a parte da Física que estuda sistemas (**partículas** ou **corpos rígidos**) sob a ação de forças que se **equilibram**.

De acordo com a **primeira lei de Newton**, todas as partes de um sistema em equilíbrio também estão em equilíbrio.

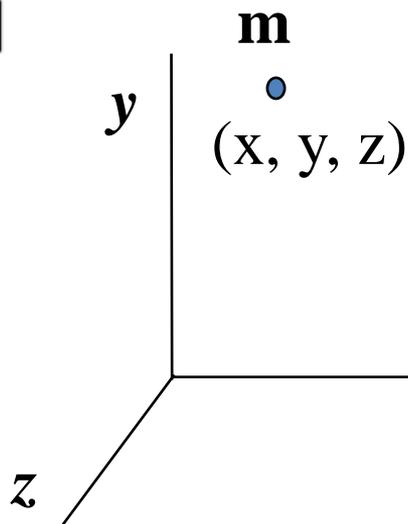


De acordo com a **segunda lei de Newton**, a aceleração destes sistemas é nula.

# Conceitos e Princípios Fundamentais

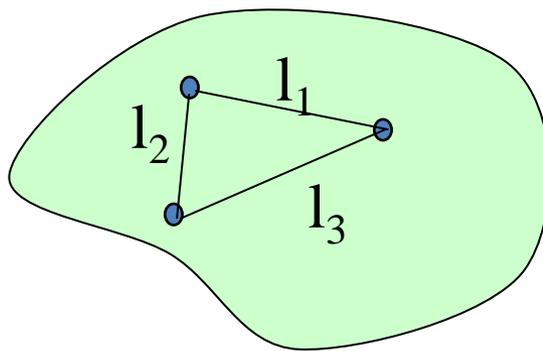
## Partícula:

É uma quantidade de matéria, que se supõe ocupar um único ponto no espaço.



## Corpo Rígido:

É um corpo ideal, resultante da combinação de um grande número de partículas ocupando posições fixas no espaço umas em relação às outras.



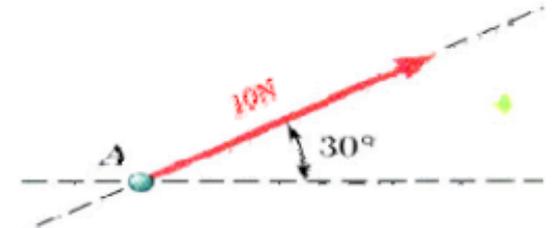
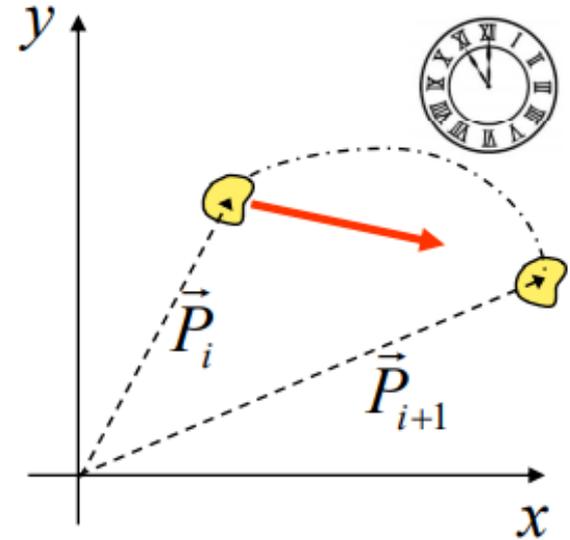
# Conceitos e Princípios Fundamentais

- **Espaço:** Conceito associado a noção de posição de um ponto **P**, relativamente a origem de um determinado referencial de coordenadas.

- **Tempo:** A posição de um ponto **P** pode modificar-se com o tempo.

- **Massa:** Conceito associado à quantidade de matéria.

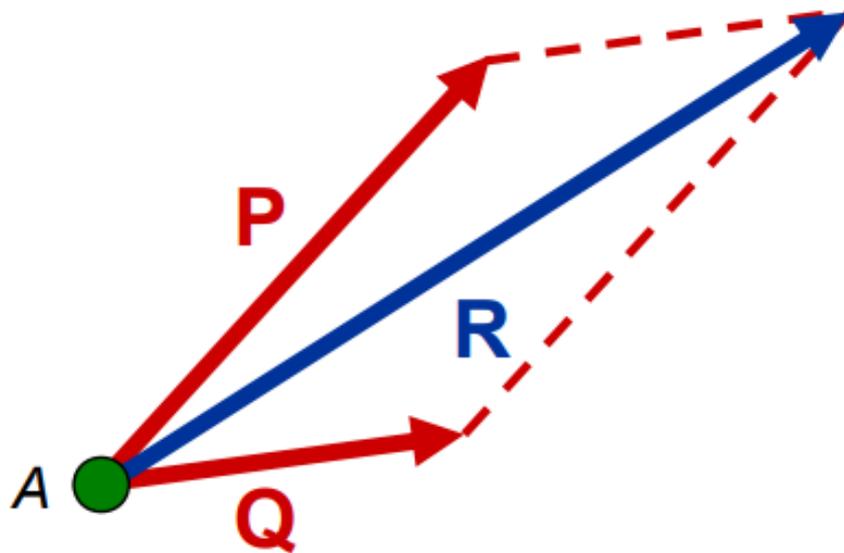
- **Força:** Representa a ação de um corpo sobre outro, podendo exercer-se por contato direto ou à distância. Uma força é caracterizada pelo **ponto de aplicação, intensidade, direção e sentido**; representa-se por um vetor.



# Conceitos e Princípios Fundamentais

O estudo da **Mecânica Newtoniana** repousa em seis princípios fundamentais, com base em evidências experimentais:

1 – Regra do Paralelogramo para Adição de Forças: Estabelece que duas forças atuando numa partícula podem ser substituídas por uma única força, chamada *resultante*, obtida traçando a diagonal do paralelogramo que tem por lados as duas forças dadas.

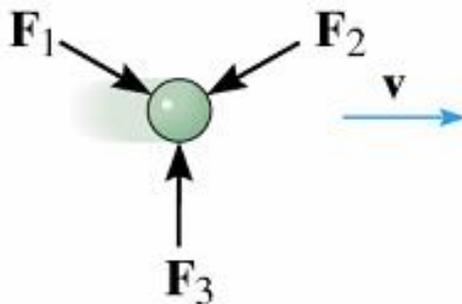


# Conceitos e Princípios Fundamentais

As três leis fundamentais de *Newton*:

2 – Primeira Lei de Newton: Se a resultante das forças que atuam numa partícula é nula, esta permanecerá em repouso (se estava inicialmente em repouso) ou mover-se-á com velocidade constante segundo uma linha reta (se estava inicialmente em movimento).

Para matutar: Um elevador de um prédio de apartamentos encontra-se, durante um certo tempo, sob a ação exclusiva de **duas forças** opostas: **o peso e a tração do cabo**, ambas de **intensidade igual a 2000 N**. O elevador está parado?

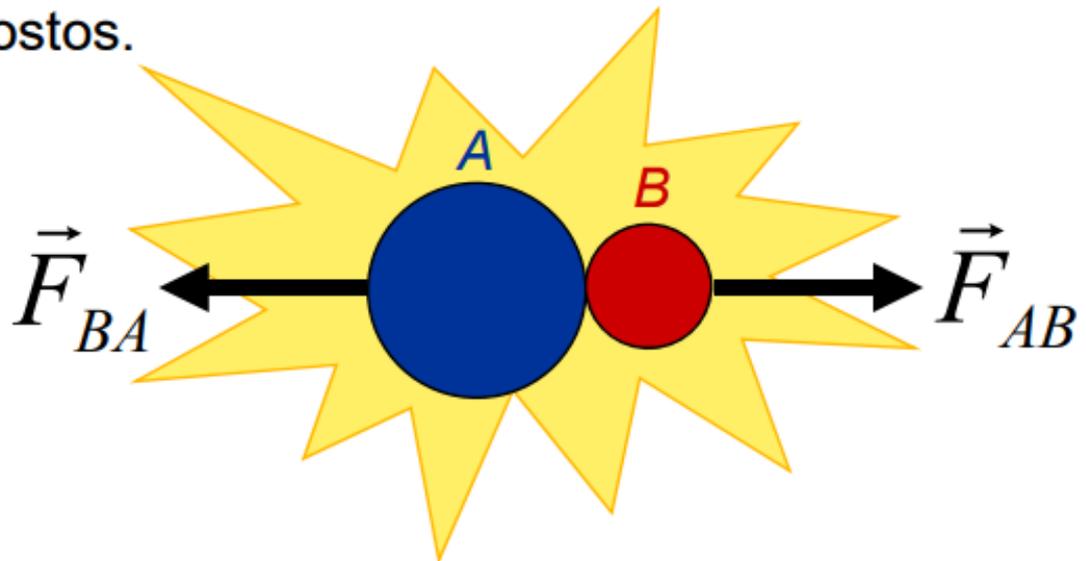
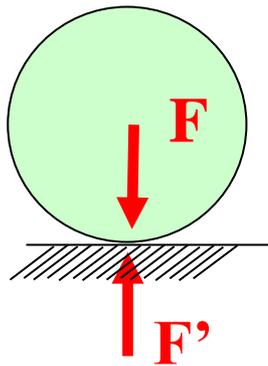


# Conceitos e Princípios Fundamentais

3 – Segunda Lei de Newton: Se a resultante que atua sobre um ponto material não é zero, este terá uma aceleração proporcional à intensidade da resultante e na direção desta, com o mesmo sentido.

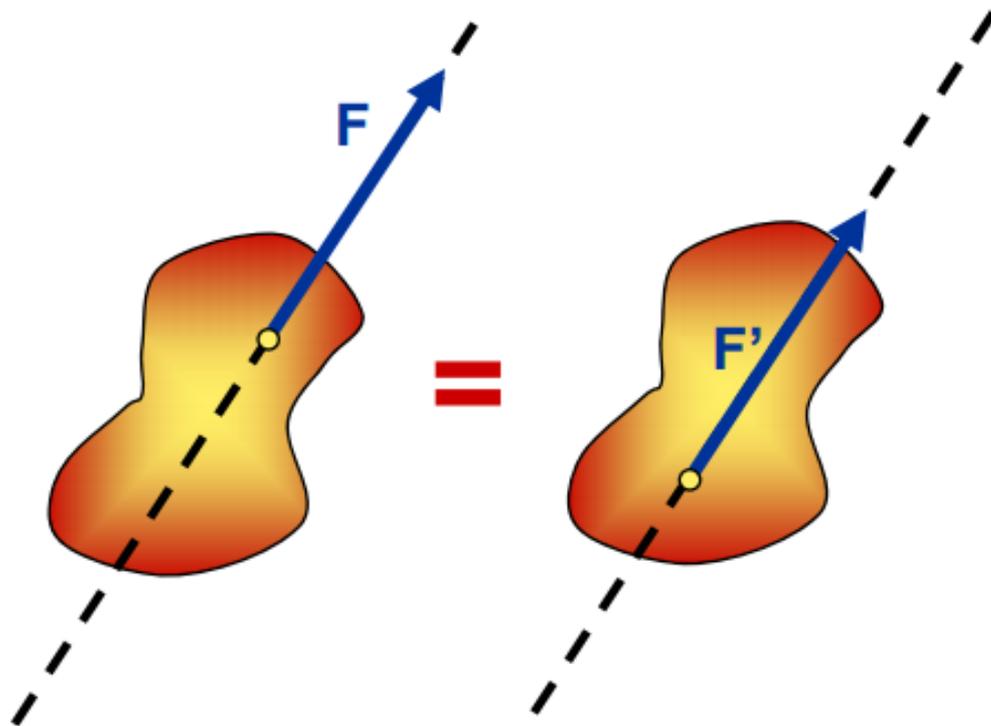
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

4 – Terceira Lei de Newton: As forças de ação e reação entre corpos interagindo têm as mesmas intensidades, mesmas linhas de ação e sentidos opostos.



# Conceitos e Princípios Fundamentais

5 – Princípio da Transmissibilidade: Estabelece que as condições de equilíbrio ou de movimento de um corpo rígido não se alteram se substituirmos uma força atuando num ponto do corpo por outra força com a mesma intensidade, direção e sentido, mas atuando em um outro ponto do corpo, desde que ambas as forças possuam a mesma linha de ação.



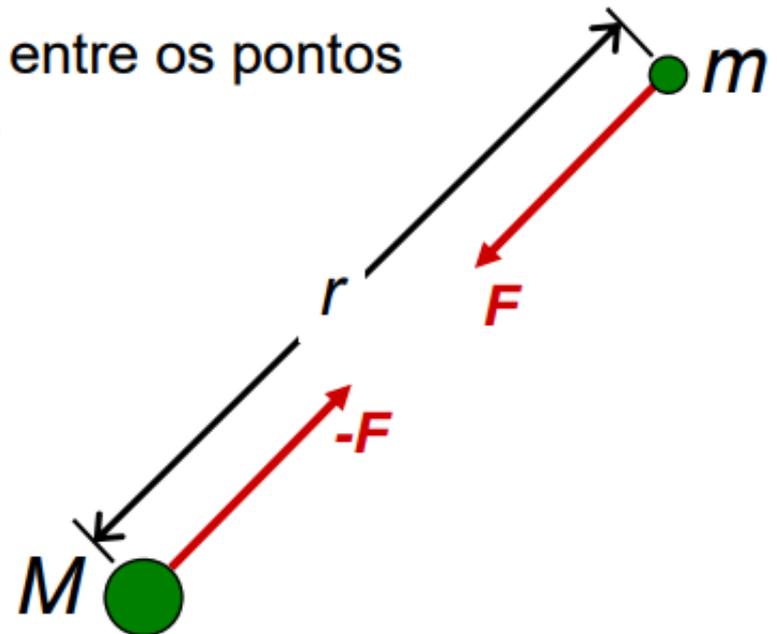
# Conceitos e Princípios Fundamentais

6 – Lei da Gravitação de Newton: Estabelece que dois pontos materiais de massas  $M$  e  $m$  são mutuamente atraídos com forças iguais e opostas  $F$  e  $-F$  de intensidade  $F$  dada por:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

constante universal de gravitação

distância entre os pontos materiais

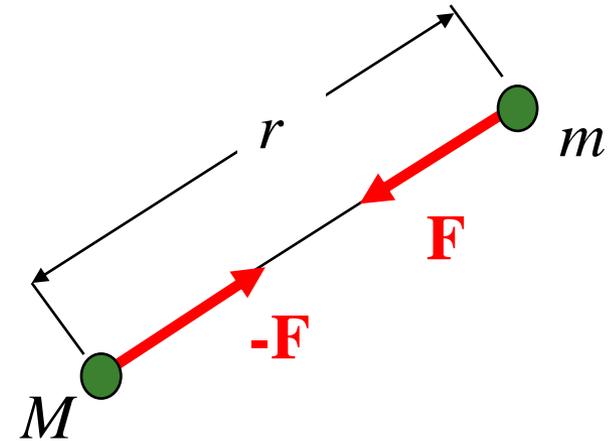


# Conceitos e Princípios Fundamentais

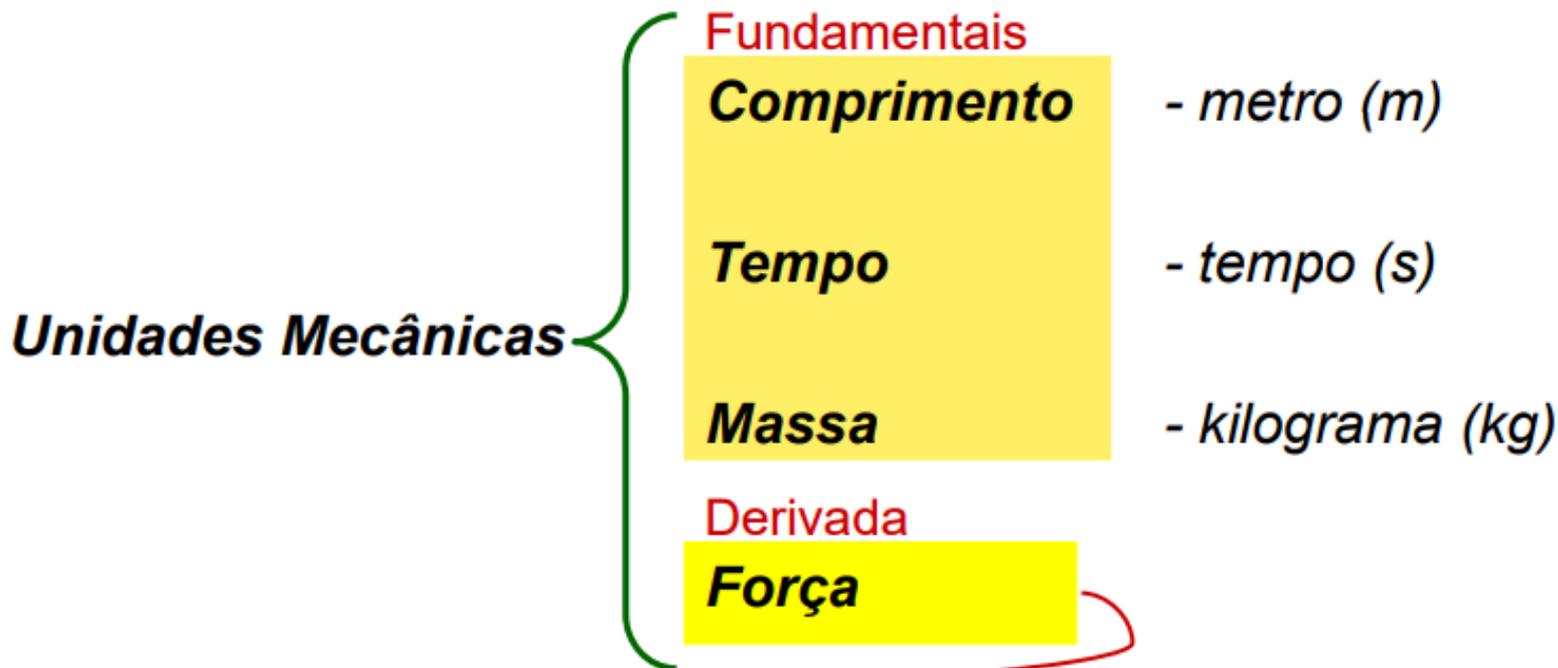
- Para corpos na superfície da terra:

$$g = \frac{GM}{R^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$$

- Onde  $M$  e  $R$  são a massa e o raio da terra.
- Logo, a força exercida pela terra sobre a partícula (Peso) é igual a  $P = mg$ .
- O peso é a força mais importante para a Estática.



# Conceitos e Princípios Fundamentais



Esta unidade derivada chama-se *Newton (N)* e define-se como a **força** que produz uma **aceleração de  $1 \text{ m/s}^2$**  numa **massa de  $1 \text{ kg}$** .

$a = 1 \text{ m/s}^2$

$m = 1 \text{ kg}$   $\rightarrow$   $F = 1 \text{ N}$       $1 \text{ N} = (1 \text{ kg})(1 \text{ m/s}^2)$

# SISTEMA DE UNIDADES

- Unidades cinéticas (FUNDAMENTAIS):
  - ❖ unidade de comprimento = *metro*
  - ❖ unidade de tempo = *segundo*
  - ❖ unidade de massa = *quilograma*
  - ❖ unidade de força = *newton*

# Conversão entre SISTEMAS DE UNIDADES

Quantity	U.S. Customary Unit	SI Equivalent
Acceleration	ft/s <sup>2</sup>	0.3048 m/s <sup>2</sup>
	in./s <sup>2</sup>	0.0254 m/s <sup>2</sup>
Area	ft <sup>2</sup>	0.0929 m <sup>2</sup>
	in <sup>2</sup>	645.2 mm <sup>2</sup>
Energy	ft · lb	1.356 J
Force	kip	4.448 kN
	lb	4.448 N
	oz	0.2780 N
Impulse	lb · s	4.448 N · s
Length	ft	0.3048 m
	in.	25.40 mm
	mi	1.609 km
Mass	oz mass	28.35 g
	lb mass	0.4536 kg
	slug	14.59 kg
	ton	907.2 kg
Moment of a force	lb · ft	1.356 N · m
	lb · in.	0.1130 N · m

# Conversão entre SISTEMAS DE UNIDADES

Quantity	U.S. Customary Unit	SI Equivalent
Moment of inertia		
Of an area	in <sup>4</sup>	$0.4162 \times 10^6 \text{ mm}^4$
Of a mass	lb · ft · s <sup>2</sup>	$1.356 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Momentum	lb · s	$4.448 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$
Power	ft · lb/s	1.356 W
	hp	745.7 W
Pressure or stress	lb/ft <sup>2</sup>	47.88 Pa
	lb/in <sup>2</sup> (psi)	6.895 kPa
Velocity	ft/s	0.3048 m/s
	in./s	0.0254 m/s
	mi/h (mph)	0.4470 m/s
	mi/h (mph)	1.609 km/h
Volume	ft <sup>3</sup>	$0.02832 \text{ m}^3$
	in <sup>3</sup>	$16.39 \text{ cm}^3$
Liquids	gal	3.785 L
	qt	0.9464 L
Work	ft · lb	1.356 J

# Solução de problemas

- ❑ Estudar o problema e tentar relacionar a situação real com a teoria estudada.
- ❑ Listar os dados fornecidos e as variáveis desconhecidas.
- ❑ Desenhar os diagramas necessários.
- ❑ Aplicar os princípios relevantes e resolver corretamente as equações obtidas.
- ❑ Analisar os resultados obtidos:
  - ❑ Bom senso: os resultados fazem sentido ?
  - ❑ As dimensões e unidades estão consistentes ?

# ATENÇÃO!



**KEEP  
CALM**

**BECAUSE**

**RAPADURA É DOCE  
MAS NÃO É MOLE NÃO**

# NUNCA DESISTA



# LUTE!

...

**CONTINUA na Próxima Aula**

# Aplicação

