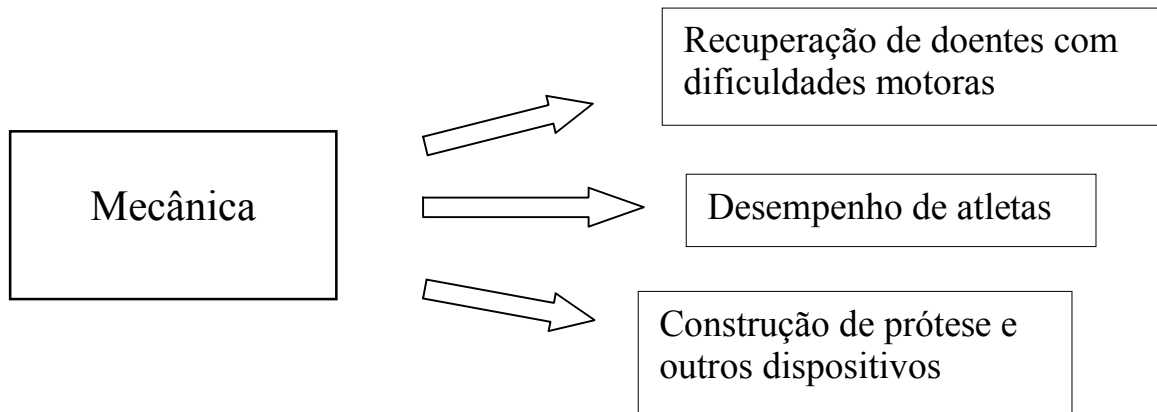


# COMPLEMENTOS DE MECÂNICA

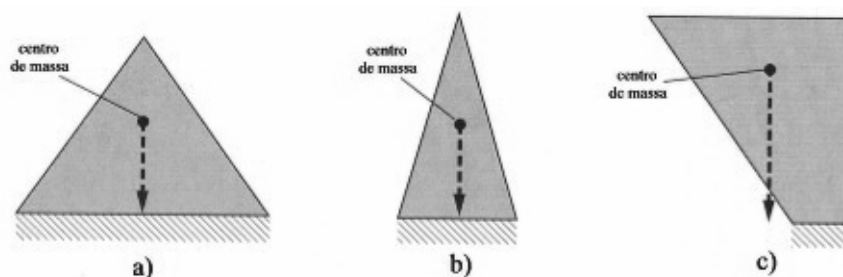


## CORPOS EM EQUILÍBRIO

- A primeira condição de equilíbrio de um corpo corresponde à Primeira Lei de Newton e escreve-se através da expressão vectorial:

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$$

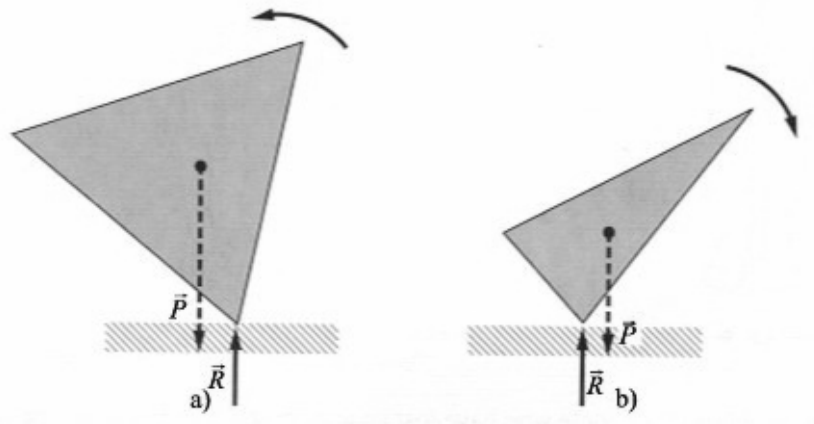
- A segunda condição depende não apenas das forças que estão aplicadas, mas também do ponto de aplicação das mesmas.
- Se pensarmos num corpo em que as únicas forças presentes são o seu peso e a força normal ao plano onde este se encontra. Verifica-se que, para que o corpo se mantenha em repouso, é necessário que a vertical que passa sobre o seu centro de massa se encontre sobre a sua base de sustentação. Ou seja, enquanto que na situação c) o corpo movimentar-se-á, nas situações a) e b) os corpos manter-se-ão em repouso.



- A grandeza que permite estabelecer a segunda condição de equilíbrio num corpo rígido é o momento da força. Que é também uma grandeza vectorial, cujo módulo é dado por:

onde:  $F$  é o valor da força,  $d$  é a distância do ponto de aplicação da força ao ponto de rotação e  $\alpha$  é o ângulo formado pela força e pelo vector que liga o ponto de aplicação da mesma ao ponto de rotação.

- Relação entre os momentos das forças aplicadas a um corpo e o sentido do seu movimento de rotação.

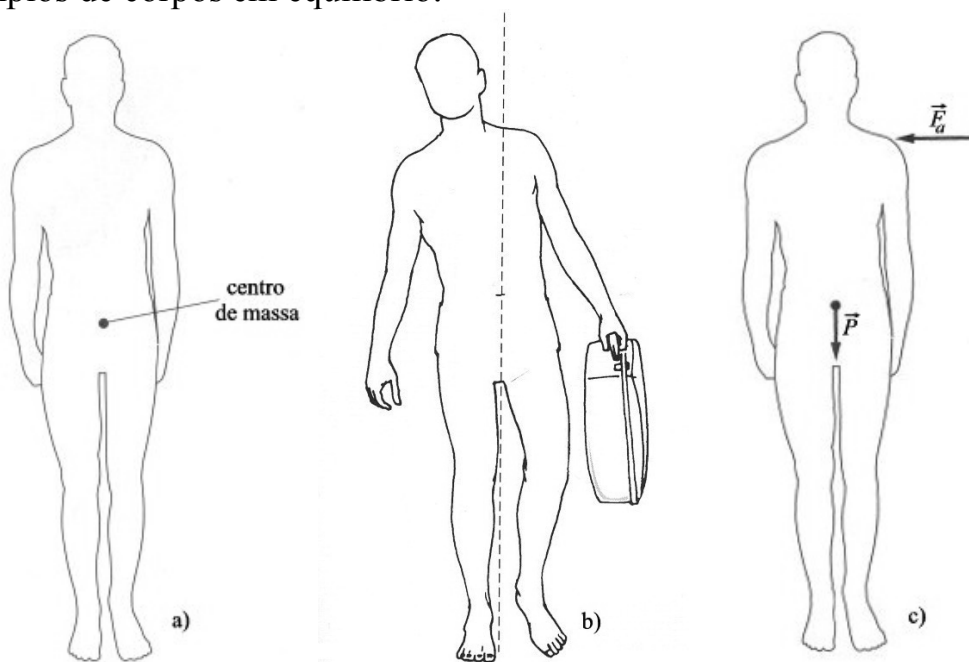


- Assim, para que haja equilíbrio é necessário cumprir-se também a segunda condição de equilíbrio:

$$\sum_i \vec{L}_i = \vec{0}$$

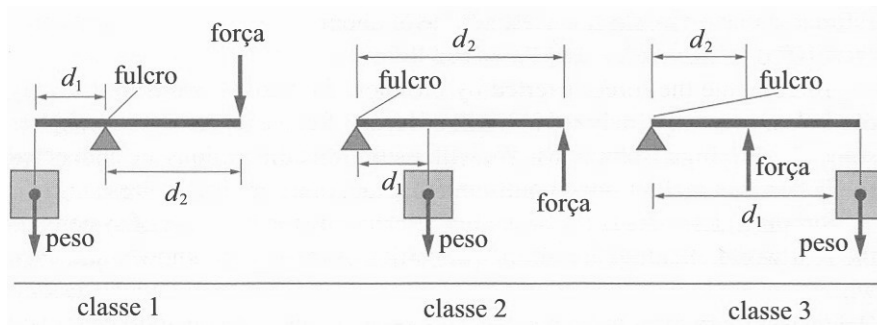
## EQUILÍBRIO DO CORPO HUMANO

- Exemplos de corpos em equilíbrio:



## O MECANISMO DAS ALAVANCAS

- Uma **alavanca** é uma máquina simples formada por uma barra rígida que pode rodar em torno de um ponto fixo, ao qual se chama **fulcro**.
- As alavancas podem ser classificadas em três classes:



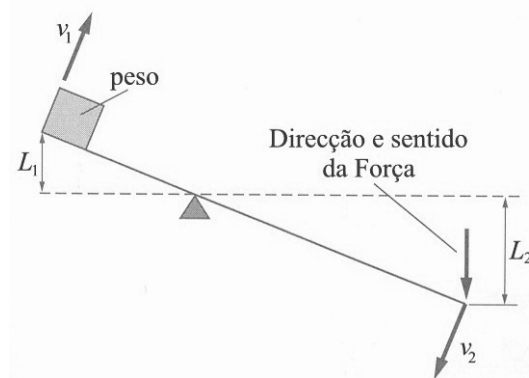
- Aplicando a segunda condição de equilíbrio a uma alavanca verifica-se que:

$$F = \frac{Pd_1}{d_2}$$

- Se definirmos como amplificação mecânica a razão entre a amplitude do peso e a força efectuada,  $F$ , obtém-se:

$$\eta_m \equiv \frac{P}{F} = \frac{d_2}{d_1}$$

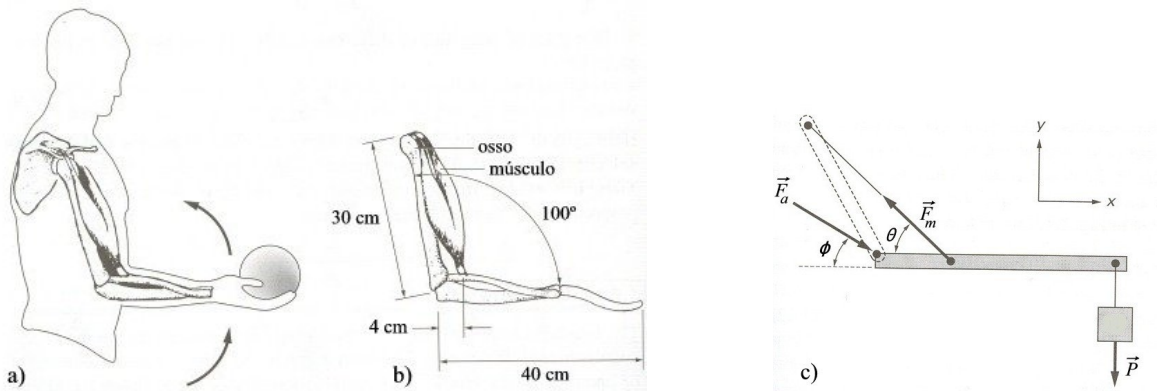
- Aplicando a equação anterior às alavancas da classe 3 (aquela às quais o nosso braço pertence), verificamos que a amplificação mecânica é menor que 1...!!! Então porque utilizará o nosso corpo esta classe de alavancas?
- Para responder a esta questão, atente-se na seguinte figura (a letra  $v$  representa velocidade e a letra  $L$  representa distância):



- ...e conclua-se que:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

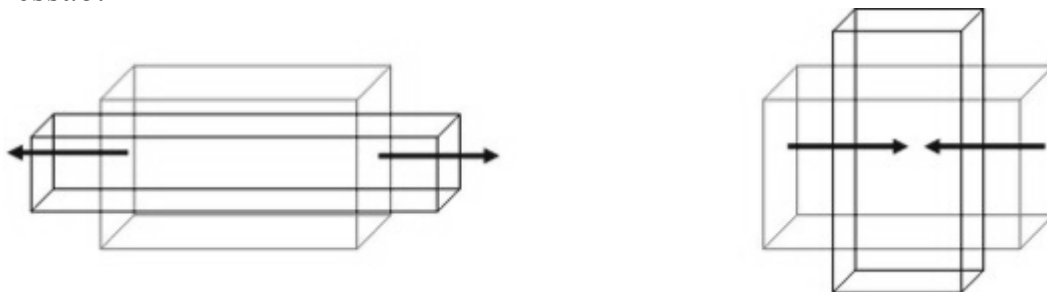
- A título de exemplo, estude-se o caso do braço, aplicando este formalismo.



- Verificar-se-á que a força necessária para içar um corpo cujo peso é  $P$  é aproximadamente  $10P$ .

## ELASTICIDADE E COMPRESSÃO

- Ir-se-á estudar a deformação de corpos sob a acção de forças de distensão e de compressão.

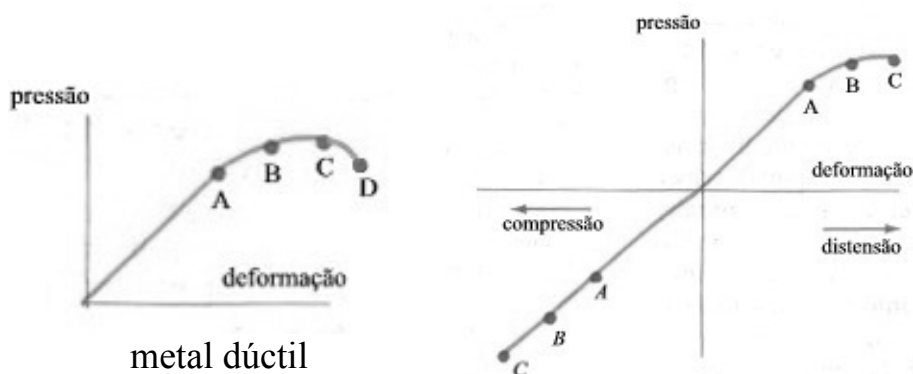


- A deformação de um corpo é definida através da razão:

$$\varepsilon \equiv \frac{\Delta l}{l}$$

onde:  $l$  é o seu comprimento e  $\Delta l$  a variação desse comprimento.

- O comportamento típico de um corpo sujeito a este tipo de forças pode ser descrito através de um gráfico da tensão que lhe está aplicada em função da deformação a que fica sujeito:

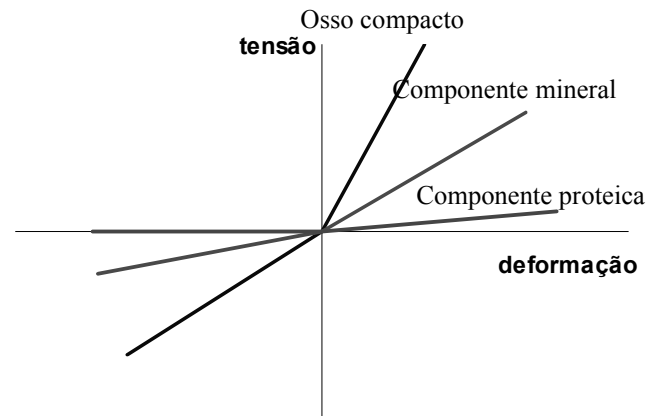


- Na região elástica, o material pode ser caracterizado através do seu **Módulo de Young**:

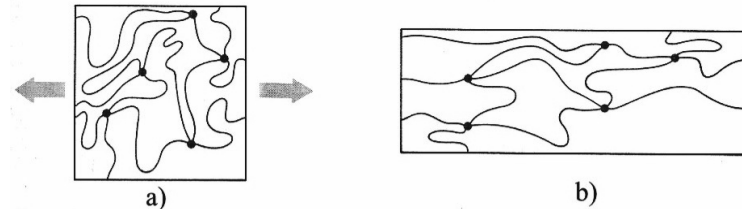
$$Y = \frac{P}{\varepsilon}$$

- Uma discussão interessante é aquela que deriva da análise do Módulo de Young do tecido ósseo e das suas componentes em separado:

	Módulo de Young ( $10^{10} \text{ N m}^{-2}$ )
<b>Compressão</b>	
osso compacto	1.02
componente mineral	0.64
componente proteica	<0.001
<b>Distensão</b>	
osso compacto	2.24
componente mineral	1.66
componente proteica	0.02



- Quanto aos tecidos moles, formados maioritariamente por moléculas que se cruzam e que manifestam uma grande elasticidade (por este motivo, estes tecidos são, muitas vezes, denominados elastómeros), apresentam Módulos de Young na ordem de  $10^5$  a  $10^6 \text{ N m}^{-2}$ .



## FORÇAS IMPULSIVAS E RUPTURA DOS TECIDOS

- O comportamento dos tecidos face às forças que lhe estão aplicadas depende, não apenas da intensidade da força, como também do intervalo de tempo durante o qual ela lhe está aplicada. As forças impulsivas são caracterizadas por serem forças muito intensas, mas de curta duração.
- O valor médio de uma força impulsiva relaciona-se com a variação da quantidade de movimento de um corpo através do teorema do impulso:

$$I = \Delta p \Leftrightarrow F_{med} \Delta t = mv_f - mv_i \Leftrightarrow F_{med} = \frac{mv_f - mv_i}{\Delta t}$$

- Com base nesta expressão, porque será que os efeitos causados por uma queda num solo mole são muito diferentes daqueles que ocorrem quando a queda é sobre um solo duro?
- Qual é a altura máxima a que um indivíduo se pode atirar sem que haja fractura das pernas? (Considere que a queda é feita no cimento -  $\Delta t = 10^{-2}$  s; que a pressão máxima permitida pelos ossos é  $P = 10^8$  N m<sup>-2</sup>; que a área dos calcanhares é  $A = 2$  cm<sup>2</sup> e que a massa do indivíduo é  $m = 70$  kg). (Resposta: aproximadamente 42 cm). (Sugestão: O que acontecerá se o chão for menos duro? Pense que, nesse caso, o tempo de colisão poderá ser cerca de oito vezes superior...)