2.1. INTRODUÇÃO

Os sólidos, quando submetidos a esforços se deformam.

Um sólido é deformável se a distância entre duas partículas quaisquer é passível de alteração.

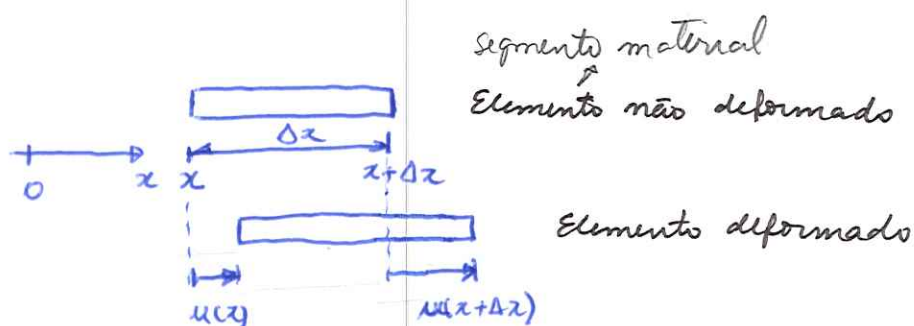
As causas da deformação são a ação de forças e da variação de temperatura.

2.2. MODALIDADES DE DEFORMAÇÃO E SUAS DEFINIÇÕES

Há dois modos de caracterizar a deformação num sólido:

- deformação normal
- deformação cisalhante

2.2.1. Deformação normal



Comprimento do elemento não deformado: Δx

Variação do comprimento na direção x: $\Delta u = u(x+\Delta x) - u(x)$

u é o deslocamento da seção transversal do elemento na direção x.

Define-se a deformação normal na direção x como:

espsylon

$$\varepsilon_x = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{du}{dx}$$

ou seja, é a taxa de variação do deslocamento na direção x ao longo do elemento na mesma direção x.

Analogamente se define a <u>deformação normal na direção y</u>

$$\varepsilon_y = \lim_{\Delta y \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta y} = \frac{dv}{dy}$$

onde v é o deslocamento da seção transversal do elemento, agora orientado segundo y, na direção y. Portanto, esta deformação é a taxa de variação do deslocamento na direção y ao longo do elemento na mesma direção y.

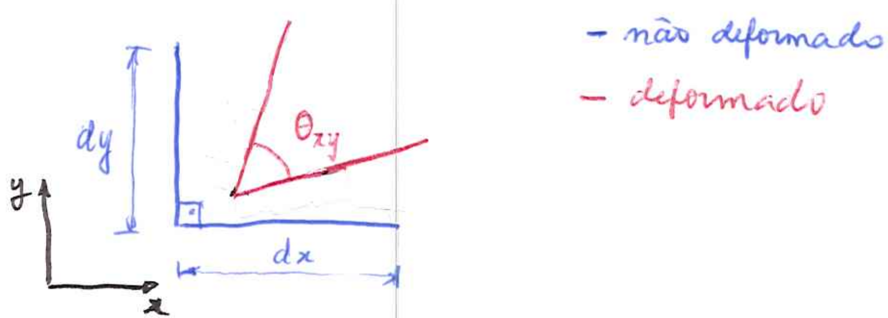
E a <u>deformação normal na direção z</u>:

$$\varepsilon_z = \lim_{\Delta z \to 0} \frac{\Delta w}{\Delta z} = \frac{dw}{dz}$$

onde w é o deslocamento da seção transversal do elemento - agora orientado segundo z, na direção z. Portanto, esta deformação é a taxa de variação do deslocamento w ao longo do elemento na mesma direção z.

Como definida, a deformação normal é uma <u>grandeza adimensional</u>. Apesar disso, costuma-se expressá-la, por exemplo, no SI, como: $\frac{m}{m}$, $\frac{mm}{mm}$.

2.2.2. <u>Deformação cisalhante</u>



Define-se a deformação cisalhante no plano xy em torno de uma partícula como a variação do ângulo reto entre os dois segmentos materiais dispostos segundo as direções x e y na configuração não deformada.

$$\gamma_{xy} = \frac{\pi}{2} - \theta_{xy} \quad \text{(variação do ângulo reto)}$$

gamma

Analogamente, define-se a deformação cisalhante no plano xz:

$$\gamma_{xz} = \frac{\pi}{2} - \theta_{xz}$$

e a deformação cisalhante no plano yz:

$$\gamma_{yz} = \frac{\pi}{2} - \theta_{yz}$$

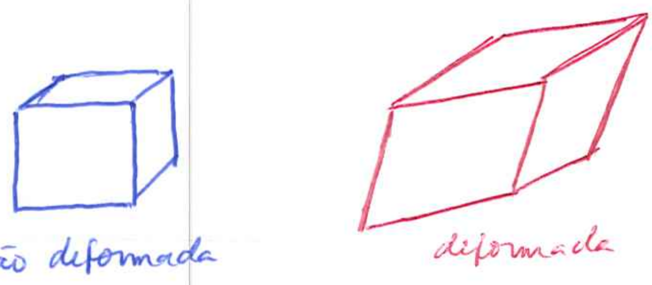
Observe!

$$\theta < \frac{\pi}{2} \Rightarrow \gamma > 0$$

$$\theta > \frac{\pi}{2} \Rightarrow \gamma < 0$$

Por se tratar de um ângulo, a deformação cisalhante também é uma grandeza adimensional.

Considerando uma partícula infinitesimal na forma de um paralelepípedo, quando não deformada e depois deformada:



Na configuração deformada observa-se uma variação volumétrica e uma alteração da forma. A primeira é causada pelas deformações normais ε_x, ε_y e ε_z, ou melhor, pela soma delas $\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$. A segunda é causada pelas deformações cisalhantes. Resumindo:

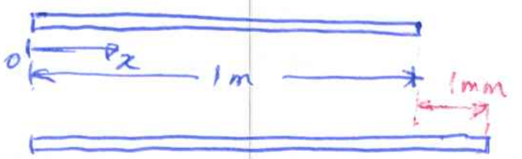
- ε causa variação volumétrica
- γ causa alteração de forma

2.3. ANÁLISE DE PEQUENAS DEFORMAÇÕES

Neste curso será estudado o sólido – uma peça, um elemento estrutural – enquanto destinado a suportar uma determinada carga e a desempenhar uma função. Por causa disso, na grande maioria dos casos as deformações são muito pequenas, isto é, $\varepsilon << 1$ e $\gamma << 1$. Para se ter uma idéia, uma barra de aço axialmente carregada, quando submetida à tensão de escoamento, deforma axialmente da ordem de 10^{-3}.

Exemplo 2.1: Uma barra de aço de 1m de comprimento é alongada axialmente de 1mm. Determine a deformação normal média da barra nessa circunstância.

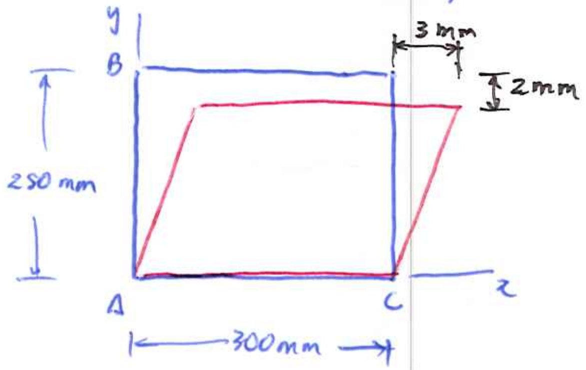
Solução



$$\bar{\varepsilon}_x = \frac{\Delta \text{comprimento}}{\text{comprimento } \bar{n}\text{.def.}} = \frac{1\ mm}{1000\ mm} = 10^{-3}$$

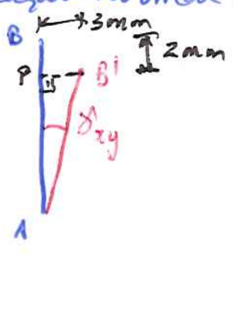
$$\bar{\varepsilon}_x = 1.10^{-3}\ m/m$$

Exemplo 2.2: A chapa abaixo é deformada até assumir a forma representada em vermelho. Nestes termos, determine a deformação média ao longo do lado AB e a deformação cisalhante média em relação aos eixos x e y.



Solução

Deformação normal média:



Variação do comprimento de AB:

$$\overline{AB'} - \overline{AB}$$

$$\overline{AB'} = \frac{\overline{AP}}{\cos \gamma_{xy}}$$

Como $\gamma_{xy} << 1$: $\cos \gamma_{xy} \cong 1$

$$\therefore \quad \overline{AB'} = \overline{AP}$$

$$\overline{AB'} - \overline{AB} = \overline{AP} - \overline{AB} = -2mm$$

$$\bar{\varepsilon}_x = \frac{\overline{AB'} - \overline{AB}}{\overline{AB}} = \frac{-2}{250} \cong -8.10^{-3}\ mm/mm$$

$$\bar{\gamma}_{zy} = \operatorname{arctg}\left(\frac{\overline{B'P}}{\overline{AP}}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{3}{250-2}\right) = 0{,}012 \text{ rad}$$

<u>Exercícios sugeridos</u>: 2.3, 2.9, 2.10, 2.12, 2.13, 2.14, 2.24