# NOTAS SOBRE RESISTENCIA E CIMENTO ARMADO

## Suas applicações nas construcções ruraes

Prof. ORLANDO CARNEIRO
Engenheiro, lente da E. A. L. Q.

**Nosso fim.** — Recapitulando, abreviadamente, algumas noções de resistencia em geral, sem nos determos no estudo da elasticidade, leis das deformações e demais considerações theoricas, deixando tambem de lado a deducção de formulas complicadas, vamos dizer alguma cousa sobre o emprego do cimento armado, indicando a seguir, como o devemos usar, com vantagem e economia, nas construcções ruraes.

I

### CONSIDERAÇÕES GERAES SOBRE RESISTENCIA

**Natureza dos esforços.** — Quando um solido está em equilibrio sob a acção de forças exteriores quaesquer, a mecanica racional nos ensina o meio de reduzir essas forças a outras actuando em planos e direcções convenientes.

Seja por exemplo, (Fig. 1) o caso de uma barra, de eixo horizontal rectilineo $xx'$ e secção rectangular constante $ab$, submettida á acção

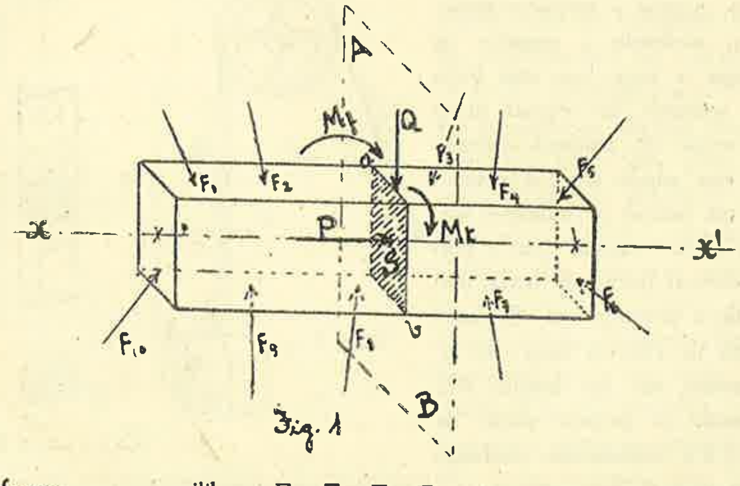



Fig. 1

de forças que se equilibram $F_1$, $F_2$, $F_3$, $F_4$ . . . . . $F_{10}$. Se imaginarmos uma secção feita nessa barra por um plano A B, perpendicular ao seu eixo, e suppondo retirada a parte da barra que fica á esquerda, é claro que para a outra parte se manter em equilibrio, teriamos que applicar na secção $ab$ um systema de forças equivalente ás forças que estavam situa-

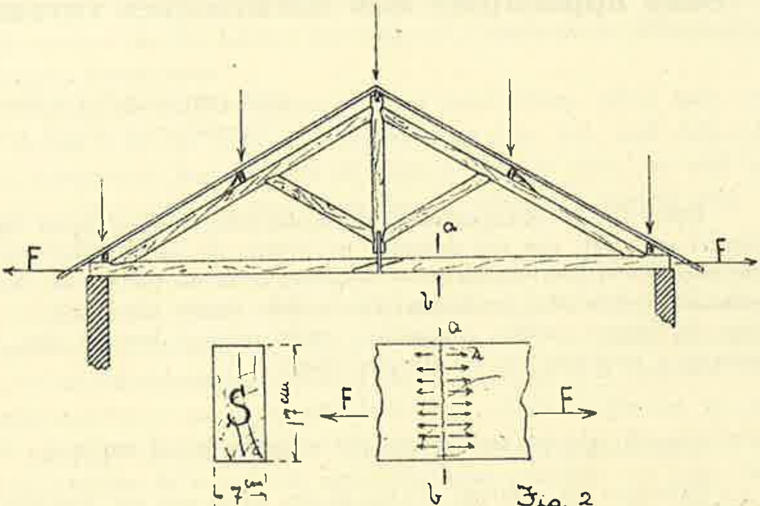



Fig 2

Secção ab

das á esquerda do plano A B. As forças deste ultimo systema podem ser combinadas e decompostas do seguinte modo : em uma força $P$, actuando segundo o eixo da barra e, portanto, normal á secção considerada, tendendo a encurtar ou alongar a peça ; em uma força $Q$, actuando no mesmo plano da secção $ab$, tendendo a deslocar essa secção sobre si mesma ; em um binario de momento $M_f$, cujo plano coincide com o plano vertical medio da barra, tendendo a produzir um flexionamento do eixo da peça ; e, finalmente, em um binario $M_t$, actuando no proprio plano da secção considerada, tendendo fazel-a girar em torno do seu centro, isto é, tendendo torcer a peça.

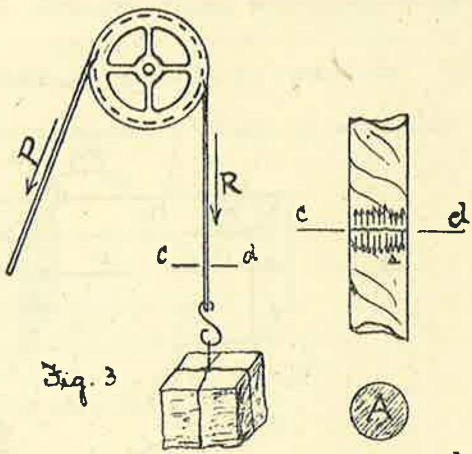
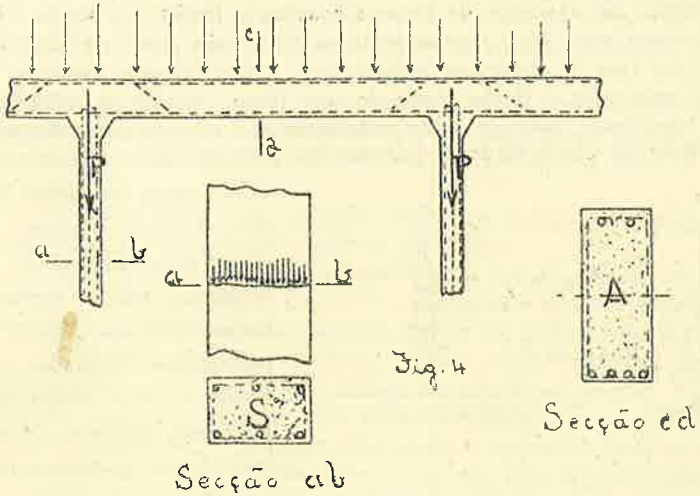


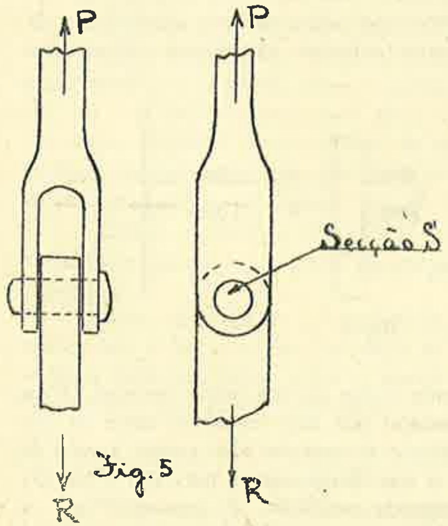

Fig. 3

Secção cd

Estas forças e binarios, a que podemos reduzir o systema, dão logar aos esforços seguintes : de *tracção* ou *extensão*, quando a força P, normal á secção, tende a produzir um alongamento da peça ; os tirantes das the-



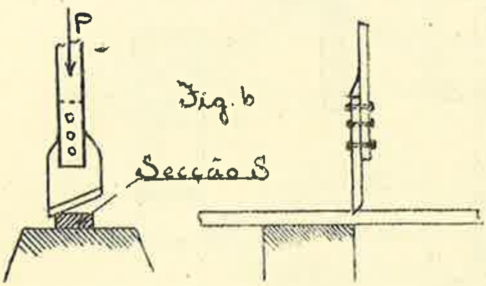

souras de telhados (Fig. 2) e os cabos de guindastes (Fig. 3), de sarilhos, etc., são exemplos de peças sujeitas á tracção ; de *compressão* ou esforços *prementes*, quando essa força P tende a encurtar a peça, comprimindo-a, como acontece com os pilares (Fig. 4), columnas, etc. ; de *cizalhamento* ou esforço *cortante*, produzido pela força *Q*, actuando na propria secção, como nos casos dos pinos de engate (Fig. 5), parafusos, rebites, etc., e peças submettidas á acção das thesouras mecanicas (Fig. 6) ; de *flexão*, produzido pelo momento flector $M_f$, como se dá nas vigas das pontes (Fig. 4), consolos, etc., finalmente temos a considerar o esforço de *torsão* produzido pelo momento $M_t$, como acontece nos eixos de transmissão (Fig. 7), eixos de manivellas, etc.



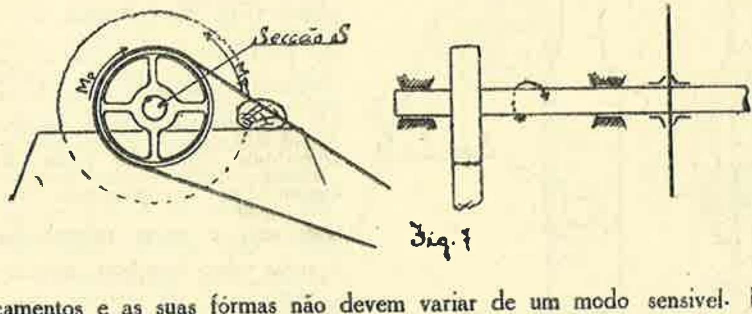

Quando a peça está submettida a esforços de uma só natureza, se-diz que é um caso de *resistencia simples*, porém, na maioria dos casos, as peças de uma construcção estão sujeitas, simultaneamente, a esforços de duas ou mais naturezas; são os casos de *resistencia composta*. Os eixos de transmissão são exemplos de peças solicitadas á flexão e á torsão.

Devemos notar que, rigorosamente, a flexão não deve ser considerada como um caso de resistencia simples, pois, como adeante veremos, em um barra submettida á flexão, parte de suas fibras trabalha á extensão e outra á compressão, havendo zonas onde apparecem esforços de cizalhamento.

**Limite de elasticidade e deformações permanentes.** — Todo o material é mais ou menos elastico. Assim, qualquer que seja a peça, ella soffre deformações sob a acção de forças exteriores, embora imperceptiveis. Retiradas essas forças a peça readquire a sua fórma primitiva. Mas, si essas forças ou cargas ultrapassarem certos limites, produzindo deformações consideraveis, as peças podem não readquirir mais a fórma anterior, retirando-se as cargas; quer dizer que se ultrapassou o *limite de elasticidade* do material em questão, verificando-se, então, uma *deformação permanente*.




**Equilibrio estatico e molecular.** — As peças de uma construcção devem ser fixas e indeformaveis, em outras palavras, não devem soffrer deslocamentos e as suas fórmas não devem variar de um modo sensivel. Para satisfazer á primeira condição, é necessario que haja equilibrio entre as resultantes das forças ou cargas exteriores e as reacções dos apoios, pontos de fixação, consistencia do solo, etc, é o que designaremos por *equilibrio estatico* da peça. Para satisfazer á segunda condição, é necessario que a cohesão do material ou força molecular se opponha ás deformações que essas cargas tendem a produzir. Em uma secção qualquer da peça vão apparecer, então, forças eguaes e contrarias ás forças provenientes das cargas exteriores, que tendem a modificar o arranjo molecular primitivo. Diz-se en-



tão que o *equilibrio molecular*, que existia antes da applicação das cargas, foi rompido e substituido por um novo equilibrio molecular.

No exemplo da Fig. 1, para que tenha logar o equilibrio estatico, é claro que as resultantes das forças situadas á esquerda devem ser eguaes e de sentidos contrarios ás resultantes das forças situadas á direita, além disso as resultantes de translação devem actuar na mesma recta e os binarios resultantes no mesmo plano. Nesse mesmo exemp'o, as reacções moleculares correspondem ás forças que teriamos que introduzir na secção *ab*, para que a barra continuasse em equilibrio, quando retirassemos a parte á esquerda do plano *AB*.

E' claro que a cada conjuncto de cargas a que se submette a peça, corresponde um determinado equilibrio môlecular.

**Tensões** — A esses esforços moleculares que se oppoem ás deformações das peças chamaremos de *tensões*. Conforme a natureza do esforço assim se qualificará a tensão. Temos, portanto, tensões de cizalhamento, de torsão, etc.

**Carga de ruptura** — Podemos definir como sendo a menor carga que applicada a uma peça, por unidade de superficie, produz a desaggregação do respectivo material. Para alguns corpos essa carga é muito superior á correspondente ao limite de elasticidade, como para o ferro, aço, etc, porém para outros é muito proxima desse limite, como para as pedras, concreto, etc.

Uma carga, embora inferior a de ruptura, mas um pouco superior que seja a do limite de elasticidade, applicada varias vezes á mesma peça póde tambem produzir a sua ruptura, devido ao desarranjo molecular que vae se tornando cada vez mais accentuado.

**Trabalho e fadiga do material.**—A' reacção molecular, que o material oppõe á acção das forças exteriores, para evitar as deformações que estas tendem a produzir, dá-se o nome de *trabalho molecular*, ou *trabalho do material*. Quando uma peça é submettida frequentemente á acção de cargas proximas do seu limite de elasticidade, a sua resistencia diminue podendo-se dar a ruptura com uma carga inferior á carga normal de ruptura; diz-se, então, que ha *fadiga do material*.

**Cargas e tensões especificas** — As tensões especificas, eguaes e directamente oppostas ás cargas especificas, são as tensões por unidade de superficie.

Como as unidades adoptadas em resistencia, salvo indicação em contrario, são o kg. e o cm., teriamos no exemplo da Fig. 2, sendo F kgs. a força total que actua sobre o tirante e S $cm^2$ a superficie da sua secção transversal, para tensão especifica :

$$s = \frac{F}{S} \text{ em kg. por } cm^2$$

N'um caso de cizalhamento, como no exemplo da Fig. 6, a tensão especifica de cizalhamento seria : $\frac{P \text{ kgs.}}{S\ cm^2} = t \text{ kg}/cm^2$

De um modo geral, a tensão ou carga especifica, desta ou daquella natureza, em uma secção qualquer de uma peça, se obtem, dividindo-se o esforço total de cada natureza, que actua sobre a secção, pela superficie dessa secção.

Do mesmo modo designaremos por *tensão especifica de ruptura*, a carga por $cm^2$ que produziria a desaggregação do material

**Cargas ou tensões admissiveis; coefficientes de segurança.** — Na pratica, quando se calculam as dimensões de uma peça, tomam se ou admittem-se para cargas ou tensões especificas uma certa fracção da tensão especifica de ruptura. Por exemplo, n'um caso de tracção, si $s_r$ é a tensão especifica de ruptura de um dado material, a *tensão admissivel* seria $s_{max} = \frac{s_r}{n}$. Este numero $n$ é chamado *coefficiente de segurança* e varia com o fim e importancia da obra, com a natureza do esforço e do material.

Esses coefficientes de segurança, bem como as cargas de ruptura e as tensões admissiveis nos são fornecidos por meio de tabellas (manuaes de resistencia) para os diversos casos e materiaes.

**Corpos homogeneos e isotropos,** — *Corpos homogeneos* são aquelles que apresentam a mesma resistencia, em todos os seus pontos, para uma certa direcção, e *isotropos* aquelles que apresentam a mesma resistencia, em todos os seus pontos, qualquer que seja a direcção.

## II

## CALCULO DAS SECÇÕES — FORMULAS FUNDAMENTAES

### *Casos de resistencia simples*

**Tracção** — Uma vez conhecida a força P que solicita a peça á tracção, um manual ou tabella de resistencia nos dará a tensão especifica maxima admissivel $s_{max}$. para o material em questão. A superficie da secção transversal da peça não deve ser inferior a:

$$S = \frac{P}{s_{max}}$$ em $cm^2$, sendo P expresso em kgs. e s em $k/cm^2$

Esta formula nos permitte determinar a carga que póde supportar uma peça de secção conhecida, ou o trabalho do material em uma peça carregada, podendo-se assim verificar si não se excedeu a carga admissivel.

**Exemplo**: Seja determinar a secção de um tirante de madeira de uma thesoura de telhado, solicitada por uma força $P = 8000$ kgs. Sendo $s_{max.} = 50$ kg/$cm^2$ a media para as nossas madeiras de lei da carga maxima admissivel, teriamos :

$$S = \frac{8000}{50} = 160 \text{ cm}^2$$

Uma peça de 8 x 20 serviria, portanto, para o nosso caso.

Se quizermos substituir esse tirante de madeira por varões de ferro, admittido-se $s_{max}, = 800$ $k/cm^2$ para este material, teriamos :

$$S = \frac{8000}{800} = 10 \text{ cm}^2$$

Dois ferros de 1" seriam sufficientes.

CONTINÚA