

MÓDULO DE ELASTICIDADE OU DE DEFORMAÇÃO?

por Dr. Eng. Augusto Carlos de Vasconcelos
Artigo extraído de TQSNews, ano XVIII, n. 40,
p. 33-34, mar. 2015. Disponível em: <www.tqs.com.br>

Um dos assuntos mais abordados quando se escreve sobre concreto é o “módulo de elasticidade”. Por quê?

Simplemente porque não existe MÓDULO DE ELASTICIDADE. Isto foi mal interpretado desde o princípio. O próprio Hooke nunca falou de “elasticidade”! Foi infeliz quando escolheu uma mola para seus experimentos.

No tempo de Hooke, ainda, não existia o conceito de tensão como força aplicada na unidade de área. Isto só apareceu com Cauchy, muitos anos mais tarde. O que existia era o conceito de “pressão” aplicada a líquidos ou gases. A “tensão” aplicada a sólidos foi explicada por Cauchy. O termo em latim *tensio* empregado por Hooke, significava “extensão” para explicar deslocamentos.

O próprio Hooke tinha dúvidas sobre o que fez, que procurou resguardar-se usando uma frase em latim:

ut tensio sic vis

E publicando, com medo de que pudessem copiá-lo ou criticá-lo, sob a forma de anagrama, colocando todas as letras desta frase em ordem alfabética para que ninguém pudesse entender:

ceiiinossttuv

ficando assim preservada a origem.

Esta frase podia ser interpretada como: tal a extensão, assim, será a força (ou: o deslocamento é proporcional à força aplicada).

Hooke foi infeliz ao escolher uma mola. O deslocamento da extremidade da mola é ocasionado pela torção. A força de tração no fio da mola é insignificante, dependendo da inclinação das espiras, e varia com o esforço aplicado. Naquela época, era impossível determinar a relação entre força e deslocamento. Hooke percebeu apenas, dentro dos limites de forças aplicadas, que duplicando a força duplicava o deslocamento; triplicando a força triplicava o deslocamento. Só isso. Ele quis, entretanto, resguardar essa conclusão.

Muitos anos mais tarde, Thomas Young, médico inglês, antididático por natureza, dava aulas para alunos de medicina. Os alunos faziam votação para escolher aqueles que iriam assistir as aulas de Young, pois todos preferiam assistir as aulas de outro professor, que lecionava em outro grupo sobre o mesmo assunto. Os alunos não compreendiam nada do que Young explicava e isso foi notado quando Young falou do valor do módulo, que os ingleses haviam de chamar “módulo de Young”. A definição original de Young para o módulo de elasticidade era a seguinte, usando suas próprias palavras:

We may express the elasticity of any substance by the weight of a certain column of the same substance, which may be denominated the modulus of elasticity, and of which the weight is such that any addition to it would increase it in the same proportion as the weight added would shorten, by its pressure, a portion of the substance of equal diameter.

Como se percebe, esta definição está muito confusa, podendo dar margem a várias interpretações. Dizendo que o módulo de elasticidade é “o peso”, Young parece dizer que qualquer força aplicada aumentaria o deslocamento na mesma proporção que tal força aplicada e comprimindo um outro exemplar da mesma substância e de mesmas dimensões (comprimento e diâmetro, supondo tratar-se de uma peça cilíndrica como representativa de uma coluna!) produziria um encurtamento semelhante.

Analisando com atenção as palavras de Young, tem-se a tendência a interpretar que o módulo de elasticidade é uma força, o peso, e não uma constante da substância. Mas, no próprio entendimento de Young, quando ele se refere ao aço, diz que o módulo do aço é de 1500 milhas náuticas, um comprimento. Navier foi quem definiu o módulo de elasticidade de um material como a relação entre a carga que atua na unidade de área de uma seção do material, pela deformação unitária produzida. Por “deformação unitária” entenda-se “deslocamento por unidade de comprimento”.

Para acabar de uma vez com todas as dúvidas, ficou estabelecido que o módulo de elasticidade só existe para as substâncias elásticas. De uma maneira perfeita não existe material rigorosamente elástico, dependendo da precisão das medidas. Para as precisões satisfatórias ao engenheiro, pode-se admitir alguns materiais metálicos como elásticos. Para os materiais compostos, a elasticidade é duvidosa, valendo apenas para níveis baixos de tensão. Para o concreto, em particular, são definidos vários modos de elasticidade. O prof. Paulo Helene, em sua brilhante palestra, recente, no Instituto de Engenharia de São Paulo, acena para as várias definições de módulo de elasticidade que constam das diversas normas de concreto: norma americana do ACI, Eurocode 90, NBR 6118/2007. Cita que a única que especifica UM módulo de elasticidade do concreto é a americana. As outras fazem distinção entre módulo tangente, módulo tangente na origem, módulo secante para várias tensões iniciais, módulo dinâmico, módulo cordal.

Tudo isto para mostrar que não existe elasticidade perfeita. Como engenheiros práticos, nada disso interessa. Existem materiais naturais ou fabricados pelo homem, os quais podem ser tratados como ensinam as normas, não interessando se são perfeitos ou não. A palestra de Paulo Helene deixou todo mundo satisfeito e sem receios de cometer falhas em seus projetos.

Aplicando a expressão aproximada

$$E = \sigma/\epsilon$$

em que σ representa a tensão normal (kN/m² ou equivalente) à qual a peça é submetida e ϵ o deslocamento dividido pelo comprimento total da peça (número puro) ou deformação específica. O resultado é uma grandeza com a dimensão de uma tensão: a tensão capaz de duplicar o comprimento de uma peça sem rompê-la, isto é $\epsilon = 1$. Isto é uma fantasia, pois o concreto se rompe com a deformação $\epsilon = 0,00015 = 0,15 \cdot 10^{-3} = 0,15 \text{ mm/m} \ll 1$.

Minha sugestão é de que os engenheiros não se preocupem com os valores reais dessa constante, cujo significado é incerto. Contentemo-nos em obedecer a alguma norma, seja ela qual for, sem medo de se afastar da realidade. Esta só Deus sabe qual é...