

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – FEC – UNICAMP

Autores: Rafael Bezerra Rodrigues (Bolsista)

Prof. Dr. Nilson Tadeu Mascia (Orientador)

Agência Financiadora: PIBIC/CNPq - Iniciação Científica

Palavras Chave: Modelos físicos – Análise dimensional – Resistência dos Materiais.

Cidade / Estado: Campinas / SP

1 - Objetivos

Este projeto envolve o estudo sobre análise de semelhança, modelagem e confecção de estruturas simples, viga e barra, utilizando-se de materiais com rigidez e características elásticas adequadas, em escala reduzida, com dimensões específicas e carregamentos adaptáveis para utilização didática, ou seja, com possível uso em sala de aula ou em laboratório. Conceitos importantes tais como: compressão, tração, flexão e torção foram analisados e reproduzidos nos modelos.

Espera-se que este projeto proporcione um interesse maior aos alunos e conseqüentemente um entendimento melhor em cursos de Resistência dos Materiais, particularmente na Engenharia Civil.

2 - Introdução

Uma alternativa complementar aos modelos clássicos de ensino é o uso de modelos físicos para finalidades específicas de acordo com tipo de comportamento estrutural e estrutura que se queira observar. A utilização de modelos físicos possibilita assistir e verificar, de uma forma bastante próxima da realidade, assuntos estudados e tratados por modelos teóricos de cálculo, porém com uma aplicação mais fiel à realidade. Os modelos físicos além de terem uma excelente aplicabilidade didática, também são importantes para o dimensionamento de estruturas quando os modelos de cálculo não atingem resultados satisfatórios devido à restrições impostas pelas teorias desenvolvidas. Desta forma, a verificação de flechas limites, tensões, deformações e esforços podem ser obtidos na estrutura real a partir das medições no modelo físico que por sua vez deve possuir medidas e materiais tais que possibilite a ocorrência de semelhança mecânica entre modelo e estrutura real como cita ROCHA, M.

3 - Materiais

A confecção de modelos físicos de estruturas constituídos pelos mesmos materiais comumente utilizados nas construções é de natureza muito complexa e ao mesmo tempo inconveniente em relação a grandeza dos carregamentos que se desejam aplicar nos modelos físicos abordados por este trabalho. Materiais como PVC, acrílico e espuma foram utilizados pois apresentam elasticidade e rigidez adequadas para a observação dos fenômenos físicos relacionados as solicitações nas estruturas. Outros materiais como a madeira também foram utilizados para a construção dos modelos

4 - Modelos Físicos propostos

Tem-se a seguir os modelos propostos e construídos com intuito de facilitar a compreensão e o comportamento elementos estruturais simples submetidos a diferentes situações de solicitação.

4.1-Modelo de viga de seção delgada aberta em C (Centro de cisalhamento)

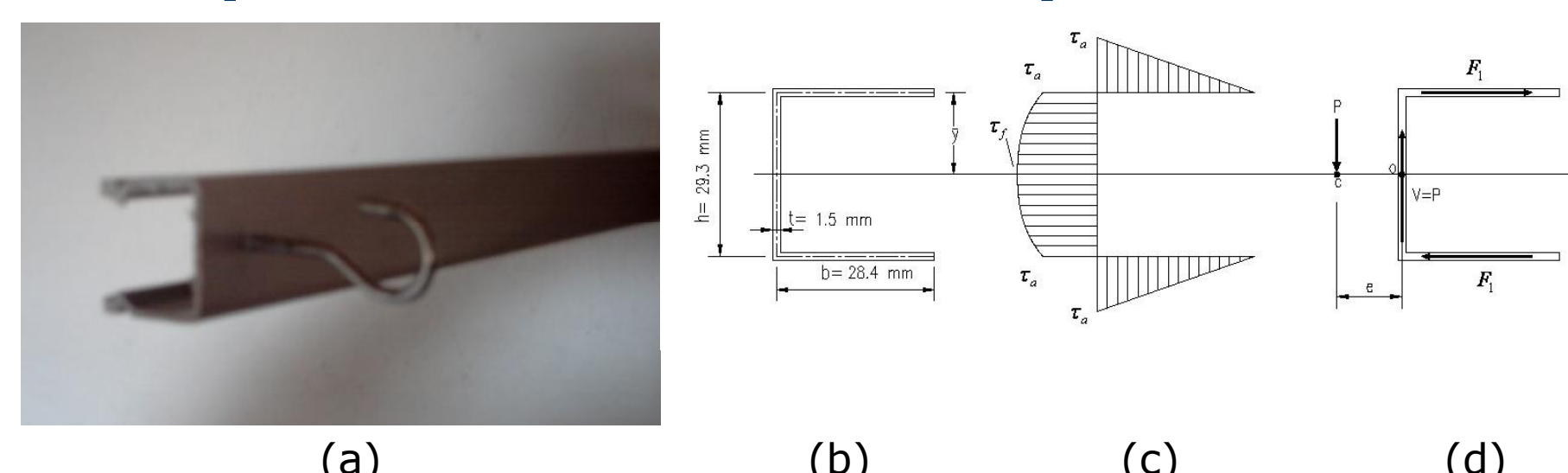


Figura 1. (a) - Modelo proposto para estudo de uma viga de seção aberta em C. (b) - Medidas; (c) - Distribuição de tensões; (d) - Sentido das tensões cisalhantes na seção de uma viga em C quando submetida a uma carga concentrada sob o centro de cisalhamento.

Aplicando uma carga concentrada sob o suporte, existe uma posição (1,2 cm a partir da alma da seção) em que é observada a ausência de torção. As tensões cisalhantes provêm apenas do esforço cortante.

4.2-Viga com seção fechada retangular vazada

Para o caso da seção fechada, observa-se maior dificuldade para provocar o giro da seção para a mesma carga aplicada na viga de seção aberta.

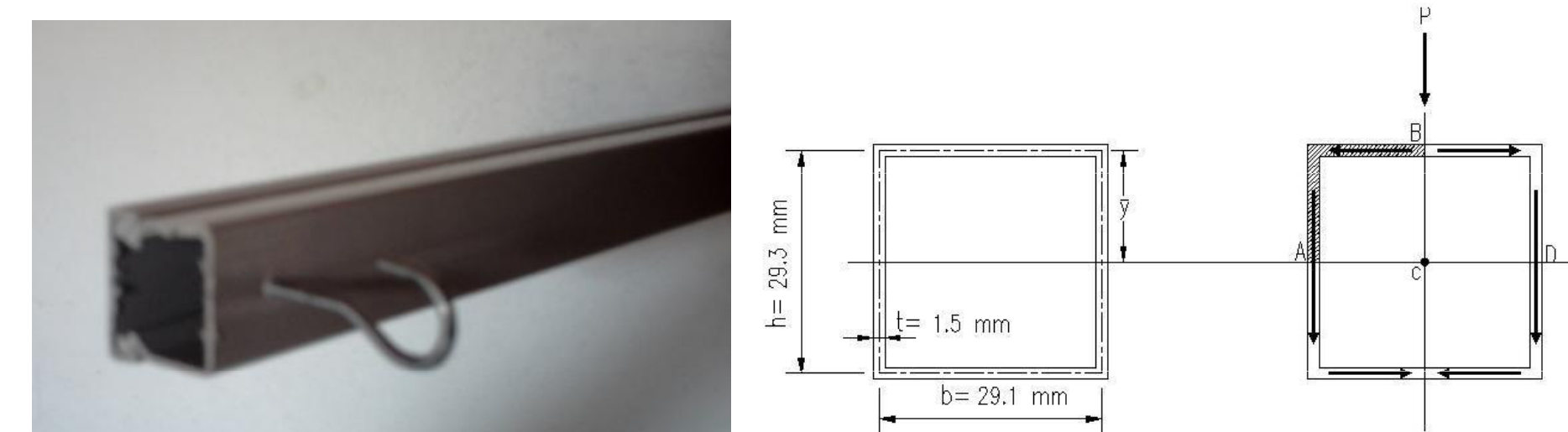


Figura 2. (a) - seção fechada; (b) - Fluxo das tensões de cisalhamento.

Tabela 1. Comparação entre seção aberta e fechada em relação a influencia das características da seção na magnitude das tensões de cisalhamento.

		Seção Aberta	Seção fechada
Flexão (Efeito de esforço Cortante)	Momento estático máximo ($S_{máx}$)	$S_{máx} = \frac{h \times t \times (4b + h)}{8} \cong 0,76cm^3$	$S_{máx} = \frac{h \times t \times (2b + h)}{8} = 0,46cm^3$
	Momento de inércia em relação ao eixo de flexão (I_x)	$\cong 2,1cm^4$	$\cong 2,5cm^4$
	$\frac{S_{máx}}{I_x}$	$0,36cm^{-1}$	$0,18cm^{-1}$
	τ devido à cortante $\tau = \frac{V S_{máx}}{I_x}$	$\tau_i = 2,4F$	$\tau_i = 1,2F$
Torção	Módulo de rigidez a torção (V_{t1})	$\frac{t^2}{3}(2b + h) \cong 0,0644cm^3$	$2 \times (b \times h) \times t \cong 2,5579cm^3$
	$\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$	$\tau_t = 15,5M_t$	$\tau_t = 0,4M_t$

4.3 - Modelo de barra submetida à Compressão simples, flexão composta e composta oblíqua

É objetivado demonstrar os efeitos dos seguintes esforços sob uma seção:

- Compressão simples;
- Flexão composta;
- Flexão oblíqua composta.

Constituição do modelo:

O modelo consiste de um bloco de espuma colado entre uma base e uma placa, constituídos de PVC. Sobre a placa superior há o traçado de duas linhas paralelas aos bordos da seção e que passam pelo centro de gravidade da seção retangular considerada.



Figura 3. Ilustração da flexão composta e composta oblíqua em elementos de seção retangular. (a) - Flexão em torno do eixo de menor inércia; (b) - Flexão em torno do eixo de maior inércia; (c) - Flexão em torno dos dois eixos indicados.

4.4 - Distribuição das tensões de cisalhamento e normal na torção (seção cilíndrica)

O princípio básico de funcionamento do modelo consiste na aplicação de movimentos de rotação entre a placa de acrílico e o cilindro de madeira.

Através da placa transparente observa-se que de cada furo sai um elástico preto em direção tangente a um círculo concêntrico a face do cilindro.

A alongação de cada elástico é diretamente proporcional a distância do respectivo furo ao centro da face do cilindro. Conseqüentemente pode ser percebido visualmente a relação ilustrada a seguir:

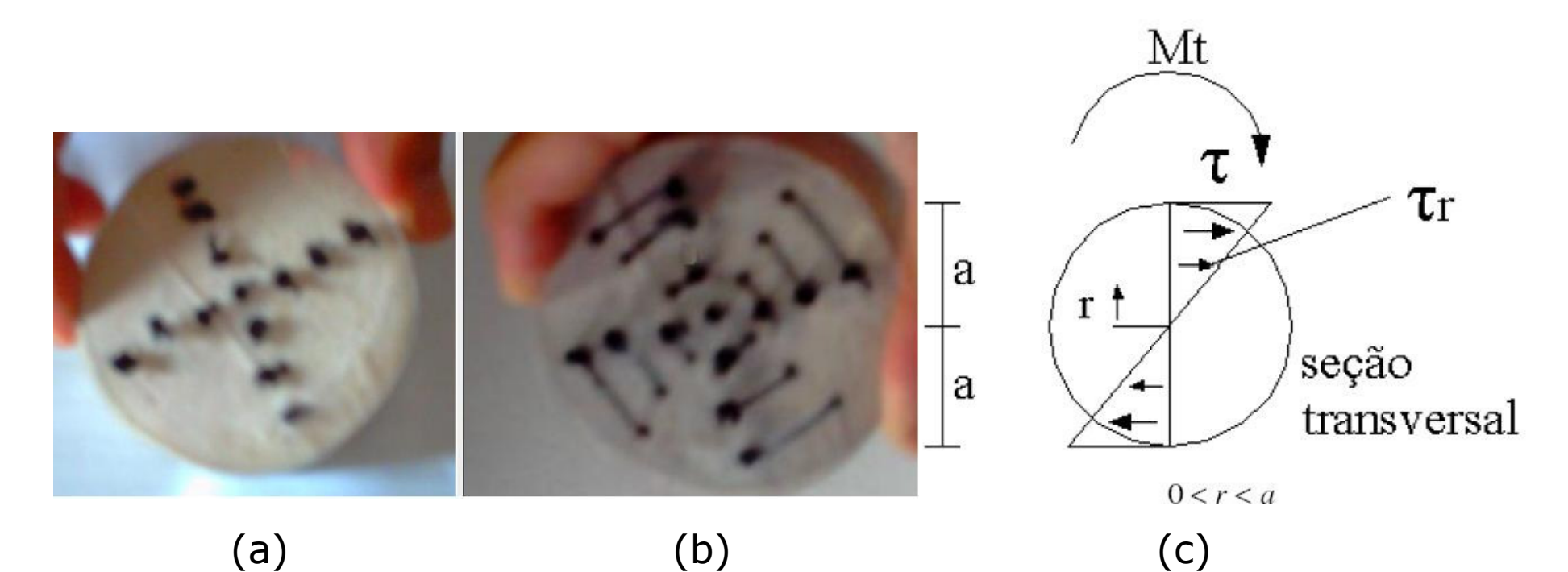


Figura 4. Distribuição das tensões de cisalhamento em barra cilíndrica submetida a momento torsor. (a) - Barra sem carregamento; (b) - aplicação de momento torsor. (c) - Distribuição das tensões.

4.5-Exemplificação de tensões de cisalhamento e normal na torção (seção retangular)

Este modelo pretende ilustrar os tipos de tensão que ocorrem em uma das seções transversais do elemento estrutural barra, são elas:

- Tensão normal devida à força normal;
- Tensão de cisalhamento devida à força cortante ;
- Tensão de cisalhamento devida ao momento torsor.

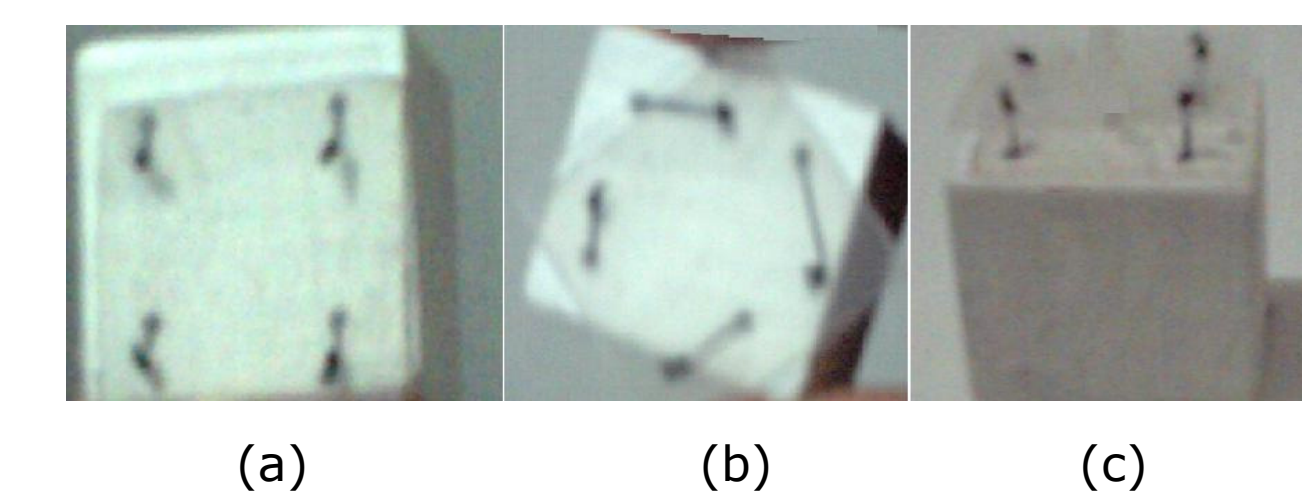


Figura 5. Tensões em barra de seção retangular em função dos esforços. (a) - Tensões de cisalhamento devido à cortante; (b) - tensões de cisalhamento devido a momento torsor; (c) - tensões normais devido a esforço normal.

- Caso haja apenas tração entre a placa e o bloco, os elásticos saem dos furos perpendicularmente a face do bloco e indica a ocorrência de tensões normais.
- Na ocorrência apenas de força cortante, os elásticos saem dos furos e se alojam entre a placa e o bloco, paralelos uns aos outros tal como ocorre com as linhas de fluxo das tensões de cisalhamento .
- Para o caso da torção, os elásticos também se alojam entre a placa e o bloco, entretanto as direções dos elásticos distendidos se dão entretanto direções tangentes a um determinado círculo concêntrico com a face do bloco. Desta forma é possível ilustrar o fluxo de .

5 - Conclusão

Quando um objeto de estudo ganha novas alternativas de ensino, que fogem do modelo clássico de ensino, e parte-se para horizontes mais práticos, o estudo ganha ênfase e conseqüentemente aumenta o interesse do estudante, que não está mais olhando para um desenho, e sim olhando para um modelo, conseqüentemente tem-se um maior rendimento das aulas, e maior compreensão geral da classe.

6 - Bibliografia Principal

- Popov, E. P. Engineering mechanics of solids, New Jersey, Ed.: Prentice Hall; 1990;
- ROCHA, M. Dimensionamento Experimental das Estruturas. Publicação n.21 LNEC, Portugal. 1952, 72p;