



PEF-3200 Introdução à Mecânica das Estruturas

Projeto do 1º semestre de 2017

Os alunos da disciplina PEF-3200 "Introdução à Mecânica das Estruturas" deverão desenvolver um projeto ao longo do semestre, a ser realizado por grupos de três alunos, que podem ser de turmas diferentes.

O projeto tem duas partes: a determinação experimental de linhas de influência de vigas isostáticas e a observação de estruturas que encontramos no dia-a-dia.

O projeto tem como objetivos principais:

1. A realização de experiências com modelos físicos;
2. A comparação entre os modelos teóricos e os experimentais;
3. Estimular os alunos a observarem as construções que nos cercam e nelas identificar sua estrutura;
4. Estimular os alunos a procurarem compreender como funcionam as estruturas;
5. Mostrar como os modelos matemáticos examinados nas aulas se ligam às estruturas reais;
6. Estimular o trabalho em grupo;
7. Estimular a redação de relatórios técnicos.

1 Primeira parte do projeto: Determinação experimental das linhas de influência das reações de apoio de uma viga simplesmente apoiada e de uma viga simplesmente apoiada com um balanço

A determinação das linhas de influência das reações de apoio de uma viga simplesmente apoiada e de uma viga simplesmente apoiada com um balanço será realizada no Laboratório Didático de Resistência dos Materiais do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, localizado ao lado da entrada superior do Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais – LEM, no fundo do primeiro andar do edifício de engenharia civil (junto ao Hall Tecnológico).

Estas experiências serão realizadas fora dos horários de aula, e os diversos grupos se inscreverão nos vários horários que serão oferecidos para sua realização.

1.1 Descrição das experiências

Na realização destas experiências, será utilizado um equipamento projetado e construído pelos alunos Maurício Piazzon Barbosa Lima – aluno de iniciação científica em 2003 e 2004 – e Erick Jungers Raffo Mello – monitor da disciplina PEF-2200 em 2003 e 2004.

Este equipamento consta de um painel de madeira, com quatro ganchos para dependurar molas, que serão os apoios de uma viga também de madeira. Conforme a posição das molas que apoiam a viga, pode-se ter uma viga simplesmente apoiada, uma viga simplesmente apoiada com um balanço à esquerda, uma viga simplesmente apoiada com um balanço à direita ou uma viga simplesmente apoiada com dois balanços. Na Figura 1 abaixo, mostram-se estas quatro configurações da viga.

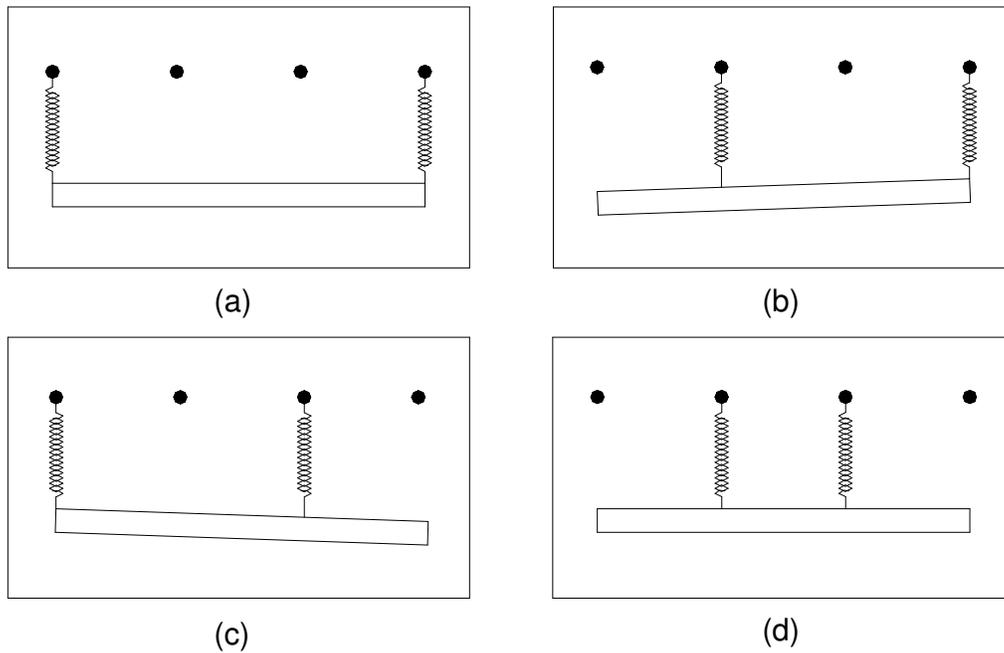


Figura 1

Na face inferior da viga de madeira, há ganchos para a colocação de pesos em diferentes posições da viga.

O objetivo da experiência é a obtenção experimental das linhas de influência de uma viga simplesmente apoiada – mostrada na Figura 1 (a) – e de uma viga simplesmente apoiada com um balanço – mostrada na Figura 1 (b) ou Figura 1 (c) (escolher uma das duas para analisar em seu projeto).

Para isso, deve-se ir colocando um peso conhecido em todos os ganchos da face inferior da viga, determinar as forças em cada uma das molas e traçar as linhas de influência das reações de apoio da viga.

Para a determinação das forças que atuam nas molas, deve-se inicialmente determinar os coeficientes de mola de cada uma das molas.

Estas molas são lineares, e os seus alongamentos são diretamente proporcionais às forças de tração que nelas atuam.

Dependendo de uma destas molas e colocando pesos conhecidos em sua extremidade inferior, pode-se traçar o gráfico força x alongamento e determinar seu coeficiente de mola. Na Figura 2 (a), mostra-se a mola descarregada e, na Figura 2 (b), a mola solicitada por uma força F .

O gráfico força x alongamento será linear, como se mostra na Figura 2, e o quociente entre a força F aplicada e o alongamento δ é o coeficiente de mola k da mola:

$$F = k \delta \quad \Rightarrow \quad k = \frac{F}{\delta}$$

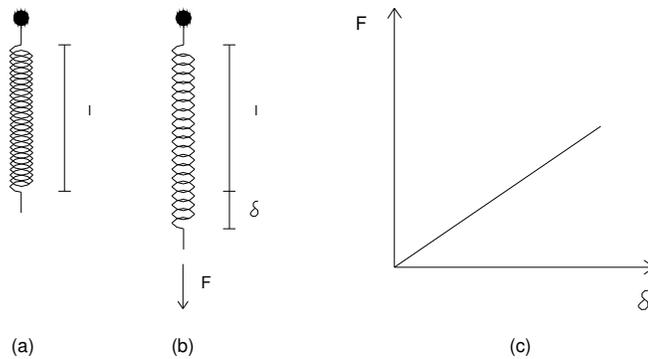


Figura 2

Conhecendo-se os coeficientes de mola de ambas as molas, é possível determinar as reações da viga para a carga aplicada em todos os ganchos de sua face inferior e traçar as respectivas linhas de influência.

Observação importante

A fim de detectar erros que eventualmente estejam cometendo, pede-se aos alunos que na própria sessão de laboratório façam a verificação do erro que estão encontrando na determinação experimental das reações de apoio da viga simplesmente apoiada e da viga simplesmente apoiada com um balanço. Para calcular este erro, os alunos deverão fazer a determinação das forças nas molas a partir do seu alongamento na própria sessão de laboratório. O erro cometido ao se comparar a soma das reações obtidas experimentalmente com a carga aplicada na viga deverá ser igual ou inferior a 3%. Quando o erro encontrado for superior a 3%, pede-se aos alunos que verifiquem se não estão cometendo uma falha conceitual e que procurem refazer a determinação experimental das reações de apoio. Caso não estejam cometendo uma falha conceitual, tenham refeito a experiência e não tenham conseguido obter reações com um erro igual ou inferior a 3%, informem isso no relatório e considerem as reações obtidas experimentalmente.

O relatório deverá ser feito posteriormente.

1.2 Relatório

O relatório destas experiências deve conter:

- A obtenção dos coeficientes de mola das duas molas;
- A descrição da obtenção das linhas de influência das reações de apoio da viga simplesmente apoiada e da viga simplesmente apoiada com um balanço, incluindo todos os deslocamentos medidos e a obtenção das correspondentes forças nas molas;
- O traçado das linhas de influência determinadas experimentalmente, lembrando que a linha de influência é obtida para uma carga unitária;
- As linhas de influência teóricas para estas vigas;
- Comparação entre as linhas de influência teóricas e as experimentais, e as razões que devem ter levado às diferenças observadas entre elas;
- **Fotografias das experiências e dos alunos do grupo realizando-as no Laboratório Didático de Resistência dos Materiais do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica.**

2 Segunda parte do projeto: Observação de estruturas do cotidiano

2.1 Descrição do projeto

Deverão ser analisadas **duas** estruturas – à escolha dos alunos – dos tipos a seguir discriminados:

1. Uma passarela cujas vigas laterais sejam treliças;
2. Uma estrutura cujos principais elementos estruturais sejam vigas Gerber.

2.2 Descrição das análises

As análises das estruturas escolhidas deverão conter:

1. Fotografias da estrutura e de seus detalhes, principalmente das ligações entre seus elementos e dos seus apoios, tiradas pelos próprios alunos. Elas deverão incluir fotografias dos membros do grupo junto às estruturas escolhidas.

2. Exame das estruturas, respondendo aos seguintes itens:

2.1 Qual é o material da estrutura?

2.2 Quais são as cargas que atuam na estrutura?

2.3 Como é o modelo matemático da estrutura (apresentar um esquema do modelo matemático da estrutura, com as cargas que nelas atuam)?

2.4 Como são as ligações entre os elementos da estrutura (apresentar os esquemas dos modelos matemáticos das ligações e fotografias mostrando estas ligações)?

2.5 Utilizando o programa Ftool, programa de análise estrutural de estruturas reticuladas planas desenvolvido pelo Prof. Luiz Fernando Martha, da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, e disponível na internet no site <http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>, resolver o modelo matemático da estrutura e apresentar a sua deformada.

2.6 Como os esforços considerados no item 2.5 caminham pela estrutura até chegarem aos apoios (obs.: a deformação de uma estrutura dá uma ótima indicação de como os esforços caminham por ela)? Reapresentar o esquema do modelo matemático do item 2.3 e sobre ele indicar o caminho que os esforços considerados no item 2.5 percorrem até chegar aos apoios.

2.7 Utilizando os resultados da análise pelo programa Ftool, verifiquem que esforços atuam nos vários elementos da estrutura – tração, compressão, flexão, torção, compressão e flexão conjuntamente, etc.

Obs. Os professores da disciplina conhecem as limitações dos alunos, e não esperam que as respostas a estes itens venham a ser absolutamente perfeitas e rigorosas.

O objetivo do projeto é levar os alunos a pensarem em como as estruturas se comportam e em como elas trabalham. O esforço feito pelos alunos no sentido de entenderem o comportamento das estruturas é que será valorizado, e não uma explicação completa e exata deste funcionamento, o que, para algumas das estruturas escolhidas, poderá estar acima do nível de conhecimento dos alunos desta disciplina.

2.3 Instruções relativas aos dados a serem fornecidos ao programa Ftool

Ao utilizar o programa Ftool, deve-se informar o material da estrutura e as dimensões das seções transversais das barras.

Também deve-se informar as cargas que irão atuar na estrutura.

2.3.1 Cargas

Treliças

No caso das treliças, pede-se que sejam consideradas as forças nos nós decorrentes da ação das cargas permanentes e de uma carga acidental de 3 kN/m^2 atuando em todo o piso da passarela.

Vigas Gerber

Com relação às cargas, no caso das vigas Gerber pede-se que se considere apenas uma força uniformemente distribuída aplicada ao longo de todo o comprimento da viga. Quando a carga real não puder ser estimada, sugere-se que se utilize uma força uniformemente distribuída de 40 kN/m .

2.3.2 Material e seção transversal

O programa já oferece como alternativas dois materiais: aço e concreto.

Caso a estrutura seja de madeira ou de outro material, sugere-se que o respectivo módulo de elasticidade seja procurado em um livro de resistência dos materiais ou de materiais de construção.

2.3.3 Seção transversal

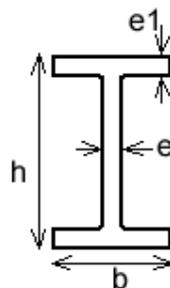
Treliças

As dimensões das barras da treliça deverão ser obtidas diretamente pelos alunos quando visitarem a passarela.

Vigas Gerber

Quanto à seção transversal da viga Gerber, sugere-se que sejam utilizadas as seguintes dimensões quando as reais dimensões da estrutura não puderem ser estimadas:

- Para vigas retas de concreto: utilizar uma viga de seção transversal retangular com altura igual a um décimo do comprimento dos vãos simplesmente apoiados e a um quinto do comprimento dos balanços; usar como largura da viga um quinto da altura, com um mínimo de 20 cm.
- Para vigas retas de aço: utilizar um perfil I com altura igual a um vigésimo do comprimento dos vãos simplesmente apoiados e a um décimo do comprimento dos balanços; adotar $b = 0,4 h$, $e_1 = 0,04 h$ e $e = 0,02 h$ (conforme a figura abaixo).



2.4 Relatório

Deverá ser elaborado um relatório escrito apresentando as análises das estruturas escolhidas pelo grupo.

3. Relatório final

Os relatórios das duas partes do projeto deverão ser entregues conjuntamente, em um único relatório final.

Recorda-se que o relatório deve ser fiel ao objetivo e adequado ao nível de profundidade de informações.

São qualidades de um bom relatório: fidelidade aos fatos (isenção e imparcialidade), facilidade de compreensão (clareza na exposição, frases não muito longas, correta ordenação de ideias), coerência (justificativas amparadas por informações, premissas e conclusões encadeadas, separação entre fatos e opiniões), completeza (apresentação de informações relevantes e ausência de raciocínios implícitos), oportunidade (atualidade dos dados), relevância (somente informações importantes), destaque (separação e ênfase do que é importante).

Deve conter:

- **capa** com nome da instituição, título e subtítulo que sintetizem o assunto, nomes dos autores em ordem alfabética, local e data da elaboração;
- **sumário** com a enumeração das principais divisões na mesma ordem em que aparecem e as respectivas páginas de início;
- **texto** com introdução, corpo principal, conclusões e referências bibliográficas. A introdução deve apresentar os objetivos do relatório, um resumo com os limites do alcance do trabalho, os contatos e os eventos que originaram o relatório. O corpo principal deve ser suficiente, claro, objetivo e preciso. É desejável a apresentação de gráficos, tabelas e diagramas que facilitem o entendimento do que é descrito. As conclusões podem conter opiniões, críticas e sugestões. As referências bibliográficas devem conter todo o material de apoio citado no texto – livros, catálogos, apostilas, endereços na internet, etc.;
- **anexos.**

4 Avaliação do projeto

Para cada uma das partes do projeto será atribuída uma nota de 0 a 5, e a nota do projeto será a soma das duas notas parciais.

Na correção da primeira parte do projeto, serão avaliadas:

1. A determinação dos coeficientes de mola (valor: 0,5);
2. A obtenção experimental da linha de influência das reações de uma viga simplesmente apoiada (valor: 0,75);
3. A obtenção experimental da linha de influência das reações de uma viga simplesmente apoiada com um balanço (valor: 0,75);
4. As comparações entre as linhas de influência teóricas e as experimentais e a análise dos motivos que devem ter levado às discrepâncias entre elas (valor: 1,0);
5. A qualidade dos gráficos do relatório (valor: 0,5);
6. A correção de linguagem do relatório (valor: 0,5);
7. A qualidade das fotografias e sua capacidade de mostrar as experiências realizadas (valor: 0,5);
8. A estrutura e a qualidade da apresentação do relatório (valor: 0,5).

Na correção da segunda parte do projeto:

1. Será verificado se as estruturas analisadas correspondem às solicitadas (valor: 0,5);
2. As fotografias serão avaliadas quanto à sua capacidade de mostrar as estruturas e seus detalhes (valor: 1,0);
3. Será verificado se as perguntas 2.1 a 2.4 foram adequadamente respondidas (valor: 1,0);
4. Na avaliação das respostas às perguntas 2.5 a 2.7, será verificado o esforço realizado no sentido de se procurar compreender as estruturas e seu funcionamento (valor: 1,0);
5. Será avaliada a correção de linguagem do relatório (valor: 0,5);
6. Será avaliada a qualidade das fotografias (valor: 0,5);
7. Será avaliada a estrutura e a qualidade da apresentação do relatório (valor: 0,5).

5. Inscrição dos grupos de projeto

Os grupos de projeto, com três alunos – que podem ser de turmas diferentes –, deverão fazer suas inscrições até as 16h00 do dia 24.5.2017, quarta-feira, em uma lista que está na Secretaria do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica.

6. Avaliação da disciplina

A nota de aproveitamento na disciplina é:

$$A = (3 \cdot P1 + 3 \cdot P2 + 3 \cdot P3 + N_{\text{projeto}}) / 10$$

sendo P1, P2 e P3 as notas das três provas e N_{projeto} a nota deste projeto.

7. Entrega do projeto

O projeto deverá ser entregue na Secretaria do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica até as 16h00 do dia 3.7.2017, segunda-feira.

8. Dispensa do projeto

Os alunos que até 2013 fizeram o projeto da disciplina PEF-2200 ou que em 2015 e 2016 fizeram o projeto da disciplina PEF-3200 e nele tiveram **nota igual ou superior a 8,0** poderão optar por serem dispensados do projeto deste semestre e terem a nota de projeto já obtida considerada como a nota de projeto deste semestre. Os alunos que fizeram o projeto da disciplina PEF-2200 em 2014 e nele tiveram **nota igual ou superior a 8,0** poderão optar por serem dispensados da parte do projeto referente à observação de estruturas do cotidiano deste semestre e terem a nota de projeto já obtida considerada como a nota da parte do projeto referente à observação de estruturas deste semestre. **Deverão, entretanto, fazer a parte do projeto referente ao traçado experimental de linhas de influência.**

Os alunos da FAU que em anos anteriores fizeram o projeto de observação de estruturas da disciplina PEF-2601 e nele tiveram **nota igual ou superior a 8,0** poderão optar por serem dispensados dessa parte do projeto de PEF-3200 deste semestre e terem a nota de projeto já obtida considerada como a nota do projeto de observação de estruturas deste semestre, devendo, entretanto, realizar a parte referente ao traçado experimental das linhas de influência de vigas simples.

Solicita-se aos alunos que se encontram nesta situação e que queiram optar por não fazer o projeto o favor de enviarem um e-mail ao Prof. Henrique Lindenberg Neto, e-mail henlneto@usp.br.