

# ENG 1204 – ANÁLISE DE ESTRUTURAS II – 1º Semestre – 2013

## Revisão do programa: 07

**Prof.: Luiz Fernando Martha** (e-mail: lfm@tecgraf.puc-rio.br)

### Homepage do curso na internet:

<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/analestrut2-131>

**Horários e salas de aula:** 2ª feira: 9:00-11:00 hs, sala L328; 4ª feira: 9:00-11:00 hs, sala L328.

### Referências:

1. Martha, L.F., *Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos*, Editora Campus/Elsevier, ISBN 978-85-352-3455-8, 2010. Disponível na Livraria Carga Nobre (pilotis) ou no site da editora: <http://www.elsevier.com.br/site/produtos/lista.aspx?seg=3&cat=15>.
2. Süsskind, J.C., *Curso de Análise Estrutural – Vol. 2: Deformações em Estruturas, Método das Forças – Vol. 3: Método das Deformações, Processo de Cross*, Editora Globo, 1977.
3. White, R.N., Gergely, P. e Sexsmith, R.G., *Structural Engineering – Combined Edition – Vol. 1: Introduction to Design Concepts and Analysis – Vol. 2: Indeterminate Structures*, John Wiley, New York, 1976.
4. West, H.H., *Analysis of Structures: An Integration of Classical and Modern Methods*, Segunda Edição, John Wiley, New York, 1989.
5. McGuire, W., Gallagher, R.H. e Ziemian, R.D., *Matrix Structural Analysis*, Segunda Edição, John Wiley., New York, 2000.
6. Schodek, D.L., *Structures*, Terceira Edição, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1997.
7. Felton, L.P. e Nelson, R.B., *Matrix Structural Analysis*, John Wiley, New York, 1997.

<b>Datas das provas:</b>	Prova P1:	13 / Abr.	(Sábado: 09:00-12:00 hs)
	Prova P2 (em duas partes):	03 e 05 / Jun.	(2ª e 4ª feiras: 09:00-10:30 hs)
	Prova P3:	29 / Jun.	(Sábado: 09:00-12:00 hs)
	Prova Final PF:	04 / Jul.	(5ª feira: 08:00-11:00 hs)

**Critério de aprovação:** Vide verso.

### Trabalhos individuais:

Serão propostos três trabalhos individuais durante o curso (T1, T2 e T3). Cada trabalho será parte integrante de uma das provas (P1, P2 ou P3) de maneira a ser divulgada.

### Ementa:

#### Primeira Prova:

Conceitos básicos de análise estrutural. Modelos estruturais, equilíbrio e compatibilidade. Princípio da superposição de efeitos e comportamento linear. Princípio dos trabalhos virtuais. Cálculo de deslocamentos em estruturas. Método das Forças: quadros e treliças.

#### Segunda Prova:

Método das Forças: grelhas. Método dos Deslocamentos: Conceitos básicos. Coeficientes de rigidez. Quadros com barras extensíveis. Aplicação do método para quadros com barras inextensíveis. Estruturas deslocáveis e indeslocáveis. Consideração de barras com rigidez infinita à flexão.

#### Terceira Prova:

Formalização do Método dos Deslocamentos para implementação computacional (Método da Rigidez Direta). Método da distribuição de momentos para estruturas indeslocáveis (Processo de Cross). Apoios elásticos em estruturas. Linhas de Influência e envoltórias de esforços para estruturas isostáticas e hiperestáticas.

## Critério de Aprovação

1. As provas P1, P2 e P3 não têm segunda chamada. Para efeito de aprovação e cálculo do Grau Final (GF), caso o aluno não tenha feito, independentemente do motivo, uma ou mais das provas P1, P2 ou P3, o grau correspondente será zero. A segunda chamada em caso de falta à Prova Final (PF) segue a regulamentação da Universidade para este caso em específico.

$$2. \text{ Se } \begin{cases} P1 \geq 5,0 \\ P2 \geq 5,0 \\ P3 \geq 5,0 \end{cases} \quad \text{ou} \quad \text{se } \frac{P1+P2+P3}{3} \geq 6,0$$

então o aluno será considerado **aprovado** com  $GF = \frac{P1 + P2 + P3}{3}$ .

Caso contrário, o grau da prova final PF será usado, de acordo com o item 3 abaixo.

3. O aluno que não se enquadrar nos casos do item 2 deverá realizar, necessariamente, a prova final PF. Sendo Pm e Pn os dois maiores graus das provas P1, P2 e P3, o grau final GF será calculado conforme os dois casos a seguir:

(a) se  $PF \geq 3,0$ , então seu grau final será  $GF = \frac{Pm + Pn + PF}{3}$  e o aluno será considerado

**aprovado** se  $GF \geq 5,0$ . Caso contrário estará **reprovado**.

(b) se  $PF < 3,0$ , então seu grau final será  $GF = \frac{P1 + P2 + P3 + 3PF}{6}$ , e o aluno estará **reprovado**.

4. O grau da prova final PF poderá ser utilizado para melhorar o grau final de qualquer aluno que tenha sido aprovado nos casos do item 2, desde que isso seja solicitado pelo próprio aluno. Neste caso, o grau final será  $GF = \frac{Pm + Pn + PF}{3}$  se  $GF \geq 5,0$ , ou mantém o GF do item 2.

## ROTEIRO DAS AULAS

Aula			Assunto	Seções do livro
1	04/Mar	2ª f	Introdução à análise estrutural; modelo estrutural; consideração sobre equilíbrio e compatibilidade. Introdução ao Método das Forças. Apresentação do Ftool. Entrega do primeiro trabalho sobre simulação computacional do método das forças utilizando o Ftool.	1.1-1.3; 4.1-4.2; 8.1
2	06/Mar	4ª f	Metodologia de análise de uma estrutura hiperestática pelo método das forças. Definição de hiperestáticos. Definição de sistema principal. Simulação computacional do método das forças utilizando o Ftool.	3.8; 8.1-8.2
3	11/Mar	2ª f	Escolha do sistema principal para o método das forças. Classificação dos tipos de condições de compatibilidade. Solução conceitual de viga contínua pelo método das forças com liberação de vínculos externos de apoio e com liberação de continuidade de rotação para criação do sistema principal. Caracterização dos tipos de liberação de vínculo na criação do sistema principal.	2.1-2.2; 8.3-8.4
4	13/Mar	4ª f	Revisão sobre traçado de diagramas de esforços internos em estruturas isostáticas.	3.7.1-3.7.7
5	18/Mar	2ª f	Resumo da caracterização dos tipos de liberação de vínculo na criação do sistema principal. Questões envolvidas na escolha do sistema principal para pórticos hiperestáticos. Escolha do sistema principal para um quadro fechado. Solução abrindo o quadro, cortando em uma seção transversal, e solução introduzindo rótulas. Análise dos tipos de hiperestáticos, termos de carga e coeficientes de flexibilidade de acordo com a solução adotada para o sistema principal. Revisão de decomposição de vigas Gerber isostáticas e introdução à decomposição de pórticos compostos isostáticos.	3.1-3.2; 8.4.3-8.5
6	20/Mar	4ª f	Resumo do princípio das forças virtuais (PFV) para o cálculo de deslocamentos e rotações em estruturas, particularizado para estruturas isostáticas. Solução completa do exemplo de viga contínua com três vãos para o sistema principal com introdução de rótulas, incluindo os cálculos dos termos de carga e coeficientes de flexibilidade pelo PFV.	7.1-7.3.1; 8.3-8.4
7	25/Mar	2ª f	Indicação da solução da viga contínua para o sistema principal em que são retirados os vínculos dos apoios do meio. Discussão sobre as preocupações que se deve ter na escolha do sistema principal. Solução de pórtico plano hiperestático pelo método das forças. Início da solução do portico da figura 8.38.	3.1-3.3; 8.3-8.7
8	27/Mar	4ª f	Complementação da solução do exemplo da figura 8.38. Introdução à análise de estruturas hiperestáticas pelo método das forças para efeitos de temperatura e recalques de apoio. Exemplos simples para efeitos isolados de temperatura e recalque de apoio.	8.7-8.9
9	01/Abr	2ª f	Generalização do princípio das forças virtuais (PFV) para cálculo de deslocamentos em estruturas (em particular em estruturas isostáticas) para cargas aplicadas (revisão), para variação de temperatura e para recalques de apoio. Solução de exemplo de pórtico hiperestático com variação de temperatura.	7.3.1-7.3.3; 8.8-8.9
10	03/Abr	4ª f	Revisão e resumo do princípio das forças virtuais (PFV) para cálculo de termos de cargas (Método das Forças) para cargas aplicadas, variação de temperatura e recalques de apoio. Solução de exemplo com um pórtico hiperestático submetido a um recalque de apoio. Solução de viga contínua submetida às três solicitações.	7.3.1-7.3.3; 8.8-8.10
11	08/Abr	2ª f	Resumo conceitual da análise de estruturas hiperestáticas para efeitos combinados de carregamento, variação de temperatura e recalques de apoio. Solução de exercícios sobre método das forças.	8.1-8.10
12	10/Abr	4ª f	Aula de revisão antes da primeira prova (13/Abr).	8.13
13	15/Abr	2ª f	Aplicação do método das forças à análise de grelhas hiperestáticas. Definição do modelo estrutural de grelhas. Comparação do modelo de grelha com o modelo de pórtico plano no diz respeito às componentes de deslocamentos, rotações, forças, momentos e esforços internos. Resumo do princípio das forças virtuais (PFV) para determinação de deslocamentos em grelhas isostáticas solicitadas por cargas aplicadas. Exemplo de solução de grelha hiperestática pelo método das forças.	2.4; 3.5; 3.7.9; 3.8.4; 8.12
14	17/Abr	4ª f	Introdução ao método dos deslocamentos; considerações sobre compatibilidade e equilíbrio no método dos deslocamentos; definição de deslocabilidades; definição de sistema hipergeométrico. Simulação computacional do método dos deslocamentos utilizando o Ftool. Entrega do segundo trabalho sobre simulação computacional do método dos deslocamentos utilizando o Ftool.	5.9; 10.1-10.2
15	24/Abr	4ª f	Coefficientes de rigidez e termos de carga no método dos deslocamentos. Convenção de sinais para esforços internos no método dos deslocamentos. Solução de viga contínua pelo método dos deslocamentos.	9.1-9.3; 10.3-10.5
	22/Abr	2ª f	FERIADO	

Aula			Assunto	Seções do livro
16	29/Abr	2ª f	Revisão da solução de viga contínua pelo método dos deslocamentos. Solução de pórtico simples com 3 deslocabilidades pelo método dos deslocamentos.	10.5-10.6.1
	01/Mai	4ª f	FERIADO	
17	06/Mai	2ª f	Solução de pórtico simples com 6 deslocabilidades e articulação interna. Introdução ao método dos deslocamentos com redução de deslocabilidades. Classificação das simplificações adotadas para reduzir o número de deslocabilidades. Procedimento de eliminação de trechos em balanço. Introdução à consideração de barras inextensíveis.	10.6.2; 11.1-11.3
18	08/Mai	4ª f	Consideração de barras inextensíveis. Exemplo de solução com barras inextensíveis. Classificação de deslocabilidades externas (translações) e deslocabilidade internas (rotações).	11.3-11.3.2
19	13/Mai	2ª f	Conceito de contraventamento de pórticos. Demonstração em modelo físico reduzido. Demonstração de exemplos no Ftool. Simplificação para desconsiderar no método dos deslocamentos deslocabilidades do tipo rotação para nós completamente articulados. Apresentação da solução de pórtico com barras inextensíveis e com articulação. Procedimento para desconsiderar deslocabilidade interna (rotação) de nó de apoio do segundo gênero no qual só converge uma barra. Regras para determinação de deslocabilidades externas e internas.	5.11-5.12; 11.4-11.4.4
20	15/Mai	4ª f	Exemplo de solução de pórtico com barras inextensíveis e com rótulas. Consideração de barras infinitamente rígidas. Solução de exemplos de pórticos com um e dois pavimentos rígidos.	11.4.4; 11.5-11.5.1
21	20/Mai	2ª f	Consideração de barras infinitamente rígidas que sofrem giro. Exemplos de solução pelo método dos deslocamentos de pórticos com barras inextensíveis e barra infinitamente rígida que sofre giro.	11.5.2- 11.5.3; 11.6
22	22/Mai	4ª f	Revisão de análise de grelhas hiperestáticas pelo Método das Forças. Classificação das cargas atuantes em uma estrutura de acordo com a posição e a atuação temporal: cargas permanentes; cargas acidentais e cargas móveis. Introdução à consideração de cargas móveis e acidentais em estruturas. Conceito de envoltórias de mínimos e máximos efeitos para cargas acidentais e móveis. Demonstração de envoltórias no Ftool. Entrega do terceiro trabalho para obtenção de envoltórias de mínimos e máximos de esforços cortantes e momentos fletores utilizando o Ftool.	8.12 14-14.2
23	27/Mai	2ª f	Revisão de consideração de cargas acidentais e móveis. Introdução a linhas de influência.	14-14.2
24	29/Mai	4ª f	Aula de revisão antes da segunda prova. Solução de exercícios sobre análise de grelhas hiperestáticas pelo método das forças e de análise de pórticos planos pelo método dos deslocamentos.	8.12-8.13; 11.9
25	03/Jun	2ª f	Segunda prova. Primeira parte: solução de pórtico plano pelo método dos deslocamentos.	
26	05/Jun	4ª f	Segunda prova: Segunda parte: solução de grelha pelo método das forças.	
27	10/Jun	2ª f	Linhas de influência para viga biapoiada com balanço: traçado baseado em solução analítica; exemplo de obtenção de envoltórias de esforços cortantes mínimos e máximos e de momentos fletores mínimos e máximos em viga biapoiada com balanços.	14.3
28	12/Jun	4ª f	Método cinemático para o traçado de linhas de influência (princípio de Müller-Breslau). Linhas de influência para vigas Gerber isostáticas e vigas contínuas. Introdução ao processo de Cross. Demonstração do programa e-Cross. Definição de coeficiente de distribuição de momentos e de coeficientes de transmissão de momentos. Solução de pórtico com uma deslocabilidade interna e de vigas contínuas pelo processo de Cross.	14.4 12-12.4
29	17/Jun	2ª f	Aplicação do processo de Cross a pórticos planos com várias deslocabilidades internas. Exemplo de determinação de envoltórias de momento fletor baseado nos aspectos das linhas de influência e com solução utilizando o processo de Cross.	12.5 14.4-14.5
30	19/Jun	4ª f	Consideração de apoios elásticos em estruturas pelo método dos deslocamentos. Solução de pórticos planos com apoio elástico rotacional pelo processo de Cross.	2.1.3; 11.7; 12.6
31	24/Jun	2ª f	Solução de exercícios sobre cargas acidentais e móveis, linhas de influência, envoltórias, processo de Cross e de interpretação de resultados de um programa de computador.	12.8; 13- 13.4; 14.12
32	26/Jun	4ª f	Aula de revisão antes da terceira prova (29/Jun).	
33	01/Jul	2ª f	Aula de atendimento para a prova final (03/Jul).	
34	04/Jul	5ª f	PROVA FINAL	