

ENG 1204 – ANÁLISE DE ESTRUTURAS II – 2º Semestre – 2019

Revisão do programa: versão 04

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

Homepage do curso na internet:

<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/analestrut2-192>

Homepage do curso no Ambiente de Aprendizagem Online da PUC-Rio:

<https://ead.puc-rio.br/login/index.php>

Horários e sala de aula: 2ª feira: 9:00-11:00 hs, 4ª feira: 9:00-11:00 hs, sala L304.

Referências:

1. Martha, L.F., *Análise de Estruturas: Conceitos e Métodos Básicos*, 2ª Edição, Editora GEN LTC (originalmente Editora Elsevier), ISBN 978-85-352-8625-0, 2017. Disponível no site da editora: <https://www.grupogen.com.br/analise-de-estruturas>.
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. Soriano, H.L. e Lima, S.S., *Análise de Estruturas v. 1. Métodos das Forças e Métodos dos deslocamentos*; Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006
4. 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.

Trabalhos individuais:

Serão propostos três trabalhos individuais durante o curso (T1, T2 e T3). Cada trabalho será parte integrante de um dos graus (G1, G2 ou G3).

Ementa:

Grau G1:

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: pórticos. Consideração de cargas aplicadas, variação de temperatura e recalques de apoio.

Grau G2:

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 cargas acidentais e móveis na análise de estruturas: linhas de influência.

Grau G3:

Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas. Consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas: envoltórias de esforços para estruturas isostáticas e hiperestáticas. Método da Rigidez Direta: discretização no método da rigidez direta; representação dos carregamentos como cargas equivalentes nodais; dados de entrada típicos de um programa de computador; resultados típicos de um programa de computador; sistemas de coordenadas generalizadas; matriz de rigidez local no sistema local e no sistema global; montagem da matriz de rigidez global; montagem das cargas nodais combinadas no vetor das forças generalizadas globais; consideração das condições de apoio; determinação dos esforços internos nas barras.

Datas das questões dos graus e da prova final

Grau G1 – 1ª Questão (1,0 ponto):	entrega 21/Ago (4ª feira)
Grau G1 – 2ª Questão (1,0 ponto):	21/Ago (4ª feira)
Grau G1 – 3ª Questão (2,0 pontos):	28/Ago (4ª feira)
Grau G1 – 4ª Questão (3,0 pontos):	04/Set (4ª feira)
Grau G1 – 5ª Questão (3,0 pontos):	11/Set (4ª feira)
Grau G2 – 1ª Questão (2,0 pontos):	18/Set (4ª feira)
Grau G2 – 2ª Questão (1,0 ponto):	entrega 30/Set (2ª feira)
Grau G2 – 3ª Questão (1,0 ponto):	02/Out (4ª feira)
Grau G2 – 4ª Questão (1,0 ponto):	entrega 30/Out (4ª feira)
Grau G2 – 5ª Questão (2,5 pontos):	23/Out (4ª feira)
Grau G2 – 6ª Questão (2,5 pontos):	04/Nov (2ª feira)
Grau G3 – 1ª Questão (3,5 pontos):	11/Nov (2ª feira)
Grau G3 – 2ª Questão (3,5 pontos):	27/Nov (4ª feira)
Grau G3 – 3ª Questão (3,0 pontos):	entrega 04/Dez (4ª feira)
Prova Final PF:	09/Dez (2ª feira)

Critério de Aprovação

1. As questões dos graus G1, G2 e G3 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 questões dos graus G1, G2 ou G3, a nota correspondente da questão será zero. A segunda chamada em caso de falta à Prova Final (PF) segue a regulamentação da Universidade para este caso em específico.

2. Se $\begin{cases} G1 \geq 5,0 \\ G2 \geq 5,0 \\ G3 \geq 5,0 \end{cases}$ ou se $\frac{G1+G2+G3}{3} \geq 6,0$

então o aluno será considerado **aprovado** com $GF = \frac{G1+G2+G3}{3}$.

Caso contrário, a nota da prova final PF será usada, 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 G_m e G_n as duas maiores notas dos graus G1, G2 e G3, o grau final GF será calculado conforme os dois casos a seguir:

(a) se $PF \geq 3,0$, então $GF = \frac{G_m + G_n + PF}{3}$ e o aluno será considerado **aprovado** se $GF \geq 5,0$.

Caso contrário estará **reprovado**.

(b) se $PF < 3,0$, então $GF = \frac{G1+G2+G3+3PF}{6}$, e o aluno estará **reprovado**.

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

ROTEIRO DAS AULAS

Aula			Assunto	Vídeos	Seções do livro
1	14/Ago	4ª f	<p>Introdução Introdução à análise estrutural; modelo estrutural; consideração sobre equilíbrio e compatibilidade. Introdução ao Método das Forças. Apresentação do Ftool. G1 – Questão 1 (1,0 ponto) – Primeiro trabalho: simulação computacional do método das forças utilizando o Ftool (entrega 21/Ago).</p>	Vídeo 01	1.1-1.3; 4.1-4.2; 8.1
2	19/Ago	2ª f	<p>Método das Forças aplicado a pórticos: introdução Metodologia de análise de uma estrutura hiperestática pelo método das forças. Definição de hiperestáticos. Definição de sistema principal. Classificação dos tipos de condições de compatibilidade. Simulação computacional do método das forças utilizando o Ftool. Escolha do sistema principal para o método das forças. 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. Análise dos tipos de hiperestáticos, termos de carga e coeficientes de flexibilidade de acordo com a solução adotada para o sistema principal.</p>	Vídeo 02 Vídeo 03 Vídeo 04	2.1-2.2; 3.8; 4.1.2; 8.1-8.3
3	21/Ago	4ª f	<p>G1 – Questão 2 (1,0 ponto) – Interpretação física do termos de carga e coeficientes de flexibilidade. Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas</p>		
4	26/Ago	2ª f	<p>Princípio das Forças Virtuais aplicado no Método das Forças Princípio das forças virtuais (PFV) para o cálculo de deslocamentos e rotações em estruturas, particularizado para estruturas isostáticas. Determinação dos termos de carga e coeficientes de flexibilidade pelo PFV. Revisão sobre traçado de diagramas de esforços internos em vigas e pórticos isostáticos. Solução do exemplo de viga contínua com três vãos para o sistema principal em que são retirados os vínculos dos apoios interiores e para o sistema principal com introdução de rótulas nas seções dos apoios interiores.</p>	Vídeo 05 Vídeo 06 Vídeo 07	7.1-7.3.1; 8.3-8.4; 3.1-3.2; 3.6; 3.7-3.7.6
5	28/Ago	4ª f	<p>G1 – Questão 3 (2,0 pontos) – Análise de pórticos planos isostáticos Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas</p>		
6	02/Set	2ª f	<p>Método das Forças: metodologia para escolha do Sistema Principal Revisão de decomposição de vigas Gerber isostáticas e decomposição de pórticos compostos isostáticos. Revisão de solução de pórticos isostáticos compostos. Preocupações que se deve ter na escolha do sistema principal para pórticos hiperestáticos. Exemplos de determinação de sistema principal. Soluções de pórticos planos hiperestáticos pelo método das forças.</p>	Vídeo 08 Vídeo 09 Vídeo 10	3.7.7; 3.8; 8.5-8.7
7	04/Set	4ª f	<p>G1 – Questão 4 (3,0 pontos) – Método das Forças para cargas aplicadas em pórtico plano.</p>		
8	09/Set	2ª f	<p>Método das Forças considerando variação de temperatura e recalque de apoio Diferença de comportamento entre modelos estruturais isostáticos e hiperestáticos. Exemplos simples para efeitos isolados de temperatura e recalque de apoio. Generalização do princípio das forças virtuais (PFV) para cálculo de deslocamentos em estruturas isostáticas para cargas aplicadas, para variação de temperatura e para recalques de apoio. Solução de exemplo de pórtico hiperestático com cargas aplicadas, variação de temperatura e recalque de apoio.</p>	Vídeo 11 Vídeo 12 Vídeo 13	4.5; 7.3.2- 7.3.3; 8.8-8.10
9	11/Set	4ª f	<p>G1 – Questão 5 (3,0 pontos) – Método das Forças para cargas aplicadas, variação de temperatura e recalque de apoio em pórtico.</p>		
10	16/Set	2ª f	<p>Método das Forças aplicado a grelhas Análise estrutural de grelhas. 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. Exemplo de solução de grelha isostática. Aplicação do método das forças à análise de grelhas hiperestáticas. Resumo do princípio das forças virtuais (PFV) para determinação de deslocamentos em grelhas isostáticas solicitadas por cargas aplicadas. Exemplos de solução de grelhas hiperestáticas pelo método das forças.</p>	Vídeo 14 Vídeo 15 Vídeo 16 Vídeo 17	2.4; 3.5; 3.7.9; 3.8.4; 7.3; 8.12-8.13
11	18/Set	4ª f	<p>Método das Forças aplicado a grelhas (cont.) Revisão de análise de grelhas hiperestáticas pelo Método das Forças. G2 – Questão 1 (2,0 pontos) – Método das Forças para cargas aplicadas em grelha.</p>		

Aula			Assunto	Vídeos	Seções do livro
12	23/Set	2ª f	<p>Método dos Deslocamentos para pórticos com barras sem restrições em deformações 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. G2 – Questão 2 (1,0 ponto) – Segundo trabalho sobre simulação computacional do método dos deslocamentos utilizando o Ftool (entrega 30/Set).</p>	Vídeo 18	5.9; 10.1-10.2
13	25/Set	4ª f	Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas		
14	30/Set	2ª f	<p>Método dos Deslocamentos para pórticos com barras sem restrições em deformações (cont.) Coeficientes 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. Solução de pórtico simples com 3 deslocabilidades pelo método dos deslocamentos. Solução de pórtico simples com 6 deslocabilidades e articulação interna. Solução de pórtico com barra inclinada. Dedução dos coeficientes de rigidez local de barra.</p>	Vídeo 19 Vídeo 20 Vídeo 21 Vídeo 22 Vídeo 23	10.3- 10.6; 9.1-9.28
15	02/Out	4ª f	<p>G2 – Questão 3 (1,0 ponto) – Coeficientes de rigidez e termos de carga no método dos deslocamentos</p> <p>Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas</p>		
16	07/Out	2ª f	<p>Método dos Deslocamentos com redução de deslocabilidades Comportamento linear e superposição de efeitos. Não linearidade geométrica. Método dos deslocamentos com redução de deslocabilidades. Classificação das simplificações adotadas para reduzir o número de deslocabilidades. Introdução à consideração de barras inextensíveis. Classificação de deslocabilidades externas (translações) e deslocabilidade internas (rotações). Conceito de contraventamento de pórticos. Demonstração de exemplos no Ftool.</p>	Vídeo 24 Vídeo 25	4.3; 4.4; 11-11.2
17	09/Out	4ª f	<p>Método dos Deslocamentos: consideração de barras inextensíveis e articulações Consideração de barras inextensíveis. Regras para determinação de deslocabilidades externas.</p>	Vídeo 26	5.11- 5.12; 11.3
	14/Out	2ª f	Recesso de Dia do Prof ^o / Aux. Adm.		
18	16/Out	4ª f	<p>Método dos Deslocamentos: consideração de barras inextensíveis e articulações (cont.) Simplificação para desconsiderar no método dos deslocamentos deslocabilidades do tipo rotação para nós completamente articulados. Exemplo de solução com barras inextensíveis e articulação, considerando a articulação de três maneiras distintas. Procedimento para desconsiderar deslocabilidade interna (rotação) de nó de apoio do segundo gênero no qual só converge uma barra. Regras para determinação de deslocabilidades internas. Exemplos de solução de pórticos com barras inextensíveis.</p>	Vídeo 27 Vídeo 28 Vídeo 29 Vídeo 30	11.4- 11.4.4; 11.6
19	21/Out	2ª f	<p>Consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas Introdução à consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas. 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. G2 – Questão 4 (1,0 ponto) – Terceiro trabalho para obtenção de envoltórias de mínimos e máximos de esforços cortantes e momentos fletores utilizando o Ftool (entrega 30/Out).</p>	Vídeo 39	14; 14-11
20	23/Out	4ª f	G2 – Questão 5 (2,5 pontos) – Método dos Deslocamentos com barras inextensíveis e articulações completas.		
21	28/Out	2ª f	<p>Consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas (cont.) Introdução a linhas de influência. Uso de linhas de influência para determinar posições críticas de carga acidental e móvel que minimizam ou maximizam um determinado efeito. Introdução ao método cinemático para o traçado de linhas de influência: Princípio de Müller-Breslau.</p>	Vídeo 40 Vídeo 42	14.1-14.2 14.4

Aula			Assunto	Vídeos	Seções do livro
22	30/Out	4ª f	Consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas (cont.) Linhas de influência para viga biapoiada com balanço: traçado baseado em solução analítica. Método cinemático para o traçado de linhas de influência: Princípio de Müller-Breslau. Linhas de influência para vigas Gerber isostáticas e vigas contínuas.	Vídeo 40 Vídeo 42	14.2; 14.4
23	04/Nov	2ª f	Consideração de cargas acidentais e móveis na análise de estruturas (cont.) Determinação de envoltórias de esforços cortantes mínimos e máximos e de momentos fletores mínimos e máximos em viga biapoiada com balanços.	Vídeo 41	14.3
			G2 – Questão 6 (2,5 pontos) – Cargas acidentais e móveis: conceito de linhas de influência.		
24	06/Nov	4ª f	Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas: determinação dos casos de carregamento: cargas permanentes e cargas acidentais		
25	11/Nov	2ª f	G3 – Questão 1 (3,5 pontos) – Linhas de influência e consideração de cargas acidentais e móveis.		
26	13/Nov	4ª f	Método da Rigidez Direta Discretização no método da rigidez direta. Representação dos carregamentos como cargas equivalentes nodais. Dados de entrada típicos de um programa de computador. Resultados típicos de um programa de computador. Sistemas de coordenadas generalizadas. Matriz de rigidez local no sistema local e no sistema global.		13.1-13.6
27	18/Nov	2ª f	Método da Rigidez Direta Montagem da matriz de rigidez global. Montagem das cargas nodais combinadas no vetor das forças generalizadas globais. Interpretação do sistema de equações finais como imposição de equilíbrio aos nós isolados. Consideração das condições de apoio. Determinação das reações de apoio. Determinação dos esforços internos nas barras. Generalização do método da rigidez direta para o método dos elementos finitos com formulação em deslocamentos.		13.7- 13-13
	20/Nov	4ª f	FERIADO		
28	25/Nov	2ª f	Método da Rigidez Direta Aula de revisão sobre método da rigidez direta. Solução de exercícios.		13.14
29	27/Nov	4ª f	G3 – Questão 2 (3,5 pontos) – Método da Rigidez Direta.		
30	02/Dez	2ª f	Criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas		
31	04/Dez	4ª f	G3 – Questão 3 (3,0 pontos) – Entrega e apresentação dos relatórios sobre criação de modelos estruturais e análise computacional de estruturas.		
	09/Dez	2ª f	PROVA FINAL		