



PLANO DE ENSINO

Em caráter excepcional e transitório, para substituição do ensino presencial pelo ensino não presencial, enquanto durar a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), em atenção à Portaria MEC No 544, de 16 de junho de 2020, à Resolução Normativa No 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020, à Portaria Normativa No 379/2020/GR, de 9 de novembro de 2020, e à Resolução N° 30/2020/CUn, de 1° de dezembro de 2020.

EMC5138 – Mecânica dos Sólidos B

1) Identificação

Carga horária: 108 horas-aula, das quais: Teóricas: 108 horas-aula.

Turma(s): 4203/5214A

Nome(s) do(s) professor(es): Paulo de Tarso R Mendonça (paulo-rm1@hotmail.com),
Eduardo A Fancello (efancello@gmail.com)

Período: 2º semestre de 2020

2) Cursos

203 Engenharia Mecânica

214 Engenharia de Produção Mecânica

3) Requisitos

EMC5128

4) Ementa

Introduzir conceitos de campos de deslocamentos, de tensões e de energia de deformação e aplica-los através das equações fundamentais da mecânica dos sólidos: equações cinemáticas, de equilíbrio, constitutiva elástica, e identificação de condições de contorno em problemas mecânicos. Campos de tensão em cascas cilíndricas e esféricas delgadas. Solução do problema de deflexão de vigas isostáticas e hiperestáticas pelo método da integração da equação diferencial de equilíbrio. Flambagem elástica e inelástica de barras. Introdução ao método de elementos finitos de barras e vigas em estruturas planas e espaciais. Fornecer aos alunos uma visão integrada do problema de falha de um sistema mecânico. Definição de modo de falha. Teoria de fadiga de metais por nucleação de trinca. Curva tensão-vida. Concentração de tensões em entalhes. Efeito de tensão média. Tensões plásticas de flexão de vigas. Efeitos de tensões residuais na vida de fadiga.

5) Objetivos

Complementar os estudos iniciados em Mecânica dos Sólidos A, na determinação de campos de deslocamentos em problemas hiperestáticos através de diversos métodos. Introduzir os conceitos (grau de liberdade, discretização, matrizes estruturais, condições de contorno, nós e elementos) e as operações de análise estrutural matricial através do método de elementos finitos. Desenvolver as teorias para alguns modos de falha: flambagem, plastificação em flexão, resistência a fadiga de metais.

6) Conteúdo Programático

PARTE I -

(2h) Aspectos qualitativos e definições de estruturas unidimensionais, bidimensionais, tridimensionais e tipos de carregamentos.

(2h) Cascas cilíndricas e esféricas sob esforços de membrana.

(6h) Revisão de diagramas de esforços, transformação de tensões.

(4h) Carregamentos combinados envolvendo elementos cilíndricos.

(5h) Deflexão em vigas.

(8h) Vigas hiperestáticas.

(4h) Conceitos de métodos energéticos e princípio dos trabalhos virtuais.

(6h) Flambagem elástica e anelástica de barras.

(9h) Introdução ao método de elementos finitos: métodos diretos de equilíbrio aplicados a barras e treliças planas e espaciais.

(8h) Aplicação do método de elementos finitos a vigas e pórticos planos e espaciais.

PARTE II -

(03h) Modos de Falha. Conceitos sobre modos de falha e estados limites. Processos e mecanismos de falha. Critérios de falha.

(08h) Comportamento mecânico dos materiais. Ensaio de tração. Definições. Deformação plástica. Coeficiente de Poisson no regime plástico. Curva tensão deformação real. Modelos da curva tensão-deformação. Ensaio de impacto. Transição dútil-frágil.

(06h) Concentração de tensão. Definição. Fórmulas e gráficos. Efeitos sobre a resistência estática.

(04h) Fenômeno da fadiga. Introdução. Nucleação e propagação de trincas de fadiga. Critérios de projeto. (05h) Resistência à fadiga dos metais. Máquinas de testes. Ensaios com controle de carga e controle de deslocamento. Estimativas das curvas.

(09h) Resistência à fadiga de componentes: Efeitos sobre a curva tensão-vida e sobre a curva deformação-vida. Efeito de concentração de tensões e deformações. Fator de sensibilidade ao entalhe. Concentração de tensões no regime plástico. Teoria de Neuber.

(10h) Efeito de solicitações médias: Construção dos diagramas de vida constante. Estimativas. Efeito de concentração de tensão e tensões residuais. Solicitações compostas.

7) Metodologia

As aulas serão teóricas, com exemplos e aplicação acompanhando a teoria. O conteúdo será dividido em módulos que serão avaliados por meio de provas ao fim de cada módulo e um trabalho.

As aulas síncronas serão remotas, no horário regular de aula. Serão disponibilizados os vídeos das aulas para os alunos através do MOODLE.

Atividades não presenciais assíncronas estão programadas na forma de leituras, trabalhos e listas de exercícios disponibilizadas via MOODLE.

8) Avaliação

a) Ocorrerão 5 **Provas Obrigatórias**, P1, P2, P3, P4 e P5.

b) Terão **Aprovação Direta** os alunos que obtiverem frequência suficiente e média, M_p , superior a 6,0, calculada por

$$M_p = (P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5 > 5,99.$$

As provas serão individuais, online, utilizando ferramentas assíncronas, com prazo pré-definido, através do MOODLE. O aluno entregará a resolução da prova em forma escaneada.

Poderá haver uma segunda fase do processo de avaliação, com uma entrevista individual online do professor com cada aluno, utilizando ferramenta síncrona, onde este explicará o processo usado na resolução da prova e responderá algumas questões associadas ao conteúdo.

Conforme parágrafo 2º do artigo 70 da Resolução 17/CUn/97, o aluno com frequência suficiente (FS) e média final no período (MF) entre 3,0 e 5,5 terá direito a uma nova avaliação ao final do semestre (REC), sendo a nota final (NF) calculada conforme parágrafo 3º do artigo 71 desta resolução, ou seja: $NF = (MF + REC) / 2$.

9) Cronograma (DATAS A SEREM ANUNCIADAS)

DATA	TÓPICOS – Mecânica dos Sólidos e Elementos Finitos	TÓPICOS – Mecânica dos Sólidos, Teoria de Falhas Estáticas e Mecanismos de Fadiga
	Carregamentos combinados	
	Carregamentos combinados	
		Revisão. Classificação de critérios de falha independentes do tempo. Revisão de critérios de início de escoamento e fratura frágil. Conceito de concentração de tensão. Fator de concentração de tensão. Início de escoamento e fratura frágil em peças com concentração de tensões.
	Carregamentos combinados	
		Critério de falha por fratura dúctil. Fator de sensibilidade ao entalhe.
	Vigas isostáticas. Dedução das equações diferenciais,	
	Vigas isostáticas. método da integração direta.	
		Análise plástica, Flexão plástica. Fator de forma. Plastificação em entalhes. Critério de falha por colapso plástico.
	1ª. PROVA *** – Esforços de flexão oblíqua, torção. Tensões em carregamentos combinados, transformação de tensões, uso de critérios de falha. PROVA não presencial não supervisionada.	
	Vigas hiperestáticas. Método da integração direta. Em problemas com múltiplos vãos obter as constantes de integração de forma matricial e resolver em calculadora. Método da	

	sobreposição. Problemas hiperestáticos espaciais simples envolvendo tração, torção	
	1ª. PROVA oral sobre a 1ª prova	
		Análise de falha estáticas em peças com carregamentos combinados. Exercícios.
	Vigas hiperestáticas	
	Métodos energéticos. Conceito de energia de deformação. Densidade de energia nos casos simples de barra sob tração, flexão, torção, cisalhamento. 2º. Teorema de Castigliano. Dedução. Aplicações para deslocamento em um ponto de barras sob tração, flexão, torção. Solução de deslocamento de vigas hiperestáticas. Exemplos de estruturas espaciais simples de barras. Efeito do cisalhamento transversal na deflexão de vigas	
		2ª. PROVA – Falhas estáticas até 5.7. Fenômeno da fadiga. Introdução. Nucleação e propagação de trincas de fadiga. Critérios de projeto. PROVA não presencial não supervisionada.
	Métodos energéticos	
	Métodos energéticos	
		2ª. PROVA. Avaliação oral sobre a 2ª prova. Cap.8.
	Introdução à análise de estruturas pelo método de elementos finitos. Introdução à análise de estruturas pelo método de elementos finitos.	
	3ª. PROVA - de vigas isostáticas até métodos energéticos.	

	PROVA não presencial não supervisionada.	
	Treliças planas. Relações cinemáticas para barras no plano. Matriz de rigidez de uma barra no plano.	
		Resistência à fadiga dos metais. Máquinas de testes. Ensaios com controle de carga e controle de deslocamento. Estimativas das curvas.
	3ª. PROVA oral sobre a 3ª prova.	
	Treliças planas	
		Resistência à fadiga de componentes: Efeitos sobre a curva tensão-vida e sobre a curva deformação-vida. Efeito de concentração de tensões e deformações.
	Estruturas Planas de Vigas. Matriz de rigidez de uma viga em coordenadas locais.	
	Estruturas Planas de Vigas- Pórticos planos	
		Efeito de solicitações médias: Construção dos diagramas de vida constante. Estimativas. Efeito de concentração de tensão e tensões residuais.
	Elementos de viga	
	Estruturas Planas de Vigas - pós-processamento.	
		Análise de fator de segurança em fadiga. Resolução de exercícios
	Flambagem de colunas delgadas	
	Flambagem	
	4ª. PROVA - Elementos finitos de treliças e pórticos.	Problemas de componentes submetidos a solicitações

	PROVA não presencial não supervisionada	combinadas multiaxiais. Critérios para cálculo de tensões equivalentes de fadiga. Resolução de exercícios
	Dúvidas	
	4ª. PROVA oral sobre a 4ª prova	
		Problemas de componentes submetidos a solicitações combinadas multiaxiais. Critérios para cálculo de tensões equivalentes de fadiga. Resolução de exercícios
	Dúvidas	Problemas de componentes submetidos a solicitações combinadas multiaxiais. Critérios para cálculo de tensões equivalentes de fadiga. Resolução de exercícios.
		5ª. PROVA . PROVA não presencial não supervisionada.
	Dúvidas	5ª. PROVA oral sobre a 5ª prova
	Dúvidas	
	Dúvidas	
	Provas de Recuperação e Substitutiva	
	Provas orais do conteúdo das provas de Recuperação e Substitutiva	
	Revisões de provas	
	Publicação do RESULTADO FINAL	

Observação: as datas de avaliações previstas são indicadas no cronograma acima apenas de forma orientativa. Prevê-se que nos dias anteriores ajustes possam ser feitas, em comum acordo com os alunos, para adequá-las ao melhor andamento da matéria.

10) Bibliografia Básica

1. E. da ROSA, Análise de Resistência de Componentes Mecânicos. UFSC 1994. Livro digital disponível em: www.grante.ufsc.br->Graduação->Mecânica dos Sólidos B. (conteúdo de FADIGA)
2. E.P. Popov, Introdução a Mecânica dos Sólidos, Edgard Blucher, 1978. Para eventual consulta e listas de exercícios na parte de Resistência dos Materiais.
3. R.C. Hibbeler. Resistência dos Materiais. 3ª. edição, Editora LTC, 1997.

O conteúdo da disciplina é distribuído nas três referências, sendo que as referências 2 e 3 são disponíveis na Biblioteca Universitária e a referência 1 é disponível de forma digital.

11) Bibliografia Complementar

1. P.T.R. Mendonça, Resistência dos Materiais e Fundamentos de Mecânica dos Sólidos, livro digital, Editora Orsa Maggiore, (www.EditoraOrsaMaggiore.com.br), 2020.
2. E.A. Fancello, Programas abertos de elementos finitos, em MATLAB. Site www.grante.ufsc.br.