



Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Mecânica



## 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, e à Resolução Normativa Nº 140/2020/CUn, de 21 de julho de 2020.

### EMC5313 – Análise Estrutural I

#### 1) Identificação

Carga horária: 54 horas-aula teóricas

Turma(s): 10203

Professor: Eduardo Alberto Fancello. E-mail: Eduardo.fancello@ufsc.br

Período: 1º semestre de 2020

#### 2) Cursos

203 Engenharia Mecânica

214 Engenharia de Produção Mecânica

#### 3) Requisitos

Engenharia Mecânica (203): EMC5138

#### 4) Ementa

Revisão de mecânica de sólidos. Tensor de tensões. Tensor de deformação finita e infinitesimal. Relações constitutivas. Material elástico linear. Equação diferencial de equilíbrio. Princípio dos trabalhos virtuais. Princípio de mínima energia de deformação. Aproximação por elementos finitos. Elementos finitos de barras, vigas, estados planos de deformação tensão, sólidos de revolução, sólidos e placas. Modelagem e práticas com softwares comerciais.

#### 5) Objetivos

##### Geral:

Estabelecer o conceito de modelagem em Mecânica dos Sólidos. Entender o modelo de elasticidade linear e sua resolução numérica através do método dos Elementos Finitos. Conhecer a ferramenta de Elementos Finitos e suas limitações.

##### Específicos:

1. Conhecer as equações diferenciais básicas que compõem o modelo de elasticidade linear.
2. Introduzir o método dos elementos finitos como técnica de solução numérica para as equações diferenciais de elasticidade linear.
3. Conhecer alguns dos modelos (tipos de elementos, tipos de carregamentos) mais utilizados para análise de estruturas via Elementos Finitos. Conhecer as aproximações envolvidas em cada um dos modelos estudados.
4. Realizar práticas de simulação de problemas estruturais com ferramentas numéricas.

## 6) Conteúdo Programático

1. Introdução. Contexto da disciplina na engenharia e no curso. Revisão de Mecânica do Contínuo. Tensor de Tensões. Direções principais de tensão. Tensão esférica e desviadora. Equação diferencial de equilíbrio. Critérios de falha baseados em tensão [4 horas-aula]
2. Cinemática dos corpos deformáveis. Deslocamento. Tensor de deformação de Green-Lagrange e infinitesimal. Deformação esférica e desviadora [3 horas aula]
3. Relações constitutivas. Conceito de materiais inelásticos, elásticos e elástico-lineares. Relação constitutiva elástica linear. Lei de Hooke generalizada [2 horas aula]
4. Formulação do problema de valor de contorno de elasticidade linear quase-estática [1 hora aula]
5. Equação diferencial de equilíbrio e Formulação Variacional para problema estrutural 1D: barras em solicitação axial. Princípio dos Trabalhos Virtuais. Princípio de mínima energia. Aproximação por Elementos Finitos. Funções de forma globais e locais. Matriz de rigidez e termos de carga. Colocação de condições de contorno. Exercícios. Programação em Matlab ou similar [6 horas aula]
6. Equação diferencial de equilíbrio e Formulação Variacional para problema estrutural 2D: Elasticidade plana. Estado plano de deformações, tensões e sólidos de revolução. Conceito de aproximação por Elementos Finitos. Elementos Finitos para elasticidade plana. Exercícios. Programação de Elementos Finitos em Matlab ou similar [6 horas aula]
7. Equação diferencial de equilíbrio e Formulação Variacional para problema estrutural 3D: Elasticidade tridimensional. Apresentação e uso de programas comerciais. Solução de problemas e modelagem [3 horas aula]
8. Conceitos básicos de condição de contorno unilateral (contato e atrito) e de solução de problemas não lineares. Resolução de exemplos com programas comerciais [3 horas aula]
9. Conceitos básicos de critérios de falha baseados em colapso plástico e fadiga. Resolução de exemplos com programas comerciais [3 horas aula]
10. Formulação de projeto de análise estrutural a ser resolvido em equipes para apresentação [3 horas-aula]

## 7) Metodologia

- Os aspectos teóricos da disciplina serão abordados ao longo do semestre com ferramentas síncronas, em aulas expositivas, assim como com ferramentas assíncronas, através de leitura e discussão de textos pertinentes.
- As aulas que envolvem práticas de exemplos serão desenvolvidas por meio de implementação computacional de soluções para problemas propostos utilizando a linguagem de programação Matlab ou similar e uso programas comerciais de Elementos Finitos em sessões conduzidas pelo professor.
- As atividades assíncronas serão disponibilizadas através do MOODLE, com o suporte de material de apoio em meio digital.
- As aulas síncronas ocorrerão no horário oficial da disciplina.
- O link para as aulas síncronas será fornecido no MOODLE.
- O atendimento individual para sanar dúvidas ocorrerá em encontros síncronos, nas datas e formas descritas no MOODLE.

## 8) Avaliação

O sistema de avaliação estará composto de duas provas individuais e de um trabalho final a ser executado em equipe de até 2 pessoas. Ao longo do curso poderão ser solicitados trabalhos para entrega. Os pesos para a elaboração do conceito são os seguintes:

$$MF = (P1 \times 1,0 + P2 \times 1,0 + TF \times 0,7 + Exercícios \times 0,3) / 3,0$$

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:  $NF = (MF + REC) / 2$ .

As provas serão online, sem supervisão e ocorrerão nos dias 15/09, 06/10. As questões estarão disponíveis às 07:30 e as respostas, na forma de um texto escaneado, ou fotografado, deverão ser entregues no MOODLE (por upload) até às 11:00. Espera-se que o aluno trabalhe individualmente na solução dos problemas da avaliação, com a consulta livre ao material da disciplina.

O trabalho final será executado em equipe de até 2 alunos e será apresentado para o professor e demais colegas em horário de aula.

A frequência suficiente ao curso é obrigatória. A frequência poderá ser registrada, ou pelo docente, ou pelo próprio aluno, em cada acesso às aulas síncronas, utilizando o registro de frequência do MOODLE. O aluno também poderá ser requisitado a registrar frequência no acesso às aulas assíncronas. A frequência será mensurada de duas formas:

1. Mediante a nas aulas síncronas (PS), registradas pelo aluno no MOODLE, e
2. Mediante a duração total dos acessos às atividades assíncronas (DT, em minutos).

Para ser aprovado, além do requisito da nota, o aluno deverá ter uma frequência total igual ou superior a 45 pontos, calculados da seguinte forma:

$$P = 4 \times PS + DT/120$$

Para ter direito a prova REC, o aluno deverá ter atingido um mínimo de 45 pontos de frequência.

## 9) Cronograma

1. As aulas síncronas serão realizadas nas quartas feiras, entre 07h30min e 10h00min.
2. As Provas 1 e 2 serão realizadas nos dias 30/08 e 4/10.
3. A Exposição de Trabalho Final será no dia 9/12
4. A prova de Recuperação será no dia 16/12.

## 10) Bibliografia Básica

- Mendonça, P.T.R; Fancello, E.A.; O Método de Elementos Finitos aplicado à Mecânica dos Sólidos. Paulo de T. R. Mendonça. Orsa Maggiore, 2019.
- Fancello, E.A. Notas de aula disponibilizadas no Moodle.

## 11) Bibliografia Complementar

- Fish and Belytschko, A First Course in Finite Elements, Fish and Belytschko, Wiley, 2007