



## Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2020

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Engenharia Assistida por Computador - CAE		Código da Disciplina: ECA514
Course: Computer Aided Engineering & CAE		
Materia:		
Periodicidade: Anual	Carga horária total: 80	Carga horária semanal: 00 - 00 - 02
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia de Controle e Automação Engenharia de Controle e Automação	Série: 6 5	Período: Noturno Diurno
Professor Responsável: Marcelo Otavio dos Santos	Titulação - Graduação Engenheiro Mecânico	Pós-Graduação Doutor
Professores: Gelson Freitas Miori Marcelo Otavio dos Santos	Titulação - Graduação Engenheiro Mecânico Engenheiro Mecânico	Pós-Graduação Doutor Doutor
OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes		
<p>Conhecimentos:</p> <p>C1 - Critérios de resistência e segurança em projetos mecânicos.</p> <p>C2 - Método dos deslocamentos - Análise Matricial de Estruturas.</p> <p>C3 - Métodos numéricos aplicados ao projeto de estruturas e elementos de máquinas - Método dos Elementos Finitos (MEF)</p> <p>C4 - Operação de software comercial de CAE (Engenharia assistida por computador)</p> <p>Habilidades:</p> <p>H1 - Integração dos diversos modelos matemáticos na Mecânica dos Sólidos.</p> <p>H2 - Desenvolver a sensibilidade e o espírito crítico ao analisar o comportamento de uma estrutura.</p> <p>H3 - Associar os modelos estruturais às estruturas reais na Engenharia.</p> <p>H4 - Compreender o método de cálculo estrutural utilizado computacionalmente.</p> <p>H5 - Trabalhar em equipe.</p> <p>H6 - Análises estruturais: lineares e não lineares, térmicas, estáticas e dinâmicas, regime estacionário e transiente.</p> <p>Atitudes:</p> <p>A1 - Ter visão sistêmica e interdisciplinar na solução de problemas de engenharia.</p> <p>A2 - Análise crítica se os objetivos da modelagem foram atingidos.</p> <p>A3 - Responsabilidade pela segurança de estruturas e componentes projetados.</p>		



EMENTA
<p>Revisão de Mecânica dos Sólidos. Introdução ao Método dos Elementos Finitos: formulação de elementos 1D, 2D e 3D. Técnicas numéricas de solução de problemas em regime permanente, transitório e de autovalor. Critérios de convergência. Aplicações da engenharia assistida por computador (CAE): conceito de computador como ferramenta de desenvolvimento, avaliação e otimização de projetos. Projeto de componentes de máquinas assistido por computador. Análise de tensões, deformações e deslocamentos provenientes de esforços aplicados sobre um componente mecânico obtidos através de simulação em software comercial. Comparação do método numérico com o método experimental através do uso de extensômetros elétricos.</p>
SYLLABUS
<p>Review of Solid Mechanics. Introduction to the Finite Element Method: formulation of 1D, 2D and 3D elements. Numerical problem solving techniques in permanent, transient and eigenvalue regimes. Convergence criteria. Applications of computer-aided engineering (CAE): computer concept as a development and evaluation tool and design optimization. Computer aided machine components design. Stresses, strain and deformation analysis from applied loads on a mechanical part obtained from simulation software. Comparison of the numerical method with the experimental method through the use of strain gages.</p>
TEMARIO
ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM - EAA
Aulas de Laboratório - Sim
LISTA DE ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM
- Peer Instruction (Ensino por pares)
- Sala de aula invertida
- Design Thinking
- Project Based Learning
- Problem Based Learning
METODOLOGIA DIDÁTICA
<p>Uso de técnicas de aprendizagem ativa em sala de aula:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aula invertida</li> <li>- Peer Instruction</li> <li>- PBL (Problem-Based Learning)</li> </ul> <p>Aula expositiva com apoio de recurso áudio-visual.</p> <p>Uso de software comercial de simulação CAE em laboratório de informática.</p> <p>Uso do Laboratório de Mecânica dos Sólidos para realização de experimentos práticos.</p>



### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

- Desenho técnico mecânico
- Resistência dos Materiais
- Elementos de máquinas
- Dinâmica
- Termodinâmica e Transferência de Calor
- Materiais de construção mecânica

### CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA

Após a realização da disciplina, o aluno deverá ter adquirido a capacidade de:

- Utilizar uma ferramenta moderna de projeto assistido por computador CAE.
- Aplicar a técnica do Método dos Elementos Finitos para solução de problemas de Engenharia.
- Modelagem de problemas multifísicos.
- Integração das diversas áreas da Engenharia visando o dimensionamento correto de componentes e estruturas.
- Instrumentação de componentes e estruturas através de strain gages, visando a validação dos resultados obtidos numericamente.

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografia Básica:

ALVES FILHO, Avelino. Elementos finitos: a base da tecnologia CAE. 5. ed. São Paulo, SP: Érica, 2007. 292 p. ISBN 9788571947412.

ALVES FILHO, Avelino. Elementos finitos: a base da tecnologia CAE/Análise dinâmica. 2. ed. São Paulo, SP: Érica, 2009. 301 p. ISBN 9788536500508.

FISH, Jacob; BELYTSCHKO, Ted. Um primeiro curso em elementos finitos. KOURY, Ricardo Nicolau Nassar (Trad.), MACHADO, Luiz (Trad.). Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009. 241 p.

KIM, Nam-Ho; SANKAR, Bhavani V. Introdução à análise e ao projeto em elementos finitos. KURBAN, Amir Elias Abdalla (Trad.). Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011. 353 p.

LOGAN, Daryl L. A first course in the finite element method. Boston: PWS, 1992. 662 p.

#### Bibliografia Complementar:

ALVES FILHO, Avelino. Elementos finitos: a base da tecnologia CAE/Análise não Linear. São Paulo, SP: Érica, 2012. 320 p.

BATHE, Klaus-Jürgen. Finite element procedures. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1996. 1037 p.



BUCHANAN, George R. Schaum's outline of theory and problems of finite element analysis. New York: McGraw-Hill, 1995. 264 p

KWON, Young W; BANG, Hyochoong. The finite element method using MATLAB. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2000. 607 p.

MOAVENI, Saeed. Finite element analysis: theory and application with ANSYS. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 527 p

#### **AVALIAÇÃO (conforme Resolução RN CEPE 16/2014)**

Disciplina anual, com trabalhos.

Pesos dos trabalhos:

$k_1$ : 1,0  $k_2$ : 1,0

#### **INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS**

O trabalho T1 corresponde a média das notas dos trabalhos realizados no 1o semestre e o T2 corresponde a média dos trabalhos do 2o semestre.

Estes trabalhos poderão ser realizados individualmente ou em grupo, conforme será definido pelo professor para cada caso.

A sua configuração poderá variar, conforme orientação do professor, obedecendo aos seguintes formatos:

- Solução de um problema de engenharia usando o software de CAE.
- Relatórios de simulação MEF.
- Aplicação da simulação em estudo de caso de engenharia - projeto.
- Relatórios de experimentos realizados no Laboratório de Mecânica dos Sólidos.



OUTRAS INFORMAÇÕES



### SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA

ANSYS Workbench

Vtech Correlate

CATMAN HBM

Pacote Office



## APROVAÇÕES

Prof.(a) Marcelo Otavio dos Santos

Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Fernando Silveira Madani

Coordenador(a) do Curso de Eng. de Controle e Automação

Data de Aprovação:



PROGRAMA DA DISCIPLINA		
Nº da semana	Conteúdo	EAA
1 L	Não tem aula.	0
2 L	Apresentação da disciplina. Revisão de conceitos de Resistência dos Materiais. Tensões e Deformações. Fator de Segurança. Critérios de Resistência.	1% a 10%
3 L	Engenharia Auxiliada por Computador (CAE) - Introdução ao Método dos Elementos Finitos. Conceitos e Definições. Tipos de Elementos. Exemplo de solução de problema no software comercial ANSYS MECHANICAL.	1% a 10%
4 L	O 1o Elemento - a Mola. Rigidez do elemento e rigidez da estrutura. Exercícios.	1% a 10%
5 L	As Barras de treliça. Transformações de coordenadas. Sistema local e global. Problema 1 Treliça 3D.	61% a 90%
6 L	O Elemento de Viga. Superposição de comportamentos. Apresentação do software ANSYS MECHANICAL. Funcionalidades e recursos do software. Problema 2: Comparação Analítico x Numérico.	61% a 90%
7 L	Problema 3: Pórtico 3D. Diagramas de esforços internos. Verificação a Flambagem. Modos de vibrar e frequências naturais. Otimização do pórtico.	61% a 90%
8 L	ATIVIDADE 1	91% a 100%
9 L	SEMANA DE PROVAS P1	0
10 L	Elementos bidimensionais. Interpolações. Teoria da elasticidade. Estado duplo de tensões. Graus de liberdade. Formulação do elemento linear e do elemento parabólico.	61% a 90%
11 L	Problema 4: Chapa com concentrador de tensões (Elemento 2D). Elementos triangular e quadrilátero. Refino de malha. Convergência de resultados. Estrutura com simetria.	61% a 90%
12 L	Problema 5: Pinhão-cremalheira (elemento 2D). Problema 6: Lata sob pressão (elemento de casca). Qualidade da malha. Critérios de convergência. Simetria.	61% a 90%
13 L	Problema 6: Ponta de eixo (elemento 3D). Qualidade da malha. Critérios de convergência. Tipos de contato.	61% a 90%
14 L	Problema 7: Carcaça de bomba (elemento 3D). Análise termo-estrutural em regime estacionário. Problema 8: Mecanismo biela-manivela - dinâmica de corpo rígido.	61% a 90%
15 L	SMILE 2019	0
16 L	Problema 9: Dispositivo de máquina-ferramenta (elem. 3D). Análise termo-estrutural em regime transiente. Contatos.	61% a 90%
17 L	ATIVIDADE 2	0
18 L	SEMANA DE PROVAS P2	0
19 L	SEMANA DE PROVAS P2	0
20 L	ATENDIMENTO	0
21 L	SEMANA DE PROVAS PS1	0
22 L	Problema 10: Avaliação de vida em fadiga de componente mecânico.	61% a 90%





23 L	Problema 11. Modelagem de estruturas fabricadas de materiais compósitos.	61% a 90%
24 L	PROJETO (aula 1): Uso da simulação numérica para solução de problemas de engenharia. Apresentação e diretrizes.	91% a 100%
25 L	PROJETO (aula 2): Desenvolvimento do projeto.	91% a 100%
26 L	PROJETO (aula 3): Desenvolvimento e fechamento do projeto.	91% a 100%
27 L	ATIVIDADE 3: Apresentação e entrega final do Projeto.	91% a 100%
28 L	SEMANA DE PROVAS P3	0
29 L	EXTENSOMETRIA ELÉTRICA. Teoria, aplicação e boas práticas.	91% a 100%
30 L	Experimento 1 (aula 1): Medições de deformações em estruturas com concentradores de tensões clássicos.	91% a 100%
31 L	Experimento 1 (aula 2): Simulação das estruturas medidas em laboratório. Comparação dos métodos: analítico x experimental x numérico.	91% a 100%
32 L	Experimento 2 (aula 1): Preparação da superfície / Colagem do extensômetro (strain gage SG)/ Soldagem dos fios / Ligações.	91% a 100%
33 L	Experimento 2 (aula 2): Solicitação da estrutura. Medições das deformações (SG). Medições dos deslocamentos (flecha). Cálculos analíticos.	91% a 100%
34 L	Experimento 2 (aula 3): Simulação numérica da estrutura medida no laboratório.	91% a 100%
35 L	ATIVIDADE 4: Entrega do relatório. Comparação dos métodos analítico x experimental x numérico para solução de problema de engenharia.	91% a 100%
36 L	SEMANA DE PROVAS P4	0
37 L	SEMANA DE PROVAS P4	0
38 L	SEMANA DE PROVAS P4	0
39 L	ATENDIMENTO	0
40 L	SEMANA DE PROVAS PS2	0
41 L	SEMANA DE PROVAS PS2	0
Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório		