



Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2020

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Método dos Elementos Finitos		Código da Disciplina: EMC209
Course: Finite-Element Method		
Materia: Método de Elementos Finitos		
Periodicidade: Semestral	Carga horária total: 80	Carga horária semanal: 00 - 00 - 04
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia Mecânica	Série: 4	Período: Noturno
Professor Responsável: Marcelo Otavio dos Santos	Titulação - Graduação Engenheiro Mecânico	Pós-Graduação Doutor
Professores:	Titulação - Graduação	Pós-Graduação
Fernando Malvezzi	Engenheiro Mecânico	Doutor
Gelson Freitas Miori	Engenheiro Mecânico	Doutor
Konstantinos Dimitriou Stavropoulos	Engenheiro Mecânico	Doutor
Marcelo Otavio dos Santos	Engenheiro Mecânico	Doutor
OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes		
<p>Conhecimentos:</p> <p>C1 - Fundamentos do Método dos Elementos Finitos para o dimensionamento de estruturas e componentes.</p> <p>C2 - Relações Constitutivas para Material Elástico Isotrópico.</p> <p>C3 - Matriz de Rigidez e Vetor Força para diversos elementos uni, bi e tri-dimensionais.</p> <p>C4 - Operação de software comercial de CAE (Engenharia assistida por computador)</p> <p>Habilidades:</p> <p>H1 - Integração dos diversos modelos matemáticos da 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

Fundamentos do Método dos Elementos Finitos para estruturas. Método Direto para sistemas discretos e Métodos Variacional e dos Resíduos Ponderados para sistemas contínuos. Princípio dos Trabalhos Virtuais e Princípio da Energia Potencial Total Mínima. Equações da Teoria da Elasticidade no Plano. Relações Constitutivas para Material Elástico Isotrópico. Desenvolvimento da matriz de rigidez e do vetor força para diversos elementos uni, bi e tri-dimensionais. Funções de forma e formulação isoparamétrica. Integração numérica pela quadratura de Gauss. Métodos h e p para obtenção de resultados mais precisos. Elaboração de programas simples utilizando uma linguagem de programação. Uso de software comercial para solução de estudos de caso. Aplicação de condições de contorno e solução de sistemas. Técnicas numéricas de solução para problemas de estática, dinâmica, térmico e de autovalor. Critérios de convergência. Validação experimental através de extensometria elétrica. Projeto Transdisciplinar: modelagem numérica através de software comercial.

SYLLABUS

Fundamentals of the Finite Element Method for Structures. Direct Method for discrete systems and Variable Methods and Weighted Residues for continuous systems. Principle of Virtual Work and Principle of Minimum Total Potential Energy. Equations of Elasticity Theory in the Plane. Constitutive Relationships for Isotropic Elastic Material. Development of the stiffness matrix and the force vector for uni, bi and tri-dimensional elements. Functions of form and isoparametric formulation. Numerical integration by the Gaussian quadrature. h and p methods for obtaining more precise results. Development of simple programs using a programming language. Use of commercial software for case study solution. Application of boundary conditions and systems solution. Numerical solution techniques for static, dynamic, thermal and eigenvalue problems. Convergence criteria. Experimental validation through strain gages. Transdisciplinary project: numerical modeling through commercial software.

TEMARIO

Fundamentos del Método de los Elementos Finitos para estructuras. Método Directo para sistemas discretos y Métodos Variacional y de los Resíduos Ponderados para sistemas continuos. Principio de los Trabajos Virtuales y Principio de la Energía Potencial Total Mínima. Ecuaciones de la Teoría de la Elasticidad en el Plan. Relaciones Constitutivas para Material Elástico Isotrópico. Desarrollo de la matriz de rigidez y del vector fuerza para diversos elementos uni, bi y tri-dimensionales. Funciones de forma y formulación isoparamétrica. Integración numérica por la cuadratura de Gauss. Métodos h y p para obtener resultados más precisos. Elaboración de programas simples utilizando un lenguaje de programación. Uso de software comercial para solución de estudios de caso. Aplicación de condiciones de contorno y solución de sistemas. Técnicas numéricas de solución para problemas de estática, dinámica, térmica y de autovalor. Criterios de convergencia. Validación experimental a través de extensometría eléctrica. Proyecto Transdisciplinar: modelado numérico a través de software comercial.



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

Uso de técnicas de aprendizagem ativa em sala de aula.
 Aula expositiva com apoio de recurso áudio-visual.
 Elaboração de programas simples para realização de cálculos estruturais.
 Uso de software comercial de simulação CAE em laboratório de informática.
 Uso do Laboratório de Mecânica dos Sólidos para realização de experimentos práticos.
 Projeto Transdisciplinar.

CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

- Desenho Técnico Mecânico
- Resistência dos Materiais
- Teoria das Estruturas
- Construção de Máquinas
- Termodinâmica
- 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, com segurança e responsabilidade.
- Modelagem de problemas multifísicos.
- Integração das diversas áreas da Engenharia visando o dimensionamento correto de componentes e estruturas.
- Estudo de caso utilizando simulação numérica para análise termomecânica de um vaso de pressão segundo a norma ASME.
- 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.

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:

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. (CRC Mechanical Engineering Series).

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 semestral, com trabalhos.

Pesos dos trabalhos:

$k_1: 1,0$ $k_2: 1,0$ $k_3: 1,0$ $k_4: 1,0$

INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS

A disciplina é dividida em duas frentes: Teoria e Laboratório.

- k_1 corresponde a média de notas dos trabalhos da Teoria no 3o Bimestre.
- k_2 corresponde a média de notas dos trabalhos do Laboratório no 3o Bimestre.
- k_3 corresponde a média de notas dos trabalhos da Teoria no 4o Bimestre.
- k_4 corresponde a média de notas dos trabalhos do Laboratório no 4o Bimestre.



OUTRAS INFORMAÇÕES



SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA

- Matlab
- ANSYS Workbench
- SpaceClaim
- MSC Adams
- Pacote Office



APROVAÇÕES

Prof.(a) Marcelo Otavio dos Santos
Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Susana Marraccini Giampietri Lebrao
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Data de Aprovação:



PROGRAMA DA DISCIPLINA		
Nº da semana	Conteúdo	EAA
1 L	Engenharia Assistida por Computador (CAE). Conceitos e Definições. Solução de problema exemplo no software comercial ANSYS MECHANICAL.	61% a 90%
2 L	Apresentação. Sistemas Discretos e Contínuos. Equação da Teoria da Elasticidade no Plano. Relações Constitutivas para Material Elástico Isotrópico.	11% a 40%
3 L	Apresentação do software ANSYS MECHANICAL. Funcionalidades e recursos do software. Problema 1: Treliza 3D (Elemento 1D - barra).	61% a 90%
4 L	Métodos Variacional e dos Resíduos Ponderados. Princípio da Energia Potencial Total Mínima. Matriz de Rigidez.	11% a 40%
5 L	Problema 2: Viga engastada (Elemento 1D - viga). Comparação dos métodos de solução: analítico x numérico. Problema 3: Pórtico 3D (Elemento 1D - viga). Diagramas de esforços internos solicitantes (DEIS). Verificação à Flambagem.	61% a 90%
6 L	Elemento Triangular com 3 Nós. Teoria e Implementação no MatLab.	11% a 40%
7 L	Exemplo comparativo com Matlab. Problema 4: Chapa com concentrador de tensões (Elemento 2D). Elementos triangular e quadrilátero. Refino de malha. Convergência de resultados. Estrutura simétrica.	61% a 90%
8 L	Elemento Triangular com 3 Nós. MatLab. Exemplos.	11% a 40%
9 L	Atividade K1 - Teoria	91% a 100%
10 L	Atividade K2 - Software	91% a 100%
11 L	Extensometria elétrica. Conceitos e definições. Experimento 1 (parte 1): seleção do strain gage (SG)/ preparação da superfície/colagem do SG/soldagem dos fios. Aula realizada no Laboratório de Mecânica dos Sólidos.	91% a 100%
12 L	Elemento Quadrilátero 4 Nós. Funções de Forma e Formulação Isoparamétrica	11% a 40%
13 L	Extensometria elétrica. Experimento 1 (parte 2): aplicação das cargas / medições das deformações / medições dos deslocamentos (flecha)/ cálculo das tensões. Simulação no ANSYS Mechanical. Comparação dos resultados.	91% a 100%
14 L	Integração Numérica pela Quadratura de Gauss. Implementação no Matlab. Problemas na malha. Métodos h e p para obtenção de resultados mais precisos.	11% a 40%
15 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%
16 L	Elemento Quadrilátero 8 Nós. Teoria. Implementação no MatLab.	11% a 40%
17 L	Problema 6: Ponta de eixo (elemento 3D). Qualidade da malha. Critérios de convergência. Tipos de contato. Não linearidade.	61% a 90%



18 L	Elemento Tetraédrico 4 Nós. Teoria. Exercícios com MatLab.	61% a 90%
19 L	Problema 7: Carcaça de bomba (elemento 3D). Análise termoestrutural em regime estacionário. Estudo de caso: vaso de pressão. Problema 8: Mecanismo biela-manivela - dinâmica de corpo rígido.	61% a 90%
20 L	Atividade K3 - Teoria.	91% a 100%
21 L	Atividade K4 - Software.	91% a 100%

Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório