



Curso: **ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

OBJETIVOS

Dotar o aluno de uma ferramenta numérica de análise estrutural, que também é aplicável a fenômenos de transporte, e constitui a base da técnica da tecnologia CAE. O aluno deverá ser capaz de executar programas computacionais capazes de avaliar as tensões de deformações em sólidos de geometria complexos, bem como a transferência de calor em sólidos de geometria simples.

DISCIPLINA:	PERÍODO	C.H. Semanal:	C.H. Total:
Métodos de Elementos Finitos	4º	4h	80h
PRÉ-REQUISITO (S) Mecânica Geral		C. H. Teórica: 80 h	C. H. Prática: -----

CONTEUDO PROGRAMÁTICO

1. Introdução ao MEF
 - 1.1 Conceitos gerais;
 - 1.2 Aplicações;
 - 1.3 Programas computacionais.
2. Método do deslocamento
 - 2.1 Matriz de rigidez;
 - 2.2 Derivação da matriz de rigidez para elasticidade;
 - 2.3 Condições de contorno.
3. Desenvolvimento das equações de treliças
 - 3.1 Derivação da matriz rigidez para um elemento barra na coordenada local;
 - 3.3 Aproximação de função para deslocamentos;
 - 3.4 Transformação de vetores em duas dimensões;
 - 3.5 Matriz rigidez global para barra arbitrariamente orientada no plano;
 - 3.6 Cálculo de estresse para uma barra no plano x-y;
 - 3.7 Solução de uma treliça plana;
 - 3.8 Matriz transformação e matriz rigidez para uma barra no espaço tridimensional;
 - 3.9 Simetria na estrutura;
 - 3.10 Aproximação de energia potencial para derivar elementos de equações de barra;
 - 3.11 Comparação da solução de elementos finitos para solução exata da barra;
 - 3.12 Método residual de Galerkin e sua aplicação em equações de barra em uma dimensão;
 - 3.13 Fluxograma para solução de problemas de treliça em três dimensões.
4. Desenvolvimento de equações de viga
 - 4.1 Rigidez da viga;
 - 4.2 Exemplos de análise de viga utilizando o método de rigidez direto;
 - 4.3 Carregamento distribuído;
 - 4.4 Comparação da solução de elementos finitos e solução exata para viga;
 - 4.5 Elemento de viga com dobradiça;
 - 4.6 Aproximação da energia potencial para derivar os elementos de equação de viga;
 - 4.7 Método de Galerkin para derivação dos elementos de equação de viga.
5. Equações de estrutura e grades

- 5.1 Elemento de viga orientado arbitrariamente em duas dimensões;
- 5.2 Exemplos de estrutura no plano rígido;
- 5.3 Equações de grades;
- 5.4 Elemento viga orientado arbitrariamente no espaço;
- 5.5 Conceitos de análise de subestrutura.
- 6. Equação de rigidez no plano de tensão e no plano de tração
 - 6.1 Conceitos básicos de tensão e tração no plano;
 - 6.2 Derivação da matriz rigidez triangular tração constante e equações;
 - 6.3 Tratamento de corpo e força de superfície;
 - 6.4 Solução de elemento finito de um problema de tensão plano;
 - 6.5 Elemento plano retangular.
- 7. Considerações práticas de modelagem
 - 7.1 Modelagem por elemento finito;
 - 7.2 Resultados de elementos finitos de compatibilidade e equilíbrio;
 - 7.3 Convergência da solução;
 - 7.4 Condensação estática;
 - 7.5 Fluxograma para a solução de problemas de tensão-tração plano;
- 8. Desenvolvimento de equações lineares do triângulo de tensões
 - 8.1 Derivação da matriz rigidez triangular de tração linear e equações;
 - 8.2 Comparação de elementos.
- 9. Elementos aximétricos
 - 9.1 Derivação da matriz rigidez;
 - 9.2 Aplicação de elementos assimétricos.
- 10. Formulação isoparamétrica
 - 10.1 Formulação isoparamétrica da matriz rigidez de um elemento de barra;
 - 10.2 Formulação isoparamétrica da matriz rigidez de um elemento quadrilátero plano;
 - 10.3 Quadratura Newton-Cotes e Gaussiana;
- 11. Análise tridimensional de tensão
 - 11.1 Tensão e estresse tridimensional;
 - 11.2 Formulação isoparamétrica.
- 12. Transferência de calor e transporte de massa
 - 12.1 Derivação da equação diferencial básica;
 - 12.2 Transferência de calor com convecção;
 - 12.3 Formulação de elementos finitos para uma dimensão usando um método variacional;
 - 12.4 Formulação de elementos finitos para duas dimensão;
 - 12.5 Transferência de calor tridimensional pelo método de elementos finitos;
 - 12.6 Transferência de calor em uma dimensão com transporte de massa.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

1. LOGAN, D. L., **A First Course in the Finite Elements Method**. 5th edition. Thomson, 2011. ISBN-10: 0495668257. ISBN-13: 978-0495668251.
2. BATHE, K. J., **Finite Element Procedures**, Prentice Hall, 2nd edition, 1995.
3. ALVES FILHO, A., **Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE**. Érica, 2ª edição.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

1. KATTAN, P. I. **MATLAB Guide to Finite Elements: An Interactive Approach**. Publisher: Springer; 2nd edition, May, 2007. ISBN-10: 3540706976. ISBN-13: 978-3540706977.
2. KWON, Y. W. **The Finite Element Method Using MATLAB**, Second Edition. Publisher: CRC Press; 2nd edition, July, 2000. ISBN-10: 0849300967. ISBN-13: 978-0849300967.