

## MECÂNICA ESTRUTURAL – 10371/10391/10411

2017/2018

### Descrição da Unidade Curricular

#### 1. OBJETIVOS

Conhecer técnicas para a solução numérica de equações diferenciais em estruturas. Conhecer e saber aplicar o métodos dos elementos finitos. Conhecer os fundamentos teóricos, descrição e prática de programas de elementos finitos, com aplicações a estruturas. Saber analisar criticamente os resultados. Compreender o comportamento dinâmico de estruturas de veículos aeroespaciais quando sujeitas a fenómenos aeroelásticos, contemplando o projeto de alguns componentes críticos.

#### 2. PROGRAMA

1. Integração numérica de equações diferenciais: Formulação forte e fraca. Equivalência entre formulações. Introdução ao método dos elementos finitos.
2. Conceitos fundamentais: Problema unidimensional. Aproximação de Galerkin. Matriz de rigidez. Vetor de cargas. Exemplos. Espaço de funções multi-lineares. Propriedades da matriz de rigidez. Elementos finitos lineares. Assemblagem da matriz de rigidez e vetor de cargas globais. Condições de fronteira. Solução do sistema de equações. Elementos finitos Lagrangeanos. Transformação de coordenadas.
3. Formulação de Problemas 2D e 3D: Aproximação de Galerkin. Propriedades da matriz de rigidez. Matriz de rigidez e vetor de forças dos elementos. Problema de elasticidade linear.
4. Elementos Finitos Isoparamétricos: Elemento quadrangular bilinear. Integração numérica. Método de Gauss.
5. Problemas numéricos: Estimativas de erro. Integração reduzida e seletiva.
6. Aplicações: Programas comerciais. Aplicação em estruturas aeronáuticas.
7. Análise modal de componentes estruturais de aeronaves: frequências naturais e modos de vibração.
8. Interação fluído-estrutura: Aeroelasticidade estática. Aeroelasticidade dinâmica.

### 3. AULAS

Cada aula é dividida em duas partes: a primeira para discutir assuntos relacionados com a matéria teórica e resolver problemas; a segunda para desenvolver o projeto proposto. Na tabela abaixo é apresentado o calendário da matéria que deverá ser estudada em cada semana letiva.

| Semana      | Data       | Capítulo             | Páginas |
|-------------|------------|----------------------|---------|
| 1           | 21/09/2017 | introdução           | -       |
| 2           | 28/09/2017 | 1                    | 1-36    |
| 3 (feriado) | 05/10/2017 | 1                    | 36-81   |
| 4           | 12/10/2017 | 2                    | 1-88    |
| 5           | 19/10/2017 | 2                    | 89-103  |
| 6           | 26/10/2017 | 2                    | 104-156 |
| 7           | 02/11/2017 | 3                    | 1-46    |
| 8           | 09/11/2017 | 3                    | 47-84   |
| 9           | 16/11/2017 | 7                    | 1-31    |
| 10          | 23/11/2017 | conclusão Trabalho 1 | -       |
| 11          | 30/11/2017 | 8                    | 1-53    |
| 12          | 07/12/2017 | 8                    | 54-81   |
| 13          | 14/12/2017 | teste escrito        | -       |
| 14          | 04/01/2018 | 8                    | 82-90   |
| 15          | 11/01/2018 | conclusão Trabalho 2 | -       |

### 4. AVALIAÇÃO

A avaliação será baseada em dois trabalhos (P1 e P2) e num teste (T). A classificação do processo ensino-aprendizagem é  $P = 0,25 \cdot P1 + 0,25 \cdot P2 + 0,5 \cdot T$ . A admissão a Exame (classificação de “frequência”) requer que  $P \geq 4$ . A classificação do exame é E. A nota final é  $F = 0,25 \cdot P1 + 0,25 \cdot P2 + 0,5 \cdot \max(T, E)$ . A aprovação acontece quando  $F \geq 10$ .

Cada momento de avaliação é resumido abaixo.

|    |                                                                  |                    |     |     |
|----|------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|-----|
| 1. | Frequência ( $P = 0,25 \cdot P1 + 0,25 \cdot P2 + 0,5 \cdot T$ ) |                    |     | 100 |
| P1 | Trabalho 1                                                       | 23-11-2017 (24h00) | 25  |     |
| P2 | Trabalho 2                                                       | 11-01-2018 (24h00) | 25  |     |
| T  | Teste escrito                                                    | 14-12-2017 (09h30) | 50  |     |
| 2. | Exame (E)                                                        |                    |     | 100 |
| E  | Exame escrito Normal                                             | ??-01-2018 (??h30) | 50  |     |
| E  | Exame escrito de Recurso                                         | ??-02-2018 (??h30) | 50  |     |
| 3. | Exame de Época Especial (E)                                      |                    |     | 100 |
| E  | Exame escrito                                                    | ??-07-2018 (??h30) | 100 |     |

## 5. BIBLIOGRAFIA

01. Pedro Gamboa, *Apontamentos da Disciplina*, 2017.
02. J.N. Reddy, *An Introduction to the Finite Element Method*, Third Edition, McGraw-Hill, 2006.
03. E. Becker, G. Carey and J. Oden, *Finite Elements: An Introduction, Vol. I*, Prentice Hall, Englewood-Cliffs, 1981.
04. Cook, Malkus, Plesha, and Witt, *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 4th Edition, Wiley, 2002.
05. C.A. Mota Soares, *Elementos Finitos em Mecânica dos Sólidos*, IST/DEM, 1982.
06. K.K. Gupta, J.L. Meek, *Finite Element Multidisciplinary Analysis*, Second Edition, AIAA Education Series, 2003.
07. M.N. Bismarck-Nasr, *Structural Dynamics in Aeronautical Engineering*, AIAA Education Series, 1999.