

## CURSO DE MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL - ESCOLA DE MINAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

Course: Dynamics of Structures I

Carga Horária:

45

Código:

CIV 711

Professor:

Prof. Francisco de Assis das Neves

Instituição:

DECIV/EM/UFOP

### Course Contents

**Part 1: Single-Degree-of-Freedom Systems:** Fundamental Concepts of Structural Dynamics. Dynamic Response of Systems in Free Vibration: Damped, Overdamped and Critically Damped Systems. Dynamic Response of Systems in Forced Vibration: Harmonic Loading, Periodic Loading - Expressions of the Fourier Series, Fourier Series in Exponential Form, Frequency Response Function; Impulsive Loading - Response Spectrum for Various Types of Shock; General Dynamic Loading: Time Domain Response - Duhamel Integral; Frequency Domain Response - Fourier Transforms.

**Part 2: Multiple-Degrees-of-Freedom Systems:** Equations of Motion in Matrix Form; Generating Global Matrices of the Structure: K, M and C; Analysis of Free Vibration: Generalized Eigenvalue Problem: natural frequencies and normal modes of vibration, Orthonormalization, Spectral Matrix; Modal Superposition Method and Direct Integration Methods (Time and Frequency Domain Response).

Assinatura:

Ouro Preto, 03 de julho de 2008.

---

Presidente do Colegiado de Pós-Graduação em Engenharia Civil

## PROGRAMA ANALÍTICO

Unidades e Assuntos	Ref. Bibliogr.	Nº Aulas
<p><b>Parte 1: Sistemas de Um Grau de Liberdade</b></p> <p>1. Conceitos Fundamentais da Dinâmica Estrutura</p> <p>2. Cálculo da Resposta Dinâmica de Sistemas em Vibrações Livres</p> <p style="padding-left: 20px;">2.1 Sistemas Amortecidos, Superamortecidos e Amortecidos Criticamente</p> <p>3. Cálculo da Resposta Dinâmica de Sistemas em Vibrações Forçadas</p> <p style="padding-left: 20px;">3.1 Carregamento Harmônico: sistemas não amortecidos e amortecidos</p> <p style="padding-left: 40px;">Isolamento de Vibração</p> <p style="padding-left: 40px;">Transmissibilidade</p> <p style="padding-left: 40px;">Deslocamento de Base</p> <p style="padding-left: 20px;">3.2 Carregamento Periódico</p> <p style="padding-left: 40px;">Expressões da Série de Fourier</p> <p style="padding-left: 40px;">Resposta para um Carregamento Expresso em Série de Fourier</p> <p style="padding-left: 40px;">Série de Fourier na Forma Exponencial</p> <p style="padding-left: 40px;">Função de Resposta em Frequência – FRF</p> <p style="padding-left: 20px;">3.3 Carregamento Impulsivo</p> <p style="padding-left: 40px;">Fator de Amplificação Instantâneo Máximo para as Fases I e II</p> <p style="padding-left: 40px;">Resposta e Espectro de Resposta para Vários Tipos de Pulsos</p> <p style="padding-left: 40px;">Pulso de Aceleração na Base</p> <p style="padding-left: 40px;">Método Aproximado para Cálculo da Resposta Máxima</p> <p style="padding-left: 20px;">3.4 Carregamento Dinâmico Geral</p> <p style="padding-left: 40px;">3.4.1 Resposta no Domínio do Tempo</p> <p style="padding-left: 60px;">Resposta de um Sistema Não Amortecido a um Impulso Unitário</p> <p style="padding-left: 60px;">Respostas Amortecidas e Não Amortecidas via Integral de Duhamel</p> <p style="padding-left: 60px;">A integral de Duhamel como uma Integral de Convolução</p> <p style="padding-left: 40px;">3.4.2 Resposta no Domínio da Frequência</p> <p style="padding-left: 60px;">O Par de Transformadas de Fourier: Direta e Inversa</p> <p style="padding-left: 60px;">Transformadas Discreta e Rápida de Fourier</p> <p style="padding-left: 60px;">Cálculo da Resposta</p> <p><b>Parte 2: Sistemas com Vários Graus de Liberdade</b></p> <p>4. Formulação das Equações de Movimento na Forma Matricial</p> <p>5 Procedimento para Geração das Matrizes Globais da Estrutura: <b>K</b>, <b>M</b> e <b>C</b></p> <p style="padding-left: 20px;">Sistemas Acoplados e Desacoplados</p> <p style="padding-left: 20px;">Acoplamento Estático e Dinâmico</p> <p style="padding-left: 20px;">Matrizes de Massa Discreta e Consistente – Consideração de Massas Concentradas</p> <p style="padding-left: 20px;">Matriz de Amortecimento Proporcional</p> <p>6. Análise de Vibrações Livres</p> <p style="padding-left: 20px;">Equação Característica do Problema de Vibrações Livres</p> <p style="padding-left: 20px;">Problema de Auto-Valor Generalizado: frequências e modos naturais de vibração</p> <p style="padding-left: 20px;">Polinômio Característico: obtenção dos n pares de valores (<math>\omega_{0i}^2</math>, <math>\phi_i</math>)</p> <p style="padding-left: 20px;">Propriedades de Ortogonalidade dos Modos de Vibração em Relação a <b>M</b> e <b>K</b></p> <p style="padding-left: 20px;">Ortonormalização: <math>\phi_i^T \mathbf{M} \phi_i = 1</math></p> <p style="padding-left: 20px;">Cálculo da Matriz Espectral</p> <p>7. Método da Superposição Modal (Resposta no Domínio do Tempo e da Frequência)</p> <p style="padding-left: 20px;">7.1 Transformação das Coordenadas: físicas e generalizadas</p> <p style="padding-left: 20px;">7.2 Equações de Movimento em Coordenadas Modais: equações modais</p>		

## PROGRAMA ANALÍTICO

Unidades e Assuntos	Ref. Bibliogr.	Nº Aulas
<p>7.3 Cálculo da Resposta Dinâmica</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Sistemas Não Amortecidos</li><li>Sistemas Amortecidos (Amortecimento Proporcional)<ul style="list-style-type: none"><li>Integração das n equações desacopladas em coordenadas modais: domínio do tempo/freqüência</li><li>Resposta em Coordenadas Físicas</li><li>Truncamento Modal</li><li>Cálculo das Forças Elásticas</li><li>Matriz de Amortecimento Proporcional: cálculo dos parâmetros da matriz de amortecimento</li></ul></li></ul> <p>Parte 3: <b>Desenvolvimento do Trabalho de Final de Curso</b></p> <p>8. Implementar computacionalmente o método da superposição modal para calcular a resposta no domínio do tempo e da freqüência para sistemas estruturais discretizados via método dos elementos finitos, sob várias condições de carregamento. As integrações numéricas das equações dinâmicas devem ser realizadas via integral de Duhamel de forma numérica ou via método de Newmark.</p> <p>8.1 Detalhamento das etapas a serem realizadas para o desenvolvimento do trabalho e forma de apresentação do relatório</p>		

## Bibliografia

Nº da Referência	Título	Autor(es)
1	<b>Dynamics of Structures</b> , McGraw-Hill	CLOUGH, R. W.; PENZIEN, J. (1992)
2	<b>Notas de Aula de Dinâmica das Estruturas</b> , Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil/Deciv, Universidade Federal de Ouro Preto	NEVES, FRANCISCO DE ASSIS (2002)
3	<b>Teoria da Vibração com Aplicações</b> , Editora Interciência, Rio de Janeiro	THOMSON, W. T. (1978)
4	<b>Structural Dynamics: Theory and Applications</b> , Addison-Wesley	TEDESCO, J. W.; McDOUGAL, W. G.; ROSS, C. A. (1999)
5	<b>Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering</b> , Prentice Hall, 2 <sup>nd</sup> edition	CHOPRA, A. K. (2001)
6	<b>Vibration Problems In Engineering</b> , John Wiley & Sons, 5 <sup>th</sup> edition	WEAVER JR, W.; TIMOSHENKO, S. P.; YOUNG, D. H. (1990)
7	<b>Finite Element Procedures</b> – Prentice-Hall, New Jersey, USA	BATHE, K. J. (1993)
8	<b>Structural Dynamics</b> , Van Nostrand Reinhold Co., USA	PAZ, M. (1980)
9	<b>Elements of Vibration Analysis</b> , John Wiley & Sons, 4 <sup>th</sup> edition, New York	MEIROVITCH, L. (1986)
10	<b>Mechanical Vibrations</b> , Addison-Wesley Publishing Company, 3 <sup>th</sup> edition, New York	RAO, S. S. (1995)