



COPPE/UFRJ

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO BASEADO NO MÉTODO DE
ARNOLDI PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE AUTOVALOR
GENERALIZADO

George Oliveira Ainsworth Jr.

Tese de Doutorado apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Engenharia Civil,
COPPE, da Universidade Federal do Rio
de Janeiro, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutor
em Engenharia Civil.

Orientadores: Carlos Magluta

Fernando Luiz Bastos Ribeiro

Rio de Janeiro
Dezembro de 2008

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO BASEADO NO MÉTODO DE
ARNOLDI PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE AUTOVALOR
GENERALIZADO

George Oliveira Ainsworth Jr.

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. Carlos Magluta, D.Sc.

Prof. Fernando Luiz Bastos Ribeiro, D.Sc.

Prof. Alvaro Luiz Gayoso Azeredo Coutinho, D.Sc.

Prof. Webe João Mansur, Ph.D.

Prof. Paulo Batista Gonçalves, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2008

Ainsworth Jr., George Oliveira

Desenvolvimento de um Algoritmo Baseado no Método de Arnoldi para Solução de Problemas de Autovalor Generalizado/George Oliveira Ainsworth Jr.. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2008.

XII, 7 p.: il.; 29, 7cm.

Orientadores: Carlos Magluta

Fernando Luiz Bastos Ribeiro

Tese (doutorado) – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil, 2008.

Referências Bibliográficas: p. 6 – 6.

1. Problemas de Autovalor. 2. Método de Arnoldi.
3. Análise Dinâmica. I. Magluta, Carlos *et al.*
- II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III. Título.

*À minha mãe pelo dom da vida e
pelo amparo ao longo desses anos.
Às minhas tias Vanete e Vanilde
(in memoriam).*

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico dos Estados Unidos do Brasil (CNPq) pelo suporte financeiro.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO BASEADO NO MÉTODO DE
ARNOLDI PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE AUTOVALOR
GENERALIZADO

George Oliveira Ainsworth Jr.

Dezembro/2008

Orientadores: Carlos Magluta

Fernando Luiz Bastos Ribeiro

Programa: Engenharia Civil

Autovalores e autovetores de operadores lineares são importantes para muitas áreas da Matemática Aplicada. Na Engenharia Civil, sobretudo na Engenharia de Estruturas o uso de problemas de autovalor tem fundamental importância, um exemplo típico é a análise dinâmica, onde os autovalores representam as frequências naturais e os autovetores os modos de vibração associados à sua frequência natural correspondente. A crescente demanda da avaliação numérica de forma mais eficiente dessas quantidades, despertou o interesse na busca de novos métodos para a solução de problemas de autovalor, principalmente quando o problema a ser analisado conduz a quantidades pertencentes ao conjunto dos números complexos.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

SOLUTION OF GENERALIZED EIGENSYSTEMS WITH ALGORITHMS
BASED ON ARNOLDI METHODS

George Oliveira Ainsworth Jr.

December/2008

Advisors: Carlos Magluta

Fernando Luiz Bastos Ribeiro

Department: Civil Engineering

Eigenvalues and eigenvectors of linear operators are important in many Applied Mathematics areas. In Civil Engineering, especially in Structural Analysis, eigen-systems have a fundamental importance. A typical example is in dynamic analysis, where the eigenvalues represent the natural frequencies and eigenvectors the mode shape. The increasing demand for efficient numeric evaluation of eigenvalues and eigenvectors motivated the search for new methods for the solution of complex eigen-systems.

Sumário

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Símbolos	xi
Lista de Abreviaturas	xii
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	2
3 Método Proposto	3
4 Resultados e Discussões	4
5 Conclusões	5
Referências Bibliográficas	6
A Código Fonte	7

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Lista de Símbolos

Ω domínio de definição de uma equação diferencial, p. 1

Lista de Abreviaturas

MEF	método de elementos finitos, p. 1
MVF	método de volumes finitos, p. 1

Capítulo 1

Introdução

Em métodos numéricos para obter soluções aproximadas de equações diferenciais, tais como o método dos elementos finitos (MEF) e o método dos volumes finitos (MVF), o domínio no qual estas equações foram definidas é discretizado em subdomínios simples denominados *elementos*.

Denotemos o domínio por Ω

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Capítulo 3

Método Proposto

Capítulo 4

Resultados e Discussões

Capítulo 5

Conclusões

Referências Bibliográficas

- [1] KNUTH, D. E., *The T_EXbook*. Addison-Wesley: Reading, MA, USA, 1984.
- [2] LAMPORT, L., *L^AT_EX: A Document Preparation System*. Addison-Wesley: Reading, MA, USA, 1986.
- [3] CPGP/COPPE/UFRJ, *Norma para a Elaboração Gráfica de Teses*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, Julho de 2008.
- [4] PATASHNIK, O., “BibT_EXing”, Documentation for general BibT_EX users.
- [5] PATASHNIK, O., “Designing BibT_EX Styles”, The part of BibT_EX ’s documentation that’s not meant for general users.
- [6] STRUNK, JR., W., WHITE, E. B., *The Elements of Style*. 3rd ed. Macmillan, 1979.
- [7] “T_EX Frequently Asked Questions”,
<http://www.tex.ac.uk/cgi-bin/texfaq2html?introduction=yes>.

Apêndice A

Código Fonte