

Engenharias, Ciência e Tecnologia 4

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2019

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 4 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-087-2

DOI 10.22533/at.ed.872193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume IV apresenta, em seus 29 capítulos, conhecimentos relacionados a Modelagem, Análise e Simulação relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Programação Matemática, Decisão Multicriterial e Teoria da Decisão e Teoria dos Jogos.

A área temática de Modelagem, Análise e Simulação trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na tomada de decisão, desde a modelagem e simulação até a análise dos resultados envolvendo assuntos relacionados a engenharia. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Modelagem, Análise e Simulação e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| A UTILIZAÇÃO DE UM SOFTWARE PARA O DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA | |
| <i>Douglas Freitas Augusto dos Santos</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931011 | |
| CAPÍTULO 2 | 11 |
| ALGORITMOS EVOLUTIVOS APLICADOS A OTIMIZAÇÃO OFF-LINE DE UM MAPA COGNITIVO FUZZY DE UM MISTURADOR INDUSTRIAL | |
| <i>Márcio Mendonça</i> | |
| <i>Edson Hideki Koroishi</i> | |
| <i>Lillyane Rodrigues Cintra</i> | |
| <i>Lucas Botoni de Souza</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931012 | |
| CAPÍTULO 3 | 19 |
| APLICAÇÕES MATEMÁTICAS EM MEDIDAS AGRÁRIAS: UM CONHECIMENTO ETNOMATEMÁTICO DO HOMEM DO CAMPO CONTEXTUALIZADO COM O CONTEÚDO ESCOLAR | |
| <i>Deonísio Hul</i> | |
| <i>Silton José Dziadzio</i> | |
| <i>Clodogil Fabiano Ribeiro dos Santos</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931013 | |
| CAPÍTULO 4 | 34 |
| AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA CONEXÃO DE UMA UNIDADE GERADORA DISTRIBUÍDA A UM ALIMENTADOR DE 13,8 KV UTILIZANDO O ATP | |
| <i>Jaqueline Oliveira Rezende</i> | |
| <i>Larissa Marques Peres</i> | |
| <i>Geraldo Caixeta Guimarães</i> | |
| <i>Marcelo Lynce Ribeiro Chaves</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931014 | |
| CAPÍTULO 5 | 46 |
| CÁLCULO FRACIONÁRIO APLICADO À GENERALIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DE BAGAÇO DE UVA | |
| <i>Amanda Peruzzo da Motta</i> | |
| <i>Bruna de Souza Nascimento</i> | |
| <i>Fernanda Batista de Souza</i> | |
| <i>Douglas Junior Nicolin</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931015 | |
| CAPÍTULO 6 | 57 |
| CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO BAGAÇO DE CANA | |
| <i>Edvan Vinícius Gonçalves</i> | |
| <i>Wardleison Martins Moreira</i> | |
| <i>Emanuel Souza Barros</i> | |
| <i>Sérgio Inácio Gomes</i> | |
| <i>Marcos de Souza</i> | |
| <i>Luiz Mario de Matos Jorge</i> | |
| DOI 10.22533/at.ed.8721931016 | |

CAPÍTULO 7 67

CONTAGEM AUTOMÁTICA DE OVOS DO AEDES AEGYPTI EM PALHETAS DE OVITRAMPAS: UM SISTEMA PARA AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Carlos Diego Franco da Rocha
Ayla Márcia Cordeiro Bizerra
Demetrios Araújo Magalhães Coutinho
Luiz Fernando Virginio da Silva
Michel Santana de Deus
Phablo Márcio de Paiva Souto

DOI 10.22533/at.ed.8721931017

CAPÍTULO 8 75

CONTROLADOR FUZZY MAMDANI APLICADO À NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA EM AMBIENTE DESCONHECIDO VARIANTE NO TEMPO

Eduardo Vilela Pierangeli
Jordann Alessander Rosa Almeida
Marcelo Vilela Pierangeli

DOI 10.22533/at.ed.8721931018

CAPÍTULO 9 82

CONTROLE ROBUSTO APLICADO EM UMA VIGA DE MATERIAL COMPÓSITO VISANDO ATENUAÇÃO DE VIBRAÇÕES

Camila Albertin Xavier da Silva
Daniel Almeida Colombo
Edson Hideki Koroishi
Albert Willian Faria

DOI 10.22533/at.ed.8721931019

CAPÍTULO 10 96

ESTRATÉGIAS HEURÍSTICAS PARA POSICIONAMENTO DE UNIDADES DE MEDIÇÃO FASORIAL

Marcio André Ribeiro Guimaraens
Julio Cesar Stacchini de Souza
Milton Brown Do Coutto Filho
Breno Crespo Zeba

DOI 10.22533/at.ed.87219310110

CAPÍTULO 11 109

ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB NO PERÍODO DE 1984 A 2016

Márcia de Lacerda Santos
Thayse Bezerra da Silva
Maria Raiana Almeida Silva
Danielle Leal Barros Gomes

DOI 10.22533/at.ed.87219310111

CAPÍTULO 12 116

FLAMBAGEM LINEAR E NÃO-LINEAR UTILIZANDO UMA ANÁLISE NUMÉRICA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Rodrigo Villaca Santos
Leticia Barizon Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.87219310112

CAPÍTULO 13..... 121

GEOLOGIA DA SERRA DO CARAÇA: PERFIS REAIS

Carolina Cristiano Barbosa
Ariadne Duarte Libutti Nuñez
Adriane Abreu Cadar
Alexandre Motta Tunes
Bárbara Alves Oliveira
Ulisses Cyrino Penha

DOI 10.22533/at.ed.87219310113

CAPÍTULO 14..... 132

GERENCIAMENTO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO: PREVISÃO DE COMPORTAMENTO ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Josué Domingos da Silva Neto
Débora Cristina Almeida de Assis
Nayra Vicente Sousa da Silva
Zenilda Vieira Batista

DOI 10.22533/at.ed.87219310114

CAPÍTULO 15..... 143

INFLUÊNCIA DA INÉRCIA A TORÇÃO NO MOMENTO FLETOR DE PLACAS MACIÇAS DE CONCRETO

Leticia Barizon Col Debella
Rodrigo Villaca Santos

DOI 10.22533/at.ed.87219310115

CAPÍTULO 16..... 149

METODOLOGIA DE CONTROLE PREVENTIVO BASEADA EM ÁRVORE DE DECISÃO PARA A MELHORIA DA SEGURANÇA ESTÁTICA E DINÂMICA DO SISTEMA INTERLIGADO DA ELETRONORTE

Ubiratan Holanda Bezerra
João Paulo Abreu Vieira
Werboston Douglas de Oliveira
Daniel Augusto Martins
Dione José Abreu Vieira
Bernard Carvalho Bernardes
Benedito das Graças Duarte Rodrigues
Vilson Castro

DOI 10.22533/at.ed.87219310116

CAPÍTULO 17 166

O WATSON DA IBM

Eduardo Bruno de Almeida Donato
Amanda Moura Camilo

DOI 10.22533/at.ed.87219310117

CAPÍTULO 18..... 173

PROTÓTIPO DE UM PERMEÂMETRO DE CARGA CONSTANTE A PARTIR DA LEI DE DARCY

Guilherme Medina Cameu
Victor Araujo Figueredo Fischer
Wataru Iwamoto
Rômulo Henrique Batista de Farias

DOI 10.22533/at.ed.87219310118

CAPÍTULO 19 178

SIMULADOS ELETRÔNICOS DO PROCESSO SELETIVO DO IFPR: INSTRUMENTO DE DIVULGAÇÃO E DEMOCRATIZAÇÃO DO ENSINO

João Henrique Berssanette
Antonio Carlos de Francisco
Fabiane Ferreira
Maria Fernanda Müller Pereira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.87219310119

CAPÍTULO 20 188

SOLARIZAÇÃO DO SOLO E BIOFUMIGAÇÃO NA VIABILIDADE DE SCLEROTIUM ROLFSSII

João Luiz Lopes Monteiro Neto
Roberto Tadashi Sakazaki
Raphael Henrique da Silva Siqueira
Carlos Abanto-Rodríguez
Sonicley da Silva Maia
Rannyonara Oliveira Rodrigues
Lucas Aristeu Anghinoni dos Santos
Beatriz Sayuri Campaner Sakazaki

DOI 10.22533/at.ed.87219310120

CAPÍTULO 21 194

SYNOPTERO: RECONSTRUINDO O MUNDO TRIDIMENSIONAL A PARTIR DO BIDIMENSIONAL

Lucas Maquedano da Silva
Marcos Cesar Danhoni Neves
Fernanda Tiemi Karia
Gabriel Francischini de Oliveira
Leandro Moraes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.87219310121

CAPÍTULO 22 202

TENDÊNCIAS CLIMATOLÓGICAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS, BRASIL

Lucas Rosa de Almeida
Marcelo Vieira-Filho
Sílvia Yanagi
Marcelo Ribeiro Viola

DOI 10.22533/at.ed.87219310122

CAPÍTULO 23 217

TEORIA NA PRÁTICA: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DAS PRINCIPAIS PARTIDAS DA MÁQUINA DE INDUÇÃO

Murilo Miceno Frigo
Paulo Irineu Koltermann

DOI 10.22533/at.ed.87219310123

CAPÍTULO 24 229

UM ALGORITMO ITERATED LOCAL SEARCH PARA O STABLE MATCHING PROBLEM APLICADO AO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE ALUNOS NAS ESCOLAS DA REDE PÚBLICA DE ENSINO

Robson Vieira de Oliveira
Matheus Correia Teixeira
Marco Antonio Bonelli Junior

DOI 10.22533/at.ed.87219310124

CAPÍTULO 25 242

USO DE IMAGENS SENTINEL - 2A E O ALGORITMO SVM PARA MONITORAR AS APP DE NASCENTES E CURSOS D'AGUA DO RIBEIRÃO MARANHÃO, LAVRAS, MG

Ester Afonso
Katyanne Conceição
Beatriz Campos
Franklin Inácio
Margarete Volpato
Helena Alves

DOI 10.22533/at.ed.87219310125

CAPÍTULO 26 249

UTILIZAÇÃO DA EVOLUÇÃO DIFERENCIAL EM PROBLEMAS INVERSOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UMA VIGA EULER-BERNOULLI

Rennan Otavio Kanashiro
Edson Hideki Koroishi
Fabian Andres Lara-Molina

DOI 10.22533/at.ed.87219310126

CAPÍTULO 27 258

UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE VELOCIMETRIA POR IMAGENS DE PARTÍCULAS (PIV) PARA O ESTUDO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE DE PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA

Eduardo Hélio de Novais Miranda
Rodrigo Allan Pereira
Francisco Carlos Gomes
Roberto Alves Braga Junior
Fernando Pujaico Rivera
Lucas Henrique Pedrozo Abreu

DOI 10.22533/at.ed.87219310127

CAPÍTULO 28 264

UTILIZAÇÃO DO SENSOR PT100 NO ARDUINO PARA CAPTAÇÃO DA TMR

Mariana Espíndola Vieira
Helena Dufau
Christian Muller
Anderson Ferrugem
Antonio Silva
Rafael Soares

DOI 10.22533/at.ed.87219310128

CAPÍTULO 29 269

DINÂMICA DE ESCOAMENTOS PARTICULADOS EM DUTOS VERTICAIS

Diego Nei Venturi
Francisco José De Souza

DOI 10.22533/at.ed.87219310129

SOBRE O ORGANIZADOR 280

FLAMBAGEM LINEAR E NÃO-LINEAR UTILIZANDO UMA ANÁLISE NUMÉRICA PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

Rodrigo Villaca Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR), DAMEC

Ponta Grossa – Paraná

Leticia Barizon Col Debella

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG),
DENGE

Ponta Grossa – Paraná

RESUMO: A flambagem pode ser considerada como uma falha devido à instabilidade estrutural. Em diversas aplicações de engenharia envolvendo principalmente elementos esbeltos, a falha por flambagem deve ser verificada. Neste contexto este trabalho apresenta um estudo do comportamento da pré-flambagem e da pós-flambagem, utilizando uma análise linear elástica e uma análise não-linear pelo método dos elementos finitos. O estudo foi aplicado a um exemplo numérico e como resultado foi observado que a análise linear de flambagem apresenta um resultado mais conservativo. Por outro lado utilizando a análise não-linear de flambagem têm-se um comportamento mais realístico dessa falha.

PALAVRA-CHAVE: Flambagem, Método dos Elementos Finitos, Falha.

ABSTRACT: Buckling can be considered a failure due to structural instability. In several

engineering applications involving mainly slender elements, buckling failure must be verified. In this context, this work presents a study of the behavior of pre-buckling and post-buckling using a linear elastic analysis and a nonlinear analysis using the finite element method. The study was applied to a numerical example and as a result it was observed that the linear analysis of buckling presents a more conservative result. On the other hand, using non-linear buckling analysis, a more realistic behavior of this failure is observed.

KEYWORDS: Buckling, Finite Element Method, Failure.

1 | INTRODUÇÃO

A flambagem é uma das formas de falha dos materiais devido à instabilidade estrutural causada por um carregamento compressivo. Quando esse carregamento torna-se crítico (situação instável) observam-se grandes deslocamentos na direção transversal da estrutura, sem praticamente ocorrer aumento no incremento da carga. Existem duas formas de flambagem: a global, quando ocorre na estrutura inteira, ou local, quando fica restrita a uma parte do material (POPOV, 1978; TIMOSHENKO, GERE, 2009). Assim, em geral, o fenômeno da flambagem é o mecanismo de

falha dominante em estruturas esbeltas (cujo comprimento é muito maior do que a menor dimensão transversal), fato esse predominante em projetos estruturais que necessitam, por exemplo, de uma redução de peso, o que tem por consequência, muitas vezes, deixar as estruturas mais esbeltas.

O objetivo desse trabalho é verificar, por meio de um exemplo numérico, o comportamento da pré-flambagem e da pós-flambagem, utilizando uma análise linear elástica e uma análise não-linear pelo método dos elementos finitos. Esse comportamento será verificado através de um gráfico deslocamento *versus* incremento de força, onde também será obtida a carga crítica da coluna em análise.

2 | MÉTODO

A representação do comportamento da coluna devido à flambagem e os valores das cargas críticas foram obtidos através de um problema de autovalor (AVELINO, 2012; COOK et al., 1989), para a flambagem linear, e pelo método de Newton-Raphson, utilizando um controle de deslocamento, para a flambagem não-linear.

O problema de autovalor é representado pela seguinte relação:

$$[K + \lambda_i K_G] \Phi_i = 0 \quad (1)$$

sendo K a matriz rigidez elástica, λ_i os autovalores correspondendo a carga crítica da coluna, K_G a matriz de rigidez geométrica e Φ_i os vetores que definem a configuração segundo o qual a estrutura instabiliza ou sofre flambagem.

O método de Newton-Raphson é aplicado buscando um equilíbrio entre as forças internas e externas da estrutura através da seguinte relação:

$$\{F\} = ([K] + [K_G]) \cdot \{\Delta\} \quad (2)$$

sendo F o vetor força, K a matriz rigidez elástica, K_G a matriz de rigidez geométrica e Δ o vetor deslocamento.

Neste trabalho a obtenção dos resultados para a flambagem linear e não-linear foram obtidos utilizando o *software* de elementos finitos Ansys.

3 | EXEMPLO NUMÉRICO

Para a avaliação desse estudo, foi utilizada uma coluna cilíndrica de alumínio com as seguintes dimensões: diâmetro $d_1 = 10$ mm, diâmetro $d_2 = 9,90$ mm e comprimento de $L = 200$ mm, conforme a figura 1.

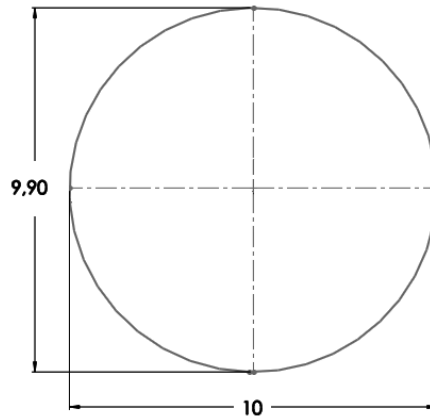


Figura 1: Dimensões da área da seção transversal da coluna cilíndrica.

A liga de alumínio utilizada têm as seguintes propriedades: módulo de Young $E = 71\text{GPa}$, coeficiente de Poisson $\gamma = 0,33$, tensão de escoamento $\sigma_{\text{esc}} = 280\text{ MPa}$. E para a análise não-linear foi utilizado um encruamento isotrópico bi-linear com módulo de encruamento $H = 90\text{ MPa}$.

E, a flambagem, em ambas as análises, foi calculada para uma coluna cilíndrica com condições de contorno livre e engastada em suas extremidades superior e inferior, respectivamente. Para essa condição, o fator de correção do comprimento efetivo da coluna K tem o valor igual a 2 (POPOV, 1978).

4 | AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A figura 2 mostra uma parte da coluna cilíndrica utilizada nesse trabalho. Nessa figura observa-se a malha de elementos finitos utilizada, com elementos predominantemente hexaédricos.

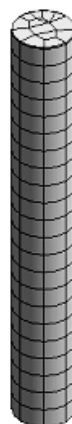


Figura 2: Malha de elementos finitos predominantemente hexaédrica.

Assim, devido à aplicação da carga de compressão, a coluna sofre flambagem conforme mostra a figura 3.



Figura 3: Comportamento da coluna devido à flambagem. Coluna livre-engastada em suas extremidades.

Como resultado, a figura 4 mostra o comportamento devido a análise linear, pré-flambagem (antes da carga crítica), e devido a análise não-linear, pré e pós-flambagem. E os valores obtidos de carga crítica em relação à análise linear foi de 2082,8 N, e para a análise não-linear foi de 2067,7 N. Assim, têm-se uma discrepância de 0,73 % entre as análises.

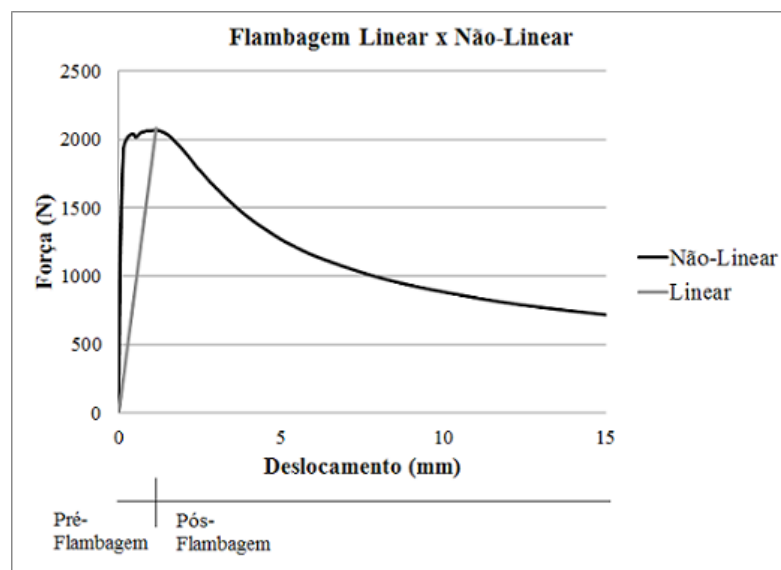


Figura 4: Gráfico deslocamento (mm) por força (N) para a flambagem linear e não-linear, representando a pré-flambagem e a pós-flambagem.

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se através do cálculo do método dos elementos finitos um comparativo dos resultados obtidos para a flambagem utilização uma análise linear e não-linear. Por meio de um exemplo numérico, utilizando uma coluna cilíndrica, mostrou-se a divergência da obtenção do valor da carga crítica, bem como, do comportamento da flambagem obtido pelas duas análises.

Para a flambagem linear o resultado obtido do valor da carga crítica é superior em relação à flambagem não-linear, sendo esse resultado mais conservativo. Conclui-se que com a utilização da análise linear, têm-se uma avaliação qualitativa dos resultados, pois não se obtém por essa análise o comportamento da coluna após a flambagem. E para a flambagem não-linear, têm-se o comportamento da coluna pré e pós-flambagem, ou seja, obtêm-se o comportamento da coluna mais realístico devido a carga de compressão.

REFERÊNCIAS

AVELINO, A. F. **Elementos finitos: a base da tecnologia CAE: análise não linear**. 1 ed. São Paulo: Érica, 2012.

COOK, R. D.; MALKUS, D. S.; PLESHA, M. E., **Concepts and applications of finite element analysis**. 3 ed. John Wiley and Sons, 1989.

POPOV, E. P. **Introdução à mecânica dos sólidos**. 1 ed. São Paulo: Blucher, 1978.

TIMOSHENKO, S. P.; GERE, J. M. **Theory of elastic stability**. 2 ed. New York: Dover Publications, 2009.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-087-2

