



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Engenharia


Alan da Silva Sirqueira

**Análise Experimental de Cantoneiras em Aço Carbono e Inoxidável**  
**Submetidas a Compressão Axial Centrada**

Rio de Janeiro  
2018

Alan da Silva Sirqueira

**Análise Experimental de Cantoneiras em Aço Carbono e Inoxidável  
Submetidas a Compressão Axial Centrada**



Tese de doutorado apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Estruturas.

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco  
Prof. Dr. Luciano Rodrigues Ornelas de Lima

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

S619 Sirqueira, Alan da Silva.  
Análise experimental de cantoneiras em aço carbono e  
inoxidável submetidas a compressão axial centrada / Alan da  
Silva Sirqueira. – 2018.  
214f.

Orientadores: Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco e  
Luciano Rodrigues Ornelas de Lima.

Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Civil - Teses. 2. Comportamento estrutural -  
Teses. 3. Resistência à compressão - Teses. 4. Aço - Teses. 5.  
Análise estrutural (Engenharia) - Teses. I. Vellasco, Pedro  
Colmar Gonçalves da Silva. II. Lima, Luciano Rodrigues Ornelas  
de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de  
Engenharia. IV. Título.

CDU 624.016

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial  
desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Alan da Silva Sirqueira

**Análise experimental de cantoneiras em aço carbono e inoxidável submetidas a compressão axial centrada.**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Estruturas.

Aprovada em: 12 de março de 2018.

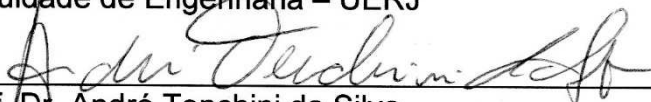
Banca Examinadora:



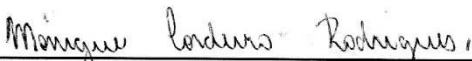
Prof. Dr. Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco – Presidente / Orientador  
Faculdade de Engenharia – UERJ



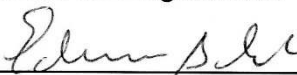
Prof. Dr. Luciano Rodrigues Ornelas de Lima - Orientador  
Faculdade de Engenharia – UERJ



Prof. Dr. André Tenchini da Silva  
Faculdade de Engenharia – UERJ



Profa. Dra. Monique Cordeiro Rodrigues  
Faculdade de Engenharia – UERJ



Prof. Dr. Eduardo de Miranda Batista  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ



Profa. Dra. Arlene Maria Cunha Sarmanho  
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Rio de Janeiro

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores Pedro Colmar Gonçalves da Silva Vellasco e Luciano Rodrigues Ornelas de Lima, por todo o amparo e motivação que sempre me ofereceram. Tenho eterna gratidão por todo o tempo e atenção que me foram dedicados.

Aos meus amigos, Bruno, Paulo Barreto, Juliano Lima, Arthur Menezes, Pedro e Igor Sanches, que sempre estiveram ao meu lado.

A minha esposa Patricia e filhas (Isabela e Marina) que compartilharam comigo afeto, amor e carinho, compreendendo-me e me estimulando nos momentos de dificuldade.

Aos funcionários do laboratório de Engenharia Civil da UERJ, em especial ao Engenheiro Antônio Inácio e ao técnico Paulo Inácio, que sempre estiveram presentes e dispostos a ajudar.

Aos demais professores do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UERJ.

A Universidade do Estado do Rio de Janeiro, sem ela nada disso seria possível.

As convicções são inimigas mais perigosas da verdade do que as mentiras.

*Friedrich Nietzsche*

## RESUMO

SIRQUEIRA, Alan da Silva. **Análise experimental de cantoneiras em aço inoxidável submetidas a compressão axial centrada**. 2015. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Cantoneiras laminadas em aço carbono têm sido utilizadas frequentemente como elemento estrutural. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo do comportamento estrutural de elementos em aço inoxidável submetidos a compressão axial centrada por meio de ensaios de análise experimental. As atuais normas de projeto de aço inoxidável são em grande parte, baseadas em analogias assumidas com o comportamento de estruturas de aço carbono. Para um melhor entendimento do comportamento estrutural do aço inoxidável foram realizados, inicialmente, ensaios experimentais em cantoneiras de aço carbono de três diferentes seções transversais com comprimento variável de 272mm a 1517mm. Os resultados foram comparados com o método de cálculo preconizado no Eurocode 3, Parte 1-1. Os ensaios possibilitaram a calibração e validação o modelo experimental proposto. Com o processo experimental definido foram iniciados os ensaios com as cantoneiras laminadas em aço inoxidável com as mesmas seções transversais dos ensaios em aço carbono, porém o comprimento teve variação de 152mm a 1893mm. Por fim, estes resultados foram comparados com método de cálculo proposto no Eurocode 3, Parte 1-4. O modo de ruína apresentado para cantoneiras laminadas com comprimentos até 500mm, tanto em aço carbono quanto em aço inoxidável, foi a flambagem local das abas das cantoneiras; para as cantoneiras em aço carbono 64x64x4,8 e 76x76x6,4, a flambagem por flexo-torção ocorreu em comprimentos iguais a 750mm e 945mm, respectivamente e para a cantoneira 102x102x6,4 com comprimentos de 407 a 1480mm. Nas demais cantoneiras em aço carbono com comprimento dentro do intervalo de 1000mm a 1500mm, o modo de ruína foi a flambagem por flexão. Nas cantoneiras em aço inoxidável, o modo de ruína foi a flambagem por flexo-torção nos comprimentos entre 500mm e 1480mm e flambagem por flexão entre 1470mm e 1893mm. Verificou-se que os critérios de cálculo preconizados pelo Eurocode 3, Parte 1-1 e Eurocode 3, Parte 1-4 são conservadores e que os valores de  $\alpha$  e  $\lambda_0$  propostos pelo Eurocode 3, Parte 1-4 não são válidos para as cantoneiras laminadas em aço inoxidável.

Palavras-chave: Cantoneira Laminada; Aço inoxidável; Aço carbono; Comportamento estrutural; Resistência à compressão; Análise experimental.

## ABSTRACT

SIRQUEIRA, Alan da Silva. ***Experimental analysis of angles in stainless steel submitted to centric axial compression***. 2015. 214f. Tese (DSc in Civil Engineering) - Faculty of Engineering, State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Carbon steel rolled angles have often been used as a structural element without the alternative of another type of steel. This work aims to propose the study of the structural behaviour of a new type of steel, the stainless steel, which will be evaluated when subjected to axially centred compression. The structural element will be composed of a column of laminated profile L also known as angle bracket. Current stainless steel design standards are largely based on assumed analogies with the behaviour of carbon steel structures. For the understanding of the structural behaviour of the stainless steel, it was initially carried out experimental tests in carbon steel for three types of cross section 64x64x4,8, 76x76x6,4 and 102x102x6,4 with variable length from 272mm to 1517mm, the results were compared with the recommended calculation method in Eurocode 3, Part 1-1. This process was important to calibrate and validate the proposed experimental model. With the experimental process defined, the tests were started with stainless steel rolled angles with the same cross-sections of the carbon steel tests, however the length varied from 152mm to 1893mm. Finally, these results were compared with the calculation method proposed in Eurocode 3, Part 1-4. The ruin mode presented for laminated angles of less than or equal to 500mm in carbon steel and stainless steel was the local buckling of the corner flanges, for the 64x64x4.8 and 76x76x6.4 carbon steel angles the flexural-torsional buckling occurred in lengths equal to 750mm and with 945mm for the angle 102x102x6,4. In the other angles in carbon steel with length in the range of 1000mm to 1500mm the failure mode was flexural buckling. For the angles in stainless steel the failure mode was flexural-torsional buckling in the lengths between 500mm to 1480mm and between 147mm to 1893mm, flexural buckling. It has been found that the calculation criteria advocated by Eurocode 3, Part 1-1 and Eurocode 3, Part 1-4 are conservative and that the values of  $\alpha$  and  $\lambda_0$  proposed by Eurocode 3, Part 1-4 are not valid for steel rolled angles stainless.

Keywords: Hotted steel angle; Stainless steel; Carbon steel; Structural behaviour; Compression resistance; Experimental Analysis.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Passarela em Cingapura em perfil tubular de aço inoxidável [1] .....	19
Figura 2 – Relação do consumo mundial do aço inoxidável em diversos setores [2]	20
Figura 3 - Curva tensão <i>versus</i> deformação para o aço carbono e os aços inoxidável tipo austenítico e duplex [4].....	22
Figura 4 - Seção transversal de perfis laminados suscetíveis a flambagem flexo-torção [2] .....	23
Figura 5 – Valores de Kx e Ky (coeficientes de flambagem) [3]. .....	23
Figura 6 – Parâmetros geométricos [32]. .....	29
Figura 7 – Curva com carga de flambagem para cantoneiras desiguais (a) e para cantoneiras iguais (b). .....	30
Figura 8 – Curva típica do aço inoxidável e curva da equação proposta por Ramberg-Osgood modificada por Hill [6] .....	31
Figura 9 - Curva tensão-deformação para resultados experimentais e para a equação proposta por Mirambell e Real [7].....	32
Figura 10 - A relação $\frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_u}$ <i>versus</i> deformação[6]. .....	33
Figura 11 – Curva experimental para cantoneiras de abas iguais [35].....	35
Figura 12 – Comparação entre os métodos de cálculo [43]. .....	35
Figura 13 - Flambagem por flexão de uma cantoneira.....	38
Figura 14 – Flambagem por torção de uma cantoneira.....	40
Figura 15 - Flambagem por flexo-torção de uma cantoneira.....	41
Figura 16 – Configuração da flambagem de placa.....	43
Figura 17 - Relação das seções transversais com os tipo de curva de flambagem [2] .....	47
Figura 18 - Curvas de flambagem segundo o EUROCODE 1-1 [8].....	46
Figura 19 - Curvas de flambagem segundo EUROCODE 3, 1-4 [20].....	49
Figura 20 – Classificação de cantoneira submetida a compressão, EUROCODE 3, 1-4 [20] .....	50
Figura 21 – Comparação de resultados experimentais com a EUROCODE 1-4 [20] e [25].....	52

Figura 22 - Comparação de resultados experimentais com EUROCODE 1-4 [20] e [25] .....	54
Figura 23 – Curva do modelo CSM e do modelo Ramberg-Osgood [25] .....	55
Figura 24 – Nomenclatura dos ensaios .....	59
Figura 25 – Detalhe da extração de corpo-de-prova para cantoneira. ....	59
Figura 26 – Dimensões dos corpos-de-prova conforme a NBR 6892:2013 [38] .....	60
Figura 27 - Gráfico tensão <i>versus</i> deformação para ensaio a tração dos corpo-de-prova para aço carbono. ....	61
Figura 28 – Corte dos corpos-de-prova para cantoneiras em aço inoxidável. ....	63
Figura 29 – Curva tensão <i>versus</i> deformação para cantoneira em aço inoxidável ...	64
Figura 30 – Perfil tubular composta por duas cantoneiras. ....	65
Figura 31 – Perfil tubular composto por duas cantoneira depois do ensaio a compressão.....	65
Figura 32 – Curva tensão <i>versus</i> deformação para ensaio a compressão de cantoneiras em aço inoxidável. ....	66
Figura 33 – Curva tensão <i>versus</i> deformação para ensaio a compressão e a tração de cantoneiras em aço inoxidável. ....	67
Figura 34 – Esquema do ensaio.....	68
Figura 35 – Detalhe da chapa de base e do posicionamento da cantoneira na prensa. ....	69
Figura 36 – Esquema do posicionamento dos transdutores de deslocamentos .....	71
Figura 37 – Esquema do posicionamento dos extensômetro.....	71
Figura 37 – Esquema do posicionamento dos LVDTs e dos extensômetro para os ensaios preliminares .....	72
Figura 38 – Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LC_64x64x4,8.....	73
Figura 39 - Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LC_76x76x6,4. ....	74
Figura 40 - Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LC_102x102x6,4. ....	74
Figura 41 – Configuração deformada da cantoneira LC_76x76x6,4_L485_1 apresentando flambagem local .....	76
Figura 42 – Configuração deformada da cantoneira LC_76x76x6,4_L1004,5_1 apresentando a flambagem por flexão .....	78

Figura 43 – Configuração deformada da cantoneira LC_76x76x6,4_L750_1 apresentando a flambagem por flexo-torção .....	81
Figura 44 – Detalhe das extremidade da coluna LC_76x76x6,4_L750_1 .....	81
Figura 45 – Deformação vertical <i>versus</i> carga para as cantoneiras com flambagem global a flexo-torção na fase inicial do carregamento .....	82
Figura 46 – Deformação vertical <i>versus</i> carga para as cantoneiras com flambagem global a flexo-torção na fase final do carregamento .....	82
Figura 47 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a 3/4 da altura da coluna ensaiada.....	83
Figura 48 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a meia da altura da coluna ensaiada.....	84
Figura 49 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a 1/4 da altura da coluna ensaiada.....	84
Figura 50 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para todo os transdutores posicionados ao longo da coluna ensaiada.....	85
Figura 51 – Coluna LC_76x76x6,4_L750_2 após o ensaio.....	86
Figura 52 – Posicionamento do LVDT para leitura do deslocamento do prato superior da prensa .....	87
Figura 53 – Medição dos deslocamentos da mesa superior da prensa do ensaio LC_76x76x6,4_L750_2 .....	87
Figura 54 – Rotação da mesa superior do ensaio.....	88
Figura 55 – Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LSS_64x64x4,8.....	89
Figura 56 – Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LSS_76x76x6,4.....	89
Figura 57 – Gráfico carga <i>versus</i> deslocamento vertical dos ensaios para cantoneiras LSS_102x102x6,4.....	90
Figura 58 – Configuração deformada da cantoneira LSS_76x76x6,4_L152_1 apresentando flambagem local .....	91
Figura 59 – Configuração deformada da cantoneira LSS_64x64x4,8_L1470_1 apresentando a flambagem por flexão .....	93
Figura 60 – Configuração deformada da cantoneira LSS_76x76x6,4_L753_1 apresentando a flambagem por flexo-torção .....	95

Figura 61 – Deformação vertical <i>versus</i> carga para a cantoneira LSS_64x64x4,8_L500_2 com flambagem global a flexo-torção.....	97
Figura 62 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a 3/4 da altura da coluna ensaiada em aço inoxidável.....	98
Figura 63 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a meia da altura da coluna ensaiada em aço inoxidável.....	98
Figura 64 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para os transdutores posicionados a 1/4 da altura da coluna ensaiada em aço inoxidável.....	99
Figura 65 – Deslocamento horizontal <i>versus</i> carga para todos os transdutores posicionados na coluna ensaiada em aço inoxidável.....	99
Figura 66 – Deformação vertical <i>versus</i> carga para as cantoneiras com flambagem global a flexo-torção na fase final do carregamento.....	100
Figura 67 – Carga <i>versus</i> deslocamento vertical para as cantoneiras 64x64x4,8 em aço carbono e inoxidável.....	102
Figura 68 – Carga <i>versus</i> deslocamento vertical para as cantoneiras 76x76x6,4 em aço carbono e inoxidável.....	102
Figura 69 – Carga <i>versus</i> deslocamento vertical para as cantoneiras 102x102x6,4 em aço carbono e inoxidável.....	103
Figura 70 – Carga <i>versus</i> deformação a meia altura para as cantoneiras 64x64x4,8 em aço carbono e inoxidável.....	104
Figura 71 – Carga <i>versus</i> deslocamento horizontal a meia altura para as cantoneiras 64x64x4,8 em aço carbono e inoxidável.....	105
Figura 72 – Curvas de flambagens na menor inercia e de flexo-torção para cantoneiras em aço carbono.....	111
Figura 73 – Curvas de flambagens na menor inercia e de flexo-torção para cantoneiras em aço carbono.....	112
Figura 74 – Curvas de flambagens flexo-torção para cantoneiras em aço inoxidável.....	116
Figura 75 – Curvas de flambagens flexo-torção para cantoneiras em aço inoxidável.....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Apresentação dos resultados experimentais de Kitipornchai & Lee [8].	27
Tabela 2 – Resultados experimentais de Al-Sayed & Bjorhorvde [11] e teóricos.	28
Tabela 3 - Valores de $\alpha$ e $\bar{\lambda}$ para o aço inoxidável.	48
Tabela 4 – Caracterização dos ensaios - comprimento e esbeltez teórica para as cantoneiras em aço carbono	58
Tabela 5 – Resultados dos ensaios a tração para cantoneiras em aço carbono.	60
Tabela 6 – Caracterização dos ensaios - comprimento e esbeltez teórico para as cantoneiras em aço inoxidável.	62
Tabela 7 – Resultado dos ensaios a tração do aço inoxidável.	63
Tabela 8 – Resultado da caracterização do aço inoxidável a compressão	66
Tabela 9 – Resultados médios do aço inoxidável para os ensaios a tração e a	67
Tabela 10 – Resumo dos resultado para cantoneiras em aço carbono	75
Tabela 11 - Resumo dos resultado para cantoneiras em aço inoxidável	91
Tabela 12 – Resumo das resistências para as cantoneiras 64x64x4,8 - aço carbono	107
Tabela 13 – Resumo das resistências para as cantoneiras 76x76x6,4 - aço carbono	108
Tabela 14 – Resumo das resistências para as cantoneiras 102x102x6,4 - aço carbono	109
Tabela 15 – Resumo das médias e dos desvios padrão – aço carbono	109
Tabela 16 – Comparação entre os modos de falha para as cantoneiras em aço carbono	110
Tabela 17 – Resumo das carga críticas para as cantoneiras 64x64x4,8 - aço inoxidável	113
Tabela 18 – Resumo das carga críticas para as cantoneiras 76x76x6,4 - aço inoxidável	113
Tabela 19 – Resumo das carga críticas para as cantoneiras 102x102x6,4 em aço inoxidável	114
Tabela 20 – Resumo das médias e dos desvios padrão – aço inoxidável	115

Tabela 21 – Comparação entre os modos de falha para as cantoneiras em aço inoxidável .....	115
Tabela 22 – Cantoneiras laminadas em aço carbono com os seus respectivos modos de falhas de correntes dos ensaios.....	124
Tabela 23 – Cantoneiras laminadas em aço inoxidável com os seus respectivos modos de falhas de correntes dos ensaios .....	161
Tabela 24 – Cantoneiras laminadas em aço carbono com os seus respectivos modos de falhas de correntes dos ensaios.....	210

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
AISC	American Institute of Steel Construction
CSM	Continuous Strength Method – Método da Resistência Contínua
EUROCODE	European Committee for Standardisation
LVDT	Linear variable differential transducer
SSRC	Structural Stability Research Council

## LISTA DE SÍMBOLOS

A	área total da seção
$A_{eff}$	área efetiva da seção transversal de classe 4
$A_g$	área da seção transversal do perfil
b	largura do elemento
C	rigidez a torção
$C_1$	rigidez a flambagem
$C_w$	constante de empenamento da seção transversal
E	módulo de elasticidade
$E_0$	módulo inicial de Young
$E_{0,2}$	módulo de Young a 0,2%
$E_t$	módulo de elasticidade tangente do aço
$E_r$	módulo de elasticidade reduzido
$F_{cr}$	tensão crítica
$F_e$	força elástica de flambagem a flexão
$f_u$	tensão última da placa experimental
$f_{csm}$	tensão limite determinada a partir do modelo de material de deformação plástica
$f_y$	tensão limite de escoamento da placa experimental
G	módulo de elasticidade transversal do aço
$I_t$	constante de torção de Saint Venant da seção transversal
i	raio de giração
$I_0$	momento de inércia polar
$I_x$	momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo principal x
$I_y$	momento de inércia da seção bruta em relação ao eixo principal y
K	coeficiente de flambagem
$k_x$	coeficientes de comprimento de flambagem por flexão na direção do eixo x
$k_y$	coeficientes de comprimento de flambagem por flexão na direção do eixo y
$k_z$	coeficientes de comprimento de flambagem por flexão na direção do eixo z
k	Coeficiente de flambagem local
L	comprimento de coluna



$L_e$	comprimento efetivo da barra
$L_x$	comprimento da barra por flexão originais na direção do eixo x
$L_y$	comprimento da barra por flexão originais na direção do eixo y
$L_z$	comprimento da barra por flexão originais na direção do eixo z
$L_{cr}$	comprimento de flambagem
$N_{cr}$	força normal crítica
$N_e$	carga elástica de flambagem
$N_{ex}$	carga normal de flambagem elástica a flexão na direção do eixo x
$N_{ey}$	carga normal de flambagem elástica a flexão na direção do eixo y
$N_{ez}$	carga normal de flambagem elástica a flexão na direção do eixo z
$N_{Ed}$	esforço axial atuante
$N_{c,Rd}$	esforço axial resistente
$N_u$	carga última
$N_y$	carga de escoamento
$P$	carga aplicada
$P_{EXP}$	carga experimental
$P_y$	carga de escoamento
$Q$	fator de redução da seção transversal para elementos delgados
$r_0$	raio de giração polar da seção bruta em relação ao centro de torção
$t$	espessura da placa
$w$	deslocamento em x
$v$	deslocamento em y
$x_0$	coordenada x do centro de torção
$y_0$	coordenada y do centro de torção
$\varepsilon$	deformação
$\varepsilon_{0,2}$	deformação a 0,2%
$\varepsilon_u$	deformação última
$\varepsilon_{cms}$	deformação a 0,1%
$\sigma$	tensão
$\sigma_0$	tensão elástica inicial
$\sigma_{0,2}$	tensão a 0,2%
$\sigma_u$	tensão última

$\sigma_{cr,s}$	tensão de flambagem elástica da seção
$\gamma_{M0}$	coeficiente de resistência
$\gamma_{M1}$	coeficiente de resistência
$\gamma_{M2}$	coeficiente de resistência
$\gamma_{a1}$	coeficiente de ponderação da resistência da seção
$\nu$	coeficiente de Poisson do aço
$\varphi$	ângulo de rotação
$\lambda$	índice de esbeltez
$\bar{\lambda}$	coeficiente de esbeltez normalizado
$\lambda_0$	índice de esbeltez reduzido
$\chi$	fator de redução
$\delta_u$	encurtamento na carga última

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>Colunas submetidas a compressão axial</b> .....	<b>22</b>
<b>Motivação</b> .....	<b>24</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>24</b>
<b>Descrição do Trabalho</b> .....	<b>24</b>
<b>1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>26</b>
1.1. Resultados Experimentais em Aço Carbono .....	26
1.2. Caracterização do Material Aço Inoxidável .....	30
1.3. Resultados Experimentais em Cantoneiras em Aços Inoxidáveis .....	34
<b>2. DIMENSIONAMENTO DE CANTONEIRAS SUBMETIDAS A COMPRESSÃO CENTRADA</b> .....	<b>37</b>
2.1. Modo de Flambagem por Flexão .....	37
2.2. Modo de Flambagem a Torção .....	39
2.3. Modo de Flambagem por Flexo-Torção .....	40
2.4. Modo de Flambagem Local .....	42
2.5. Flambagem por Flexão – Aço Carbono - EUROCODE 3, Parte 1-1 [7] .....	43
2.6. Flambagem por Flexão - Aços Inoxidáveis - EUROCODE 3, Parte 1-4 [6] .....	47
2.7. Flambagem Local – Aços Inoxidáveis - EUROCODE 3, Parte 1-4 [6] .....	49
2.8. Método da Resistência Contínua (CSM) .....	51
<b>3. ENSAIOS EXPERIMENTAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>3.1. Ensaios em Aço Carbono</b> .....	<b>57</b>
3.1.1. Descrição das cantoneiras em aço carbono ensaiadas .....	57
3.1.2. Caracterização do Material – Aço Carbono .....	59
<b>3.2. Ensaios em Aço Inoxidável</b> .....	<b>61</b>
3.2.1. Descrição das cantoneiras em aço inoxidável ensaiadas .....	61
3.2.2. Caracterização do Material – Aço Inoxidável .....	62
<b>3.3. Configuração dos ensaios e condições de contorno</b> .....	<b>68</b>
<b>3.4. Instrumentação</b> .....	<b>70</b>
<b>4. ANÁLISE DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS</b> .....	<b>73</b>
<b>4.1. Ensaios de Cantoneiras em Aço Carbono</b> .....	<b>73</b>
4.1.1. Carga Última e Modos de Flambagem .....	73

4.1.2. Curvas Carga <i>versus</i> Deslocamentos Horizontais.....	83
4.1.3. Rotação da mesa superior.....	86
<b>4.2. Ensaios de Cantoneiras em Aço Inoxidável.....</b>	<b>88</b>
4.2.1. Carga última e modos de flambagem para o aço inoxidável .....	88
4.2.2. Curvas carga <i>versus</i> deslocamentos horizontais.....	97
4.2.3. Rotação da mesa superior.....	100
<b>4.3. Comparação dos Resultados - Aço Carbono e Aço Inoxidável.....</b>	<b>101</b>
4.3.1. Carga <i>versus</i> Deslocamento Vertical - Aço Carbono e Aço Inoxidável .....	101
4.3.2. Carga <i>versus</i> Deformação e Deslocamento Horizontal - Aço Carbono e Aço Inoxidável.....	103
4.3.3. Carga x Deslocamento Horizontal - Aço Carbono e Aço Inoxidável .....	104
<b>5. COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS NORMATIVOS – EUROCODE 3, PARTES 1-1 [7] E 1-4 [6].....</b>	<b>106</b>
5.1. Comparação com o EUROCODE 3, Parte 1-1 [7] - Aço Carbono.....	106
5.2. Comparação do EUROCODE 3, Parte 1-4 [6] com os resultados dos ensaios do aço inoxidável .....	112
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>118</b>
6.1. Introdução .....	118
6.2. Principais conclusões .....	118
6.3. Principais contribuições deste trabalho.....	119
6.4. Sugestões para trabalhos futuros.....	120
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO B.....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO C.....</b>	<b>196</b>
<b>ANEXO D.....</b>	<b>208</b>
<b>ANEXO E.....</b>	<b>210</b>