

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**THAYNÁ COUTO DOS SANTOS MARCELINO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE EDIFÍCIO COMERCIAL EM AÇO COM  
PILARES EM PERFIS TUBULARES E PERFIS ABERTOS**

**VITÓRIA  
2020**

THAYNÁ COUTO DOS SANTOS MARCELINO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE EDIFÍCIO COMERCIAL EM AÇO COM  
PILARES EM PERFIS TUBULARES E PERFIS ABERTOS**

Projeto de Graduação apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil do  
Centro Tecnológico da Universidade  
Federal do Espírito Santo, como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana da Cruz  
Vianna Pires

Coorientador: Eng. Dr. Johann Andrade  
Ferrareto

VITÓRIA

2020

THAYNÁ COUTO DOS SANTOS MARCELINO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE EDIFÍCIO COMERCIAL EM AÇO COM  
PILARES EM PERFIS TUBULARES E PERFIS ABERTOS**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profa. Drª. Juliana da Cruz Vianna Pires  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientadora

---

Eng. Dr. Johann Andrade Ferrareto  
ArcelorMittal  
Coorientador

---

Profa. Drª. Adenilcia Fernanda Grobério Calenzani  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Eng. Lucas Fadini Favarato  
ArcelorMittal

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que em todo tempo mostrou Seu cuidado com a minha vida, me capacitando e me permitindo chegar até aqui. De Ti, por Ti e para Ti, Senhor, são todas as coisas.

Também agradeço aos meus pais, Milton e Ana Claudia, que têm grande parte em tudo o que sou. Obrigada por todo amor, suporte e por não medirem esforços para me ajudar a realizar os meus sonhos.

Agradeço a minha orientadora, Juliana Vianna, que sempre se mostrou disponível para me ajudar, me dando todo o suporte necessário para elaborar o trabalho e sendo compreensiva quanto ao meu ritmo de desenvolvimento, sempre com um olhar muito empático. Agradeço ao meu coorientador, Johann Ferrareto, por ter sido muito solícito, me ajudando sempre que necessário, e me apresentando soluções e possíveis caminhos. Também deixo meu agradecimento à professora Fernanda Calenzani, que me auxiliou diversas vezes durante o desenvolvimento do trabalho, sempre com muito carinho e preocupação para que eu fizesse as coisas da melhor forma possível.

Aos demais professores, agradeço pelos conhecimentos transmitidos, que foram essenciais para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus familiares e amigos, agradeço por todo carinho e apoio ao longo desses anos. À Helen, à Carol e à Regiani, pelo companheirismo e pela amizade. Às queridas amigas, Rosalina e Esmeralda, que oraram e torceram por mim durante a graduação. À Fabiana Bispo, pela ajuda nos últimos meses. E, em especial, ao meu tio Claudio, grande amigo e incentivador.

Por fim, deixo minha gratidão aos meus amigos, por todo incentivo e pelos momentos compartilhados.

## RESUMO

Com uma variada gama de soluções de projetos e uma série de vantagens atreladas ao seu uso, a aplicação do aço na construção civil vem crescendo e ganhando cada vez mais espaço. Diante dessa situação, os fabricantes de estruturas metálicas têm buscado se modernizar e, com isso, novas tecnologias surgem nas áreas de produção de elementos metálicos, possibilitando a produção de perfis com seções e características diversas. Dentre eles estão os perfis tubulares, uma alternativa aos perfis mais comuns e de maior utilização, como os perfis laminados e soldados de seção aberta. No Brasil, o perfil tubular vem ganhando seu espaço, apresentando crescimento acelerado, principalmente devido ao seu bom comportamento estrutural e à sua boa aparência arquitetônica. Diante disso, esse trabalho visa comparar soluções em perfis tubulares, preenchidos e não preenchidos com concreto, e em perfis laminados e soldados de seção aberta para os pilares da estrutura estudada, buscando analisar as diferenças gerais quanto ao consumo de aço. Para isso, foi dimensionado, por meio do software STRAP, um modelo de edifício comercial, onde se variou o número de pavimentos, a resistência ao escoamento do aço utilizado nos pilares e o tipo de perfil, utilizando soluções puramente de aço ou mistas de aço e concreto. Para os casos estudados, os resultados demonstraram que os perfis tubulares e os tubulares preenchidos com concreto apresentaram vantagens quanto ao consumo de aço, apresentando uma redução de até 26,51% e 35,05%, respectivamente, no consumo de aço referente aos pilares, em relação aos perfis laminados.

**Palavras-chave:** Estruturas de aço. Estruturas mistas de aço e concreto. Perfil de seção tubular e seção aberta. Edifício comercial. Pilares.

## ABSTRACT

With a wide range of design solutions and a series of advantages linked to its usage, the application of steel in civil construction has been growing and gaining more space. Faced with this situation, manufacturers of steel structures have sought to modernize and, as consequence, new technologies appear in the areas of production of steel elements, making it possible to produce profiles with different sections and characteristics. Among them are tubular profiles, an alternative to the most common and used profiles, like the laminated and welded open section profiles. In Brazil, the tubular section profile has been gaining space, showing accelerated growth, mainly due to its good structural behavior and good architectural appearance. Therefore, this work aims to compare solutions in tubular profiles, filled and not filled with concrete, and in welded and laminated open section profiles for the columns of the studied structure, seeking to analyze the general differences regarding steel consumption. For this, a commercial building model was designed using the STRAP software, which varied the number of floors, the yield strength of structural steel used in the columns and the type of profile, using purely steel or steel and concrete composite solutions. For the cases studied, the results showed that the tubular profiles and the concrete-filled tubular profiles had advantages in terms of steel consumption, presenting a reduction of up to 26,51% and 35,05%, respectively, in steel consumption related to the columns, in relation to laminated profiles.

**Keywords:** Steel structures. Steel and concrete composite structure. Tubular and open sections. Commercial building. Columns.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Componentes estruturais típicos de um edifício.....	20
Figura 2 – Comparação de sistemas estruturais em função da altura do edifício. ....	21
Figura 3 – Exemplos de subestruturas de contraventamento. ....	22
Figura 4 – Exemplo de sistema contraventado.....	23
Figura 5 – Alguns tipos usuais de contraventamentos. ....	23
Figura 6 – Exemplo de sistema de quadro rígidos. ....	24
Figura 7 – Exemplo de plantas de edifícios com paredes de cisalhamento e núcleos de concreto.....	25
Figura 8 – Exemplo de sistema com núcleo de concreto. ....	25
Figura 9 – Exemplos de sistemas tubulares. ....	26
Figura 10 – Exemplo de sistema estrutural de tubos celulares.....	26
Figura 11 – Tipos de perfis estruturais.....	27
Figura 12 – Bloco maciço de seção circular em alta temperatura.....	29
Figura 13 – Tubo com solda longitudinal. ....	30
Figura 14 – Tudo com solda helicoidal. ....	30
Figura 15 – Superfície de pintura de perfis tubulares e perfis de seção aberta.....	31
Figura 16 – Elemento com seção composta.....	32
Figura 17 – Laje mista de aço e concreto.....	33
Figura 18 – Viga mista de aço e concreto.....	34
Figura 19 – Pilares mistos de aço e concreto.....	34
Figura 20 – Efeitos P-Δ e P-δ.....	39
Figura 21 – Força nocional aplicada nas duas direções do edifício.....	41
Figura 22 – Perfil tubular retangular com chapa concêntrica .....	43
Figura 23 – Perfil tubular circular com chapa concêntrica.....	44
Figura 24 – Tensões de cisalhamento na alma da barra. ....	52
Figura 25 – Alma plastificada por cisalhamento. ....	53
Figura 26 – Perfil tubular retangular com chapa concêntrica com base na ABNT NBR 16239:2013.....	60
Figura 27 – Perfil tubular circular com chapa concêntrica com base na ABNT NBR 16239:2013.....	60
Figura 28 – Coeficiente $C_t$ em função da relação $I_c/d$ , conforme a ABNT NBR 8800:2008.....	61
Figura 29 – Valores de $\chi$ em função do índice de esbeltez reduzido ( $\lambda_0$ ).....	62
Figura 30 – Esquema estrutural do edifício analisado, indicando os eixos referenciais X1, X2 e X3.....	65
Figura 31 – Vista renderizada do edifício de 4 pavimentos.....	65
Figura 32 – Plano das bases do edifício.....	66
Figura 33 – Vista do eixo 1, que é idêntico ao eixo 7.....	67

Figura 34 – Vista do eixo 2, que é idêntico ao eixo 6.....	67
Figura 35 – Vista dos eixos centrais do edifício.....	68
Figura 36 – Vista da fila A, idêntica à fila E.....	68
Figura 37 – Vista da fila B, idêntica à fila D.....	69
Figura 38 – Vista da fila C.....	69
Figura 39 – Vista renderizada dos edifícios de 8 pavimentos e de 12 pavimentos, respectivamente.....	70
Figura 40 – Módulos presentes no software STRAP (2017).....	71
Figura 41 – Deslocamentos laterais referentes ao plano X1-X3.....	73
Figura 42 – Deslocamentos laterais referentes ao plano X2-X3.....	74
Figura 43 – Isopletas da velocidade básico no Brasil.....	78
Figura 44 – Curvas para a obtenção do coeficiente de arrasto, Ca.....	81
Figura 45 – Carga de vento a 0° aplicada no edifício.....	83
Figura 46 – Carga de vento a 90° aplicada no edifício.....	83
Figura 47 – Carga de vento a 45° aplicada no edifício.....	84
Figura 48 – Propriedades dos elementos do eixo 1 e do eixo 7 do edifício.....	101
Figura 49 – Propriedades dos elementos do eixo 2 e do eixo 6 do edifício.....	101
Figura 50 – Propriedades dos elementos dos eixos 3 e 5 e do eixo 4, respectivamente.....	102
Figura 51 – Propriedades dos elementos da Fila A e da Fila E.....	102
Figura 52 – Propriedades dos elementos da Fila B e da Fila C .....	103
Figura 53 – Propriedades dos elementos da Fila C. ....	103
Figura 54 – Deslocamento horizontal no topo dos pilares para o edifício de 4 pavimentos com perfil laminado, no plano X1-X3.....	104
Figura 55 – Deslocamento horizontal no topo dos pilares para o edifício de 4 pavimentos com perfil laminado, no plano X2-X3.....	105
Figura 56 – Comparativo de consumo de aço de acordo com o tipo de perfil.....	107
Figura 57 – Interface gráfica inicial do programa de dimensionamento otimizado de pilares tubulares mistos. ....	110
Figura 58 – Determinação da seção da viga mista no STRAP.....	121
Figura 59 – Dimensões do Polydeck 59S, em mm.....	121
Figura 60 – Determinação da largura efetiva de vigas.....	122
Figura 61 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 1 para ELU. ...	125
Figura 62 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 1 para ELS....	126
Figura 63 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 2 para ELU. ..	127
Figura 64 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 2 para ELS....	127
Figura 65 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 7 para ELU. ...	128
Figura 66 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 7 para ELS....	128
Figura 67 – Numeração das barras do Eixo 1 .....	129

Figura 68 – Numeração das barras do Eixo 2 .....	130
Figura 69 – Numeração das barras dos Eixos 3 e 4. ....	130
Figura 70 – Numeração das barras do Eixo 5. ....	131
Figura 71 – Numeração das barras do Eixo 6. ....	131
Figura 72 – Numeração das barras do Eixo 7. ....	132
Figura 73 – Numeração das barras da Fila A. ....	132
Figura 74 – Numeração das barras da Fila B. ....	133
Figura 75 – Numeração das barras da Fila C. ....	133
Figura 76 – Numeração das barras da Fila D. ....	134
Figura 77 – Numeração das barras da Fila E. ....	134

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de $(b/t)_{lim}$ .....	48
Quadro 2 – Parâmetros referentes ao momento fletor resistente de cálculo.....	51
Quadro 3 – Deslocamentos máximos para ELS.....	55
Quadro 4 – Relação entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem para o plano X1-X3, em cm.....	73
Quadro 5 – Relação entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem para o plano X2-X3, em cm.....	74
Quadro 6 – Resumo dos deslocamentos laterais para o edifício de 8 pavimentos .....	75
Quadro 7 – Resumo dos deslocamentos laterais para o edifício de 12 pavimentos .....	75
Quadro 8 – Cargas permanentes atuantes na estrutura. ....	76
Quadro 9 – Parâmetros meteorológicos. ....	79
Quadro 10 – Resumo sobre os coeficientes $S_1$ , $S_2$ e $S_3$ . ....	80
Quadro 11 – Valores de pressão dinâmica do vento para cada altura $z$ .....	80
Quadro 12 – Carga calculada para vento a $0^\circ$ .....	82
Quadro 13 – Carga calculada para vento a $90^\circ$ .....	82
Quadro 14 – Carga calculada para vento a $45^\circ$ , $135^\circ$ , $225^\circ$ e $315^\circ$ .....	82
Quadro 15 – Carga calculada para vento a $0^\circ$ , para o edifício de 8 pavimentos.....	84
Quadro 16 – Carga calculada para vento a $90^\circ$ , para o edifício de 8 pavimentos.....	85
Quadro 17 – Carga calculada para vento a $45^\circ$ , $135^\circ$ , $225^\circ$ e $315^\circ$ , para o edifício de 8 pavimentos. ....	85
Quadro 18 – Carga calculada para vento a $0^\circ$ , para o edifício de 12 pavimentos.....	86
Quadro 19 – Carga calculada para vento a $90^\circ$ , para o edifício de 12 pavimentos.....	86
Quadro 20 – Carga calculada para vento a $45^\circ$ , $135^\circ$ , $225^\circ$ e $315^\circ$ , para o edifício de 12 pavimentos. ....	87
Quadro 21 – Coeficientes de ponderação para as ações permanentes e variáveis.....	88
Quadro 22 – Valores dos fatores de combinação e de redução das ações variáveis .....	89
Quadro 23 – Resumo dos deslocamentos limites para os elementos do edifício.....	94
Quadro 24 – Perfis adotados para as vigas e contraventamentos.....	97
Quadro 25 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 4 pavimentos. ....	98
Quadro 26 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 8 pavimentos. ....	99
Quadro 27 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 12 pavimentos. ....	100
Quadro 28 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares,.....	105
Quadro 29 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares,.....	106
Quadro 30 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares,.....	106
Quadro 31 – Comparativo entre perfis laminados e perfis tubulares, com $f_y = 345$ MPa.....	108
Quadro 32 – Comparativo entre perfis laminados e perfis tubulares preenchidos, com $f_y = 345$ MPa. ....	108

Quadro 33 – Comparativo entre perfil tubular de 450 MPa e perfil laminado. ....	108
Quadro 34 – Comparativo entre perfil tubular preenchido de 450 MPa e perfil laminado. ....	109
Quadro 35 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 4 pavimentos. ....	110
Quadro 36 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 8 pavimentos. ....	111
Quadro 37 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 12 pavimentos. ....	111
Quadro 38 – Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.....	117
Quadro 39 – Consumo predial diário de água. ....	118
Quadro 40 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis laminados.....	135
Quadro 41 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis soldados de 345 MPa.....	143
Quadro 42 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares de 345 MPa.....	151
Quadro 43 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares preenchidos de 345 MPa.....	159
Quadro 44 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis soldados de 450 MPa.....	167
Quadro 45 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares de 450 MPa.....	175
Quadro 46 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares preenchidos de 450 MPa.....	183

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A_a$	Área da seção transversal do perfil de aço
$A_c$	Área da seção transversal de concreto
$A_e$	Área líquida efetiva da seção transversal
$A_{ef}$	Área efetiva da seção
$A_g$	Área bruta da seção transversal
$A_n$	Área líquida da seção transversal
$A_s$	Área da seção transversal da armadura longitudinal
$b_{ef}$	Largura efetiva
$c_a$	Coeficiente de arrasto
$C_t$	Coeficiente de redução da área líquida
$C_w$	Constante de empenamento da seção transversal
$D$	Diâmetro externo de elementos tubulares de seção circular
$E$	Módulo de elasticidade
$E_a$	Módulo de elasticidade do aço
$e_c$	Excentricidade da ligação
$E_{c,red}$	Módulo de elasticidade reduzido do concreto
$E_s$	Módulo de elasticidade do aço da armadura longitudinal
$F_a$	Força de arrasto
$f_{ck}$	Resistência característica do concreto
$F_{G_i,k}$	Valor característico das ações permanentes
$F_{Q1,k}$	Valor característico da ação variável principal para a combinação
$F_{Qj,k}$	Valor característico das demais ações variáveis
$f_{sd}$	Resistência de cálculo ao escoamento do aço da armadura
$f_u$	Resistência à ruptura do aço
$f_y$	Resistência ao escoamento do aço
$f_{yd}$	Resistência de cálculo ao escoamento do aço
$G$	Módulo de elasticidade transversal do aço
$h$	Altura da alma
$I_a$	Momento de inércia do perfil de aço
$I_c$	Momento de inércia do concreto não fissurado
$I_s$	Momento de inércia da armadura do concreto
$I_x$	Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo x

$I_y$	Momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo y
$J$	Constante de torção da seção transversal
$K_x L_x$	Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo x
$K_y L_y$	Comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo y
$K_z L_z$	Comprimento de flambagem por torção
$l_c$	Comprimento efetivo da ligação
$M_{cr}$	Momento fletor de flambagem elástica
$M_{pl}$	Momento de plastificação da seção
$M_r$	Momento fletor correspondente ao início do escoamento
$M_{Rd}$	Momento fletor resistente de cálculo
$M_{Sd}$	Momento fletor solicitante de cálculo
$M_{x,Rd}$	Momento fletor resistente de cálculo em relação ao eixo x
$M_{y,Rd}$	Momento fletor resistente de cálculo relação ao eixo y
$M_{x,Sd}$	Momento fletor solicitante de cálculo em relação ao eixo x
$M_{y,Sd}$	Momento fletor solicitante de cálculo em relação ao eixo y
$N_{c,Rd}$	Força axial de compressão resistente de cálculo
$N_{c,Sd}$	Força axial de compressão solicitante de cálculo
$N_e$	Força axial de flambagem elástica
$N_{G,Sd}$	Parcela da força solicitante referente às ações permanentes e às ações decorrentes do uso que tenham atuação quase permanente
$N_{pl,Rd}$	Força axial resistente de cálculo da seção transversal à plastificação total
$N_{Rd}$	Esforço axial resistente de cálculo
$N_{Sd}$	Esforço axial solicitante de cálculo
$N_{t,Rd}$	Força axial de tração resistente de cálculo
$Q$	Fator de redução total associado à flambagem local
$Q_a$	Fator que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.
$Q_s$	Fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AL
$r$	Raio de geração
$R_d$	Esforço resistente de cálculo
$r_x$	Raio de geração em relação ao eixo x
$r_y$	Raio de geração em relação ao eixo y
$S_d$	Esforço solicitante de cálculo
$t_w$	Espessura da alma
$u_1$	Deslocamento horizontal de primeira ordem

$u_2$	Deslocamento horizontal de segunda ordem
$V_o$	Velocidade básica do vento
$V_k$	Velocidade característica do vento
$V_{Rd}$	Força cortante resistente de cálculo
$V_{Sd}$	Força cortante solicitante de cálculo
$Z_a,$	Módulo de resistência plástico do perfil de aço
$Z_c$	Módulo de resistência plástico do perfil da seção de concreto
$Z_s$	Módulo de resistência plástico do perfil da armadura de concreto
$\gamma_{a1}$	Coeficiente de ponderação da resistência ao escoamento
$\gamma_{a2}$	Coeficiente de ponderação da resistência à ruptura
$\gamma_g$	Coeficiente de ponderação das ações permanentes
$\gamma_q$	Coeficiente de ponderação das ações variáveis
$\lambda_0$	Índice de esbeltez reduzido
$\chi$	Fator de redução associado à resistência à compressão
$\psi_0$	Fator de combinação para as ações variáveis
$\psi_1$	Fator de redução para as ações variáveis

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVO.....	18
1.1.1 Objetivos específicos .....	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLÍOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1 EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES EM AÇO .....	20
2.1.1 Sistema contraventado.....	22
2.1.2 Sistema de quadros rígidos.....	23
2.1.3 Sistema com núcleo de concreto ou parede de cisalhamento .....	24
2.1.4 Sistemas tubulares.....	25
2.1.5 Sistemas mistos .....	27
2.2 PERFIS ESTRUTURAIS .....	27
2.2.1 Perfil Laminados.....	28
2.2.2 Perfil Soldados .....	28
2.2.3 Perfil Tubulares .....	28
2.3 ELEMENTOS MISTOS.....	32
2.4 PILARES .....	34
2.5 SEGURANÇA E DESEMPENHO ESTRUTURAL .....	35
2.5.1 Método dos estados-limite.....	35
2.5.2 Ações .....	37
2.5.3 Análise estrutural e estabilidade.....	38
2.6 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A ABNT NBR 8800:2008.....	42
2.6.1 Barras submetidas à tração.....	42
2.6.2 Barras submetidas à compressão .....	44
2.6.3 Barras submetidas a momento fletor.....	49
2.6.4 Barras submetidas à força cortante.....	52
2.6.5 Barras submetidas a esforços combinados .....	54
2.6.6 Deslocamentos máximos .....	55
2.6.7 Dimensionamento de pilares mistos.....	56

2.7	DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A ABNT NBR 16239:2013.....	59
2.7.1	Barras submetidas à tração.....	59
2.7.2	Barras submetidas à compressão .....	61
2.7.3	Dimensionamento de pilares mistos.....	62
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>64</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DO MODELO ANALISADO.....	64
3.2	PROGRAMA UTILIZADO PARA O CÁLCULO DOS ELEMENTOS .....	70
3.3	CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA QUANTO À DESLOCABILIDADE .....	72
3.4	AÇÕES E COMBINAÇÃO DE AÇÕES.....	75
3.4.1	Ações permanentes .....	76
3.4.2	Cargas variáveis.....	77
3.4.3	Combinação de ações.....	87
3.5	DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DO EDIFÍCIO .....	92
3.5.1	Estados-limites último .....	93
3.5.2	Estados-limites de serviço.....	94
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>96</b>
4.1	PERFIS ADOTADOS NOS EDIFÍCIOS .....	96
4.2	DESLOCAMENTOS DOS ELEMENTOS .....	104
4.3	CONSUMO DE AÇO NOS PILARES .....	106
4.4	COMPARAÇÃO COM A ABNT NBR 16239:2013 .....	109
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>112</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	113
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>114</b>	
<b>APÊNDICE A – CÁLCULO DA CARGA REFERENTE À CAIXA D'ÁGUA .....</b>	<b>117</b>	
<b>APÊNDICE B – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS VIGAS MISTAS .....</b>	<b>121</b>	
<b>APÊNDICE C – RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DAS BARRAS .....</b>	<b>129</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao seu forte impacto econômico e social, a construção civil é uma das atividades mais estimuladas em todo o mundo. A necessidade de investir nesse setor, levou a construção civil a se reinventar e, com isso, hoje se vê um mercado mais amadurecido e em constante processo de crescimento. A cada dia, novas tecnologias, materiais e formas de execução dos serviços surgem, juntamente com novos padrões de exigência de velocidade, praticidade e qualidade das obras. Nesse contexto, destacam-se as estruturas metálicas, que vem sendo amplamente utilizadas no Brasil e no mundo.

O emprego de estruturas metálicas é bastante amplo, podendo ser utilizadas em construções industriais, civis e viárias. Atualmente, são produzidos e utilizados no Brasil uma ampla variedade de perfis estruturais, sendo que, dentre os mais comumente usados, estão os de seção aberta, feitos normalmente em formato de I, H, U, e L.

Uma alternativa a esses perfis são os perfis tubulares, que são amplamente utilizados em países da Europa, da América do Norte e do Sudeste Asiático, onde o uso de elementos metálicos já é difundido há algum tempo. Ainda no século XIX, na Inglaterra, os perfis circulares em ferro fundido já eram muito utilizados nos edifícios industriais, principalmente como colunas e em vigas treliçadas, permitindo vencer grandes vãos (COSTA, 2004).

No Brasil, pode-se dizer que o emprego de perfis tubulares ainda é recente, sendo tradicionalmente utilizados em treliças de cobertura. Contudo, apresenta crescimento acelerado, principalmente devido ao seu bom comportamento estrutural, possuindo boa resistência à torção e à compressão, e devido à sua boa aparência arquitetônica. “A criatividade tem gerado formas exuberantes e obras diferenciadas em estrutura tubular, [...] permitindo a combinação entre estética e arrojo de formas e sistemas estruturais.” (ARAÚJO et al., 2016, p. 18).

Tanto os perfis tubulares quanto os perfis de seção aberta ainda podem ser combinados com o concreto, formando as estruturas mistas de aço e concreto.

Segundo a ABNT NBR 8800:2008, as estruturas mistas são aquelas em que o aço e o concreto trabalham em conjunto, comportando-se como se fossem um único material. Quando comparadas com os elementos de aço, essas estruturas apresentam vantagens como economia com proteção contra corrosão e incêndio e redução do consumo de aço (QUEIROZ, 2014).

A ABNT NBR 8800:2008, é norma brasileira que trata do projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto. Por ser bastante ampla, ela aborda todos os requisitos necessários para o dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas que utilizem tanto perfis laminados e soldados de seção aberta, quanto perfis tubulares com ou sem costura. Recentemente, também foi elaborada a ABNT NBR 16239:2013, uma nova norma para o dimensionamento de perfis tubulares, já que, como sugere Fakury *et al.* (2012), a ABNT NBR 8800:2008, pelo fato de ser uma norma ampla, não consegue abordar em detalhes alguns fatores importantes do desempenho dos perfis tubulares estruturais.

Diante de tantas soluções e de tantas possibilidades de aplicação, torna-se necessário compreender quais são as principais diferenças, vantagens, desvantagens e particularidades de cada perfil. Dessa forma, este trabalho procura estabelecer uma comparação dos pilares de um edifício comercial utilizando perfis de diferentes seções. Como método estabelecido, será realizado o dimensionamento de um edifício, por meio de um programa de cálculo, onde serão empregados pilares com perfis laminados e soldados de seção aberta e perfis tubulares preenchidos e não preenchidos com concreto. Além de alterar a seção dos perfis, a altura do edifício também será variada, bem como a resistência ao escoamento do aço utilizado, a fim de analisar também a influência desses fatores nos resultados obtidos.

## 1.1 OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho é realizar um estudo comparativo dos pilares de um edifício comercial em aço, utilizando perfis tubulares, perfis tubulares preenchidos com concreto e perfis laminados e soldados de seção aberta.

### 1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudar o dimensionamento de perfis tubulares de acordo com ABNT NBR 8800:2008 e com a ABNT NBR 16239:2013.
- Estabelecer as ações atuantes nas estruturas e obter os esforços resistentes de cálculo para os perfis estudados;
- Avaliar as diferenças gerais quanto ao consumo de aço para os perfis utilizados nos pilares;
- Analisar a viabilidade de utilização de perfis tubulares e abertos para a estrutura estudada.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

No contexto atual da indústria da construção civil, em que se busca constantemente novas soluções que forneçam mais qualidade e praticidade, reduzindo os desperdícios e minimizando os custos das obras, analisar e estudar as alternativas existentes para a concepção de um projeto torna-se um fator de grande importância.

No Brasil, quando se fala de estruturas metálicas, a utilização de perfis de seção aberta é mais comum, enquanto o emprego de elementos tubulares ainda procura sua excelência. Dessa forma, busca-se entender os critérios de dimensionamento desses elementos e aplicá-los no presente trabalho, visando contribuir com o cenário apresentado.

Além disso, outro fator importante no desenvolvimento de projetos é a definição do tipo de aço estrutural a ser utilizado nos perfis. No exterior, a utilização de aços de alta resistência é comum. Embora aqui no país essa prática não seja tão usual,

percebe-se, a cada vez mais, uma tendência do Brasil de seguir o mesmo caminho dos demais países, visto que a ABNT NBR 8800:2008 permite a utilização de aços com até 450 MPa de resistência ao escoamento. Sendo assim, torna-se necessário verificar e compreender as vantagens da utilização de aços de alta resistência.

Dessa forma, este trabalho justifica-se pela importância de se conhecer e analisar o uso de perfis tubulares, bem como suas vantagens e desvantagens frente aos demais. Além disso, também poder verificar as vantagens e particularidades da utilização de diferentes tipos de aço, com diferentes valores de resistência ao escoamento. Com isso, poder realizar comparações gerais que permitam identificar qual perfil se adequa mais ao sistema estudado, de acordo com suas necessidades e particularidades.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para alcançar seus objetivos, este trabalho encontra-se organizado em 5 capítulos, sendo esta introdução (capítulo um) o primeiro deles, onde são apresentados o objetivo geral e os específicos, a justificativa e a estruturação do trabalho.

O capítulo dois traz uma revisão bibliográfica para melhor compreensão do tema abordado, apresentando os conceitos básicos e destacando o método de dimensionamento dos elementos a partir das normas estudadas.

O capítulo três, por sua vez, apresenta com detalhes o modelo de edifício utilizado para a análise, o programa computacional utilizado e as considerações para o dimensionamento dos modelos, como as ações atuantes e as combinações de ações adotadas. Apresenta também o dimensionamento do edifício com pilares em diferentes seções.

No capítulo quatro contém, os resultados obtidos e a comparação entre eles, bem como uma análise geral dos modelos.

O capítulo cinco, por fim, traz as considerações finais referentes ao trabalho.

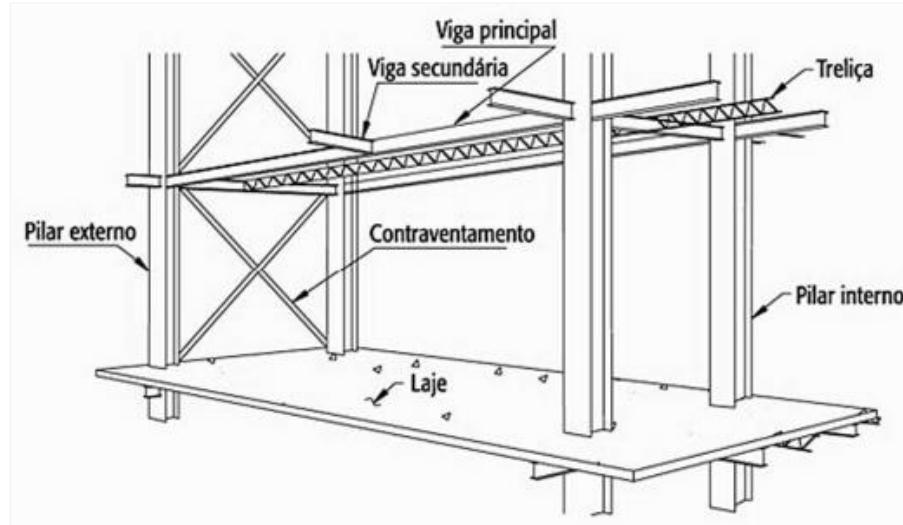
## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conhecer os aspectos referentes aos elementos e sistemas estruturais utilizados em um projeto é muito importante. Dessa forma, neste capítulo serão apresentados alguns conceitos referentes aos sistemas estruturais dos edifícios de múltiplos andares e referentes aos tipos de perfis que serão estudados neste trabalho. Também serão apresentados os métodos de dimensionamento dos perfis de seção aberta e dos perfis tubulares.

### 2.1 EDIFÍCIOS DE MÚLTIPLOS ANDARES EM AÇO

Os edifícios de múltiplos andares apresentam como principais componentes estruturais os pilares internos e externos, as vigas principais e as secundárias, os contraventamentos e as lajes. A Figura 1 exibe os principais componentes estruturais de um edifício.

Figura 1 – Componentes estruturais típicos de um edifício.



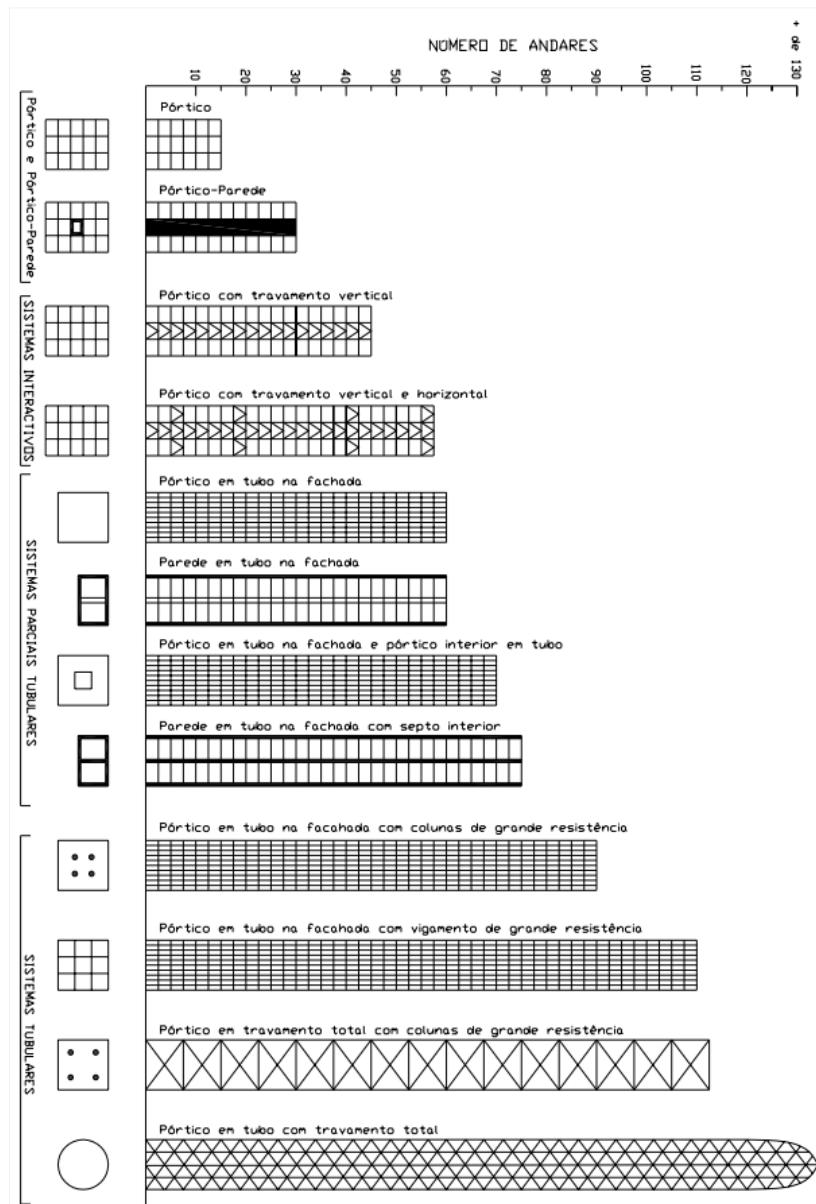
Fonte: Bellei et al. (2008).

Os sistemas estruturais dos edifícios são formados por arranjos e variações desses componentes (BELLEI *et al.*, 2008). Eles devem resistir a todo carregamento imposto, sendo que nos edifícios de múltiplos pavimentos as cargas devido ao vento são de grande importância, exercendo muita influência no dimensionamento.

A escolha do sistema estrutural que vai dar sustentação ao edifício é de fundamental importância para o resultado final do conjunto da obra no que tange aos aspectos de peso das estruturas, da facilidade de fabricação, da rapidez de montagem e consequentemente do custo final da estrutura. (BELLEI et al., 2008, p. 74).

Como cita Chaves (2009), diversos fatores afetam essa escolha. Dentre eles pode-se citar a altura do edifício, o tipo de ocupação, o método construtivo, a intensidade da carga de vento que atua no edifício e, também, fatores associados ao projeto arquitetônico. A Figura 2 apresenta alguns tipos de sistemas estruturais utilizados em função da altura dos edifícios.

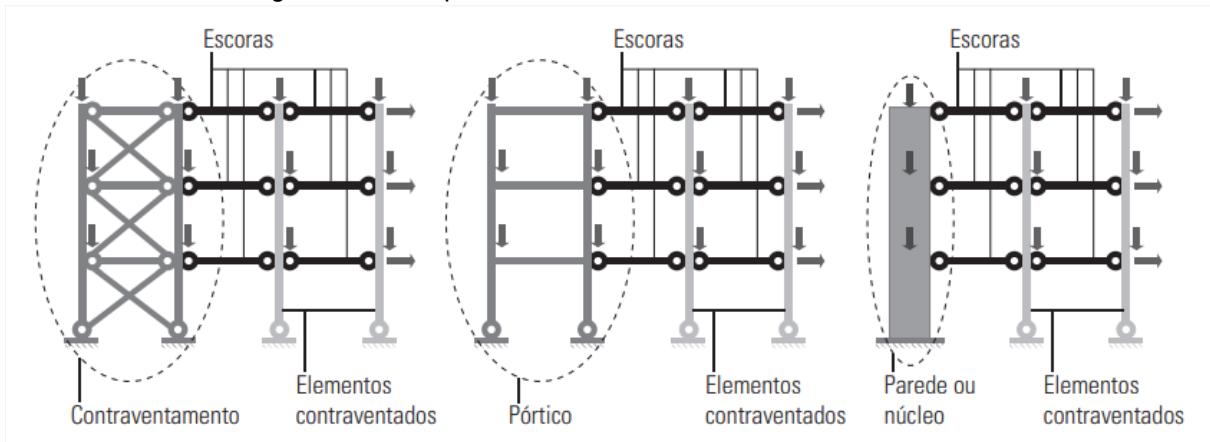
Figura 2 – Comparaçao de sistemas estruturais em função da altura do edifício.



Fonte: Carneiro (2008).

Esses sistemas são identificados com base nas subestruturas que estabilizam a edificação. De acordo com Fakury *et al.* (2016), essas subestruturas, conhecidas como subestruturas de contraventamento, são responsáveis por resistir às ações horizontais que atuam sobre a edificação, pois apresentam elevada rigidez lateral. Como mostra a Figura 3, as subestruturas podem ser contraventamentos, pórticos e paredes ou núcleos de concreto.

Figura 3 – Exemplos de subestruturas de contraventamento.



Fonte: Fakury *et al.* (2016).

Nos itens a seguir, alguns dos principais tipos de sistemas estruturais são detalhados.

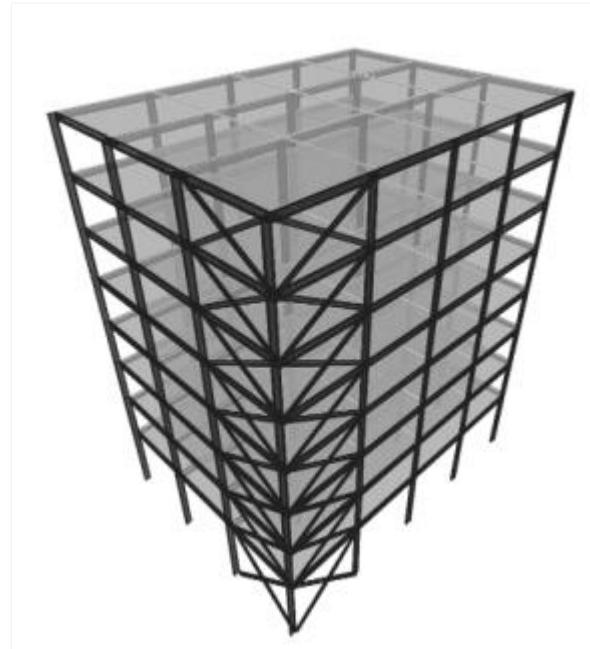
### 2.1.1 Sistema contraventado

Esse sistema, conforme mostra a Figura 4, é formado através da junção de quadros rotulados com uma treliça vertical, obtida pela combinação dos contraventamentos com as vigas. Os contraventamentos, que são os elementos em diagonal, são os responsáveis por resistir às cargas horizontais, provenientes do vento, e às cargas sísmicas (CHAVES, 2009). Quando se utiliza apenas esse tipo de sistema estrutural num edifício, para que seja assegurada sua estabilidade, é necessário que haja contraventamento em todos os planos que o formam.

A utilização de sistemas contraventados em um edifício pode ser vantajosa, pois permite que sejam utilizadas mais ligações rotuladas, que são conexões mais simples e com maior facilidade na montagem (BELLEI *et al.*, 2008). Essas vantagens podem, inclusive, levar a uma economia nos custos gerais da obra, principalmente quando

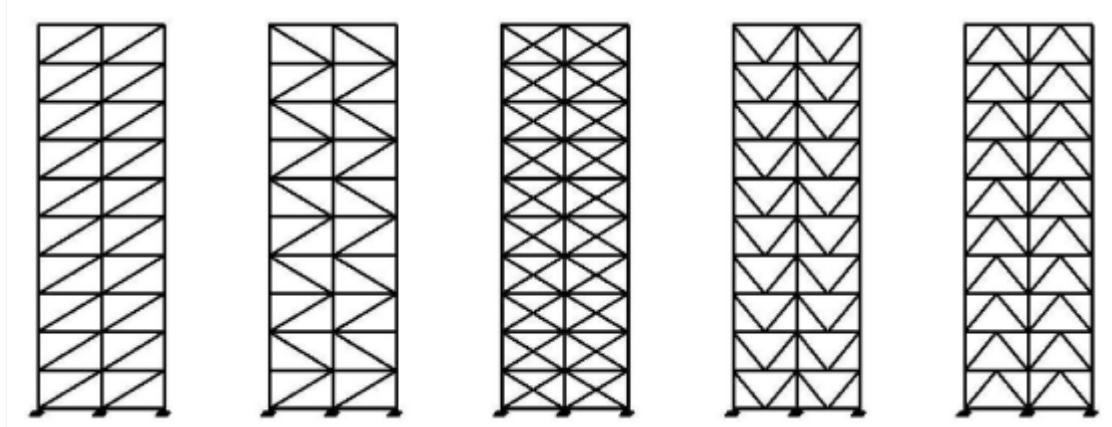
comparadas com os pórticos rígidos, pois as ligações rotuladas são mais baratas. A Figura 5 apresenta alguns tipos usuais de contraventamento.

Figura 4 – Exemplo de sistema contraventado.



Fonte: Bastos (2014).

Figura 5 – Alguns tipos usuais de contraventamentos.



Fonte: Chaves (2009).

### 2.1.2 Sistema de quadros rígidos

Esse sistema, por sua vez, é formado pela junção de vigas e pilares através de ligações rígidas, como mostra a Figura 6. Nesse caso, os próprios quadros rígidos conseguem fornecer estabilidade à estrutura, pois, como cita Fakury *et al.* (2016), a própria rigidez à flexão das barras e a capacidade de transmissão das conexões rígidas são suficientes para isso. Essa solução, contudo, mostra-se menos

econômica, pois as ligações engastadas são mais caras, mais complexas e lentas para execução. (CHAVES, 2009; BELLEI et al., 2008). Além disso, ligações rígidas costumam levar a pilares com perfis de seções maiores, aumentando o peso de aço utilizado na estrutura.

Figura 6 – Exemplo de sistema de quadro rígidos.



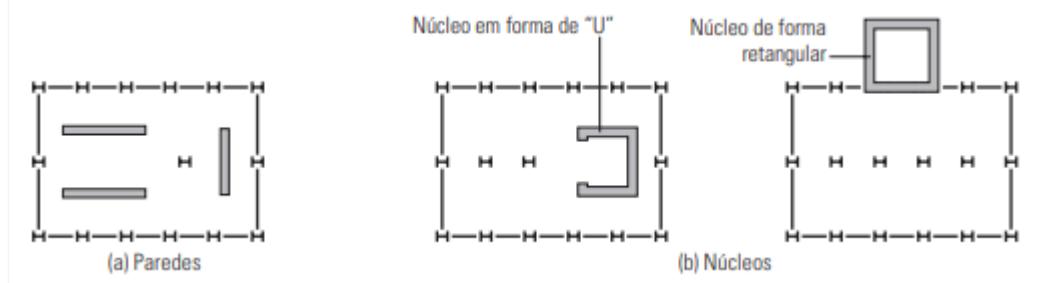
Fonte: Bastos (2014).

### 2.1.3 Sistema com núcleo de concreto ou parede de cisalhamento

Esse sistema consiste na introdução de um núcleo ou de uma parede de concreto armado, como mostra a Figura 7 e Figura 8, que são utilizados para aumentar a resistência lateral da estrutura, mostrando-se como uma solução alternativa para os casos em que os sistemas aporticados apresentam elevadas deformações. Esse núcleo geralmente pode ser usado para conter elevadores, escadas e colunas de ventilação.

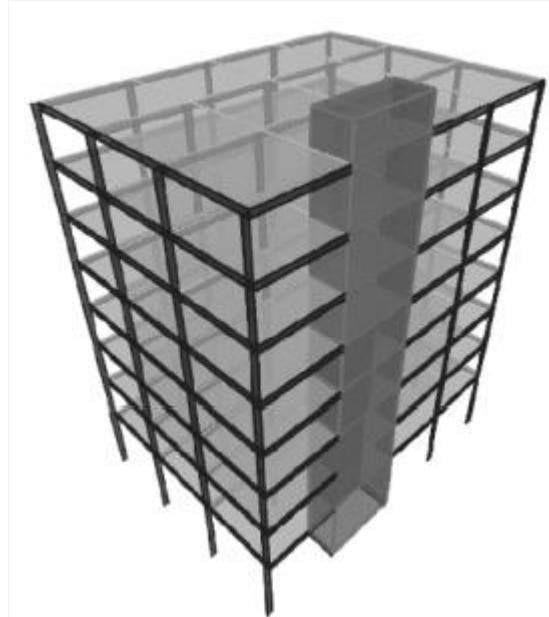
Nos casos de edifícios com altura muito elevada ou com cargas laterais consideráveis, o núcleo central pode não ser uma solução tão eficiente. (BELLEI, 2008).

Figura 7 – Exemplo de plantas de edifícios com paredes de cisalhamento e núcleos de concreto.



Fonte: Fakury et al. (2016).

Figura 8 – Exemplo de sistema com núcleo de concreto.



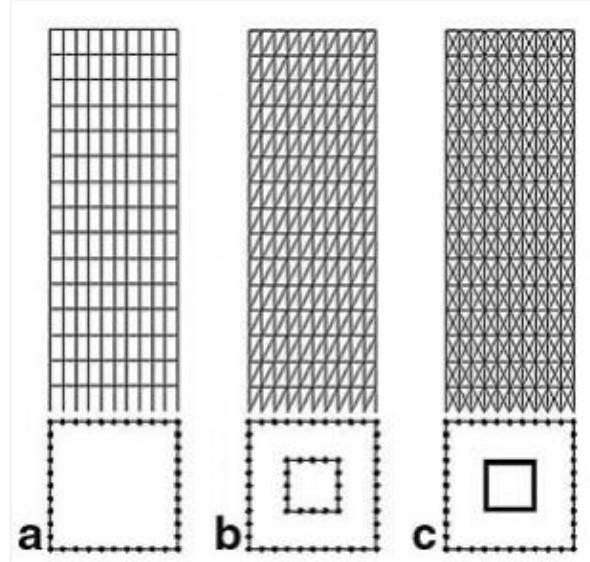
Fonte: Bastos (2014).

#### 2.1.4 Sistemas tubulares

Em edifícios com elevado número de pavimentos, como os arranha-céus, os custos com contraventamento são elevados, podendo alcançar de 30 a 40% do custo da estrutura (REBELLO, 2007). Dessa forma, uma solução comumente utilizada são os sistemas tubulares. Esses sistemas são formados pela união de vigas e pilares dispostos bem próximos uns dos outros, que geram os tubos. As ligações rígidas e a utilização de alguns contraventamentos são responsáveis por fornecer estabilidade lateral à estrutura. Utilizando esse sistema [...] consegue-se aliar uma forma aerodinâmica altamente favorável a uma solução estrutural extremamente eficaz, com uma simetria perfeita, mesmo total, e com máxima resistência torcional [...]” (CARNEIRO, 2008, p. 53).

Os sistemas tubulares podem ser dispostos de algumas formas diferentes, a Figura 9 mostra três exemplos. O caso “a” trata-se de um sistema tubular periférico, o caso “b” trata-se de um sistema com dois tubos, um externo e um interno, e o caso “c” aborda um caso em que se utiliza um sistema tubular juntamente com um sistema com núcleo central de concreto.

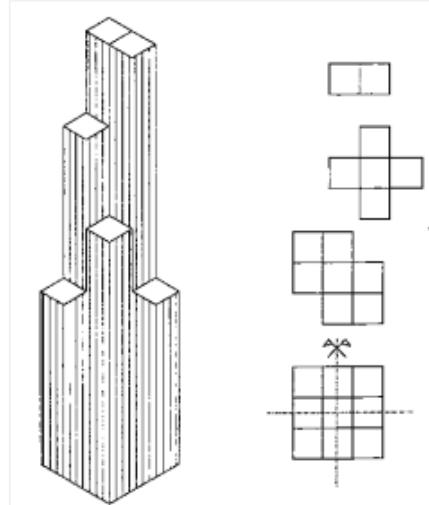
Figura 9 – Exemplos de sistemas tubulares.



Fonte: Carneiro (2008).

Além disso, os tubos celulares é uma outra configuração bastante eficiente para os edifícios muito altos. Segundo Rebello (2007), nessa configuração, algumas células maiores são formadas a partir da junção de tubos menores. A Figura 10 mostra um exemplo dessa solução.

Figura 10 – Exemplo de sistema estrutural de tubos celulares.



Fonte: Rebello (2007).

### 2.1.5 Sistemas mistos

Muitas vezes não é viável utilizar um único tipo de sistema estrutural para garantir estabilidade à estrutura, seja por questões técnicas, econômicas ou até mesmo estéticas. Dessa forma, é bastante comum a utilização de uma solução estrutural que contenha mais de um dos sistemas estruturais apresentados anteriormente, formando os sistemas mistos.

Um sistema misto bastante utilizado é dado pela junção de contraventamentos com pórticos rígidos. Nesse caso, o contraventamento é utilizado em um dos sentidos do edifício enquanto os pórticos são utilizados no outro.

## 2.2 PERFIS ESTRUTURAIS

Os perfis estruturais podem ser classificados de acordo com seu processo de fabricação ou conforme a geometria da seção transversal. No que diz respeito ao processo de fabricação, eles podem ser obtidos através de três maneiras distintas: laminação a quente, conformação a frio e soldagem de chapas (MARGARIDO, 2007). Quando se trata da geometria da seção, existem os perfis de seção aberta, que podem assumir formas de I, L, U ou H e os perfis tubulares, que podem ser circulares, retangulares ou quadrados (Figura 11).

Figura 11 – Tipos de perfis estruturais.



Fonte: REBELLO (2009).

Nesse item serão abordados os perfis laminados, soldados de seção aberta e os perfis tubulares.

### **2.2.1 Perfis Laminados**

Os perfis laminados são obtidos através de um processo de laminação. “Nesse processo, a forma de um corpo metálico é alterada para torná-lo adequado a determinada aplicação” (FAKURY, 2016, p. 23). Os perfis I e H laminados, por exemplo, são obtidos através da laminação a quente de tarugos, que tem sua forma alterada sequencialmente ao passar entre pares de cilindros paralelos, verticais e horizontais, com diâmetro variável.

Esses perfis apresentam dimensões padronizadas e limitadas e, com isso, apresentam como uma de suas vantagens a possibilidade de serem adquiridos prontos para sua utilização (REBELLO, 2007).

### **2.2.2 Perfis Soldados**

Os perfis soldados são obtidos pela união de duas ou mais chapas e perfis através de um processo de soldagem. Por possibilitarem uma multiplicidade de formas e de dimensões, costumam ser utilizados em situações que, em decorrência de exigências estruturais ou arquitetônicas, necessita-se de seções transversais com características especiais.

Esses perfis, por muitas vezes serem fabricados sob encomenda, podem apresentar um maior custo de fabricação, sendo assim, costumam ser mais utilizados em obras de médio e grande porte, como explica Rebello (2007).

### **2.2.3 Perfis Tubulares**

Os perfis tubulares na maioria das vezes possuem seção circular, retangular ou quadrada, sendo o perfil de seção quadrada, uma forma particular do perfil retangular. Esses tubos podem ser produzidos de diversas maneiras, contudo, dois processos são mais utilizados para a sua fabricação: tubos laminados a quente, que não

apresentam costuras, e tubos provenientes de chapas dobradas e soldadas e que, dessa forma, apresentam costura (ARAÚJO *et al.*, 2016).

Araújo *et al.* (2016) explicam que os tubos sem costura são formados a partir da perfuração, em altas temperaturas, de blocos maciços de aço de seção circular, como mostra a Figura 12. A temperatura dos blocos chega a valores de 1200 a 1300°C. Após a perfuração, o tubo passa por outras etapas de laminação até chegar à espessura final de parede.

Figura 12 – Bloco maciço de seção circular em alta temperatura



Fonte: Araújo *et al.* (2016).

Após o processo de laminação a quente, os tubos são levados para o processo de resfriamento, onde são deixados ao ar livre resfriando-se até a temperatura ambiente. “Essa forma de resfriamento é responsável por uma das mais importantes características dos tubos laminados a quente, que possui baixo nível de tensões residuais, conferindo-lhes assim melhores características à compressão” (ARAÚJO *et al.*, 2016, p.56).

Já os tubos conformados a frio com costura, são produzidos a partir de chapas ou tiras de aço que são soldadas, permitindo uma emenda contínua da chapa. A solda pode ser disposta de forma longitudinal ou helicoidal, como mostra a Figura 13 e a Figura 14 , respectivamente.

Figura 13 – Tubo com solda longitudinal.



Fonte: Araújo *et al.* (2016).

Figura 14 – Tudo com solda helicoidal.



Fonte: Araújo *et al.* (2016).

Os perfis tubulares de seção retangular ou quadrada podem ser fabricados por laminação a quente ou por conformação a frio a partir dos tubos de seção circular.

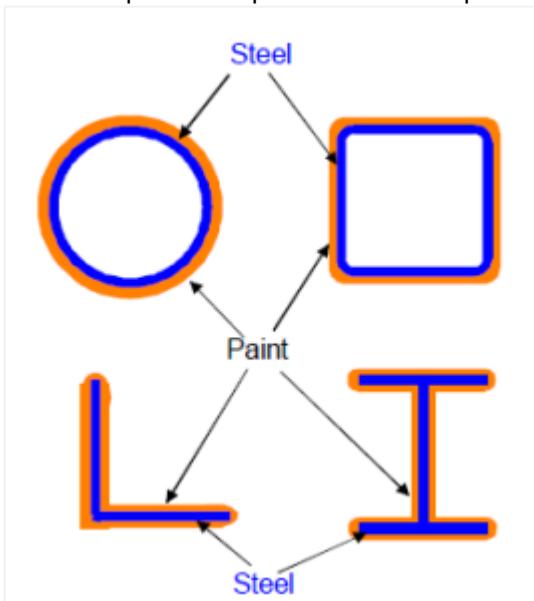
Quando o processo de produção é o de conformação a frio, os tubos circulares passam por equipamentos de perfilização, até assumirem a forma retangular. Essa conformação pode ser feita em tubos com ou sem costura. Os tubos retangulares e quadrados podem ser tratados termicamente a fim de reduzir as tensões residuais geradas pelo processo de conformação a frio (ARAÚJO, 2012). Após esse tratamento eles podem ser classificados como tubos laminados a quente, pois passam a apresentar comportamento muito semelhantes a eles.

#### *2.2.3.1 Vantagens e desvantagens da utilização*

Os perfis tubulares apresentam uma série de vantagens estruturais e arquitetônicas. No que diz respeito ao comportamento frente aos esforços solicitantes, esses perfis apresentam como vantagem uma boa resistência à compressão, principalmente devido a sua geometria e ao reduzido nível de tensões residuais que apresentam (ARAÚJO, 2012). Outra vantagem, trazida por Rebello (2007), é que os tubos, especialmente os de seção circular, apresentam uma geometria favorável, pois o aço é distribuído de forma uniforme em torno dos eixos centroidais, essa característica favorece sua resistência à torção.

Segundo Wardenier *et al.* (2012), uma outra vantagem dos elementos tubulares é a sua forma fechada, que possibilita a redução da área exposta a ser protegida, conforme mostra a Figura 15, levando a um menor custo com pintura e materiais de proteção.

Figura 15 – Superfície de pintura de perfis tubulares e perfis de seção aberta



Fonte: Wardenier *et al.* (2010).

Além disso, conforme destaca Packer *et al.* (1992), os cantos arredondados e sem arestas desses perfis, e a ausência de reentrâncias, no caso dos perfis sem costura, facilitam a pintura e a aplicação de proteção contra o fogo, e diminuem as chances de corrosão do elemento.

Gerken (2003) também traz como vantagem a maior eficácia desses perfis quando em situação de incêndio, pois apresentam menor fator de massividade, que é a relação entre a área exposta ao fogo e o volume aquecido do corpo. Aborda também como ponto positivo a possibilidade de redução do aço estrutural consumido na obra.

Os tubos, além disso, ainda apresentam vantagens arquitetônicas, conferindo melhor acabamento e estética do que as seções abertas (ARAÚJO, 2012).

Apesar das inúmeras vantagens, os perfis tubulares apresentam também desvantagens. Como cita Gerken (2003), perfis isolados, por exemplo, quando comparados com outras seções transversais, podem não apresentar um bom

desempenho aos esforços de flexão. Contudo, esse é um problema que pode ser resolvido com a adoção de seções compostas, como na Figura 16.

Figura 16 – Elemento com seção composta.



Fonte: Gerken (2003).

Outro fator que exige atenção é a corrosão interna desses elementos. “Um problema sério dos perfis tubulares é a possibilidade de sofrerem deteriorações de dentro para fora e que não podem ser detectadas visualmente” (REBELLO, 2009). Dessa forma, é muito recomendado a utilização de sistemas de proteção na parte interna ou o preenchimento do perfil com concreto armado.

Por fim, outro ponto tido como desvantagem é a complexidade e as particularidades das ligações em estruturas tubulares. As ligações provocam concentração de tensões nos tubos e, em alguns casos, apresentam também complexidade na transferência de forças entre os elementos, principalmente quando se trata da conexão entre tubos (ARAÚJO et al., 2016). Destaca-se que pelo fato de as conexões serem consideradas um obstáculo para a solução construtiva em perfis tubulares, esse assunto passou a ser muito estudado e atualmente é um tópico que tem se desenvolvido muito.

## 2.3 ELEMENTOS MISTOS

Embora o objetivo geral desse trabalho seja realizar comparações referentes aos pilares do edifício estudado, no dimensionamento da estrutura também foram

adotados outros elementos, como as vigas e as lajes, ambos mistos. Dessa forma, este subitem ficou reservado para uma breve apresentação sobre esses elementos.

As lajes mistas de aço e concreto são formadas por uma fôrma de aço conformada a frio, sobre a qual é colocado o concreto, como mostra a Figura 17. Antes da cura, a fôrma é responsável por resistir às ações ali presentes e, depois da cura, ela funciona como armadura de tração da laje. (FAKURY et al., 2016; QUEIROZ et al., 2012).

Esse tipo de laje apresenta algumas vantagens, pode-se citar: a não necessidade de escorras de madeiras, facilidade e maior rapidez no processo de instalação e uma boa qualidade de acabamento das lajes. Como desvantagens pode-se citar: a necessidade de utilização de forros e, algumas vezes, a necessidade de mais vigas apoioando a laje (FAKURY et al., 2016).

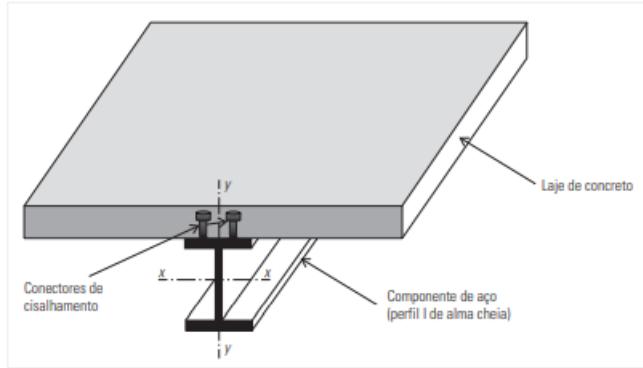
Figura 17 – Laje mista de aço e concreto.



Fonte: ArcelorMittal Perfilor (2016).

As vigas mistas, por sua vez, são formadas por um perfil de aço, ou uma treliça, ligado mecanicamente com a laje de concreto, de forma que os dois elementos trabalhem em conjunto para resistir ao momento fletor solicitante (Figura 18). A ligação mecânica é feita por meio de conectores de cisalhamento. (ABNT NBR 8800, 2008).

Figura 18 – Viga mista de aço e concreto.

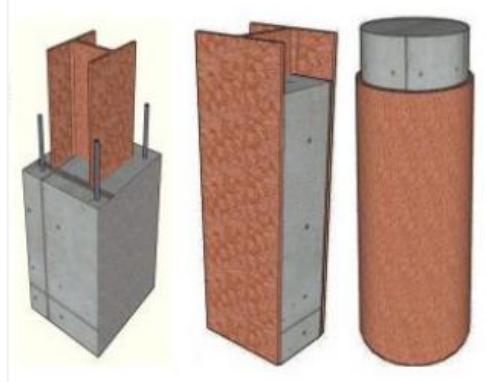


Fonte: Fakury et al. (2016).

Essas vigas apresentam algumas vantagens, como a redução da altura da seção transversal e a economia do consumo de aço estrutural.

Os pilares mistos, assim como os demais elementos mistos, são uma associação entre perfil metálico e concreto armado, que trabalham em conjunto. Eles podem ser revestidos ou preenchidos de concreto, como exemplificado na Figura 19.

Figura 19 – Pilares mistos de aço e concreto.



Fonte: De Nardin (2012).

Esses elementos apresentam como vantagens a redução da seção transversal, a redução com materiais para proteção contra incêndio e corrosão, e a não necessidade de fôrmulas, para o caso dos perfis tubulares preenchidos.

## 2.4 PILARES

No que diz respeito às obras civis, os perfis estruturais de aço são constantemente utilizados nos edifícios de múltiplos andares, sendo que uma de suas aplicações mais comuns é como pilares dessas estruturas.

Os pilares são elementos estruturais que têm a função de transmitir para os elementos de fundação as ações que atuam nos níveis superiores de uma edificação. Neles, as forças de compressão são preponderantes, e seu dimensionamento é feito levando-se em consideração as forças axiais e cortantes, quando há ação horizontal, e os momentos fletores. (SCANDELAI *et al.*, 2005; BASTOS, 2015).

Apesar de serem projetados com o intuito de resolver principalmente as questões técnicas estruturais, os pilares desenvolvem também funções estéticas e arquitetônicas, e sempre que possível os arquitetos buscam acrescentar a eles alguns atributos e sofisticação.

Na construção metálica, ao escolher o perfil para compor os pilares, é importante ter em mente essas características inerentes a eles. Além de alcançar os objetivos estruturais, é sempre interessante que os perfis estejam alinhados também com as questões estéticas propostas para o edifício.

Quando se necessita, por exemplo, de espaços mais livres, como nas garagens, “as seções dos pilares de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil [...].” (CBCA, 2020). As seções tubulares, por sua vez, tornam-se atrativas como pilares, pois resistem bem aos esforços de compressão. Além disso, também são bastante utilizadas quando os pilares ficam aparentes, já que, como sugere Wardenier (2010), o uso racional dessas seções costuma levar a estruturas mais limpas e espaçosas. Já os pilares mistos de aço e concreto, mostram-se uma solução bastante atrativa para edifícios altos, com muitos pavimentos, onde é necessária elevada resistência e rigidez.

## 2.5 SEGURANÇA E DESEMPENHO ESTRUTURAL

### 2.5.1 Método dos estados-limites

Os requisitos exigidos para a verificação da segurança estrutural são definidos pela ABNT NBR 8681:2003. Segundo essa norma, os estados-limites de uma estrutura são

os estados em que a estrutura começa a apresentar desempenho inadequado às funções de construção a ela proposta.

O método dos estados-limites exige que, quando uma estrutura for submetida a todas as combinações possíveis de ações, nenhum estado-límite seja atingido. Dessa forma, a estrutura sob condições extremas é analisada nesse método de dimensionamento e os estados-limites não podem ser excedidos.

#### *2.5.1.1 Estados-limites últimos*

De acordo com Fakury *et al.* (2016), os estados limites últimos (ELU) relacionam-se com a segurança estrutural, ou seja, atingindo esse estado, a estrutura passa a apresentar desempenho inadequado e ocorre colapso total ou parcial dela.

Para os estados-limites últimos, para haver segurança estrutural, é necessário atender a relação:

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1,0 \quad (2.1)$$

Em que  $S_d$  é o esforço solicitante de cálculo e  $R_d$  é o esforço resistente de cálculo.

#### *2.5.1.2 Estados limites de serviço*

A ABNT NBR 8681 (2003), estabelece que os estados-limites de serviço (ELS) relacionam-se com o desempenho satisfatório das funções da estrutura. Ao atingir esse estado, a estrutura passa a apresentar problemas com sua funcionalidade, aparência e conforto.

As condições para os estados-limites de serviço são dadas pela relação:

$$S_{ser} \leq S_{lim} \quad (2.2)$$

Em que  $S_{ser}$  é o valor do efeito estrutural que se quer analisar e  $S_{lim}$  é o valor limite para esse efeito. Ambos analisados com base nas combinações de serviço.

### **2.5.2 Ações**

A análise de uma estrutura deve ser feita com base em todas as ações que geram efeitos significativos para o seu comportamento, e devem levar em consideração os estados-limites. Essas ações podem ser classificadas em permanentes, variáveis e excepcionais.

De acordo com ABNT NBR 8681 (2003), as ações permanentes são aquelas que estão presentes em toda a vida útil da estrutura, sem apresentar variações significativas em seus valores. Elas são divididas em ações permanentes diretas ou indiretas. São exemplos de ações permanentes diretas o peso próprio da estrutura e o peso próprio dos elementos construtivos. Já as permanentes indiretas são relacionadas a deformações, deslocamentos, recalques, imperfeições geométricas e outros fatores.

As ações variáveis, como define a norma, são aquelas que apresentam valores que sofrem variação ao longo da vida útil da estrutura. São causadas pelo uso e ocupação, por equipamentos e até por pressões hidrostáticas, entre outros fatores. A sobrecarga de cobertura e a ação do vento são exemplos desse tipo de ação.

As ações excepcionais, por sua vez, são aquelas que, como o próprio nome sugere, acontecem excepcionalmente. Elas apresentam baixa probabilidade de ocorrência e curta duração. São exemplos de ações excepcionais aquelas decorrentes de choques de veículos e incêndios.

#### *2.5.2.1 Combinação de ações*

“Um carregamento é definido pela combinação das ações que tem probabilidades não desprezáveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período preestabelecido” (ABNT NBR 8800, 2008, p.19). As combinações de ações são feitas

de forma a se chegar à combinação que gera os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura.

Quando se trabalha com elementos estruturais, existem combinações últimas e combinações de serviço. As combinações últimas são classificadas em normal, especial, excepcional e de construção. Elas são decorrentes, respectivamente, do uso previsto para a edificação, da atuação de ações de natureza especial, da atuação de ações excepcionais e de quando há risco já na fase de construção.

Já as combinações de serviço são classificadas em quase permanentes, frequentes e raras, de acordo com o período de atuação na estrutura. As combinações quase permanentes apresentam-se em quase todo o tempo de vida da estrutura, as frequentes apresentam-se repetidas vezes ao longo desse tempo de vida e as combinações raras devem apresentar-se apenas algumas horas do tempo de vida da estrutura, pois causam danos permanentes a ela.

Para cada um dos tipos de combinações, aplica-se uma expressão adequada que determina como a combinação deve ser formulada.

### **2.5.3 Análise estrutural e estabilidade**

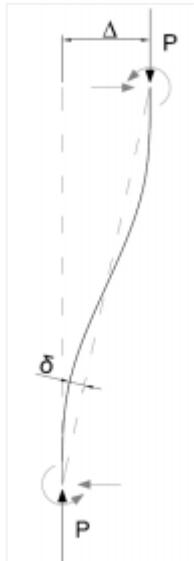
#### *2.5.3.1 Análise de primeira e segunda ordem*

A NBR 8800 (ABNT, 2008, p. 24) descreve que: “o objetivo da análise estrutural é determinar os efeitos das ações na estrutura, visando efetuar verificações de estados-limites últimos e de serviço”.

Quando esses efeitos são determinados a partir da estrutura em seu estado indeformado e os materiais são considerados com comportamento elástico linear, a análise é denominada de análise elástica de primeira ordem. Por outro lado, quando esses efeitos são determinados considerando-se a estrutura em seu estado deformado, tem-se uma análise de segunda ordem (FAKURY et al., 2016).

A ABNT NBR 8800 (2008) ainda determina que, quando a análise de segunda ordem é adotada, é necessário considerar os efeitos local e global de segunda ordem (Figura 20). Sendo que o efeito local ( $P-\delta$ ) é consequência da não-retilíneidade dos eixos das barras, e o efeito global ( $P-\Delta$ ) é consequência dos deslocamentos horizontais das extremidades das barras.

Figura 20 – Efeitos  $P-\Delta$  e  $P-\delta$ .



Fonte: Bellei et al. (2008).

A análise de segunda ordem é mais complexa que a de primeira ordem e a ABNT NBR 8800:2008 estabelece que ela pode ser feita a partir de qualquer método que leve em consideração os efeitos locais e globais e as imperfeições iniciais. A norma, inclusive, fornece um método para realização de análise de segunda ordem de forma mais simplificada, a partir de duas análises de primeira ordem. Esse método é denominado Método da Amplificação dos Esforços Solicitantes (MAES).

O procedimento para a realização da análise de segunda ordem a partir do MAES não será abordado nesse trabalho, porém pode ser encontrado no ANEXO D da ABNT NBR 8800:2008.

#### *2.5.3.2 Classificação da estrutura quanto à deslocabilidade*

Para a análise estrutural, a norma brasileira ainda divide as estruturas entre pequena, média e grande deslocabilidade, de acordo com a sensibilidade delas aos deslocamentos laterais.

Essa classificação é feita com base na relação entre os deslocamentos horizontais para uma análise de segunda ordem ( $u_2$ ) e os deslocamentos para uma análise de primeira ordem ( $u_1$ ). A ABNT NBR 8800:2008 determina que:

- Pequena deslocabilidade:  $u_2/u_1 \leq 1,1$
- Média deslocabilidade:  $1,1 < u_2/u_1 \leq 1,4$
- Grande deslocabilidade:  $u_2/u_1 > 1,4$

A relação deve ser feita para todas as combinações últimas de ações, porém, “por simplicidade, essa classificação pode ser feita uma única vez, tomando-se a combinação de ações que fornece, além de forças horizontais, a maior resultante de carga gravitacional” (ABNT, 2008, p. 26). Além disso, essa relação deve ser verificada para todos os andares da estrutura e não devem ser consideradas as imperfeições iniciais para realizar a classificação.

A determinação dos esforços solicitantes para os estados-limites últimos é feita de acordo com cada classificação. Segundo a norma, as estruturas classificadas como de pequena deslocabilidade devem considerar:

- a) Para os casos em que o esforço axial solicitante é menor que 50% da força axial correspondente ao escoamento, em todas as combinações:
  - imperfeições geométricas iniciais em todas as combinações;
  - efeitos locais de segunda ordem.
- b) Para os demais casos:
  - imperfeições geométricas iniciais apenas nas combinações em que não há outras forças laterais atuando;
  - efeitos locais e globais de segunda ordem.

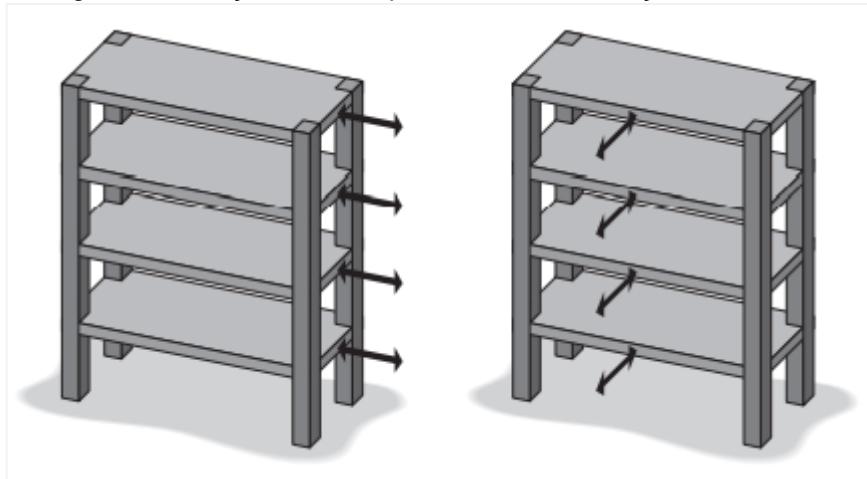
As estruturas de média deslocabilidade devem considerar:

- imperfeições geométricas;
- imperfeições de materiais;
- efeitos locais e globais de segunda ordem.

Já para estruturas de grande deslocabilidade há mais rigorosidade e são consideradas não-linearidades geométricas e de matérias.

Em todos esses casos, os efeitos das imperfeições geométricas são considerados através da aplicação de um deslocamento relativo de  $h/333$  entre os pavimentos, ou seja, a estrutura é modelada com desaprumo (PFEIL, 2009). A ABNT NBR 8800:2008 também traz uma solução alternativa, que é a aplicação, em cada pavimento, de uma força horizontal de intensidade igual a 0,3% das cargas gravitacionais que atuam no andar, denominada de Força Nocional. Essa força deve ser aplicada nas duas direções da estrutura, independentemente, como ilustra a Figura 21.

Figura 21 – Força nocional aplicada nas duas direções do edifício.



Fonte: Fakury et al., 2016.

Os efeitos das imperfeições de material, por sua vez, são considerados a partir da redução da rigidez à flexão e da rigidez axial para 80% do valor original (PFEIL, 2009).

Para a determinação dos esforços para os estados-limites de serviço não é necessário considerar os efeitos das imperfeições geométricas e de material. Além disso, em estruturas de pequena e média deslocabilidade, pode ser feita uma análise de primeira ordem.

## 2.6 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A ABNT NBR 8800:2008

### 2.6.1 Barras submetidas à tração

Os elementos de uma estrutura podem estar submetidos a diversos esforços, dentre eles, o esforço de tração. Para barras tracionadas, o esforço resistente de cálculo  $N_{t,Rd}$  a ser considerado no dimensionamento deve ser o menor entre os valores obtidos para os estados limites últimos de ruptura de seção líquida e de escoamento da seção bruta.

Para o escoamento da seção bruta a força resistente é dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g f_y}{\gamma_{a1}} \quad (2.3)$$

Sendo:

$A_g$  a área bruta da seção transversal;

$f_y$  a resistência ao escoamento do aço;

$\gamma_{a1}$  o coeficiente de ponderação da resistência ao escoamento, que vale 1,1.

Para a ruptura da seção efetiva, a força resistente é dada por:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e f_u}{\gamma_{a2}} \quad (2.4)$$

Sendo:

$A_e$  a área líquida efetiva da seção transversal;

$f_u$  é a resistência à ruptura do aço;

$\gamma_{a2}$  o coeficiente de ponderação da resistência à ruptura, que vale 1,35.

A área líquida efetiva é dada por:

$$A_e = C_t A_n \quad (2.5)$$

Sendo:

$A_n$  a área líquida da seção transversal;

$C_t$  o coeficiente de redução da área líquida.

Na região onde há ligação dos elementos, a distribuição das tensões não ocorre de forma uniforme. O coeficiente de redução ( $C_t$ ) é utilizado para corrigir a área da seção devido a essa não uniformidade. Além disso, sua fórmula varia de acordo com o tipo de ligação.

Para seções transversais abertas e tubulares, que são as estudadas nesse trabalho, o coeficiente de redução é dado por:

$$C_t = 1 - \frac{e_c}{l_c} \quad (2.6)$$

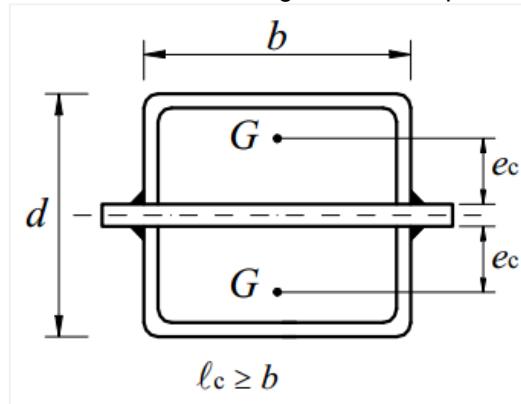
Sendo:

$e_c$  a excentricidade da ligação;

$l_c$  o comprimento efetivo da ligação.

Para seção retangular com chapa de ligação concêntrica (Figura 22), por exemplo, a excentricidade é calculada como na equação 2.7.

Figura 22 – Perfil tubular retangular com chapa concêntrica

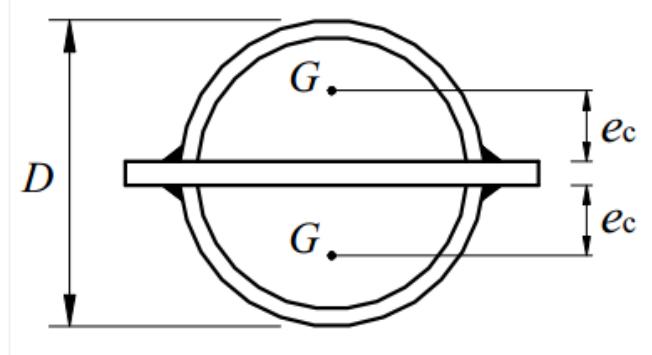


Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

$$e_c = \frac{d^2 + 2db}{4(d + b)} \quad (2.7)$$

Para seção circular com chapa de ligação concêntrica (Figura 23), onde o comprimento da ligação é maior ou igual ao diâmetro da barra e menor que 1,3 vezes esse diâmetro, a excentricidade é calculada como na equação 2.8. Se esse comprimento de ligação for maior ou igual 1,3 vezes o diâmetro da barra,  $C_t$  é tomado igual a 1,0.

Figura 23 – Perfil tubular circular com chapa concêntrica



Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

$$e_c = \frac{D}{\pi} \quad (2.8)$$

Além disso, as barras tracionadas também são limitadas quanto ao índice de esbeltez. A ABNT NBR 8800 (2008) recomenda que esse índice seja menor que 300:

$$L/r \leq 300 \quad (2.9)$$

Sendo:

L o comprimento destravado da barra;

r o raio de geração correspondente.

### 2.6.2 Barras submetidas à compressão

As barras submetidas aos esforços de compressão devem ser dimensionadas de forma que a força de compressão solicitante seja inferior ou igual a força de compressão resistente do perfil:

$$N_{c,Sd} \leq N_{c,Rd} \quad (2.10)$$

Sendo:

$N_{c,Sd}$  a força axial de compressão solicitante de cálculo;

$N_{c,Rd}$  a força axial de compressão resistente de cálculo.

A ABNT NBR 8800:2008 determina que os estados-limites últimos de uma barra comprimida são a instabilidade global por flexão, por torção ou por flexo-torção e a instabilidade local. A força axial de compressão resistente de cálculo,  $N_{c,Rd}$ , deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (2.11)$$

Onde:

$\chi$  é o fator de redução associado à resistência à compressão;

$Q$  é o fator de redução total associado à flambagem local;

$A_g$  é a área bruta da seção transversal da barra;

$f_y$  a resistência ao escoamento do aço;

$\gamma_{a1}$  o coeficiente de ponderação da resistência ao escoamento, que vale 1,1.

### 2.6.2.1 Flambagem global

O fator de redução  $\chi$  é dado pelas expressões:

$$\text{- Para } \lambda_0 \leq 1,5: \quad \chi = 0,658^{\lambda_0^2} \quad (2.12)$$

$$\text{- Para } \lambda_0 > 1,5: \quad \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \quad (2.13)$$

Sendo  $\lambda_0$  o índice de esbeltez reduzido, que é dado por:

$$\lambda_0 = \sqrt{\frac{Q A_g f_y}{N_e}} \quad (2.14)$$

Onde:

$N_e$  é a força axial de flambagem elástica que, para seções transversais duplamente simétricas ou simétricas em relação a um ponto, é dada por:

- Para flambagem por flexão em relação ao eixo x da seção transversal:

$$N_{ex} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_x L_x)^2} \quad (2.15)$$

Onde:

$E$  é o módulo de elasticidade do aço;

$K_x L_x$  é o comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo x;

$I_x$  é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo x.

- Para flambagem por flexão em relação ao eixo y da seção transversal:

$$N_{ey} = \frac{\pi^2 EI_y}{(K_y L_y)^2} \quad (2.16)$$

Onde:

$E$  é o módulo de elasticidade do aço;

$K_y L_y$  é o comprimento de flambagem por flexão em relação ao eixo y;

$I_y$  é o momento de inércia da seção transversal em relação ao eixo y.

- Para flambagem por torção em relação ao eixo longitudinal z:

$$N_{ez} = \frac{1}{r_o^2} \left[ \frac{\pi^2 EC_w}{(K_z L_z)^2} + GJ \right] \quad (2.17)$$

Onde:

$K_z L_z$  é o comprimento de flambagem por torção;

$E$  é o módulo de elasticidade do aço;

$C_w$  é a constante de empenamento da seção transversal;

$G$  é o módulo de elasticidade transversal do aço;

$J$  é a constante de torção da seção transversal;

$r_o$  é o raio de giração da seção bruta em relação ao centro de cisalhamento, dado por:

$$r_o = \sqrt{(r_x^2 + r_y^2 + x_0^2 + y_0^2)} \quad (2.18)$$

Sendo:

$r_x$  e  $r_y$  os raios de giração em relação ao eixo x e y, respectivamente;

$x_0$  e  $y_0$  as coordenadas do centro de cisalhamento na direção dos eixos centrais x e y, respectivamente.

#### 2.6.2.2 Flambagem local

Para considerar os efeitos de flambagem local, a ABNT NBR 8800 (2008) especifica que os elementos de um perfil são classificados em AA, quando possuem duas extremidades apoiadas, e AL, quando possuem apenas uma extremidade apoiada. O fator que considera os efeitos locais de flambagem,  $Q$ , é determinado por:

$$Q = Q_s Q_a \quad (2.19)$$

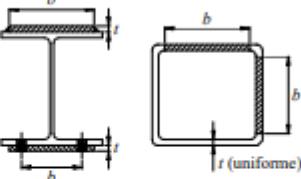
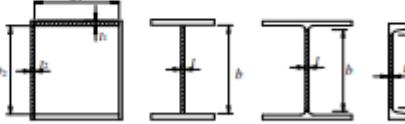
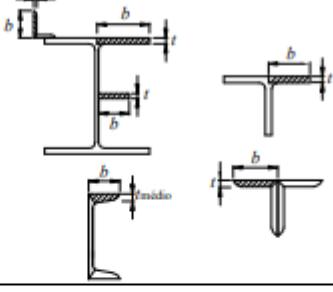
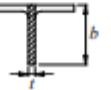
Onde:

$Q_s$  é o fator de redução que leva em conta a flambagem local dos elementos AL;

$Q_a$  é o fator que leva em conta a flambagem local dos elementos AA.

Quando uma barra sujeita à compressão tem todos os seus elementos com relação  $b/t$  menores que os valores  $(b/t)_{lim}$  fornecidos por norma, o fator  $Q$  é igual a 1. Quando os elementos apresentam a relação  $(b/t)$  maior que  $(b/t)_{lim}$ , é necessário calcular  $Q_s$  e  $Q_a$ . O Quadro 1 apresenta os valores de  $(b/t)_{lim}$  de acordo com os tipos de perfis.

Quadro 1 – Valores de  $(b/t)_{lim}$ 

Elementos	Grupo	Descrição dos elementos	Alguns exemplos com indicação de $b$ e $t$	$(b/t)_{lim}$
AA	1	— Mesas ou almas de seções tubulares retangulares — Lameis e chapas de diafragmas entre linhas de parafusos ou soldas		$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	2	— Almas de seções I, H ou U — Mesas ou almas de seção-caixão — Todos os demais elementos que não integram o Grupo 1		$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
AL	3	— Abas de cantoneiras simples ou múltiplas providas de chapas de travejamento		$0,45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	4	— Mesas de seções I, H, T ou U laminadas — Abas de cantoneiras ligadas continuamente ou projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas — Chapas projetadas de seções I, H, T ou U laminadas ou soldadas		$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	5	— Mesas de seções I, H, T ou U soldadas <sup>a</sup>		$0,64 \sqrt{\frac{E}{(f_y / k_c)}}$
	6	— Almas de seções T		$0,75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

<sup>a</sup> O coeficiente  $k_c$  é dado em F.2.

Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

O fator de redução  $Q_s$  é calculado de acordo com o grupo a que o perfil pertence. As formulações que determinam esse fator, em função do tipo de perfil, podem ser vistas no ANEXO F da ABNT NBR 8800:2008.

Já o fator de redução  $Q_a$ , associado aos elementos AA, é dado por:

$$Q_a = \frac{A_{ef}}{A_g} \quad (2.20)$$

Sendo:

$A_g$  a área bruta da seção transversal;

$A_{ef}$  a área efetiva da seção, dada por:

$$A_{ef} = A_g - \sum (b - b_{ef})t \quad (2.21)$$

Sendo  $b_{ef}$  a largura efetiva dos elementos AA, igual a:

$$b_{ef} = 1,92t \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left[ 1 - \frac{c_a}{b/t} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right] \leq b \quad (2.22)$$

### 2.6.2.3 Esbeltez

Além disso, as barras comprimidas também são limitadas quanto ao índice de esbeltez. A ABNT NBR 8800 (2008) recomenda que esse índice seja menor que 200:

$$L/r \leq 200 \quad (2.23)$$

### 2.6.3 Barras submetidas a momento fletor

Nos elementos submetidos a momento são considerados os estados-limites últimos de flambagem local da alma (FLA), flambagem local da mesa comprimida (FLM) e flambagem lateral com torção (FLT) e flambagem local da parede do tubo, para os perfis tubulares. O momento fletor resistente de cálculo,  $M_{Rd}$ , é determinado de acordo com o ANEXO G da ABNT NBR 8800:2008 e seu valor deve ser inferior ao momento solicitante de cálculo:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (2.24)$$

Onde:

$M_{Sd}$  é o momento fletor solicitante de cálculo;

$M_{Rd}$  é o momento fletor resistente de cálculo.

O momento fletor resistente de cálculo para a flambagem lateral com torção (FLT) e para a flambagem local da mesa (FLM) e da alma (FLA) é definido de acordo com o tipo de seção transversal do perfil analisado. O Quadro 2 apresenta alguns tipos de seções transversais e os parâmetros para o cálculo do momento fletor resistente para cada uma dessas seções.

Para as seções definidas nesse quadro, o momento fletor resistente para FLT é dado por:

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p \quad (2.25)$$

$$M_{Rd} = \frac{C_b}{\gamma_{a1}} \left[ M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right], \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \quad (2.26)$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}} \leq \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda > \lambda_r \quad (2.27)$$

Já para a flambagem local da mesa (FLM) e da alma (FLA), o momento resistente é definido por:

$$M_{Rd} = \frac{M_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p \quad (2.28)$$

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{a1}} \left[ M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right], \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \quad (2.29)$$

$$M_{Rd} = \frac{M_{cr}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda > \lambda_r \quad (2.30)$$

Onde:

$M_{pl}$  é o momento de plastificação da seção transversal, dado pelo produto da resistência ao escoamento do aço ( $f_y$ ) pelo módulo de resistência plástico ( $Z$ );

$M_{cr}$  é o momento fletor de flambagem elástica;

$M_r$  é momento fletor correspondente ao início do escoamento.

Para as demais seções, que não estão contempladas nesse quadro, é possível encontrar as formulações para o cálculo do momento fletor resistente de cálculo no anexo G da norma.

Quadro 2 – Parâmetros referentes ao momento fletor resistente de cálculo.

Tipo de seção e eixo de flexão	Estados-limites aplicáveis	$M_r$	$M_{cr}$	$\lambda$	$\lambda_p$	$\lambda_e$
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U não sujeitas a momento de torção, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 1	$\frac{L_b}{r_y}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 1
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$b/t$ Ver Nota 8	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h}{t_w}$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com apenas um eixo de simetria situado no plano médio da alma, fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia (ver Nota 9)	FLT	$(f_y - \sigma_r)W_c$ $\leq f_y W_t$ Ver Nota 5	Ver Nota 2	$\frac{L_b}{r_{yc}}$	$1,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 2
	FLM	$(f_y - \sigma_r)W_c$ Ver Nota 5	Ver Nota 6	$b/t$ Ver Nota 8	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA	$f_y W$	Viga de alma esbelta (Anexo H)	$\frac{h_c}{t_w}$	$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \leq \lambda_r$ $\left( 0,54 \frac{M_{pe}}{M_r} - 0,09 \right)^2$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções I e H com dois eixos de simetria e seções U fletidas em relação ao eixo de menor momento de inércia	FLM Ver Nota 3	$(f_y - \sigma_r)W$	Ver Nota 6	$b/t$ Ver Nota 8	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	Ver Nota 6
	FLA Ver Nota 3	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$\frac{h}{t_w}$	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
Seções sólidas retangulares fletidas em relação ao eixo de maior momento de inércia	FLT	$f_y W$	$\frac{2,00 C_b E}{\lambda} \sqrt{JA}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E}{M_{pe}} \sqrt{JA}$	$\frac{2,00 E}{M_r} \sqrt{JA}$
Seções-calção e tubulares retangulares, duplamente simétricas, fletidas em relação a um dos eixos de simetria que seja paralelo a dois lados	FLT Ver Nota 7	$(f_y - \sigma_r)W$ Ver Nota 5	$\frac{2,00 C_b E}{\lambda} \sqrt{JA}$	$\frac{L_b}{r_y}$	$\frac{0,13 E}{M_{pe}} \sqrt{JA}$	$\frac{2,00 E}{M_r} \sqrt{JA}$
	FLM	$f_y W_{ef}$ Ver Nota 4	$\frac{W_{ef}^2}{W} f_y$ Ver Nota 4	$b/t$ Ver Nota 8	$1,12 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$
	FLA	$f_y W$	-	$\frac{h}{t_w}$	Ver Nota 10	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

#### 2.6.4 Barras submetidas à força cortante

As barras sob força cortante são dimensionadas considerando os estados-limite únicos de escoamento e de flambagem por cisalhamento e devem atender à condição:

$$V_{sd} \leq V_{rd} \quad (2.31)$$

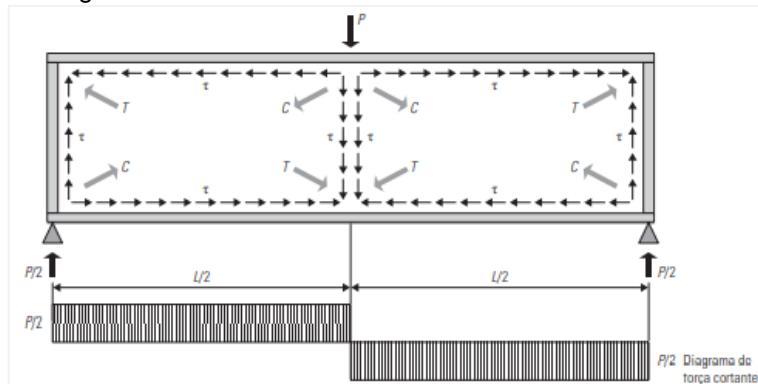
Onde:

$V_{sd}$  é a força cortante solicitante de cálculo;

$V_{rd}$  é a força cortante resistente de cálculo.

Quando uma barra está submetida à força cortante, sua alma fica sujeita a tensões de cisalhamento que causam tração e compressão na barra (Figura 24). O esforço de compressão gerado pode causar ondulações na alma do elemento, caracterizando a flambagem por cisalhamento (FAKURY et al., 2016).

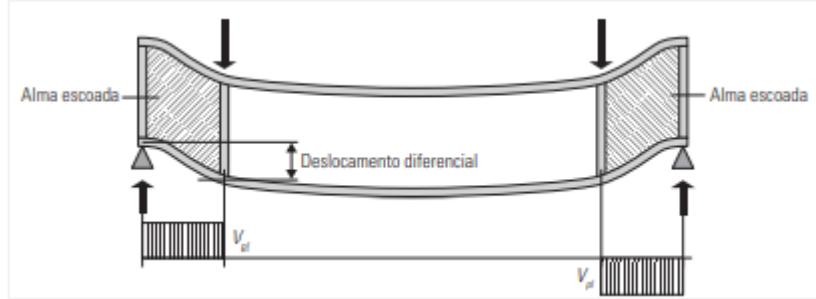
Figura 24 – Tensões de cisalhamento na alma da barra.



Fonte: Fakury et al. (2016).

O estado-limite último de escoamento, como explica Fakury et al. (2016), acontece quando a alma do elemento possui resistência suficiente para não flambar. Nesse caso, as regiões da viga onde o escoamento é atingido apresentam deslocamento diferencial elevado, como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Alma plastificada por cisalhamento.



Fonte: Fakury et al. (2016).

Para se chegar ao esforço cortante resistente de cálculo, primeiramente é determinado o parâmetro de esbeltez da alma, definido na equação 2.32. Também é determinado, de acordo com a equação 2.33, o parâmetro de esbeltez para que não ocorra flambagem por cisalhamento e o parâmetro de esbeltez acima do qual ocorre a flambagem, determinado como na equação 2.34.

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad (2.32)$$

$$\lambda_p = 1,10 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} \quad (2.33)$$

$$\lambda_p = 1,24 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} \quad (2.34)$$

Onde:

$h$  é a altura da alma;

$t_w$  é a espessura da alma;

$k_v$  é um coeficiente que assume valores diferentes de acordo com o tipo e com a disposição da seção transversal da barra. Esses valores são determinados na ABNT NBR 8800:2008.

A força cortante resistente de cálculo,  $V_{Rd}$ , é determinada como mostrado a seguir:

$$V_{Rd} = \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda \leq \lambda_p \quad (2.35)$$

$$V_{Rd} = \frac{\lambda_p}{\lambda} \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda_p < \lambda \leq \lambda_r \quad (2.36)$$

$$V_{Rd} = 1,24 \left( \frac{\lambda_p}{\lambda} \right)^2 \frac{V_{pl}}{\gamma_{a1}}, \text{ para } \lambda > \lambda_r \quad (2.37)$$

Sendo  $V_{pl}$  a força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento, definida como:

$$V_{pl} = 0,60A_w f_y \quad (2.38)$$

Com  $A_w$  sendo a área efetiva de cisalhamento, que assume formulações diferentes de acordo com os tipos de perfis e com o posicionamento deles.

### 2.6.5 Barras submetidas a esforços combinados

As barras de uma estrutura, na maior parte das vezes estão submetidas a mais de um esforço solicitante. Dessa forma, é necessário realizar também a verificação da segurança estrutural quanto a esforços combinados.

Para a atuação simultânea de esforço axial e momento fletor, tem-se as seguintes expressões:

$$\frac{N_{sd}}{N_{Rd}} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0 \text{ para } \frac{N_{sd}}{N_{Rd}} \geq 0,2 \quad (2.39)$$

$$\frac{N_{sd}}{2N_{Rd}} + \left( \frac{M_{x,sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0 \text{ para } \frac{N_{sd}}{N_{Rd}} > 0,2 \quad (2.40)$$

Onde:

$N_{sd}$  é o esforço axial solicitante de cálculo;

$N_{Rd}$  é o esforço axial resistente de cálculo;

$M_{x,Sd}$  e  $M_{y,Sd}$  são os momentos fletores solicitantes de cálculo em relação aos eixos x e y, respectivamente;

$M_{x,Rd}$  e  $M_{y,Rd}$  são os momentos fletores resistentes de cálculo em relação aos eixos x e y, respectivamente.

### 2.6.6 Deslocamentos máximos

Em seu ANEXO C, a ABNT NBR 8800:2008 também determina os limites máximos de deslocamentos horizontais e verticais dos elementos estruturais. Esses deslocamentos são utilizados para verificar os estados-limites de serviço e seus valores máximos permitidos podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 – Deslocamentos máximos para ELS.

Descrição	$\delta^a$
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{c,d}$
- Terças de cobertura <sup>e,f</sup>	$L/180^e$
	$L/120^f$
- Vigas de cobertura <sup>g</sup>	$L/250^h$
- Vigas de piso	$L/350^h$
- Vigas que suportam pilares	$L/500^h$
Vigas de rolamento: <sup>i</sup>	
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal inferior a 200 kN	$L/600^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN, exceto pontes siderúrgicas	$L/800^i$
- Deslocamento vertical para pontes rolantes siderúrgicas com capacidade nominal igual ou superior a 200 kN	$L/1000^i$
- Deslocamento horizontal, exceto para pontes rolantes siderúrgicas	$L/400$
- Deslocamento horizontal para pontes rolantes siderúrgicas	$L/600$
Galpões em geral e edifícios de um pavimento:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/300$
- Deslocamento horizontal do nível da viga de rolamento em relação à base	$H/400^{k,l}$
Edifícios de dois ou mais pavimentos:	
- Deslocamento horizontal do topo dos pilares em relação à base	$H/400$
- Deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos	$h/500^m$
Lajes mistas	Ver Anexo Q

<sup>a</sup>  $L$  é o vão teórico entre apoios ou o dobro do comprimento teórico do balanço,  $H$  é a altura total do pilar (distância do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base,  $h$  é a altura do andar (distância entre centros das vigas de dois pisos consecutivos ou entre centros das vigas e a base no caso do primeiro andar).

<sup>b</sup> Deslocamento paralelo ao plano do fechamento (entre linhas de tirantes, caso estes existam).

<sup>c</sup> Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento.

<sup>d</sup> Considerar apenas as ações variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento) com seu valor característico.

<sup>e</sup> Considerar combinações raras de serviço, utilizando-se as ações variáveis de mesmo sentido que o da ação permanente.

<sup>f</sup> Considerar apenas as ações variáveis de sentido oposto ao da ação permanente (vento de succão) com seu valor característico.

<sup>g</sup> Deve-se também evitar a ocorrência de empoçamento, com atenção especial aos telhados de pequena declividade.

<sup>h</sup> Caso haja paredes de alvenaria sobre ou sob uma viga, solidarizadas com essa viga, o deslocamento vertical também não deve exceder a 15 mm.

<sup>i</sup> Valor não majorado pelo coeficiente de impacto.

<sup>j</sup> Considerar combinações raras de serviço.

<sup>k</sup> No caso de pontes rolantes siderúrgicas, o deslocamento também não pode ser superior a 50 mm.

<sup>l</sup> O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não pode superar 15 mm.

<sup>m</sup> Tomar apenas o deslocamento provocado pelas forças cortantes no andar considerado, desprezando-se os deslocamentos de corpo rígido provocados pelas deformações axiais dos pilares e vigas.

Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

### 2.6.7 Dimensionamento de pilares mistos

Em seu ANEXO P, a ABNT NBR 8800:2008 contempla o dimensionamento de pilares mistos de aço e concreto com seções total ou parcialmente revestidas ou preenchidas com concreto. Como neste trabalho serão estudados pilares mistos com seções tubulares preenchidas de concreto, neste item serão abordados apenas as especificações referentes a esse tipo de seção.

A norma determina alguns limites de aplicabilidade para o método simplificado adotado por ela, dentre eles está o fator de contribuição do aço ( $\delta$ ), dado por:

$$\delta = \frac{A_a f_{yd}}{N_{pl,Rd}} \quad \text{sendo } 0,2 < \delta < 0,9 \quad (2.41)$$

Onde:

$A_a$  é a área da seção transversal do perfil de aço;

$f_{yd}$  é a resistência de cálculo ao escoamento do aço;

$N_{pl,Rd}$  é a força axial resistente de cálculo da seção transversal à plastificação total.

Se  $\delta \leq 0,2$ , o pilar deve ser dimensionado como pilar de concreto e  $\delta \geq 0,9$ , o pilar deve ser dimensionado como pilar de aço.

É necessário também que a flambagem local do perfil, por compressão ou por momento fletor, não seja um estado-limite último. Para isso, devem ser atendidas as condições:

$$b_i/t \leq 2,26 \sqrt{E/f_y} \quad \text{para seções tubulares retangulares} \quad (2.42)$$

$$D/t \leq 0,15 E/f_y \quad \text{para seções tubulares circulares} \quad (2.43)$$

#### 2.6.7.1 Pilares mistos submetidos à compressão

Assim como nos elementos de aço, o pilar misto deve ser dimensionado de forma que a força de compressão solicitante de cálculo ( $N_{Sd}$ ) seja menor que a força resistente de compressão ( $N_{Rd}$ ), sendo  $N_{Rd}$  dado por:

$$N_{Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd} \quad (2.44)$$

$N_{pl,Rd}$  é força axial de compressão resistente de cálculo da seção transversal à plastificação total, calculada por:

$$N_{pl,Rd} = A_a \left( \frac{f_y}{1,1} \right) + A_c \left( \alpha \frac{f_{ck}}{1,4} \right) + A_s \left( \frac{f_{sd}}{1,15} \right) \quad (2.45)$$

Onde:

$A_a$ ,  $A_c$  e  $A_s$  são as áreas, respectivamente, da seção transversal do perfil de aço, da seção transversal de concreto e da seção transversal da armadura longitudinal;  $f_y$ ,  $f_{ck}$ , e  $f_{sd}$  são, respectivamente, a resistência ao escoamento do aço, a resistência característica do concreto e a resistência de cálculo ao escoamento do aço da armadura;

$\alpha$  é um coeficiente igual a 0,95 para seções tubulares e igual a 0,85 para as demais seções.

O fator de redução ( $\chi$ ), já mostrado no item 2.6.2, é calculado em função do índice de esbeltez reduzido:

$$\lambda_{0,m} = \sqrt{\frac{N_{pl,R}}{N_e}} \quad (2.46)$$

Sendo  $N_{pl,R}$  dado pela equação 2.47 e  $N_e$  dado pela equação 2.48:

$$N_{pl,R} = A_a f_y + A_c \alpha f_{ck} + A_s f_{sd} \quad (2.47)$$

$$N_e = \frac{\pi^2(EI)_e}{(KL)^2} \quad (2.48)$$

Na equação 2.49,  $(EI)_e$  é a rigidez efetiva à flexão, que é calculada por:

$$(EI)_e = E_a I_a + 0,6E_{c,red} I_c + E_s I_s \quad (2.49)$$

Onde:

$I_a$ ,  $I_c$  e  $I_s$  são, respectivamente, os momentos de inércia do perfil de aço, do concreto não fissurado e da armadura do concreto;

$E_a$ ,  $E_s$  e  $E_{c,red}$  são, respectivamente, os módulos de elasticidade do aço e do aço da armadura e o módulo de elasticidade reduzido do concreto.

O módulo de elasticidade reduzido do concreto,  $E_{c,red}$ , é calculado como:

$$E_{c,red} = \frac{E_c}{1 + \varphi \left( \frac{N_{G,Sd}}{N_{Sd}} \right)} \quad (2.50)$$

Onde:

$\varphi$  é coeficiente de fluência do concreto;

$N_{G,Sd}$  é a parcela da força solicitante referente às ações permanentes e às ações decorrentes do uso que tenham atuação quase permanente.

#### 2.6.7.2 Pilares mistos submetidos à flexo-compressão

Para a verificação do elemento misto à flexo-compressão, a norma ABNT NBR 8800:2008 fornece dois modelos de cálculo, um mais simples e um mais rigoroso. Neste item será tratado o modelo de cálculo I, que é mais simples. Porém, o modelo II pode ser consultado no ANEXO P da norma.

O modelo I determina que a verificação de barras sujeitas a ações combinadas de compressão e de flexão pode ser feita como no caso dos pilares de aço, mostrado no

subitem 2.6.2 desse trabalho. Contudo, neste caso,  $M_{x,Rd}$  é substituído por  $M_{pl,x,Rd}$  e  $M_{y,Rd}$  é substituído por  $M_{pl,y,Rd}$ . Sendo:

$$M_{pl,Rd} = f_{yd}(Z_a - Z_{an}) + 0,5\alpha f_{cd}(Z_c - Z_{cn}) + f_{sd}(Z_s - Z_{sn}) \quad (2.51)$$

Onde:

$Z_a$ ,  $Z_c$  e  $Z_s$  são, respectivamente, o módulo de resistência plástico do perfil de aço, da seção de concreto e da armadura de concreto;

$Z_{an}$ ,  $Z_{cn}$  e  $Z_{sn}$  são módulos de resistência plástico que variam de acordo com o tipo de seção. As formulações que definem esses módulos são encontradas na norma.

## 2.7 DIMENSIONAMENTO SEGUNDO A ABNT NBR 16239:2013

A ABNT NBR 16239:2013 determina que as prescrições da ABNT NBR 8800:2008 são válidas para o dimensionamento dos perfis tubulares. Porém, ela traz alguns complementos, como um procedimento específico para o dimensionamento de barras tracionadas e comprimidas, que permite analisar com maior precisão o comportamento dos perfis tubulares.

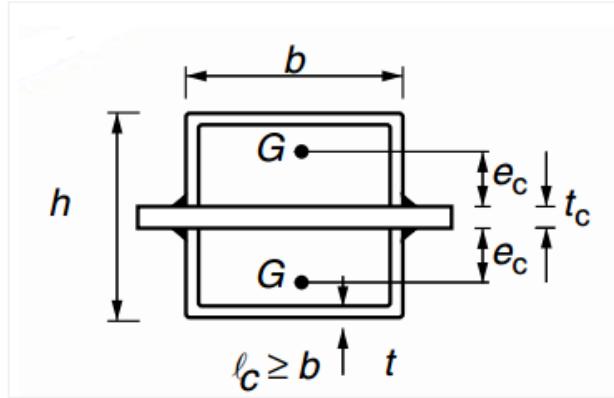
### 2.7.1 Barras submetidas à tração

Nas barras tracionadas, a ABNT NBR 16239:2013 se difere da ABNT NBR 8800:2008 na determinação do coeficiente de redução da área líquida ( $C_t$ ), que é dado por:

$$C_t = \left[ 1 + \left( \frac{e_c}{l_c} \right)^{3,2} \right]^{-10} \quad (2.52)$$

A excentricidade da ligação para os perfis tubulares também é diferenciada das formulações fornecidas pela norma de 2008. Para seção retangular com chapa de ligação concêntrica (Figura 26), a excentricidade é obtida pela equação 2.53.

Figura 26 – Perfil tubular retangular com chapa concêntrica com base na ABNT NBR 16239:2013.

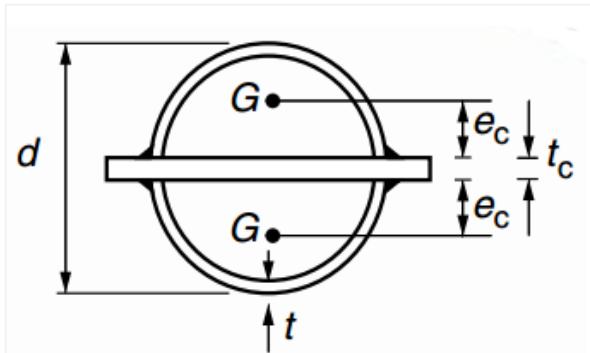


Fonte: NBR 16239 (ABNT, 2013).

$$e_c = \frac{h^2 + 2hb}{4(h+b)} - \frac{t_c}{2} \quad (2.53)$$

Já para seções circulares com chapa de ligação concêntrica (Figura 27), a excentricidade é obtida pela equação 2.54.

Figura 27 – Perfil tubular circular com chapa concêntrica com base na ABNT NBR 16239:2013.

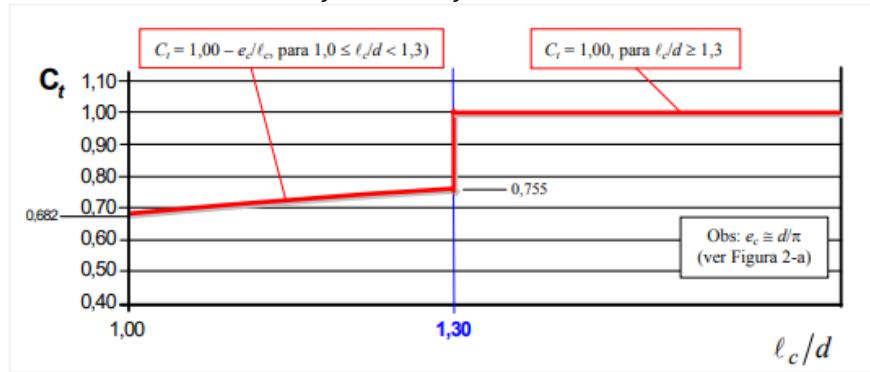


Fonte: NBR 16239 (ABNT, 2013).

$$e_c = \frac{d}{\pi} - \frac{t_c}{2} \quad (2.54)$$

Fakury *et al.* (2012) explicam, pela Figura 28, que o procedimento adotado pela ABNT NBR 8800:2008, indica certa incoerência quando a relação entre o comprimento da ligação ( $l_c$ ) e o diâmetro do tubo ( $d$ ) é próximo de 1,30, pois o valor do coeficiente  $C_t$  varia de forma abrupta.

Figura 28 – Coeficiente  $C_t$  em função da relação  $\ell_c/d$ , conforme a ABNT NBR 8800:2008.



Fonte: Fakury et al. (2012).

Dessa forma, essa diferença entre as duas normas para o cálculo do coeficiente de redução da área líquida ( $C_t$ ), se deve ao fato de que a ABNT NBR 16239:2013 busca analisar de forma mais precisa o comportamento dos perfis tubulares, como explica Fakury et al. (2012).

### 2.7.2 Barras submetidas à compressão

Nas barras comprimidas a ABNT NBR 16239:2013 se difere da ABNT NBR 8800:2008 na determinação do fator de redução associado à força axial de compressão resistente ( $\chi$ ):

$$\chi = \frac{1}{(1 + \lambda_0^{4,48})^{1/2,24}} \quad (2.55)$$

Sendo:

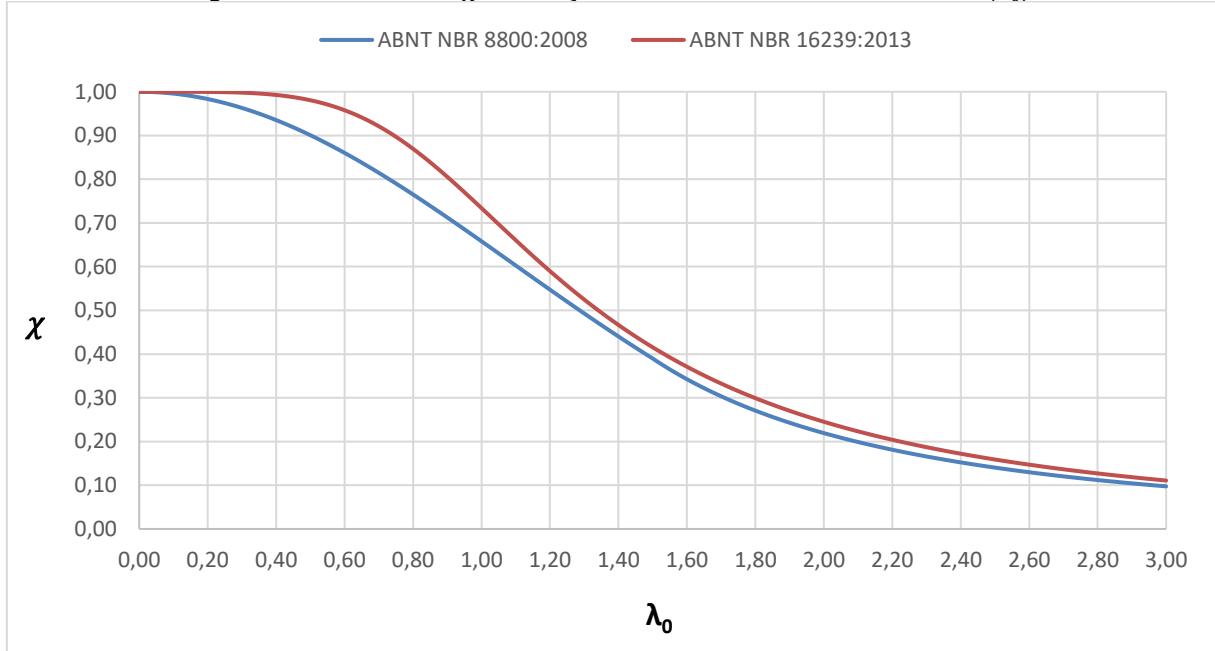
$\lambda_0$  o índice de esbeltez reduzido, calculado pela mesma expressão fornecida pela ABNT NBR 8800:2008.

Nos itens anteriores, foi apresentado que os perfis tubulares laminados a quente e os perfis tratados termicamente apresentam baixo nível de tensões residuais. Além disso, sabe-se também que a força resistente de compressão é muito influenciada por essas tensões. Segundo Fakury et al. (2012), a ABNT NBR 8800:2008 adota uma única curva de resistência para todos os tipos de seções transversais, sem levar em consideração que a intensidade e a distribuição das tensões residuais podem variar de perfil para perfil. A ABNT NBR 16239:2013, por sua vez,

[...] dentro de seu objetivo de contemplar com mais rigor o comportamento das estruturas com perfis tubulares, prescreve, como opção, o uso da curva de resistência da norma canadense CAN/CSA S16.1:2003 aplicável a esses perfis, e também a alguns outros com pequena influência das tensões residuais na redução da força axial de compressão resistente (FAKURY et al., 2012, p. 7).

Essa curva é obtida com base na equação 2.55, exibida anteriormente. A Figura 29 fornece os valores do fator de redução da resistência à compressão ( $\chi$ ) em função do índice de esbeltez reduzido ( $\lambda_0$ ), e a partir dela é possível observar que para valores de  $\lambda_0$  de 0 a 3, a curva para a ABNT NBR 16239:2013 fica, quase sempre, acima da curva para a ABNT NBR 8800:2008, evidenciando que os valores do fator de redução da resistência são menores para a NBR 8800:2008.

Figura 29 – Valores de  $\chi$  em função do índice de esbeltez reduzido ( $\lambda_0$ ).



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 2.7.3 Dimensionamento de pilares mistos

A ABNT NBR 16239:2013 determina que, para o dimensionamento de pilares mistos, podem ser adotados os procedimentos trazidos pela ABNT NBR 8800:2008. Entretanto, pode-se utilizar, alternativamente, algumas modificações.

Para barras comprimidas, a norma apresenta uma modificação referente ao cálculo da rigidez efetiva à flexão:

$$(EI)_c = E_a I_a + 0,70 E_c I_c + E_s I_s \quad (2.56)$$

Já para a verificação de barras submetidas à flexo-compressão, a norma apresenta uma modificação no método realizado, por meio das expressões:

$$\frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \leq 1,0 \text{ para } N_{Sd} \leq N_{c,Rd} \quad (2.57)$$

$$\frac{N_{Sd} - N_{c,Rd}}{N_{Rd} - N_{c,Rd}} + \left( \frac{M_{x,Sd}}{M_{x,Rd}} + \frac{M_{y,Sd}}{M_{y,Rd}} \right) \leq 1,0 \text{ para } N_{Sd} > N_{c,Rd} \quad (2.58)$$

Onde:

$N_{c,Rd}$  é a força axial de compressão resistente de cálculo referente apenas à parcela do concreto. Esse valor é obtido pelo produto  $\chi \cdot N_{pl,c,Rd}$ .

### 3 METODOLOGIA

O capítulo 3 mostra o procedimento realizado para a análise e para o dimensionamento dos edifícios. Primeiramente, no item 3.1, são exibidas as características do edifício, mostrando em detalhes seus eixos e filas. No item 3.2 são fornecidas informações sobre o programa de cálculo utilizado no dimensionamento dos elementos, explicando brevemente as funcionalidades que foram utilizadas durante a execução do trabalho. O item 3.3 foi destinado a apresentar como a estrutura se classifica quanto à deslocabilidade, mostrando as considerações que foram adotadas a partir dessa classificação. O item 3.4, por sua vez, aborda as ações atuantes na estrutura, bem como as combinações últimas e de serviço adotadas para o dimensionamento. Por fim, o item 3.5 destina-se a explicar o dimensionamento realizado e as considerações adotadas.

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO MODELO ANALISADO

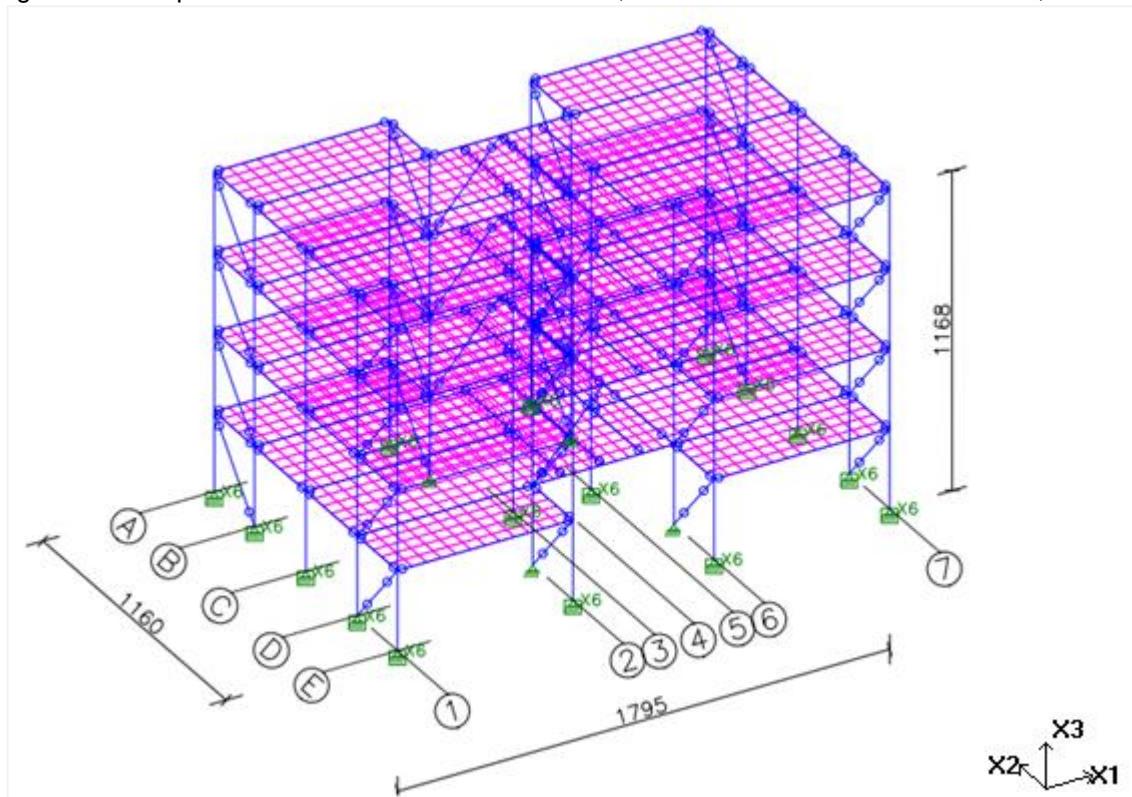
O modelo analisado trata-se de um edifício para uso comercial, que apresenta 4 pavimentos, com 182m<sup>2</sup> de área, e altura total de 11,68m.

O edifício possui 7 eixos (numerados de 1 a 7) e 5 filas (nomeadas de A a E). O esquema estrutural, que retrata os elementos da edificação por meio de nós, barras e elementos planos, pode ser visto na Figura 30, onde é possível verificar as condições de extremidade das barras, que foram definidas como rotuladas ou engastadas. As bases dos pilares internos dos eixos 2 e 6 foram consideradas como engastadas, como pode ser visto na Figura 32, na Figura 34 e na Figura 37.

A estabilidade transversal, bem como a longitudinal, foi definida a partir de contraventamentos verticais (Figura 31). Além disso, a laje do edifício também foi modelada no programa, a partir da definição de elementos planos, fornecendo maior rigidez à estrutura, e aproximando o modelo do comportamento real. Destaca-se que a escada do edifício não foi modelada, porém ela foi representada por meio da aplicação de uma laje de maior peso.

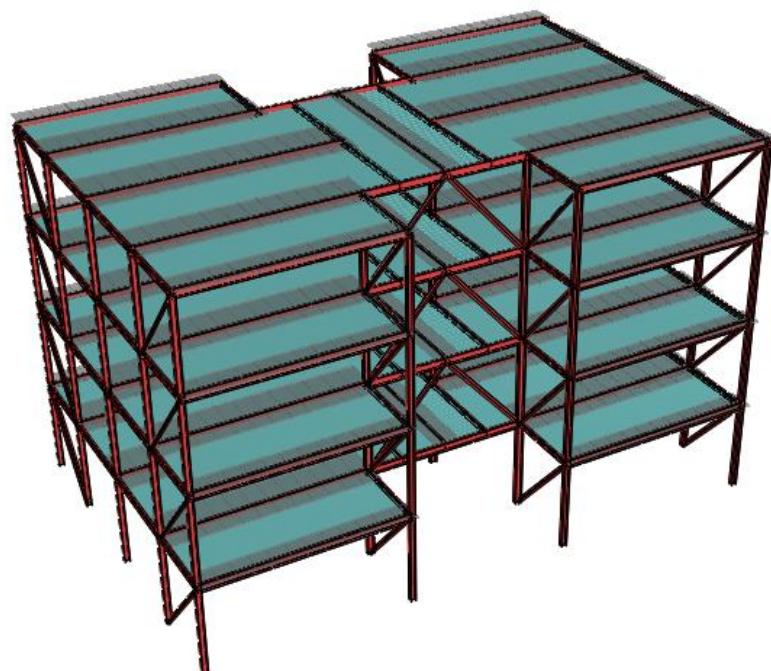
Para o cálculo da carga de vento, assumiu-se que a edificação fica na cidade de Vitória – ES.

Figura 30 – Esquema estrutural do edifício analisado, indicando os eixos referenciais X1, X2 e X3.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 31 – Vista renderizada do edifício de 4 pavimentos.

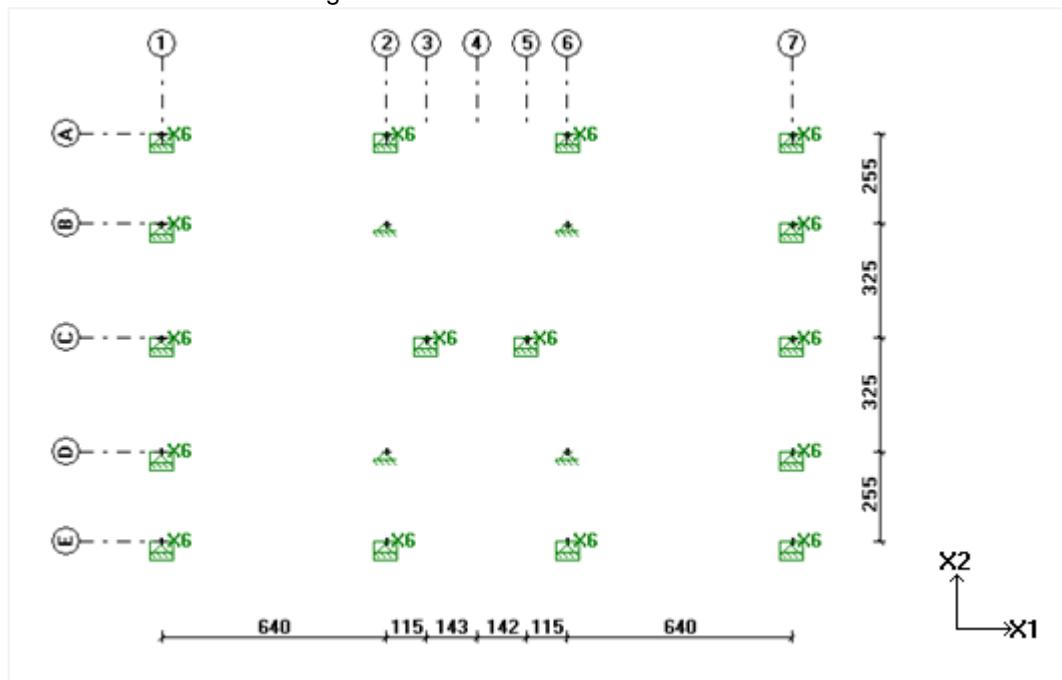


Fonte: STRAP (2017).

Na Figura 32 está representado o plano das bases. Nela é possível verificar as bases dos pilares que foram rotuladas e as que foram engastadas.

A condição de rótula, identificada na figura por um símbolo onde está escrito “X6”, significa a liberação de X4 e de X5 que, nesse caso, são os momentos em torno dos eixos horizontais. Já o “X6”, mostrado no símbolo que indica as bases rotuladas, significa que houve o travamento do momento em torno do eixo vertical.

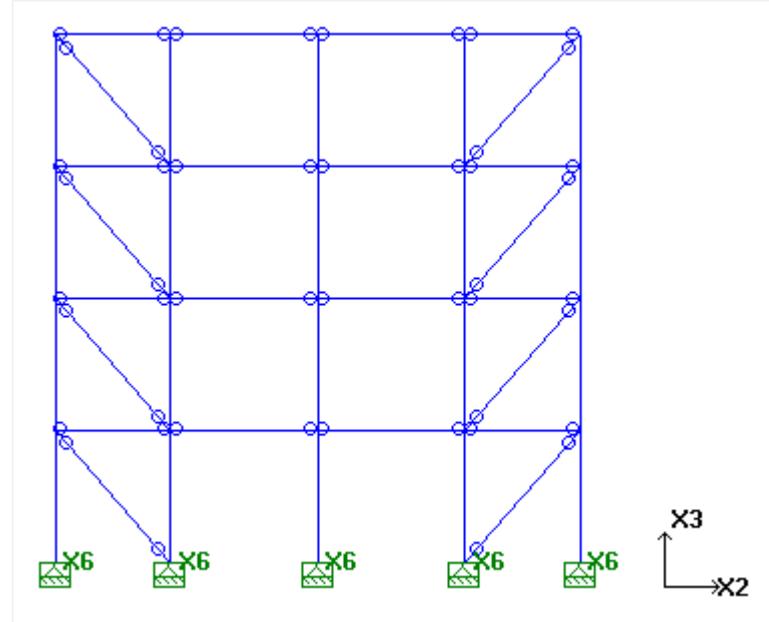
Figura 32 – Plano das bases do edifício.



Fonte: Strap (2017).

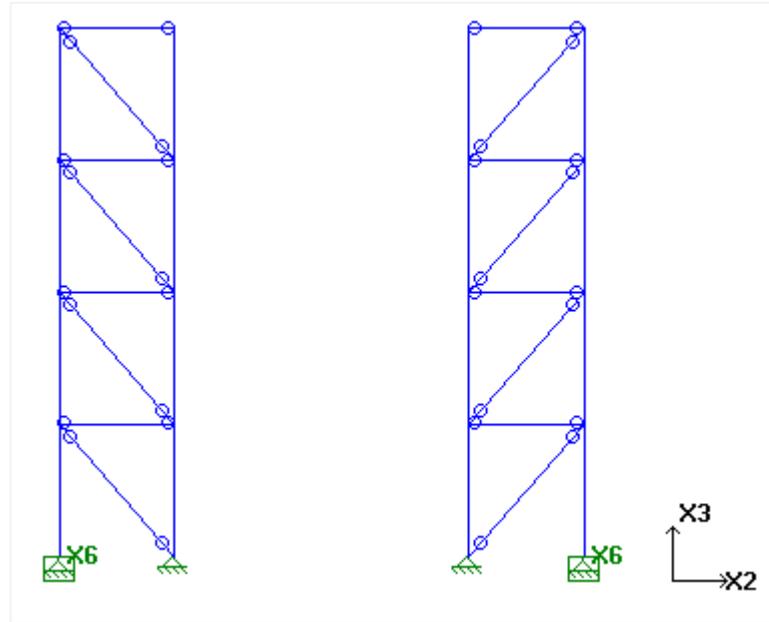
As Figuras 33 a 35 ilustram os eixos do edifício. Como, em relação à geometria, o edifício é simétrico, o eixo 1 é igual ao eixo 7, o eixo 2 é igual ao 6, o eixo 3 é igual ao 5 e o eixo 4 é único.

Figura 33 – Vista do eixo 1, que é idêntico ao eixo 7.



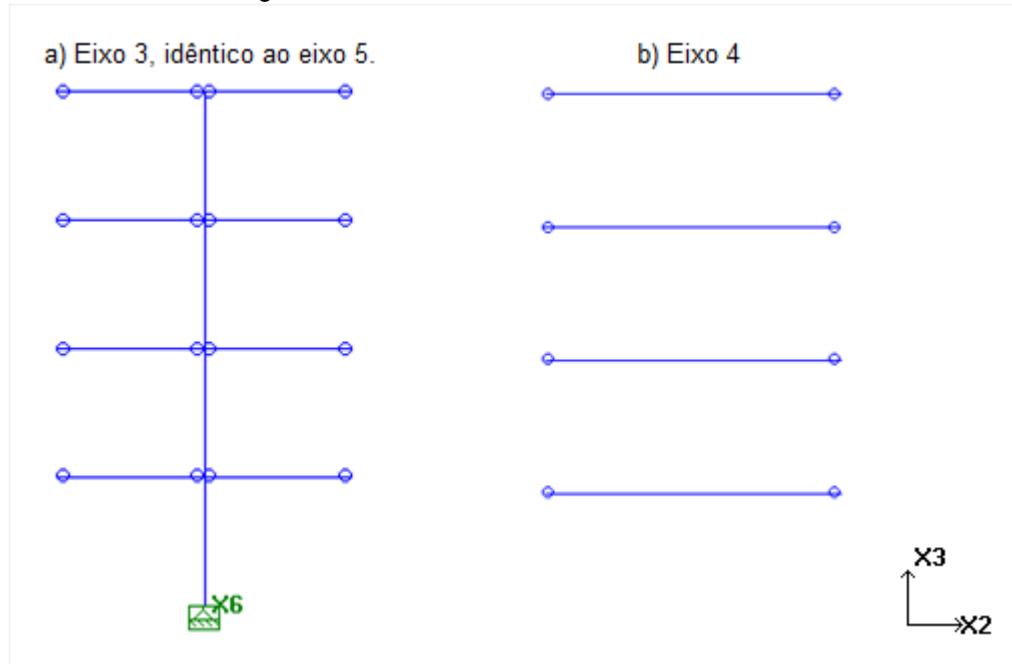
Fonte: Strap (2017).

Figura 34 – Vista do eixo 2, que é idêntico ao eixo 6.



Fonte: Strap (2017).

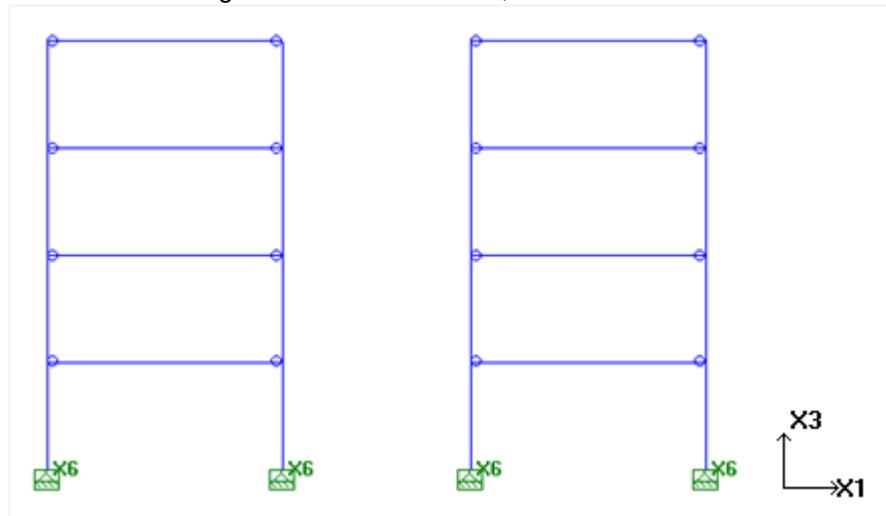
Figura 35 – Vista dos eixos centrais do edifício.



Fonte: Strap (2017).

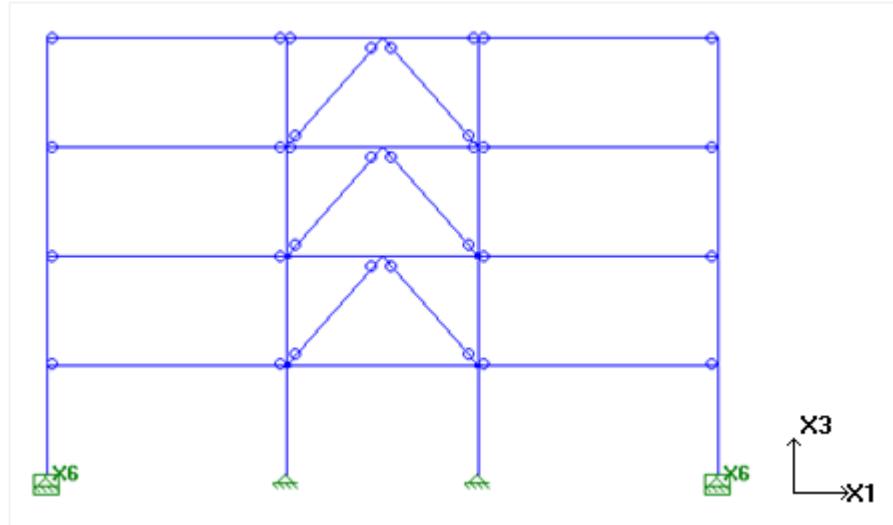
No outro sentido, o edifício também é simétrico. Dessa forma, as filas A e E são iguais, assim como as filas B e D. Já a fila C é única e se diferencia das demais. A geometria das filas pode ser vista na Figura 36, na Figura 37 e na Figura 38.

Figura 36 – Vista da fila A, idêntica à fila E.



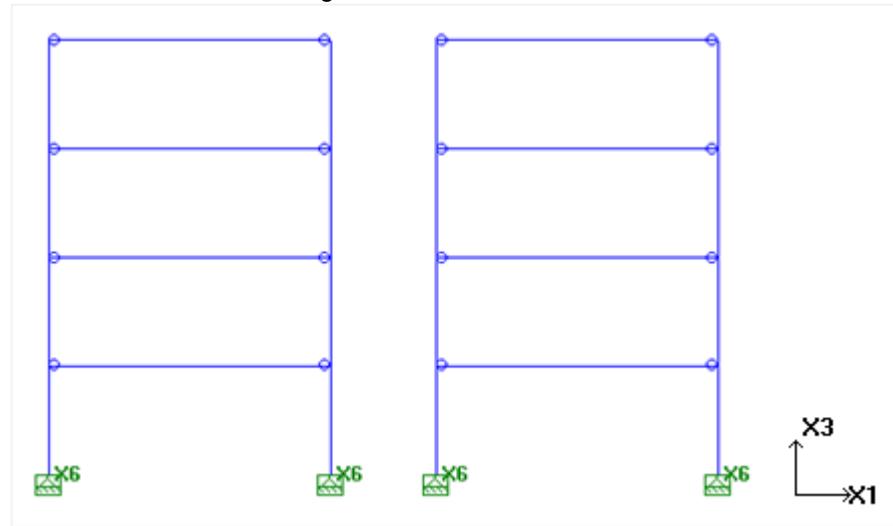
Fonte: Strap (2017).

Figura 37 – Vista da fila B, idêntica à fila D.



Fonte: Strap (2017).

Figura 38 – Vista da fila C.

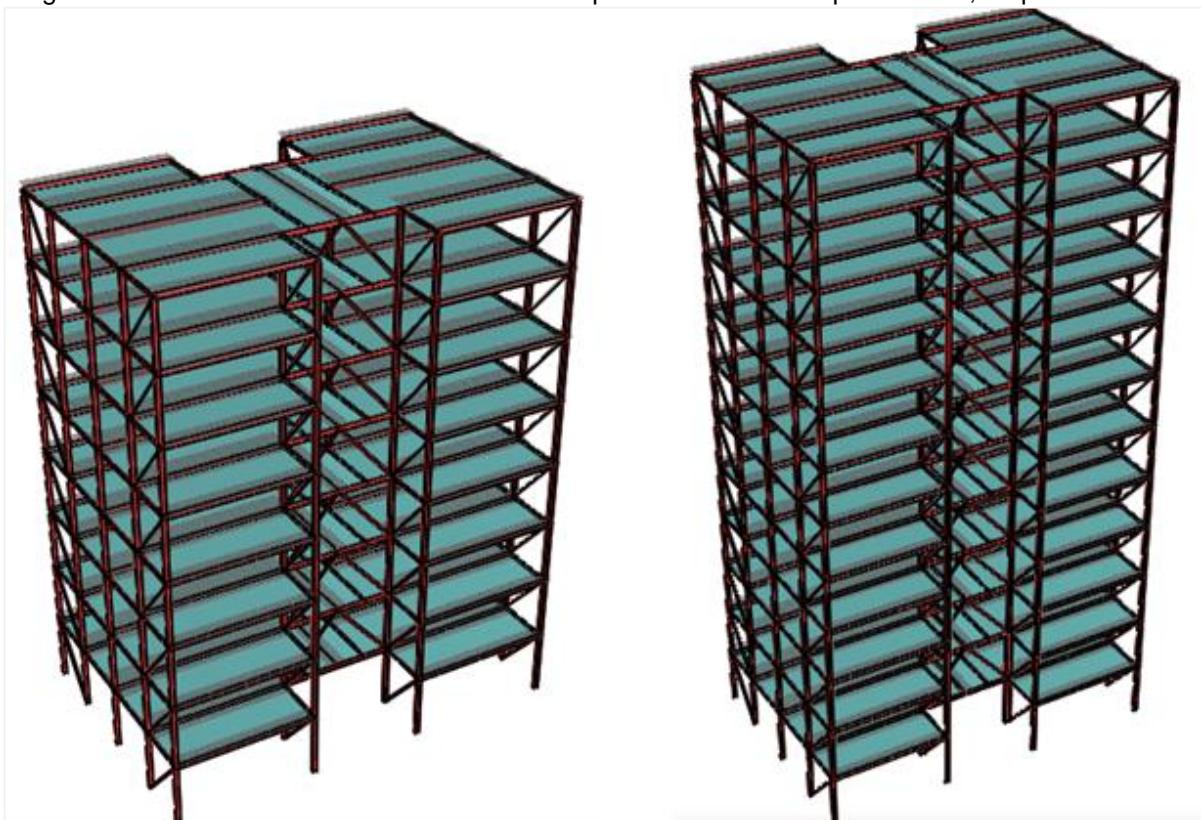


Fonte: Strap (2017).

Após a análise do edifício de 4 pavimentos, ainda foram modelados outros dois edifícios, com 8 e 12 pavimentos, a fim de verificar a influência da altura no dimensionamento dos pilares.

Os eixos e as filas, bem como as condições de extremidade, continuaram os mesmos em todos os edifícios, sendo alterada apenas a altura. A Figura 39 mostra a vista renderizada dos edifícios.

Figura 39 – Vista renderizada dos edifícios de 8 pavimentos e de 12 pavimentos, respectivamente.



Fonte: Strap (2017).

### 3.2 PROGRAMA UTILIZADO PARA O CÁLCULO DOS ELEMENTOS

O programa utilizado para o cálculo dos elementos foi o STRAP – Structural Analysis Program (2017). Ele foi escolhido para ser utilizado neste trabalho por ser de fácil uso, com uma interface amigável, por apresentar versatilidade de modelagem e, também, por disponibilizar o dimensionamento por meio de normas brasileiras.

Trata-se de um software, desenvolvido em Israel pela ATIR Engineering Software Development Ltd., que realiza análise estrutural por meio de elementos finitos e elementos de barra e que possibilita a elaboração e a análise de diferentes tipos de modelos estruturais simples ou complexos. O programa é totalmente gráfico e permite que, através dos seus vários recursos, o usuário consiga rapidamente modelar, carregar e analisar a estrutura (STRAP, 2017).

O software disponibiliza alguns módulos para serem utilizados pelo usuário, como mostra a Figura 40. Porém, para a realização do dimensionamento do edifício foram

utilizados apenas os seguintes módulos: Modelos, geometria, cargas, resultados e metálica.

Figura 40 – Módulos presentes no software STRAP (2017).



Fonte: Adaptado do STRAP (2017).

O primeiro módulo, chamado de “Modelos”, é o onde ficam os modelos em que se está trabalhando. Nesse módulo é possível alternar entre diretórios com projetos distintos, fazer cópias ou deletar modelos e realizar configurações gerais no layout do programa.

No módulo “Geometria” o modelo é, de fato, criado, a partir da definição de nós e elementos. Nessa parte também é possível definir as propriedades dos elementos, especificando o tipo de seção transversal e o material utilizado em cada um deles. Além disso, também são definidos os vínculos existentes entre as barras. O usuário pode voltar para esse módulo a qualquer momento, para fazer alterações que sejam necessárias.

No módulo seguinte são definidos os carregamentos da estrutura. Pode-se aplicar carregamentos em nós, em barras e em elementos planos ou sólidos. Nesse módulo também podem ser definidas as combinações para os carregamentos criados, tanto para Estados Limites Últimos quanto para Estados Limites de Serviço. É também nessa etapa que ocorre o cálculo do modelo.

A etapa de “Resultados” é a que vem logo após o cálculo do modelo. Nessa etapa são apresentados os resultados de esforços solicitantes que atuam no modelo, as reações de apoio e os valores de deslocamentos. Nele é possível gerar diagramas, tabelas e gráficos que mostram os resultados da forma que o usuário preferir.

O módulo “Metálica” foi o último utilizado nesse projeto. Esse módulo tem a função de verificar e dimensionar os perfis metálicos que foram aplicados às barras. A verificação pode ser feita por diversas normas oferecidas pelo programa, basta o usuário definir com qual norma ele quer trabalhar. Também nessa etapa, fica como função do usuário definir alguns parâmetros de dimensionamento, realizar combinações das barras e definir os travamentos existentes. Nessa fase, após realizar a análise e o dimensionamento, se o perfil não for adequado, o usuário deve voltar ao módulo de geometria e realizar a substituição do perfil por um que resista a todas as ações solicitantes.

Dentre as normas disponíveis no programa para o dimensionamento dos perfis, está a ABNT NBR 8800:2008, essa foi a norma utilizada para o dimensionamento de todos os perfis, tanto os de seção aberta, quanto os de seção tubular. Embora atualmente haja uma norma específica para o dimensionamento de perfis tubulares, a ABNT NBR 16239:2013, o STRAP (2017) não apresenta essa norma em seu acervo.

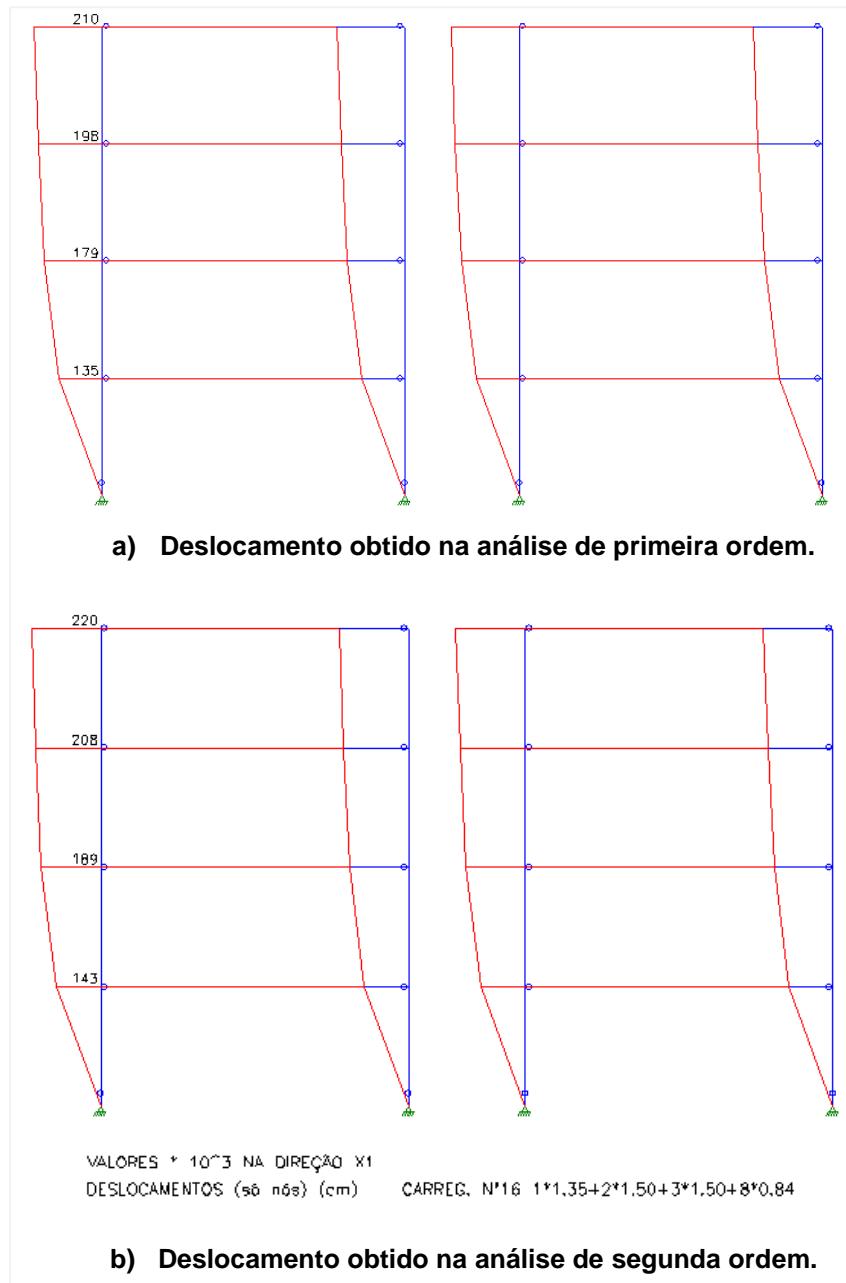
### 3.3 CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA QUANTO À DESLOCABILIDADE

Para a realização da análise estrutural e determinação dos esforços solicitantes, foi feita a classificação da estrutura quanto à sensibilidade a deslocamentos laterais, conforme o subitem 2.5.3.

Para o edifício de 4 pavimentos, a relação entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem ( $u_2/u_1$ ), em todos os andares, foi menor que 1,1. Dessa forma, a estrutura foi classificada como de pequena deslocabilidade, e a análise foi feita considerando a aplicação de força nocial nas combinações onde não atuam outras forças horizontais. Neste caso, como apresentado no capítulo anterior, não é necessário reduzir o módulo de elasticidade do material.

A verificação da relação  $u_2/u_1$  foi feita para os dois planos do edifício. A Figura 41 mostra os deslocamentos referentes ao plano X1-X3, para uma análise de primeira e para uma análise de segunda ordem, respectivamente. E o Quadro 4 exibe um resumo dos deslocamentos encontrados, bem como o valor da relação  $u_2/u_1$  para cada andar do edifício.

Figura 41 – Deslocamentos laterais referentes ao plano X1-X3.



Fonte: STRAP (2017).

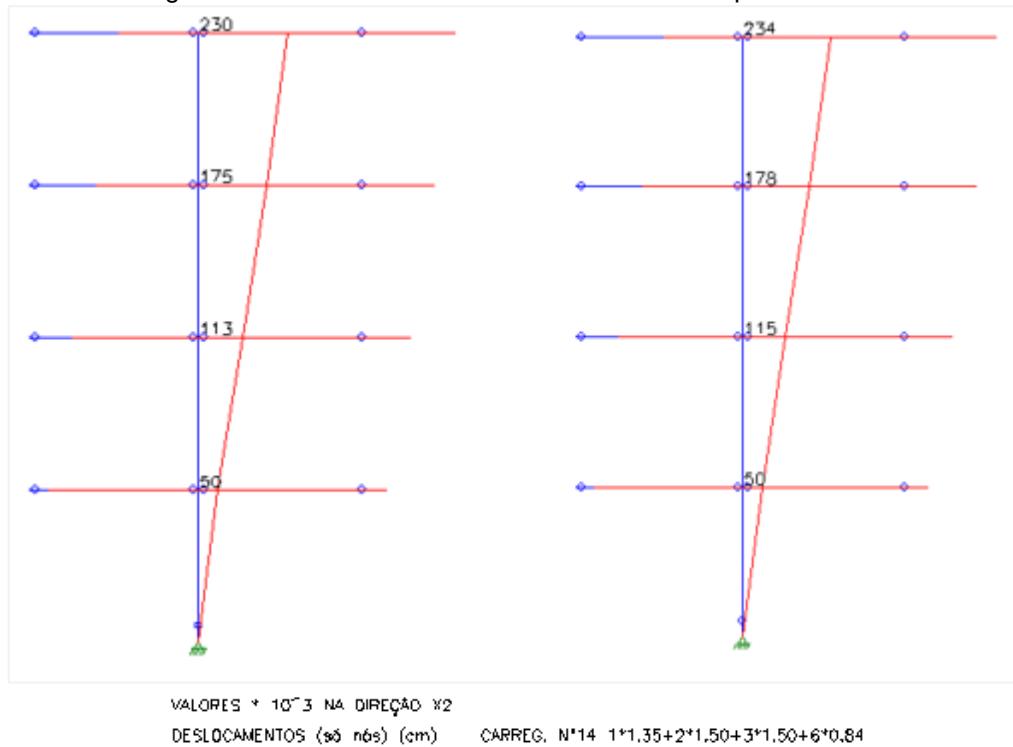
Quadro 4 – Relação entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem para o plano X1-X3, em cm.

Plano X1-X3			
Pav.	$u_1$	$u_2$	$u_2/u_1$
1	0,135	0,143	1,06
2	0,179	0,189	1,06
3	0,198	0,208	1,05
4	0,210	0,220	1,05

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 42, por sua vez, mostra os deslocamentos referentes ao plano X2-X3. E o Quadro 5 exibe o valor de  $u_2/u_1$  para cada andar.

Figura 42 – Deslocamentos laterais referentes ao plano X2-X3.



Fonte: STRAP (2017).

Quadro 5 – Relação entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem para o plano X2-X3, em cm.

Plano X2-X3			
Pav.	$u_1$	$u_2$	$u_2/u_1$
1	0,050	0,050	1,00
2	0,113	0,115	1,02
3	0,175	0,178	1,02
4	0,230	0,234	1,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para os edifícios de 8 e de 12 pavimentos foi realizado o mesmo procedimento, e eles foram classificados como média deslocabilidade, pois a razão entre os deslocamentos de segunda e de primeira ordem ficou entre 1,1 e 1,4. Sendo assim, a análise foi feita considerando a redução da rigidez do material e a aplicação de força nocional.

O Quadro 6 e o Quadro 7 exibem os valores obtidos de  $u_2/u_1$  para o edifício de 8 pavimentos e para o edifício de 12 pavimentos, respectivamente. Os quadros mostram os valores referentes a cada plano da estrutura.

Quadro 6 – Resumo dos deslocamentos laterais para o edifício de 8 pavimentos.

<b>Plano X1-X3</b>				<b>Plano X2-X3</b>			
<b>Pav.</b>	<b><math>u_1</math></b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>u_2/u_1</math></b>	<b>Pav.</b>	<b><math>u_1</math></b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>u_2/u_1</math></b>
1	0,582	0,750	1,29	1	0,116	0,119	1,03
2	0,714	0,900	1,26	2	0,272	0,282	1,04
3	0,803	1,000	1,25	3	0,459	0,477	1,04
4	0,897	1,090	1,22	4	0,677	0,706	1,04
5	0,985	1,190	1,21	5	0,894	0,933	1,04
6	1,066	1,270	1,19	6	1,100	1,151	1,05
7	1,137	1,340	1,18	7	1,300	1,354	1,04
8	1,194	1,400	1,17	8	1,470	1,534	1,04

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 7 – Resumo dos deslocamentos laterais para o edifício de 12 pavimentos.

<b>Plano X1-X3</b>				<b>Plano X2-X3</b>			
<b>Pav.</b>	<b><math>u_1</math></b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>u_2/u_1</math></b>	<b>Pav.</b>	<b><math>u_1</math></b>	<b><math>u_2</math></b>	<b><math>u_2/u_1</math></b>
1	0,66	0,85	1,29	1	0,20	0,21	1,05
2	0,89	1,12	1,26	2	0,49	0,52	1,06
3	1,07	1,31	1,22	3	0,88	0,94	1,07
4	1,27	1,52	1,20	4	1,32	1,42	1,08
5	1,48	1,74	1,18	5	1,80	1,94	1,08
6	1,69	1,97	1,17	6	2,32	2,52	1,09
7	1,89	2,19	1,16	7	2,85	3,10	1,09
8	2,09	2,40	1,15	8	3,38	3,68	1,09
9	2,28	2,60	1,14	9	3,89	4,24	1,09
10	2,45	2,79	1,14	10	4,38	4,78	1,09
11	2,62	2,97	1,13	11	4,85	5,29	1,09
12	2,76	3,12	1,13	12	5,28	5,77	1,09

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.4 AÇÕES E COMBINAÇÃO DE AÇÕES

O subitem 2.5.2 do capítulo 2 deste trabalho apresenta com detalhes os tipos de ações que podem atuar numa estrutura, indicando as principais diferenças existentes entre elas e dando alguns exemplos de cada uma. Dessa forma, o presente item será destinado apenas à apresentação das ações permanentes e variáveis consideradas

no dimensionamento dos edifícios estudados, sem entrar em detalhes já apresentados anteriormente.

### **3.4.1 Ações permanentes**

Para o dimensionamento dos edifícios foram consideradas as cargas permanentes referentes ao peso próprio dos elementos construtivos. Considerou-se o peso próprio dos perfis metálicos, das lajes e de outros elementos construtivos, como elementos de vedação internos e externos, revestimentos dos pisos, forros e telhados.

O peso próprio dos perfis e das lajes são fornecidos automaticamente pelo programa de cálculo utilizado. Esses valores são obtidos a partir da relação do peso específico do material com a área do perfil ou com a espessura da laje. Adotou-se para a estrutura uma laje mista com 12 cm de espessura, utilizando como fôrma de aço o Polydeck 59S, que é o steel deck da ArcelorMittal.

Os demais valores de ações foram adotados com base na ABNT NBR 6120:2019, norma que define as ações para o cálculo de estruturas de edificações. Foram consideradas paredes internas em drywall, com peso igual a 0,5 kN/m<sup>2</sup>, painéis de vedação com peso de 0,25 kN/m<sup>2</sup>, forro de gesso com peso de 0,15 kN/m<sup>2</sup>, revestimento de piso para edifícios comerciais com peso de 1,0 kN/m<sup>2</sup> e telhado, considerando telhas e estruturas metálicas, com peso igual a 0,3 kN/m<sup>2</sup>. O Quadro 8 mostra um resumo do carregamento permanente atribuído à estrutura.

Quadro 8 – Cargas permanentes atuantes na estrutura.

Material	Carga nos pavimentos 1, 2 e 3 (kN/m <sup>2</sup> )	Carga na cobertura (kN/m <sup>2</sup> )
Paredes internas (Drywall)	0,5	0,5
Painéis de vedação	0,25	0,25
Revestimento de pisos	1,0	1,0
Forro de gesso	0,15	0,15
Telhado	-	0,3
Total	1,9	2,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Também foi considerado como carga permanente o peso devido à caixa d'água utilizada no edifício. Sendo assim, uma carga referente à caixa d'água foi aplicada na laje onde ficam as escadas. Essa carga foi calculada com base no consumo diário de água e na taxa de ocupação do edifício, e os cálculos realizados encontram-se no APÊNDICE A.

### **3.4.2 Cargas variáveis**

Como ações variáveis, foram adotadas as cargas referentes ao uso e ocupação e, também o vento incidente na estrutura. Além disso, como utilizou-se elementos mistos na edificação, também foi considerada uma sobrecarga atuante na fase de construção. Os itens a seguir apresentarão os valores adotados para essas cargas, bem como o procedimento de cálculo utilizado para obter as cargas de vento.

#### *3.4.2.1 Sobrecarga na fase de construção*

No edifício estudado foram utilizadas vigas e lajes mistas. Como as vigas foram consideradas como sendo não-escoradas, é necessário realizar a verificação dos elementos antes da cura do concreto. Dessa forma, a ABNT NBR 8800:2008 determina que seja prevista uma sobrecarga característica mínima de 1 kN/m<sup>2</sup> nas lajes, na fase de construção.

#### *3.4.2.2 Ações provenientes do uso e da ocupação*

As cargas provenientes do uso e da ocupação foram adotadas com base na ABNT NBR 6120:2019, que determina os valores característicos mínimos das cargas variáveis de acordo com o tipo de edificação.

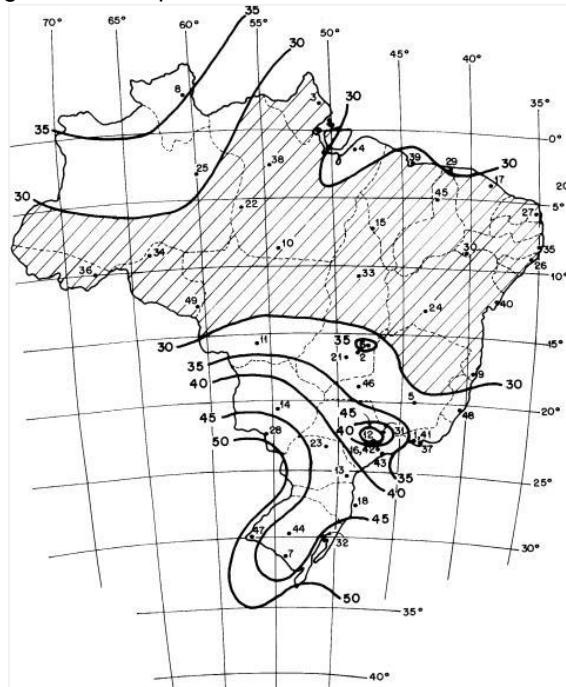
Para edifícios comerciais, a norma determina alguns valores característicos de acordo com o tipo de ambiente, que podem ser salas de uso geral, sanitários, corredores de uso comum, entre outros. Para esse dimensionamento foi adotado uma carga uniformemente variável de 3 kN/m<sup>2</sup>. Na laje de cobertura foi considerado um valor de 1 kN/m<sup>2</sup>, valor mínimo determinado pela norma para coberturas com acesso apenas para manutenção ou inspeção.

### 3.4.2.3 Cálculo das cargas de vento

O cálculo das cargas de vento foi realizado conforme a ABNT NBR 6123:1988, que determina os procedimentos necessários para a obtenção do carregamento de vento que incide sobre a estrutura.

Primeiramente, de acordo com essa norma, é necessário determinar as forças estáticas devidas ao vento. Para isso, com o auxílio de isopletas, determina-se a velocidade básica do vento na região onde a estrutura será construída. Adotou-se o valor de 35 m/s como velocidade básica do vento para a região do Espírito Santo, conforme mostra a Figura 43.

Figura 43 – Isopletas da velocidade básica no Brasil.



Fonte: ABNT (1988).

Em seguida, é realizado o cálculo da velocidade característica do vento, que é obtida conforme a equação 3.1.

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (3.1)$$

Os coeficientes  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  são, respectivamente: coeficiente de fator topográfico, coeficiente de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno e coeficiente de fator estatístico.

O fator topográfico ( $S_1$ ), como sugere a ABNT NBR 6123:1998, se refere ao relevo do terreno. Para o caso estudado,  $S_1 = 1,0$ , pois considerou-se uma edificação em terreno plano ou fracamente acidentado. O fator de rugosidade do terreno, dimensões da edificação e altura sobre o terreno ( $S_2$ ), separa a estrutura em categorias e classes, sendo que as categorias se referem à presença ou à ausência de obstáculos próximos à estrutura e as classes se referem às dimensões da edificação. Esse fator é calculado como mostra a equação 3.2.

$$S_2 = b \cdot F_r \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^p \quad (3.2)$$

Os valores de  $b$ ,  $F_r$  e  $p$  são obtidos pela tabela de parâmetros meteorológicos fornecidos pela ABNT NBR 6123:1998, conforme o Quadro 9, e  $z$  refere-se à cota acima do terreno, nesse caso, considerada como a altura de cada pavimento em relação ao nível do terreno.

Quadro 9 – Parâmetros meteorológicos.

Categoria	Zg (m)	Parâmetro	Classes		
			A	B	C
I	250	b	1,10	1,11	1,12
		p	0,06	0,065	0,07
II	300	b	1	1	1
		Fr	1	0,98	0,95
		p	0,085	0,09	0,1
III	350	b	0,94	0,94	0,93
		p	0,1	0,105	0,115
IV	420	b	0,86	0,85	0,84
		p	0,12	0,125	0,135
V	500	b	0,74	0,73	0,71
		p	0,15	0,16	0,175

Fonte: Adaptado de ABNT (1988).

Como, para o edifício de 4 pavimentos, a maior dimensão é menor que 20m, ele inclui-se na classe A. E considerando um terreno em zona urbanizada, adotou-se a categoria IV. Dessa forma, possibilitou-se encontrar o valor do coeficiente  $S_2$  para cada altura considerada.

O fator estatístico ( $S_3$ ), por sua vez, leva em consideração o tipo de uso da edificação e, como se trata de uma edificação para comércio, a norma determina que o valor mínimo para  $S_3$  seja igual a 1,0. O Quadro 10 traz um resumo dos valores e das considerações adotadas para cada fator abordado anteriormente.

Quadro 10 – Resumo sobre os coeficientes  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ .

<b>Fator topográfico S1</b>		
Terreno plano ou fracamente acidentado.		1
<b>Fator S2 (Rugosidade, dimensões da edificação e altura)</b>		
Categoria	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.	IV
Classe	Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20m.	A
<b>Fator estatístico S3</b>		
Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação.		1

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após o cálculo da velocidade característica do vento é possível determinar a pressão dinâmica, pela equação 3.3. Os valores calculados de pressão dinâmica para cada altura considerada são mostrados no Quadro 11.

$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \quad (3.3)$$

Quadro 11 – Valores de pressão dinâmica do vento para cada altura z.

<b>Pavimento</b>	<b>Altura do pavimento (m)</b>	<b>z (m)</b>	<b>V<sub>0</sub> (m/s)</b>	<b>S1</b>	<b>S3</b>	<b>Vento</b>		
						<b>S2</b>	<b>V<sub>k</sub> (m/s)</b>	<b>q(kN/m<sup>2</sup>)</b>
1	2,92	2,92	35	1	1	0,742	25,966	0,413
2	2,92	5,84	35	1	1	0,806	28,219	0,488
3	2,92	8,76	35	1	1	0,846	29,626	0,538
4	2,92	11,68	35	1	1	0,876	30,666	0,576

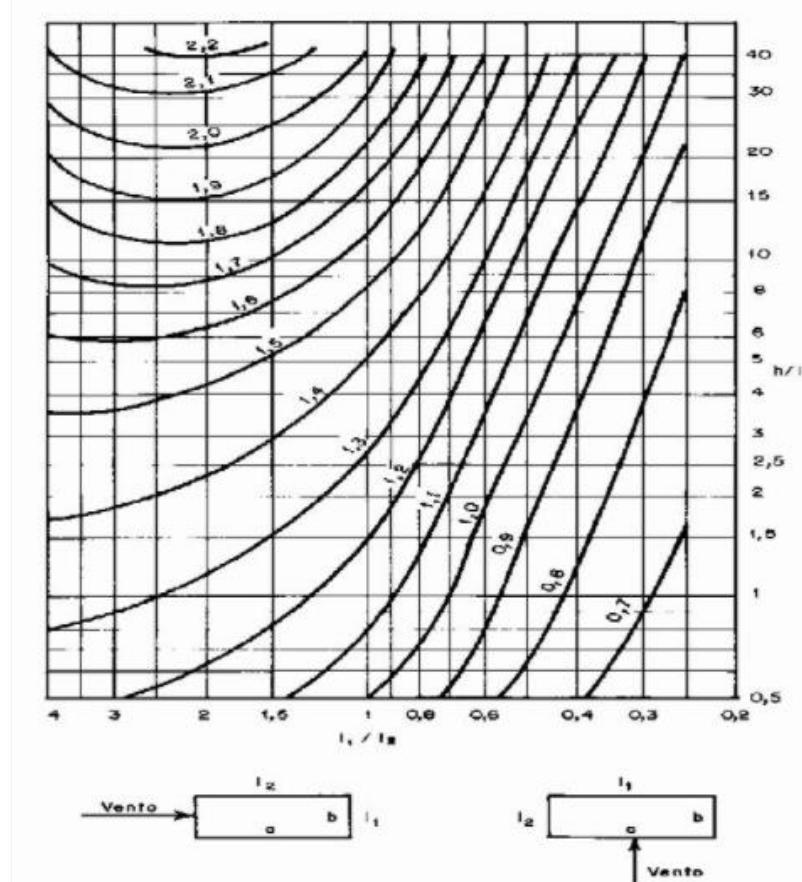
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A componente da força global do vento que atua sobre uma edificação, na direção de incidência do vento, é denominada força de arrasto e é dada pela expressão:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (3.4)$$

Onde  $A_e$  é a área frontal perpendicular à direção de incidência do vento e  $C_a$  é o coeficiente de arrasto, definido com base em gráficos fornecidos pela ABNT NBR 6123:1988. Um desses gráficos, para vento de baixa turbulência, é mostrado na Figura 44.

Figura 44 – Curvas para a obtenção do coeficiente de arrasto,  $C_a$ .



Fonte: ABNT (1988).

Levando em consideração as dimensões do edifício estudado, para vento incidindo a  $0^\circ$ , o coeficiente de arrasto foi de 0,95, e para vento a  $90^\circ$  esse coeficiente foi de 1,2. Além disso, como se trata de um edifício de múltiplos pavimentos, foram calculados também os ventos incidindo nas direções oblíquas ao edifício ( $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  e  $315^\circ$ ), sendo o coeficiente de arrasto para esses casos igual a 0,84.

Após a definição do coeficiente  $C_a$ , é possível obter, a partir da equação 3.4, a força de arrasto que atua sobre a área em que o vento está incidindo. Observa-se que essa equação fornece um valor final de uma carga pontual. Contudo, para esse trabalho, no lugar da área efetiva ( $A_e$ ) trazida pela equação, utilizou-se uma largura efetiva, para que a fórmula fornecesse uma carga distribuída, ao invés de uma carga pontual. Essa largura efetiva foi adotada considerando o pé direito de cada pavimento. O Quadro 12, o Quadro 13 e o Quadro 14 mostram os valores calculados para carga de vento.

Quadro 12 – Carga calculada para vento a  $0^\circ$ .

<b>Vento <math>0^\circ</math></b>				
<b>Pavimento</b>	<b><math>C_a</math></b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b><math>q</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>CV</math> (kN/m)</b>
1	0,95	2,92	0,413	1,15
2		2,92	0,488	1,35
3		2,92	0,538	1,49
4		1,46	0,576	0,80

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 13 – Carga calculada para vento a  $90^\circ$ .

<b>Vento <math>90^\circ</math></b>				
<b>Pavimento</b>	<b><math>C_a</math></b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b><math>q</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>CV</math> (kN/m)</b>
1	1,2	2,92	0,413	1,45
2		2,92	0,488	1,71
3		2,92	0,538	1,89
4		1,46	0,576	1,01

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 14 – Carga calculada para vento a  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  e  $315^\circ$ .

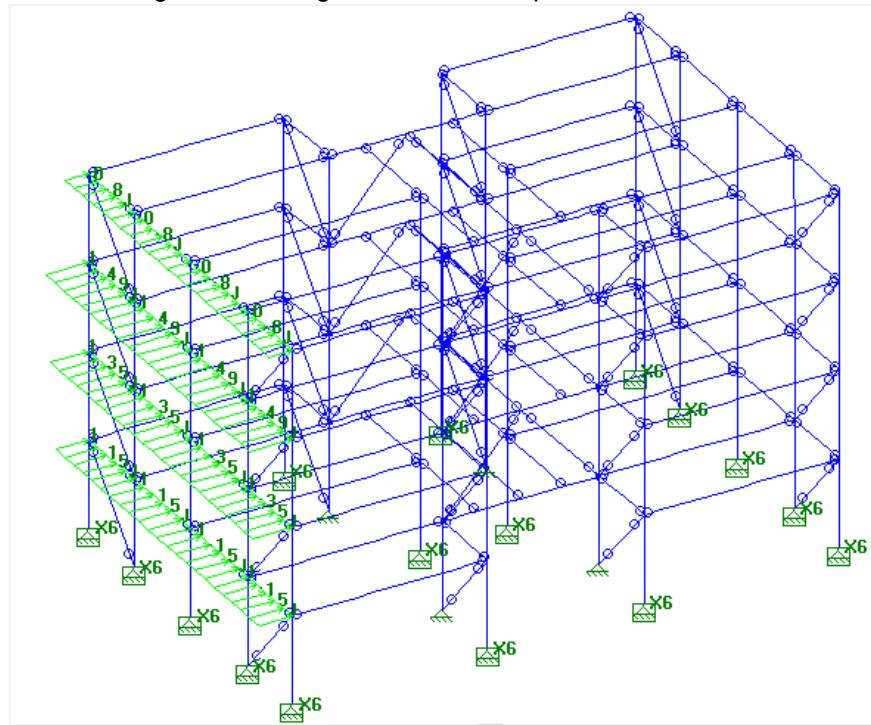
<b>Vento oblíquo</b>				
<b>Pavimento</b>	<b><math>C_a</math></b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b><math>q</math> (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>CV</math> (kN/m)</b>
1	0,84	2,92	0,413	1,014
2		2,92	0,488	1,197
3		2,92	0,538	1,320
4		1,46	0,576	0,707

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Ressalta-se também que, uma vez que as lajes foram representadas no modelo, o efeito de diafragma rígido consegue ser melhor simulado, distribuindo os esforços por todos os elementos de acordo com a rigidez de cada um. Esse efeito é muito

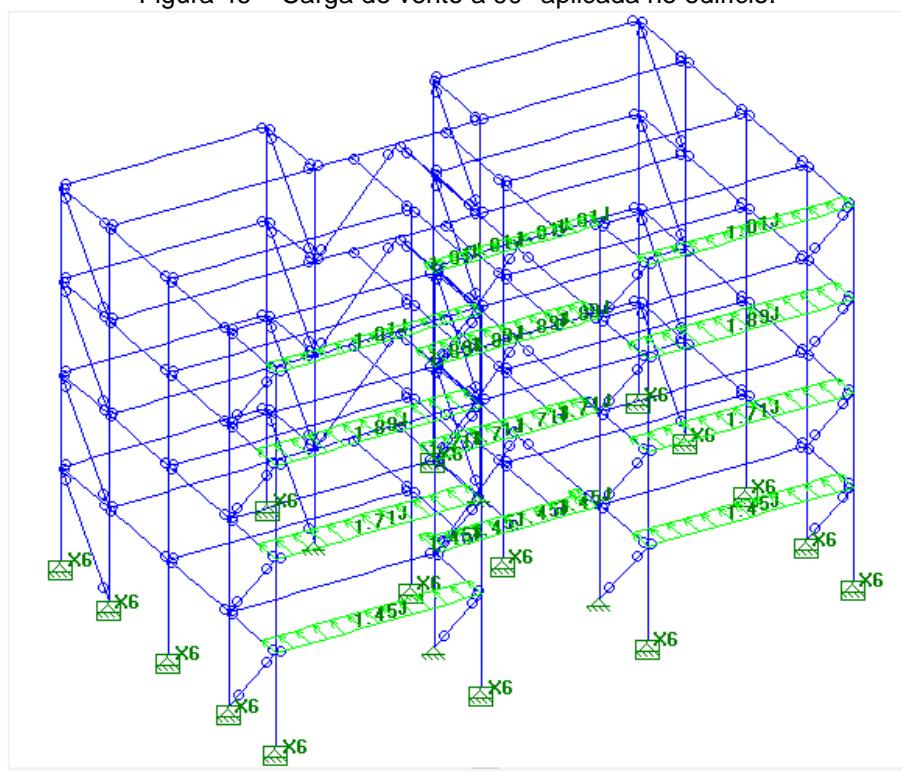
importante para a estrutura, principalmente quando se trata de cargas laterais. Dessa forma, o carregamento de vento foi aplicado na direção do diafragma, como mostram as Figuras 45, 46 e 47.

Figura 45 – Carga de vento a  $0^\circ$  aplicada no edifício.



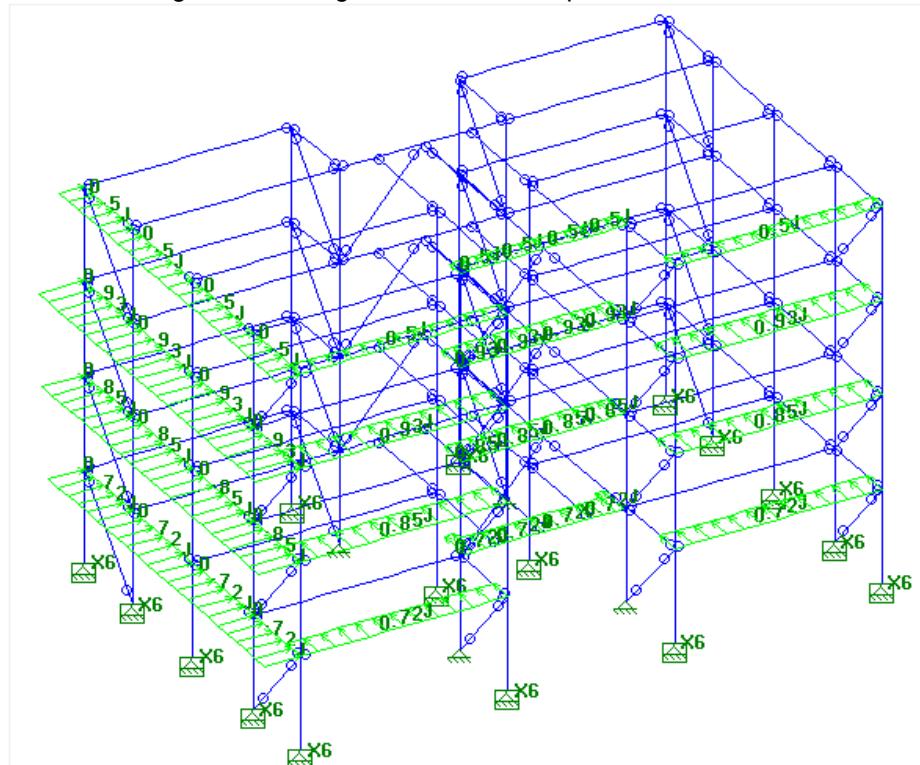
Fonte: STRAP (2017).

Figura 46 – Carga de vento a  $90^\circ$  aplicada no edifício.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 47 – Carga de vento a 45° aplicada no edifício.



Fonte: STRAP (2017).

Foi realizado o mesmo procedimento para os edifícios de 8 e de 12 pavimentos, considerando, contudo, as dimensões e as particularidades de cada um.

O Quadro 15, o Quadro 16 e o Quadro 17 exibem os valores calculados de carga de vento para o edifício de 8 pavimentos.

Quadro 15 – Carga calculada para vento a 0°, para o edifício de 8 pavimentos.

Vento 0°				
Pavimento	Ca	Largura de Influência (m)	q (kN/m²)	CV (kN/m)
1	1,05	2,92	0,383	1,17
2		2,92	0,456	1,40
3		2,92	0,504	1,55
4		2,92	0,542	1,66
5		2,92	0,573	1,76
6		2,92	0,599	1,84
7		2,92	0,623	1,91
8		1,46	0,644	0,99

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 16 – Carga calculada para vento a 90°, para o edifício de 8 pavimentos.

<b>Vento 90°</b>				
<b>Pavimento</b>	<b>Ca</b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b>q (kN/m²)</b>	<b>CV (kN/m)</b>
1	1,28	2,92	0,383	1,43
2		2,92	0,456	1,70
3		2,92	0,504	1,88
4		2,92	0,542	2,02
5		2,92	0,573	2,14
6		2,92	0,599	2,24
7		2,92	0,623	2,33
8		1,46	0,644	1,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 17 – Carga calculada para vento a 45°, 135°, 225° e 315°, para o edifício de 8 pavimentos.

<b>Vento oblíquo</b>				
<b>Pavimento</b>	<b>Ca</b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b>q (kN/m²)</b>	<b>CV (kN/m)</b>
1	0,904	2,92	0,383	1,01
2		2,92	0,456	1,20
3		2,92	0,504	1,33
4		2,92	0,542	1,43
5		2,92	0,573	1,51
6		2,92	0,599	1,58
7		2,92	0,623	1,64
8		1,46	0,644	0,85

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Já o Quadro 18, o Quadro 19 e o Quadro 20 trazem os valores de carga de vento calculados para o edifício de 12 pavimentos.

Quadro 18 – Carga calculada para vento a 0°, para o edifício de 12 pavimentos.

<b>Vento 0°</b>				
<b>Pavimento</b>	<b>Ca</b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b>q (kN/m²)</b>	<b>CV (kN/m)</b>
1	1,12	2,92	0,383	1,25
2		2,92	0,456	1,49
3		2,92	0,504	1,65
4		2,92	0,542	1,77
5		2,92	0,573	1,87
6		2,92	0,599	1,96
7		2,92	0,623	2,04
8		2,92	0,644	2,11
9		2,92	0,663	2,17
10		2,92	0,681	2,23
11		2,92	0,698	2,28
12		1,46	0,713	1,17

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 19 – Carga calculada para vento a 90°, para o edifício de 12 pavimentos.

<b>Vento 90°</b>				
<b>Pavimento</b>	<b>Ca</b>	<b>Largura de Influência (m)</b>	<b>q (kN/m²)</b>	<b>CV (kN/m)</b>
1	1,37	2,92	0,383	1,53
2		2,92	0,456	1,82
3		2,92	0,504	2,02
4		2,92	0,542	2,17
5		2,92	0,573	2,29
6		2,92	0,599	2,40
7		2,92	0,623	2,49
8		2,92	0,644	2,58
9		2,92	0,663	2,65
10		2,92	0,681	2,72
11		2,92	0,698	2,79
12		1,46	0,713	1,43

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 20 – Carga calculada para vento a  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  e  $315^\circ$ , para o edifício de 12 pavimentos.

Vento oblíquo				
Pavimento	Ca	Largura de Influência (m)	q (kN/m <sup>2</sup> )	CV (kN/m)
1	0,984	2,92	0,383	1,10
2		2,92	0,456	1,31
3		2,92	0,504	1,45
4		2,92	0,542	1,56
5		2,92	0,573	1,65
6		2,92	0,599	1,72
7		2,92	0,623	1,79
8		2,92	0,644	1,85
9		2,92	0,663	1,91
10		2,92	0,681	1,96
11		2,92	0,698	2,00
12		1,46	0,713	1,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.4.3 Combinação de ações

Para a determinação das combinações de ações, foram considerados o Peso Próprio dos perfis metálicos ( $PP_{perfil}$ ) e das lajes ( $PP_{laje}$ ), as Cargas Permanentes (CP) dos demais elementos construtivos, as Cargas Acidentais (CA) referentes ao uso e ocupação do edifício, a sobrecarga de construção ( $SC_{Construção}$ ) e as cargas de vento (VENTO). Como o vento foi considerado incidindo nas direções ortogonais e oblíquas ao edifício, adotou-se nas combinações um caso particular para cada carregamento de vento a  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$  e  $315^\circ$ , pois essas ações acontecem de forma isolada uma da outra.

Além disso, como os edifícios estudados foram classificados como de pequena ou de média deslocabilidade, foi necessário realizar a introdução de força nocional (FN) nas combinações que não tem outras cargas horizontais. Essas forças foram aplicadas nas duas direções do edifício (X1 e X2) e nos dois sentidos (+ e -), portanto, considerou-se nas combinações: FN+X1, FN-X1, FN+X2 e FN-X2.

Os coeficientes de ponderação e os fatores de redução e de combinação das ações são obtidos através de tabelas fornecidas pelas ABNT NBR 8800:2008, que podem ser vistas nos Quadros 21 e 22.

Quadro 21 – Coeficientes de ponderação para as ações permanentes e variáveis.

Combinações	Ações permanentes ( $\gamma_g$ ) <sup>a c</sup>					Indiretas	
	Diretas						
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos		
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)	
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)	
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)	
Ações variáveis ( $\gamma_q$ ) <sup>a d</sup>							
	Efeito da temperatura <sup>b</sup>	Ação do vento	Ações truncadas <sup>c</sup>	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação			
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50			
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30			
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00			

<sup>a</sup> Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.

<sup>b</sup> O efeito da temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.

<sup>c</sup> Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kNm<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.

<sup>d</sup> Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kNm<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.

<sup>e</sup> Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a este valor-limite.

Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

Quadro 22 – Valores dos fatores de combinação e de redução das ações variáveis

	Ações	$\gamma_{\text{d}}^{\text{a}}$		
		$\psi_0$	$\psi_1^{\text{d}}$	$\psi_2^{\text{e}}$
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>b)</sup>	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas <sup>c)</sup>	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas (ver B.5.1)	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4

<sup>a</sup> Ver alínea c) de 4.7.5.3.  
<sup>b</sup> Edificações residenciais de acesso restrito.  
<sup>c</sup> Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público.  
<sup>d</sup> Para estado-limite de fadiga (ver Anexo K), usar  $\psi_1$  igual a 1,0.  
<sup>e</sup> Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para  $\psi_2$  o valor zero.

Fonte: NBR 8800 (ABNT, 2008).

### 3.4.3.1 Combinações últimas utilizadas no dimensionamento

No dimensionamento do edifício, dentre as combinações últimas existentes, foram consideradas as combinações de construção, para a verificação das vigas mistas antes da cura do concreto, e as combinações normais.

As combinações últimas de construção são definidas pela equação 3.5:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}) \quad (3.5)$$

Sendo assim, a combinação obtida para a fase de construção foi:

$$1,15 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,25 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,30 \text{ SC}_{\text{construção}}$$

Já as combinações últimas normais são determinadas pela equação 3.6:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k}) \quad (3.6)$$

Dessa maneira, as combinações normais foram obtidas tomando-se, primeiramente, a carga acidental como ação variável principal e, em seguida, tomando o carregamento de vento como ação variável principal. Obtendo-se as seguintes combinações:

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + (FN+X1)$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + (FN-X1)$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + (FN+X2)$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + (FN-X2)$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 0$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 45$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 90$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 135$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 180$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 225$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 270$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,5 CA + 1,4 * 0,6 VENTO 315$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 0$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 45$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 90$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 135$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 180$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 225$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 270$$

$$1,25 PP_{perfil} + 1,35 PP_{laje} + 1,5 CP + 1,4 VENTO 315$$

$$\begin{aligned}
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 0 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 45 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 90 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 135 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 180 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 225 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 270 + 1,5 * 0,7 \text{ CA} \\
& 1,25 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,35 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,5 \text{ CP} + 1,4 \text{ VENTO } 315 + 1,5 * 0,7 \text{ CA}
\end{aligned}$$

### 3.4.3.2 Combinações de serviço utilizadas no dimensionamento

Para as combinações de serviços, utilizou-se as combinações raras, que são definidas pela equação 3.7:

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} F_{Qj,k}) \quad (3.7)$$

Sendo assim, as combinações também foram obtidas tomando-se, primeiramente, a carga acidental como ação variável principal e, em seguida, tomando o carregamento de vento como ação variável principal. Obtendo-se as seguintes combinações de serviço:

$$\begin{aligned}
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 0 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 45 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 90 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 135 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 180 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 225 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 270 \\
& 1,0 \text{ PP}_{\text{perfil}} + 1,0 \text{ PP}_{\text{laje}} + 1,0 \text{ CP} + 1,0 \text{ CA} + 0,3 \text{ VENTO } 315
\end{aligned}$$

1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 0  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 45  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 90  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 135  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 180  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 225  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 270  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 315

1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 0 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 45 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 90 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 135 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 180 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 225 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 270 + 0,6 CA  
 1,0 PP<sub>perfil</sub> + 1,0 PP<sub>laje</sub> + 1,0 CP + 1,0 VENTO 315 + 0,6 CA

### 3.5 DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DO EDIFÍCIO

Após definição da geometria, aplicação das cargas atuantes na estrutura e determinação das combinações de ações para os estados-limites últimos e de serviço, foi realizado o dimensionamento dos elementos do edifício.

Essa etapa foi realizada no módulo “metálica” do STRAP (2017), onde foi necessário definir alguns padrões para dimensionamento. Primeiramente, definiu-se que o dimensionamento seria feito com base na ABNT NBR 8800:2008. Em seguida, foi necessário informar ao programa os limites de esbeltez dos elementos para compressão e para tração que, conforme a norma adotada, são 200 e 300, respectivamente.

Nesse módulo também foi preciso definir os travamentos existentes nas barras e, se necessário, realizar a combinação de uma ou mais barras, de modo a torná-las um único elemento. Como foram utilizadas vigas mistas com nervuras da fôrma

perpendiculares ao eixo do elemento, realizou-se o travamento contínuo das vigas à FLT.

Definiu-se, também nesse módulo, o coeficiente de flambagem das barras, que foi tomado igual 1. Pois, como se realizou uma análise de segunda ordem para a definição dos esforços solicitantes, a ABNT NBR 8800:2008 admite que seja utilizado esse valor.

O programa ainda solicita que seja definida a resistência do concreto para os elementos mistos. Sendo assim, adotou-se um concreto com  $f_{ck}$  igual a 30 MPa, tanto para as vigas, quanto para os pilares mistos. Destaca-se também que, para o dimensionamento das vigas mistas, o programa considera interação total, e foi necessário inserir a resistência dos conectores para que o cálculo fosse realizado. No APÊNDICE B é possível ver algumas considerações referentes às vigas mistas.

Por fim, foi especificado o tipo de aço utilizado. Inicialmente, adotou-se o aço ASTM A572 Gr. 50, que possui resistência ao escoamento igual a 345 MPa, para todos os elementos da estrutura. Posteriormente, foi feita a substituição do aço dos pilares pelo aço NBR5000 Gr. 450, que apresenta tensão de escoamento igual a 450 MPa, a fim de verificar a influência da resistência ao escoamento no dimensionamento.

### **3.5.1 Estados-limites último**

A verificação das barras para os estados-limites últimos foi feita de forma que, ao escolher uma seção transversal, os esforços resistentes fossem superiores aos esforços solicitantes. Ou seja, o perfil deveria ser adequado para resistir às solicitações de tração, compressão, esforço cortante e esforços combinados, além da limitação quanto à esbeltez.

Durante o dimensionamento, o STRAP também fornece uma taxa de aproveitamento do perfil, que é a razão entre os esforços solicitantes e os esforços resistentes. Buscou-se adotar perfis que apresentassem uma taxa mais próxima de 1, pois, dessa forma, o perfil estaria trabalhando com o máximo de aproveitamento possível

### 3.5.2 Estados-limites de serviço

Após a verificação para os estados-limites últimos, realizou-se a verificação das seções quanto ao estado-limite de serviço. Nesse caso, foram verificados os deslocamentos máximos para os elementos do edifício.

A ABNT NBR 8800:2008 limita os deslocamentos máximos permitidos para cada tipo de elemento de uma edificação. Dessa maneira, para as vigas de piso, a flecha máxima permitida é de  $L/350$ , sendo  $L$  o comprimento da viga. Em relação aos pilares, a norma determina que, em edifícios de dois ou mais pavimentos, o deslocamento horizontal máximo no topo dos pilares seja de  $H/400$ , sendo  $H$  a altura total do edifício. O deslocamento horizontal relativo entre dois pisos consecutivos também fica limitado a  $h/500$ , sendo  $h$  a altura de cada pavimento, nesse caso 2,92m. O Quadro 23 mostra um resumo dos deslocamentos verticais e horizontais máximos admitidos para os edifícios estudados.

Quadro 23 – Resumo dos deslocamentos limites para os elementos do edifício.

Vigas		Pilares			
Comprimento da viga - L (cm)	Flecha limite - L/350 (cm)	Número de pavimentos	Altura do edifício (cm)	Deslocamento horizontal limite - H/400 (cm)	Deslocamento relativo entre pisos - h/500 (cm)
640	1,83	4	1168	2,92	0,584
650	1,86	8	2336	5,84	
755	2,16	12	3504	8,76	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Se, após realizar a verificação da seção quanto aos limites de deslocamentos impostos pela norma, o perfil apresentar deslocamentos maiores que os permitidos, é necessário realizar a sua substituição, de modo a encontrar o perfil que seja adequado tanto para os estados-limites últimos quanto para os estados-limites de serviço. Ao realizar essa troca, é necessário que a estrutura seja novamente calculada, pois ocorre variação das cargas e, consequentemente, dos esforços solicitantes e também dos deslocamentos. Sendo necessário também, que os perfis sejam novamente

verificados para as combinações últimas, de maneira a verificar se eles são adequados para todos os esforços.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PERFIS ADOTADOS NOS EDIFÍCIOS

Inicialmente, foi realizado o dimensionamento do edifício de 4 pavimentos, considerando sete situações distintas para os pilares:

- Perfil laminado de seção aberta, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$ ;
- Perfil soldado de seção aberta, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$ ;
- Perfil tubular, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$ ;
- Perfil tubular misto preenchido com concreto, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$  e  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ ;
- Perfil soldado de seção aberta, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$ ;
- Perfil tubular, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$ ;
- Perfil tubular misto preenchido com concreto, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$  e  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ ;

Após finalizar o dimensionamento para o primeiro edifício, aumentou-se o número de pavimentos e foram feitas as análises para mais dois edifícios, um de 8 e um de 12 pavimentos. Em todos os casos, procurou-se manter as propriedades para as vigas e para os contraventamentos, alterando apenas as propriedades dos pilares.

No Quadro 24 são exibidos os perfis utilizados nas vigas e nos contraventamentos do edifício. Para os edifícios de 4 e de 8 pavimentos foi possível manter os mesmos perfis, contudo, no edifício de 12 pavimentos foi necessário realizar algumas mudanças. Aumentou-se a seção dos contraventamentos, utilizando duas cantoneiras L3.5"x1/4" nos 6 primeiros pavimentos e, nos eixos 3 e 5, utilizou-se a propriedade 9 até o quarto pavimento.

Destaca-se que, no dimensionamento das vigas mistas, o que predominou foram os deslocamentos no meio do vão. Dessa forma, com exceção da viga mista da propriedade 7, em todas as outras (propriedade 1 e propriedade 2), foi necessário considerar a aplicação de contraflecha para que a viga pudesse ser utilizada com as dimensões apresentadas no quadro. Ressalta-se ainda que foram utilizados perfis soldados nas vigas.

Quadro 24 – Perfis adotados para as vigas e contraventamentos.

Número da propriedade	Elemento	Perfil adotado (dimensões em mm)	
1	Vigas mistas internas (Fila C)	d	300
		bf	110
		tw	4,8
		tf	6,3
2	Vigas mistas internas (Filas B e D)	d	250
		bf	100
		tw	4,8
		tf	6,1
3	Vigas metálicas (Filas B e D)	d	250
		bf	100
		tw	4,8
		tf	6,1
4	Vigas metálicas (Eixos)	d	150
		bf	100
		tw	4,8
		tf	4,8
5	Contraventamento dos eixos	>< L2.5" x 3/16"	
6	Contraventamento das filas	>< L3" x 1/4"	
7	Vigas mistas externas (Filas A e E)	d	250
		bf	100
		tw	4,8
		tf	6,1

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Já para os pilares, como esperado, foi necessário realizar a substituição dos perfis. O Quadro 25, o Quadro 26 e o Quadro 27 mostram os pilares utilizados para os edifícios de 4, 8 e 12 pavimentos, respectivamente. Eles exibem também o peso total dos pilares utilizados, em kN, e a taxa de consumo de aço, em kg/m<sup>2</sup>, também referente aos pilares.

Quadro 25 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 4 pavimentos.

4 Pavimentos - Seções utilizadas nos pilares											
Perfil Laminado			Perfil Soldado			Perfil Tubular			Perfil Tubular Preenchido		
<b><math>f_y = 345 \text{ MPa}</math></b>											
Propriedade 8		Propriedade 9		Propriedade 8		Propriedade 9		Propriedade 8		Propriedade 9	
W 150x29,8		W150x37,1		d (mm)		d (mm)		h (mm)		h (mm)	
d (mm)	157	bf (mm)	153	bf (mm)	162	bf (mm)	150	bf (mm)	160	b (mm)	150
tw (mm)	6,6	tw (mm)	8,1	tw (mm)	4,8	tw (mm)	7,5	tw (mm)	7,5	t (mm)	4,75
tf (mm)	11,6	tf (mm)	11,6	tf (mm)	8,0	tf (mm)	11,0	tf (mm)	11,0	t (mm)	5,6
Consumo de aço		73,158 kN		Consumo de aço		59,66 kN		Consumo de aço		53,76 kN	
		7457,49 kg		6081,65 kg		5480,33 kg		6,02 kg/m <sup>2</sup>		4843,93 kg	
		8,20 kg/m <sup>2</sup>		6,68 kg/m <sup>2</sup>						5,32 kg/m <sup>2</sup>	
<b><math>f_y = 450 \text{ MPa}</math></b>											
Propriedade 8		Propriedade 9		Propriedade 8		Propriedade 9		Propriedade 8		Propriedade 9	
d (mm)		150		d (mm)		157		h (mm)		140	
bf (mm)		145		bf (mm)		155		b (mm)		140	
tw (mm)		5,8		tw (mm)		6,2		t (mm)		160	
tf (mm)		6,9		tf (mm)		10,0				4,75	
Consumo de aço		54,37 kN		Consumo de aço		49,57 kN		Consumo de aço		44,87 kN	
		5541,90 kg		5052,80 kg		4573,70 kg		6,09 kg/m <sup>2</sup>		5,55 kg/m <sup>2</sup>	
										5,03 kg/m <sup>2</sup>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 26 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 8 pavimentos.

8 Pavimentos - Seções utilizadas nos pilares							
Perfil Laminado		Perfil Soldado		Perfil Tubular		Perfil Tubular Preenchido	
<b>fy = 345 MPa</b>		<b>fy = 345 MPa</b>		<b>fy = 345 MPa</b>		<b>fy = 345 MPa</b>	
Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9
W 200x46.1	W 200x71.0						
d (mm)	203	d (mm)	216	d (mm)	200	d (mm)	200
bf (mm)	203	bf (mm)	206	bf (mm)	180	bf (mm)	200
tw (mm)	7,2	tw (mm)	10,2	tw (mm)	7,0	tw (mm)	10,0
tf (mm)	11,0	tf (mm)	17,4	tf (mm)	11,0	tf (mm)	17,0
Consumo de aço	223,83 kN 22816,41 kg 13,93 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	199,88 kN 20375,43 kg 12,44 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	169,73 kN 17301,63 kg 10,56 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	149,63 kN 15253,21 kg 9,31 kg/m <sup>2</sup>
<b>fy = 450 MPa</b>		<b>fy = 450 MPa</b>		<b>fy = 450 MPa</b>		<b>fy = 450 MPa</b>	
Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9
d (mm)	190	d (mm)	190	d (mm)	160	d (mm)	190
bf (mm)	166	bf (mm)	190	bf (mm)	160	bf (mm)	190
tw (mm)	7,9	tw (mm)	10,0	tw (mm)	6,3	tw (mm)	10,6
tf (mm)	10,2	tf (mm)	15,6				
Consumo de aço	181,01 kN 18451,58 kg 11,26 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	152,32 kN 15527,12 kg 9,48 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	136,20 kN 13883,49 kg 8,48 kg/m <sup>2</sup>		

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

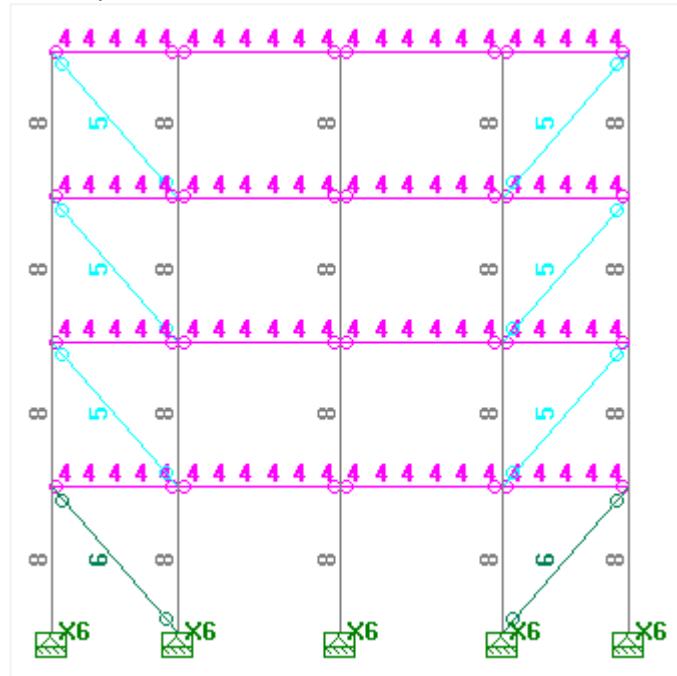
Quadro 27 – Seções dos pilares utilizados no edifício de 12 pavimentos.

12 Pavimentos - Seções utilizadas nos pilares							
Perfil Laminado		Perfil Soldado		Perfil Tubular		Perfil Tubular Preenchido	
<b><math>f_y = 345 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 345 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 345 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 345 \text{ MPa}</math></b>	
Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9
W 200x59,0	W 250x101,0	d (mm)	210	d (mm)	265	h (mm)	220
bf (mm)	205	bf (mm)	257	bf (mm)	253	b (mm)	220
tw (mm)	9,1	tw (mm)	11,9	tw (mm)	11,3	t (mm)	7,1
tf (mm)	14,2	tf (mm)	19,6	tf (mm)	18,4	t (mm)	12,5
Consumo de aço	437,43 kN 44589,70 kg 18,85 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	426,31 kN 43456,47 kg 18,37 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	355,84 kN 36272,99 kg 15,33 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	310,26 kN 31626,71 kg 13,37 kg/m <sup>2</sup>
<b><math>f_y = 450 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 450 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 450 \text{ MPa}</math></b>		<b><math>f_y = 450 \text{ MPa}</math></b>	
Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9	Propriedade 8	Propriedade 9
d (mm)	203	d (mm)	260	h (mm)	180	h (mm)	228,6
bf (mm)	200	bf (mm)	250	b (mm)	180	b (mm)	228,6
tw (mm)	8,6	tw (mm)	9,4	t (mm)	8,0	t (mm)	14,0
tf (mm)	13,5	tf (mm)	14,4				
Consumo de aço	389,36 kN 39689,91 kg 16,78 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	326,68 kN 33300,71 kg 14,07 kg/m <sup>2</sup>	Consumo de aço	287,84 kN 29341,90 kg 12,40 kg/m <sup>2</sup>		

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

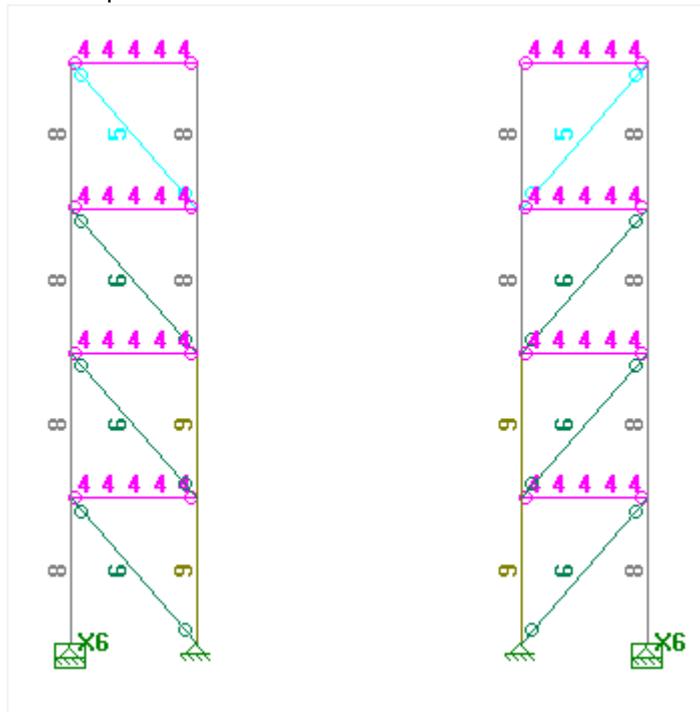
As Figuras 48 a 53 apresentam vistas das eixos e das filas do edifício, indicando as propriedades adotadas para os elementos, conforme Quadro 24.

Figura 48 – Propriedades dos elementos do eixo 1 e do eixo 7 do edifício.



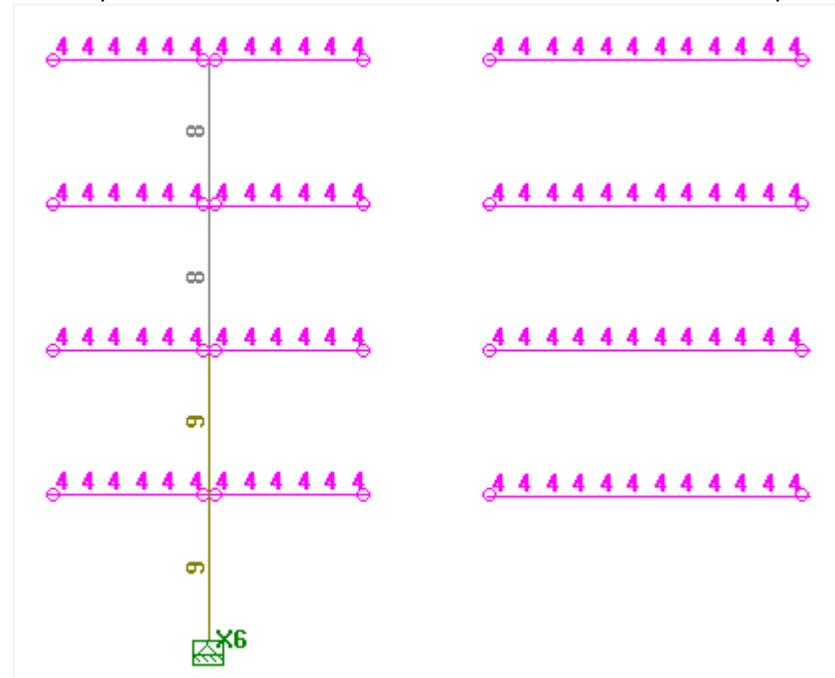
Fonte: STRAP (2017).

Figura 49 – Propriedades dos elementos do eixo 2 e do eixo 6 do edifício.



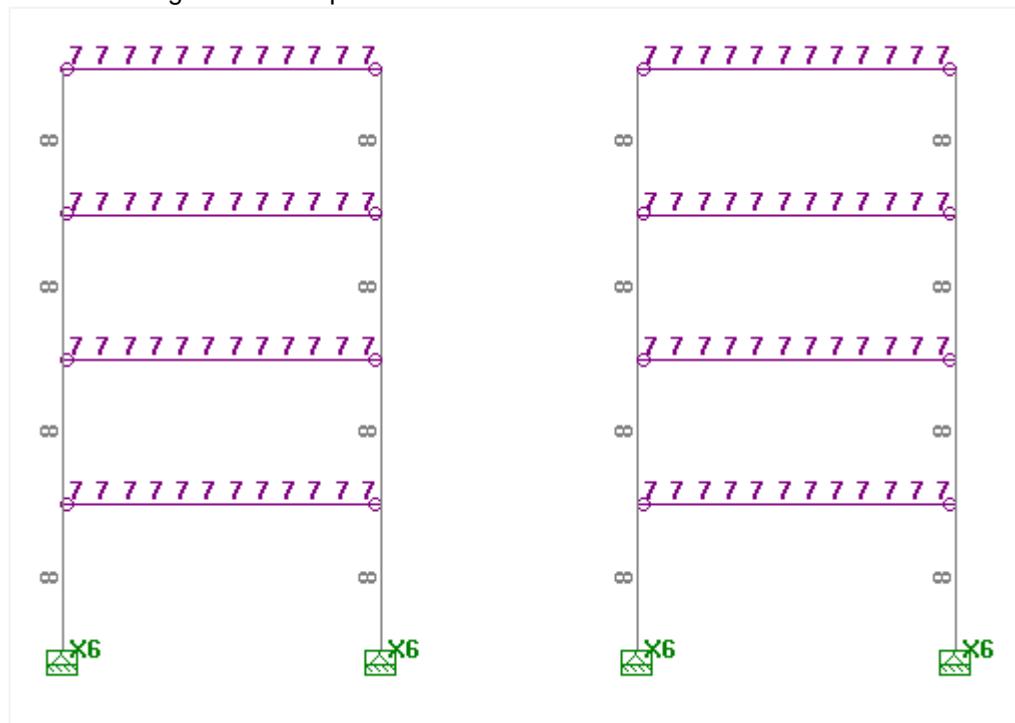
Fonte: STRAP (2017).

Figura 50 – Propriedades dos elementos dos eixos 3 e 5 e do eixo 4, respectivamente.



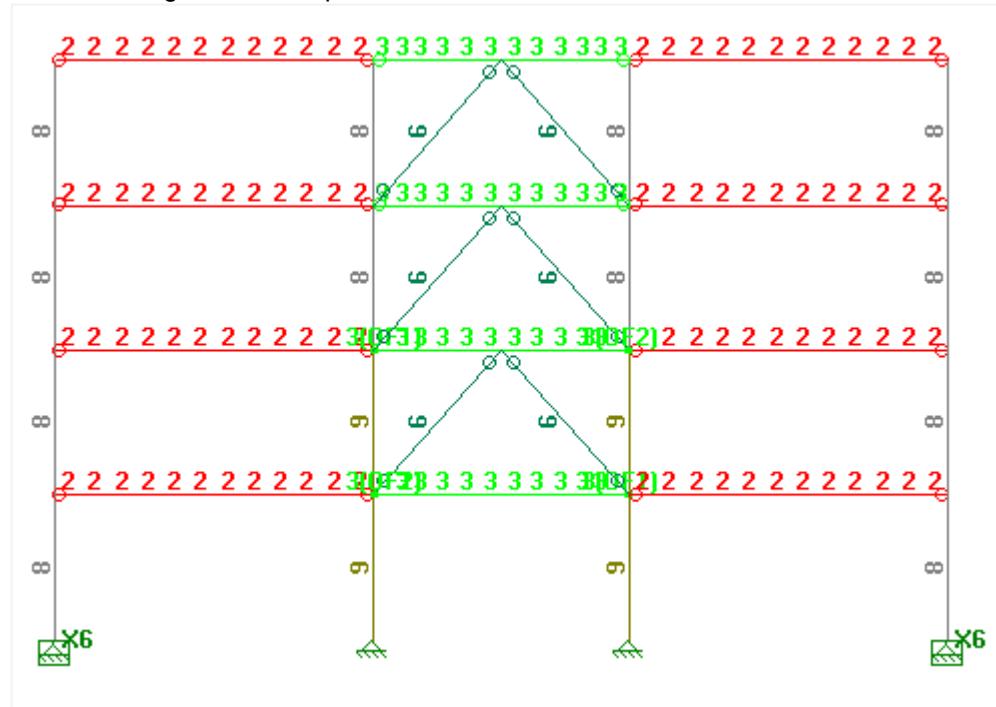
Fonte: STRAP (2017).

Figura 51 – Propriedades dos elementos da Fila A e da Fila E.



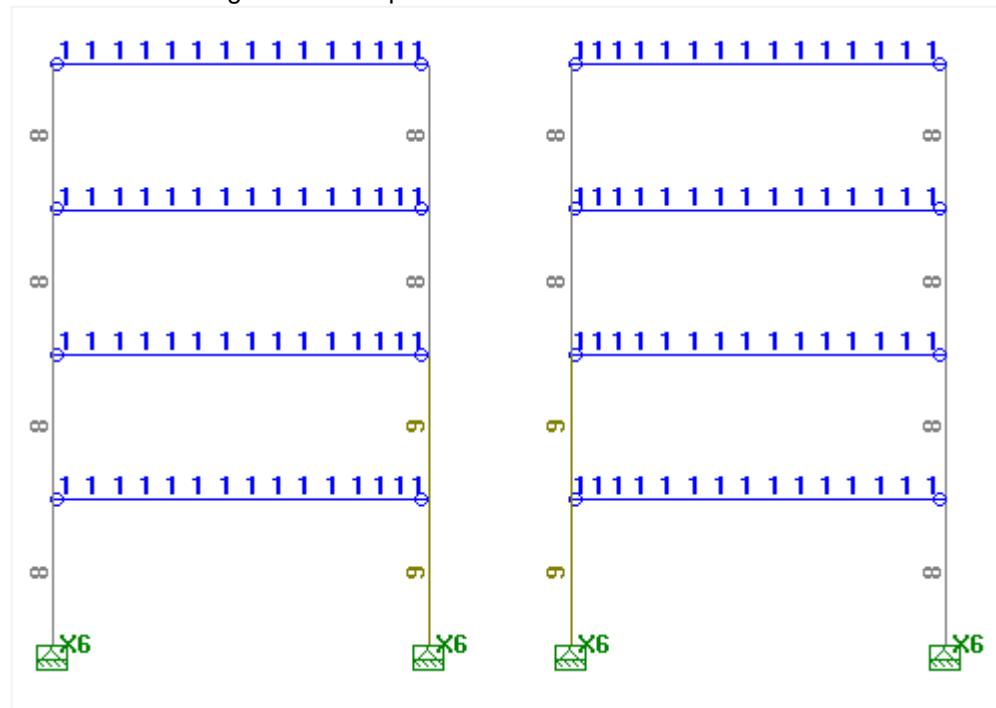
Fonte: STRAP (2017).

Figura 52 – Propriedades dos elementos da Fila B e da Fila C



Fonte: STRAP (2017).

Figura 53 – Propriedades dos elementos da Fila C.



Fonte: STRAP (2017).

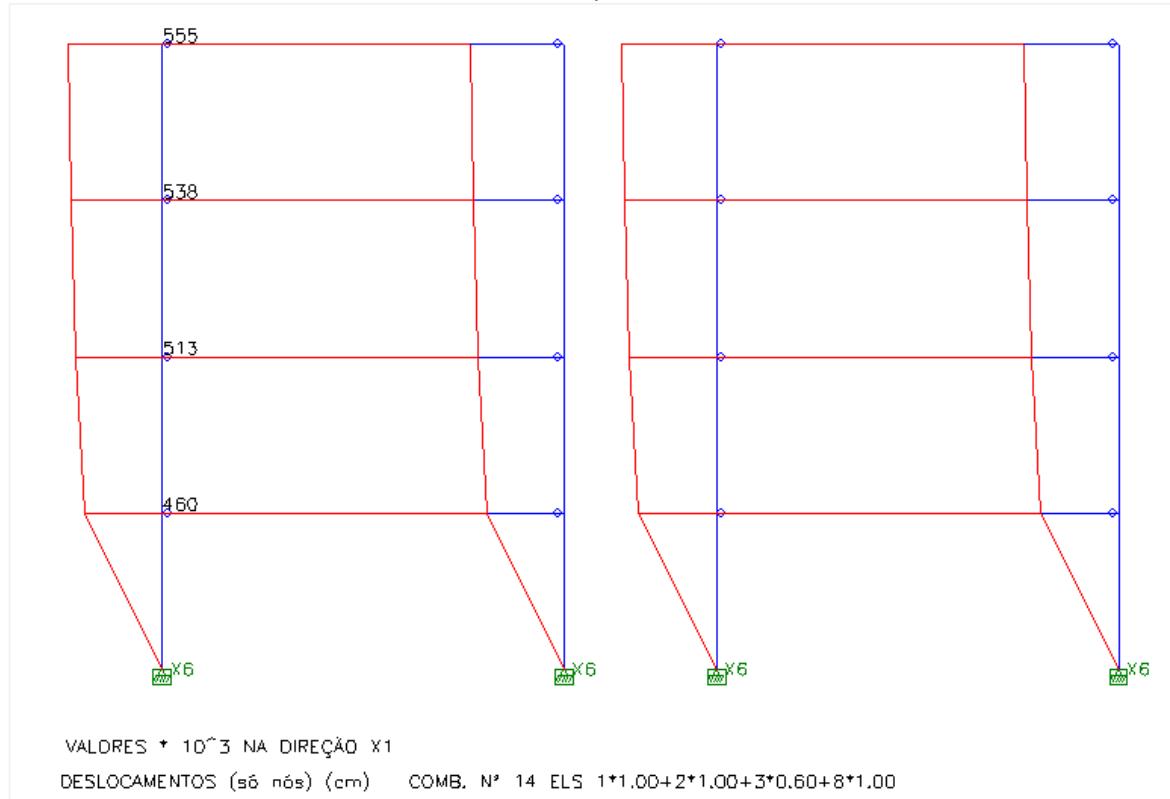
## 4.2 DESLOCAMENTOS DOS ELEMENTOS

Após a aprovação para os estados-limites, foi verificado se os perfis adotados apresentavam deslocamento horizontal no topo dos pilares menor do que o limite permitido pela norma, já mostrado anteriormente no Quadro 23.

Foi necessário verificar, em todos os casos, os deslocamentos nos dois sentidos do edifício, como mostra a Figura 54 e a Figura 55. Esse procedimento foi feito para todos os eixos e filas e considerando todas as combinações de serviço.

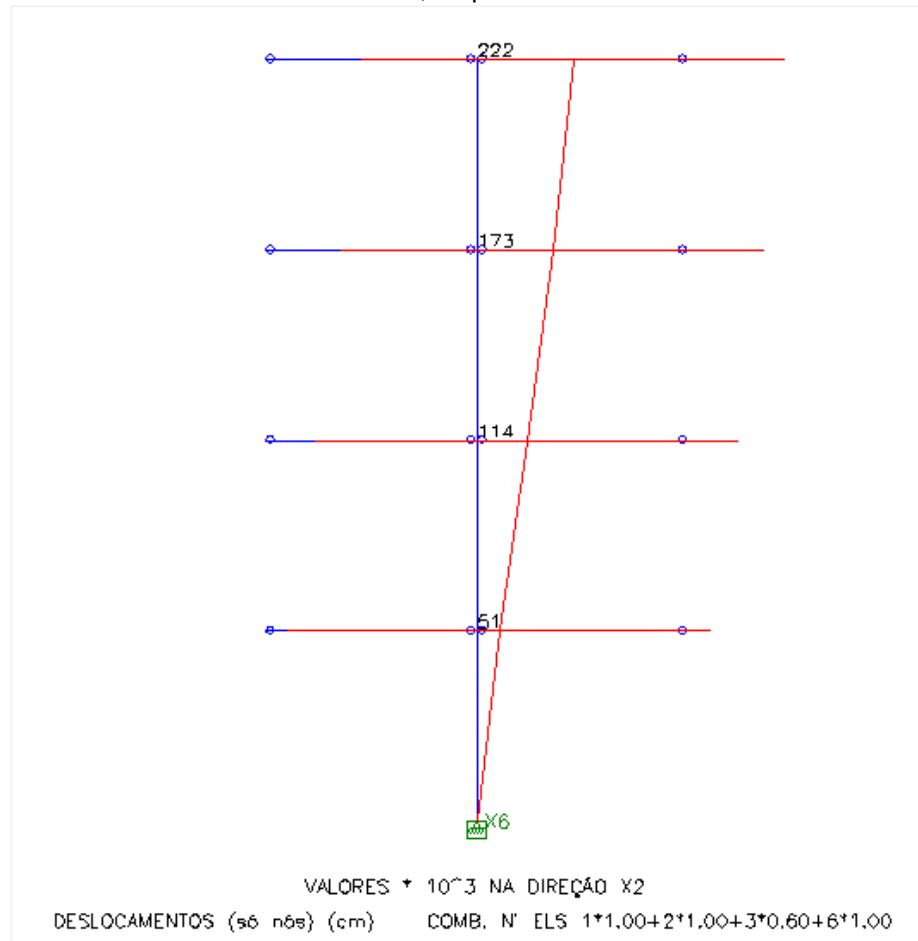
Como são muitos casos estudados, o Quadro 28, o Quadro 29 e o Quadro 30 mostram um resumo dos deslocamentos nos 3 edifícios. Considerando, em cada caso, todos os tipos de perfis utilizados.

Figura 54 – Deslocamento horizontal no topo dos pilares para o edifício de 4 pavimentos com perfil laminado, no plano X1-X3.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 55 – Deslocamento horizontal no topo dos pilares para o edifício de 4 pavimentos com perfil laminado, no plano X2-X3.



Fonte: STRAP (2017).

Quadro 28 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares, para o edifício de 4 pavimentos.

Perfil	Planos	
	X1-X3	X2-X3
Laminado	0,67	0,23
Soldado 345 MPa	0,72	0,26
Soldado 450 MPa	0,79	0,28
Tubular 345 MPa	0,80	0,27
Tubular 450 MPa	1,01	0,29
Tubular preenchido 345 MPa	0,68	0,19
Tubular preenchido 450 MPa	0,79	0,21

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 29 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares, para o edifício de 8 pavimentos.

Perfil	Planos	
	X1-X3	X2-X3
Laminado	1,28	1,76
Soldado 345 MPa	1,38	1,91
Soldado 450 MPa	1,54	2,06
Tubular 345 MPa	1,47	2,02
Tubular 450 MPa	1,78	2,22
Tubular preenchido 345 MPa	1,37	1,53
Tubular preenchido 450 MPa	1,55	1,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 30 – Resumo dos deslocamentos máximos (em cm) no topo dos pilares, para o edifício de 12 pavimentos.

Perfil	Planos	
	X1-X3	X2-X3
Laminado	2,85	6,04
Soldado 345 MPa	2,87	6,12
Soldado 450 MPa	3,16	6,49
Tubular 345 MPa	3,13	6,58
Tubular 450 MPa	3,37	7,12
Tubular preenchido 345 MPa	2,63	5,05
Tubular preenchido 450 MPa	3,00	5,57

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.3 CONSUMO DE AÇO NOS PILARES

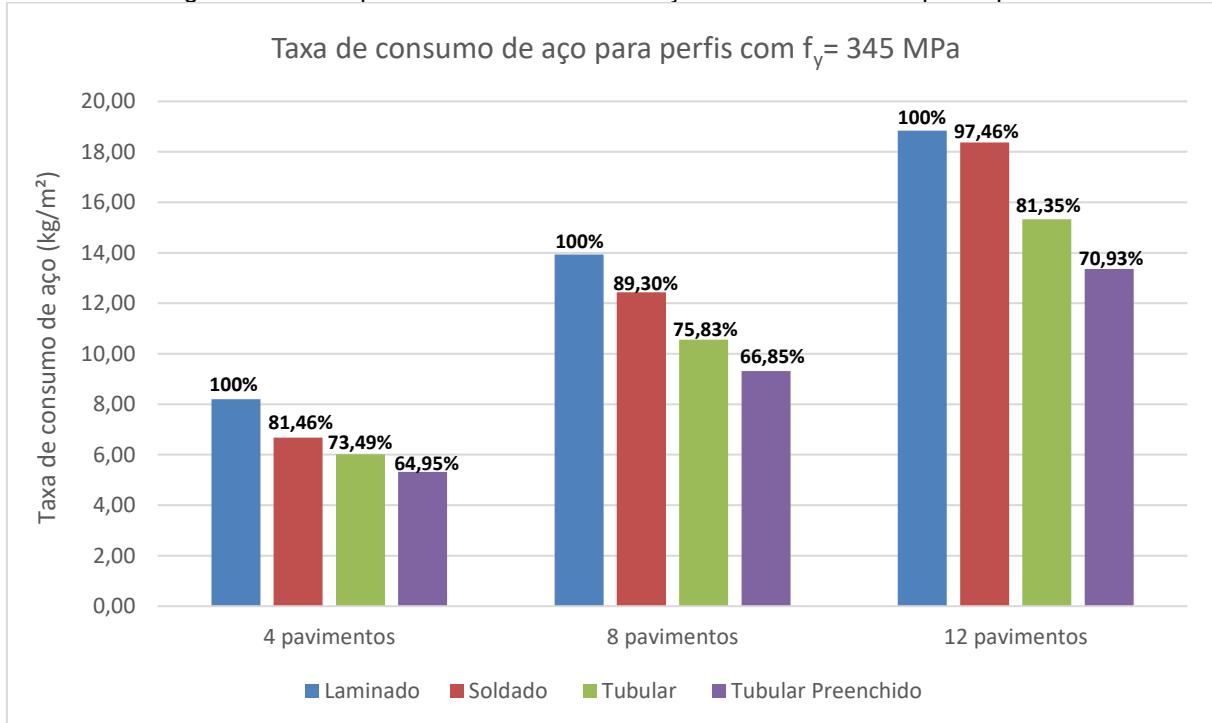
No item 4.1 foram apresentados os pilares utilizados nos edifícios de 4, de 8 e de 12 pavimentos. Neste item, para fins de comparação entre as soluções apresentadas, será avaliado o consumo de aço referente a cada tipo de perfil utilizado nos pilares.

Tendo em vista que são muitas variáveis, como seções transversais diferentes, alteração do aço utilizado e variação da altura, inicialmente, por questões de simplificação, foram analisados apenas os perfis com resistência ao escoamento igual a 345 MPa.

Dessa forma, a Figura 56 traz uma comparação entre a taxa de consumo de aço dos pilares utilizando perfis laminados, soldados, tubulares e tubulares preenchidos, com

$f_y$  de 345 MPa. Nela é possível observar que, para os três edifícios estudados, a taxa de consumo referente aos pilares foi maior quando se utilizou perfis laminados e menor quando se utilizou perfis tubulares ou tubulares preenchidos com concreto.

Figura 56 – Comparativo de consumo de aço de acordo com o tipo de perfil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Esse resultado é, de certa forma, esperado. Pois por serem padronizados, os perfis laminados, muitas vezes, acabam ficando superdimensionados. Durante o dimensionamento, por exemplo, se um determinado perfil laminado não era suficiente para resistir às solicitações a que estava submetido, era necessário substituí-lo por um perfil maior. E, ao adotar um perfil superior, ele acabava ficando com uma folga consideravelmente grande.

É interessante observar as diferenças percentuais existentes entre o caso de maior consumo de aço (adotando perfil laminado) e os casos de menor consumo (utilizando perfil tubular e tubular preenchido), como mostra o Quadro 31 e o Quadro 32. Neles, é possível perceber que, conforme o número de pavimentos foi aumentando, a diferença percentual reduziu.

Quadro 31 – Comparativo entre perfis laminados e perfis tubulares, com  $f_y = 345$  MPa.

Nº de Pavimentos	Peso (kN)		Diferença	
	Laminado	Tubular	Numérica (kN)	Percentual
4	73,16	53,76	19,40	26,51%
8	223,83	169,73	54,10	24,17%
12	437,43	355,84	81,59	18,65%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 32 – Comparativo entre perfis laminados e perfis tubulares preenchidos, com  $f_y = 345$  MPa.

Nº de Pavimentos	Peso (kN)		Diferença	
	Laminado	Tubular preenchido	Numérica (kN)	Percentual
4	73,16	47,52	25,64	35,05%
8	223,83	149,63	74,20	33,15%
12	437,43	310,26	127,17	29,07%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Esse resultado indica que o ganho percentual nem sempre irá seguir na mesma medida, isso acontece devido a fatores como restrições geométricas, de esbeltez e de flambagem local dos elementos. Contudo, percebe-se que, no final, as soluções tubulares continuam vantajosas e apresentam uma redução acentuada do consumo de aço.

Ao incluir na comparação os perfis com resistência ao escoamento igual a 450 MPa, percebe-se uma redução ainda maior no consumo de aço dos elementos. Nesse caso, os perfis tubulares e os tubulares preenchidos, quando comparados com os laminados, apresentam uma diferença percentual mínima de, respectivamente, 25,32% e 34,20%, para o edifício de 12 pavimentos. Essa diferença é ainda maior para o edifício de menor altura, como observa-se no Quadro 33 e no Quadro 34.

Quadro 33 – Comparativo entre perfil tubular de 450 MPa e perfil laminado.

Nº de Pavimentos	Peso (kN)		Diferença	
	Laminado (345 MPa)	Tubular (450 MPa)	Numérica (kN)	Percentual
4	73,16	49,57	23,59	32,25%
8	223,83	152,32	71,51	31,95%
12	437,43	326,68	110,75	25,32%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 34 – Comparativo entre perfil tubular preenchido de 450 MPa e perfil laminado.

Nº de Pavimentos	Peso (kN)		Diferença	
	Laminado (345 MPa)	Tubular preenchido (450 MPa)	Numérica (kN)	Percentual
4	73,16	44,87	28,29	38,67%
8	223,83	136,20	87,63	39,15%
12	437,43	287,84	149,58	34,20%

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No geral, notou-se uma diferença significativa quando comparado o consumo de aço dos perfis tubulares com os perfis laminados e soldados.

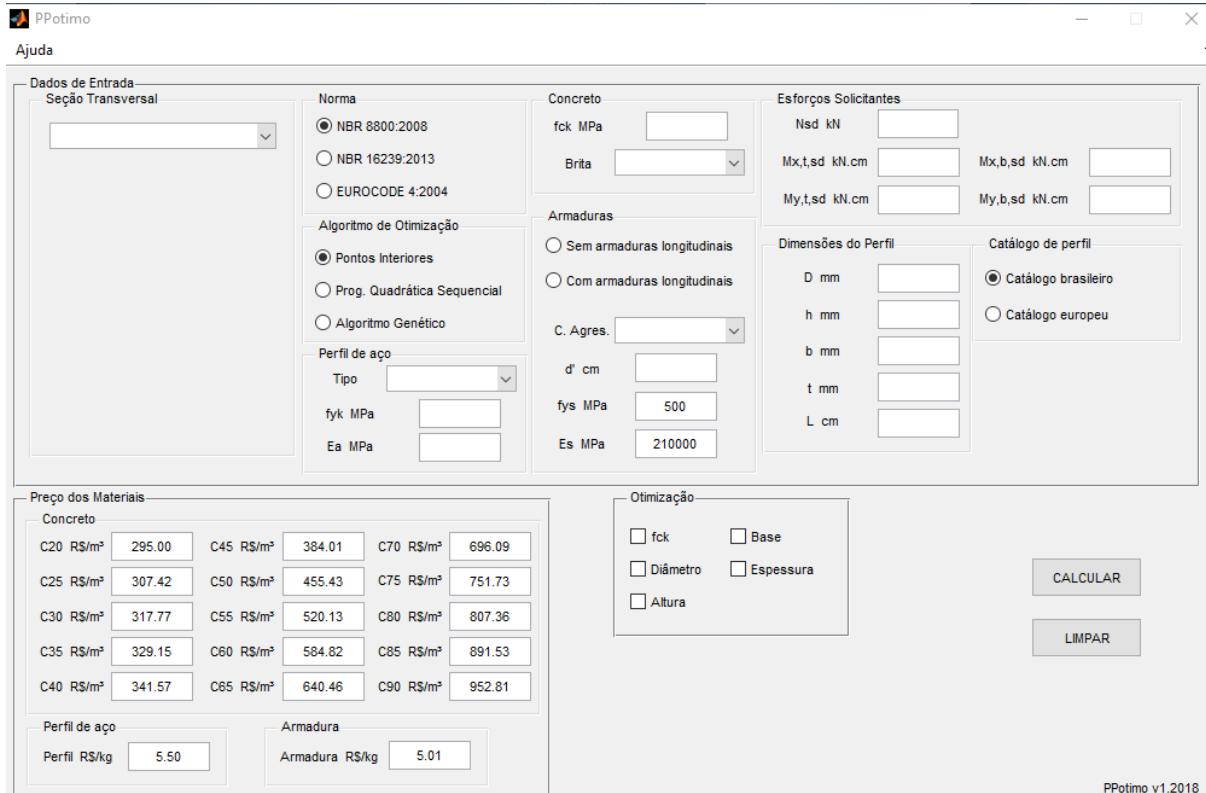
#### 4.4 COMPARAÇÃO COM A ABNT NBR 16239:2013

Como o STRAP não apresenta a possibilidade de dimensionamento de elementos tubulares por meio da ABNT NBR 16239:2013, utilizou-se o programa desenvolvido por Lourenção (2019) para a verificação dos elementos conforme essa norma.

O programa foi desenvolvido na plataforma do Matlab e realiza o dimensionamento otimizado de pilares tubulares mistos de aço preenchidos com concreto, por meio da ABNT NBR 8800:2008, da NBR 16239:2013 e do EN 1993-1-1:2004 (LOURENÇO, 2019).

A partir de sua interface gráfica, mostrada na Figura 57, o software permite que o usuário insira informações como a geometria e as dimensões do perfil, os esforços atuantes no elemento, o comprimento da barra, o  $f_{ck}$  do concreto e informações referentes à armadura longitudinal, quando for usada. Após isso, ele realiza os cálculos e fornece os resultados.

Figura 57 – Interface gráfica inicial do programa de dimensionamento otimizado de pilares tubulares mistos.



Fonte: Lourenção (2019).

Para fins de comparação, escolheu-se 3 pilares tubulares mistos distintos, sendo um pilar de cada edifício analisado. Optou-se pelos pilares internos, de propriedade 9, com tensão de escoamento de 345 MPa. O Quadro 35, o Quadro 36 e o Quadro 37 apresentam uma comparação entre os esforços resistentes de calculados conforme a ABNT NBR 8800:2008, pelo STRAP, e os esforços resistentes conforme a ABNT NBR 16239:2013, calculados pelo programa desenvolvido por Lourenção (2019).

Quadro 35 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 4 pavimentos.

Programa	Dimensões do perfil		fck MPa	NRd kN	Mx,Rd kN.cm	My,Rd kN.cm
	b (mm)	t (mm)				
STRAP ABNT NBR 8800:2008	175	4,75	30	1337,54	7112,00	7112,00
Lourenção (2019) ABNT NBR 16239:2013				1428,85	7005,36	7005,36

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 36 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 8 pavimentos.

Programa	Dimensões do perfil		fck MPa	NRd kN	Mx,Rd kN.cm	My,Rd kN.cm
	b (mm)	t (mm)				
STRAP ABNT NBR 8800:2008	200	10	30	2707,07	17788,91	17788,91
Lourenço (2019) ABNT NBR 16239:2013				2819,14	17254,23	17254,23

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 37 – Comparativo entre esforços resistentes para um dos pilares do edifício de 12 pavimentos.

Programa	Dimensões do perfil		fck MPa	NRd kN	Mx,Rd kN.cm	My,Rd kN.cm
	b (mm)	t (mm)				
STRAP ABNT NBR 8800:2008	250	12,5	30	4411,83	34743,10	34743,10
Lourenço (2019) ABNT NBR 16239:2013				4475,27	33699,67	33699,67

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Pelos resultados apresentados nos quadros, percebe-se que a ABNT NBR 16239:2013 fornece maiores valores de esforço normal resistente de compressão. Dessa forma, nota-se o que foi discutido no capítulo 2, que para um mesmo índice de esbeltez reduzido, a ABNT NBR 16239:2013 fornece um fator de redução associado à resistência à compressão maior do que o fornecido pela ABNT NBR 8800:2008. Sendo assim, para o primeiro, o segundo e o terceiro caso exibidos anteriormente, há uma diferença em relação ao esforço resistente de compressão de 6,39%, 3,98% e 1,42%, respectivamente.

Percebe-se que os valores de momento fletor resistente de cálculo, obtidos de acordo com as duas normas, também são diferentes. Essa diferença deve-se, principalmente, ao fato de que a ABNT NBR 16239:2013 também traz uma pequena alteração no cálculo do momento fletor resistente, em relação à ABNT NBR 8800:2008. Somado a isso, também tem o fato de que foram utilizados na comparação programas desenvolvidos de maneiras diferentes e por pessoas diferentes, e isso também pode ser refletido nos resultados encontrados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi realizar uma análise comparativa dos pilares de um edifício comercial utilizando perfis tubulares e perfis de seção aberta, para isso realizou-se a verificação do consumo de aço para as soluções apresentadas.

Para se chegar aos resultados pretendidos, inicialmente foi necessário estabelecer as ações atuantes na estrutura e, com isso, os esforços solicitantes nos elementos. Em todos os casos foram verificados os elementos para os estados-limites últimos e de serviço. Observa-se que essa etapa é de muita importância, pois é a partir dela que serão definidas as seções das barras.

No que diz respeito ao consumo de aço, comparando os perfis tubulares com a solução que mais utilizou aço (perfis laminados), foi possível perceber que, em todos os casos analisados, houve uma redução no consumo do material quando se adotou um perfil tubular. Para o edifício de 4 pavimentos, por exemplo, o consumo reduziu em 26,51% para perfis tubulares e em 35,05% para perfis tubulares preenchidos.

Além disso, notou-se também que, ao utilizar aço com resistência ao escoamento igual a 450 MPa, o consumo de material também foi reduzido em todos os casos estudados (perfis soldados, tubulares e tubulares preenchidos). Essa observação é interessante, pois nota-se, principalmente no exterior, uma tendência de utilização de aços com maiores valores de  $f_y$ . E o Brasil tende a seguir o mesmo caminho, principalmente considerando que a norma brasileira permite a utilização de aços estruturais com resistência ao escoamento máxima de 450 MPa.

A partir desses resultados, e tendo em vista que o preço dos elementos varia de acordo com o tipo de aço e com o tipo de seção utilizada, notou-se com esse trabalho a importância da realização de um estudo que leve em consideração, também, fatores relacionados aos custos. Pois, dessa forma, os resultados seriam até mais consistentes.

Foi estudado também o dimensionamento de perfis tubulares segundo as duas normas brasileiras que tratam sobre o assunto, a ABNT NBR 8800:2008 e a ABNT NBR 16239:2013. Com isso, foi possível notar as diferenças existentes entre as normas, mostrando uma redução máxima de 6,39% no esforço resistente de compressão, para um dos edifícios estudados. Esse resultado evidencia a importância dessa norma específica para o dimensionamento de perfis tubulares, pois ela consegue fornecer resultados mais precisos, que levem em consideração as particularidades desses perfis.

De forma geral, a partir dos resultados encontrados, conclui-se que a utilização de perfis tubulares para os casos estudados é viável, pois já que os perfis estruturais de aço são vendidos por quilo, haveria uma vantagem econômica direta ao utilizar perfis com menor consumo de aço.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Dada a importância do tema, sugere-se para trabalhos futuros a elaboração de um estudo comparativo que leve em consideração uma análise de custos para todas as soluções utilizadas. Nessa análise seria necessário realizar pesquisas de mercado para o levantamento de preço dos perfis, dos demais insumos utilizados, da mão de obra e de outros custos que estejam envolvidos no processo. Dessa forma, seria possível ter uma visão mais bem definida sobre a melhor solução para os casos estudados.

Além disso, sugere-se também a elaboração de estudos que realizem avaliações ambientais com base na Análise do Ciclo de Vida dos produtos. Isso porque, atualmente, não é suficiente avaliar apenas fatores como qualidade, desempenho e preço das soluções adotadas, mas também fatores que levem em consideração os impactos ambientais dos produtos utilizados. Desse modo, seria possível visualizar, para as soluções estudadas, não apenas aspectos relacionados ao desempenho estrutural e econômico dos perfis, mas também relacionados a questões ambientais, que são de extrema importância.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Afonso Henrique Mascarenhas de. **Construção metálica tubular.** Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/biblioteca-detalhes.php?cod=101074>. Acesso em: 01 out. 2019.

ARAÚJO, Afonso Henrique Mascarenhas de et al. **Projeto de estruturas de edificações com perfis tubulares de aço.** Belo Horizonte: Ed. do Autor, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16239: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações.** Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro, 2008.

ArcelorMittal Perfilor. **Polydeck 59S:** O steel deck da ArcelorMittal. 2016.

ATIR Engeneering Software. **STRAP – Structural Analysis Programs.** Versão 2017.

BASTOS, A. M. C. Q. **Análise do efeito da deslocabilidade lateral em edifício de andares múltiplos em estrutura mista de aço e concreto.** 2014. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Pilares de concreto armado.** Bauru, 2017.

BELLEI, Ildony H. et al. **Edifícios de múltiplos andares em aço.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

CARNEIRO, Francisco; MARTINS, João Guerra. **Análise de estruturas: Contraventamento de Edifícios.** Série Estruturas: 1<sup>a</sup> edição, 2008.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura.** 7. ed. São Paulo: Blucher, 2013.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Construção em aço: Vantagens.** 2020. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>. Acesso em: 11 nov. 2019.

CHAVES, José Roberto Ferreira. **Análise dinâmica de pórticos metálicos contraventados.** 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

COSTA, Regina Maria Xavier. **O uso de perfis tubulares metálicos em estruturas de edifícios e sua interface com o sistema de fechamento vertical externo.** 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

FAKURY, Ricardo Hallal *et al.* **A futura norma brasileira de projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto com perfis tubulares.** Construmetal 2012, São Paulo.

FAKURY, Ricardo Hallal; SILVA, Ana Lydia Reis de Castro e; CALDAS, Rodrigo Barreto. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto.** São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

GERKEN, Fernanda de Sousa. **Perfis tubulares: aspectos arquitetônicos e estruturais.** 2003. 385 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

LOURENÇÂO, Jéssica Salomão. **Dimensionamento ótimo de pilares mistos preenchidos de aço e concreto.** 2019. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2019.

MARGARIDO, Aluizio Fontana. **O uso do aço na arquitetura.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2007.

PARKER et al., **Design guide for rectangular hollow section (RHS) joints under predominantly static loading.** CIDECT: Verl. TUV Rheinland, 1992.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço: dimensionamento prático de acordo com a NBR 8800:2008.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

QUEIROZ, Gilson. **Estruturas híbridas e mistas de aço e concreto.** 2014. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-detalhes.php?cod=6155>. Acesso em: 20 set. 2019.

QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, Roberval José; MARTINS, Alexander Galvão. **Manual de construção em aço:** Estruturas mistas – Vol. 1. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Bases para Projeto Estrutural na Arquitetura.** São Paulo: Zigurate, 2007.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Sistemas estruturais em aço na arquitetura** / Yopanan C.P. Rebello; Coordenação de Sidnei Palatnik - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2009.

WARDENIER, Jaap et al. **Hollow sections in structural applications.** Geneva: Bouwen met staal, 2010.

NARDIN, Silvana De et al. **Análise comparativa de soluções de pilares para galpões: pilares de aço, pré-moldados e mistos de aço e concreto.** Construmetal 2012, São Paulo.

SCADELAI, M. A.; PINHEIRO, L. M. **Estruturas de concreto – Pilares.** Capítulo 16. São Paulo, 2005.

## APÊNDICE A – CÁLCULO DA CARGA REFERENTE À CAIXA D'ÁGUA

O peso da caixa d'água foi calculado levando-se em consideração o consumo diário de água e a taxa de ocupação do edifício.

Determinar o consumo de água em uma edificação exige a coleta de muitos dados, como a população, o clima da região e a utilização dos aparelhos. Porém, na ausência de informações mais precisas, esse consumo pode ser obtido com base em tabelas que determinam o consumo de água por pessoa e a taxa de ocupação de uma edificação, de acordo com o seu uso (CARVALHO JÚNIOR, 2013). Dessa forma, o consumo diário em um edifício pode ser calculado por:

$$Cd = P \times q$$

Onde:

$P$  é a população que irá ocupar a edificação;

$q$  é o consumo per capita, em litros/dia.

A taxa de ocupação e o consumo de água per capita podem ser obtidos pelos Quadros 38 e 39. A taxa de ocupação para um edifício comercial foi tomada como sendo 1 pessoa por 6 m<sup>2</sup> de área, considerando um edifício para escritórios. Já o consumo de água para edifícios comerciais é de 50 litros por dia, per capita.

Quadro 38 – Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local.

Natureza do local	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório
Bancos	Uma pessoa por 5,00 m <sup>2</sup> de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m <sup>2</sup> de área
Lojas (pavimento térreo)	Uma pessoa por 2,50 m <sup>2</sup> de área
Lojas (pavimento superior)	Uma pessoa por 5,00 m <sup>2</sup> de área
Shopping centers	Uma pessoa por 5,00 m <sup>2</sup> de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m <sup>2</sup> de área
Salões de hotéis	Uma pessoa por 5,50 m <sup>2</sup> de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m <sup>2</sup> de área
Teatro, cinemas e auditórios	Uma cadeira para cada 0,70 m <sup>2</sup> de área

Fonte: Carvalho Júnior (2013).

Quadro 39 – Consumo predial diário de água.

Prédio	Consumo (litros/dia)
Alojamento provisório	80 <i>per capita</i>
Ambulatórios	25 <i>per capita</i>
Apartamentos	200 <i>per capita</i>
Casas populares ou rurais	150 <i>per capita</i>
Cavalariças	100 por cavalo
Cinemas e teatros	2 por lugar
Creches	50 <i>per capita</i>
Edifícios públicos ou comerciais	50 <i>per capita</i>
Escolas (externatos)	50 <i>per capita</i>
Escolas (internatos)	150 <i>per capita</i>
Escolas (semi-internato)	100 <i>per capita</i>
Escritórios	50 <i>per capita</i>
Garagens e posto de serviço	50 por automóvel/200 por caminhão
Hotéis(sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 por hóspede
Indústrias – uso pessoal	80 por operário
Indústrias – com restaurante	100 por operário
Jardins (regá)	1,5 por m <sup>2</sup>
Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Matadouro – animais de grande porte	300 por animal abatido
Matadouro – animais de pequeno porte	150 por animal abatido
Mercados	5 por m <sup>2</sup> de área
Oficinas de costura	50 <i>per capita</i>
Orfanatos, asilos, berçários	150 <i>per capita</i>
Piscinas – lâmina de água	2,5 cm por dia
Postos de serviços para automóveis	150 por veículo
Quartéis	150 <i>per capita</i>
Residência popular	150 <i>per capita</i>
Residência de padrão médio	200 <i>per capita</i>
Residência de padrão luxo	250 <i>per capita</i>
Restaurantes e outros similares	25 por refeição
Templos	2 por lugar

Fonte: Carvalho Júnior (2013).

Cada pavimento do edifício tem 182 m<sup>2</sup> de área. Dessa forma, a partir da taxa de ocupação adotada, é possível encontrar o total de pessoas que pode ocupar o local e, assim, encontrar o consumo diário do edifício. Além disso, também foi considerado um acréscimo de 15% ao valor encontrado, referente à reserva de incêndio.

Normalmente, em edifícios, é comum utilizar um sistema com dois reservatórios, um inferior e um superior. Dessa forma, considerou-se que, do volume de água total calculado, 60% ficaria no reservatório inferior e 40% no reservatório superior.

Para o edifício de 4 pavimentos:

$$\frac{1 \text{ pessoa}}{6 \text{ m}^2} \times 182 \text{ m}^2 \times 4 \text{ pavimentos} = 122 \text{ pessoas}$$

$$Cd = 122 \text{ pessoas} \times 50 \text{ litros/pessoa.dia} = 6100 \text{ litros/dia}$$

$$Cd_{total} = 6100 \text{ litros/dia} \times 1,15 = 7015 \text{ litros/dia}$$

$$Reservatório superior = 7015 \times 0,4 = 2806 \text{ litros/dia}$$

Para o edifício de 8 pavimentos:

$$\frac{1 \text{ pessoa}}{6 \text{ m}^2} \times 182 \text{ m}^2 \times 8 \text{ pavimentos} = 243 \text{ pessoas}$$

$$Cd = 243 \text{ pessoas} \times 50 \text{ litros/pessoa.dia} = 12150 \text{ litros/dia}$$

$$Cd_{total} = 12150 \text{ litros/dia} \times 1,15 = 13972,5 \text{ litros/dia}$$

$$Reservatório superior = 13972,5 \times 0,4 = 5589 \text{ litros/dia}$$

Para o edifício de 12 pavimentos:

$$\frac{1 \text{ pessoa}}{6 \text{ m}^2} \times 182 \text{ m}^2 \times 12 \text{ pavimentos} \cong 364 \text{ pessoas}$$

$$Cd = 364 \text{ pessoas} \times 50 \text{ litros/pessoa.dia} = 18200 \text{ litros/dia}$$

$$Cd_{total} = 18200 \text{ litros/dia} \times 1,15 = 20930 \text{ litros/dia}$$

$$Reservatório superior = 20930 \times 0,4 = 8372 \text{ litros/dia}$$

Sabendo o volume de água que deverá ser armazenado, buscou-se encontrar os reservatórios existentes no mercado que consigam reservar tais volumes. A partir das dimensões dos reservatórios encontrados, dividiu-se o volume de água pela área da

base do reservatório, obtendo-se assim, a altura da lâmina d'água, que foi multiplicada pelo peso específico da água, a fim de encontrar o peso referente à caixa d'água.

Para o edifício de 4 pavimentos, considerou-se um reservatório com área de base igual a  $4,62 \text{ m}^2$ . Para o edifício de 8 pavimentos, considerou-se dois reservatórios com base de  $4,62 \text{ m}^2$  e para o edifício de 12 pavimentos também foram adotados 2 reservatórios, com área de aproximadamente  $6,2 \text{ m}^2$ .

Para o edifício de 4 pavimentos:

$$\frac{2806 \text{ litros}}{1000 \times 4,62 \text{ m}} \times 9,81 \text{ kN/m}^3 = 5,96 \text{ kN/m}^2$$

Para o edifício de 8 pavimentos:

$$\frac{5589 \text{ litros}}{1000 \times 2 \times 4,62 \text{ m}} \times 9,81 \text{ kN/m}^3 = 5,96 \text{ kN/m}^2$$

Para o edifício de 4 pavimentos:

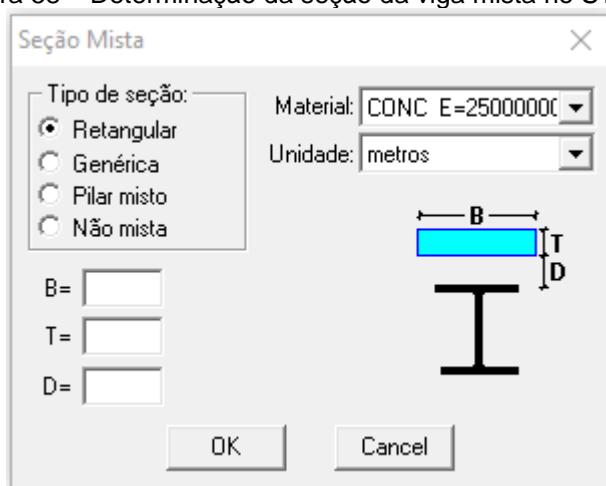
$$\frac{8372 \text{ litros}}{1000 \times 2 \times 6,2 \text{ m}} \times 9,81 \text{ kN/m}^3 = 6,67 \text{ kN/m}^2$$

Os valores obtidos foram adotados como carga permanente atuante na edificação. Destaca-se que se trata de um cálculo aproximado, pois para obter um resultado mais preciso seria necessário um estudo mais aprofundado e que levasse em consideração outros aspectos importantes.

## APÊNDICE B – CONSIDERAÇÕES SOBRE AS VIGAS MISTAS

Para que seja realizado o dimensionamento das vigas mistas, o STRAP solicita que o usuário informe algumas características desses elementos. No módulo de geometria são solicitadas informações como a largura efetiva e a espessura da laje de concreto (Figura 58) e no módulo metálica é necessário fornecer informações como o  $f_{ck}$  do concreto utilizado e a resistência dos conectores de cisalhamento.

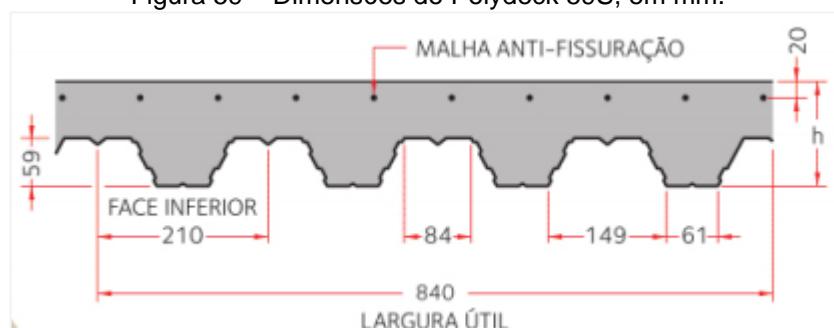
Figura 58 – Determinação da seção da viga mista no STRAP.



Fonte: Adaptado de STRAP (2017).

Para a determinação das medidas “T” e “D” mostradas na Figura 58, que são, respectivamente, a altura da laje de concreto e a altura das nervuras da fôrma de aço incorporada, utilizou-se as dimensões do Polydeck 59S da ArcelorMittal, ilustradas na Figura 59.

Figura 59 – Dimensões do Polydeck 59S, em mm.



Fonte: ArcelorMittal Perfilor (2016).

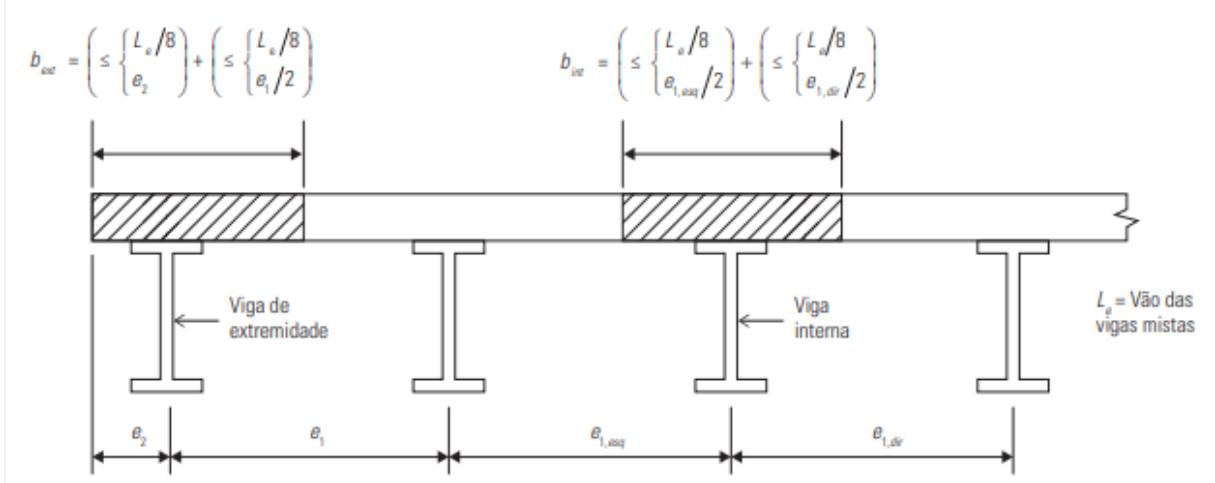
Dessa maneira, a medida “D” foi tomada como 5,9cm, que corresponde à altura das nervuras da fôrma de aço utilizada e a medida “T” foi tomada como 6,1cm, valor obtido pela diferença entre a espessura da laje (12cm) e a altura das nervuras (5,9cm).

Já para a determinação da largura efetiva, chamada de “B” pelo STRAP, foram feitas as considerações trazidas pela ABNT NBR 8800:2008, que estabelece que a largura efetiva, de cada lado da linha de centro da viga, deve ser tomada como o menor valor entre:

- 1/8 do vão da viga;
- 1/2 da distância entre vigas adjacentes;
- distância da linha de centro da viga à borda de uma laje em balanço.

A Figura 60 ilustra como deve ser calculada a largura efetiva para dois casos distintos de viga, uma interna e uma de extremidade.

Figura 60 – Determinação da largura efetiva de vigas.



Fonte: Fakury et al. (2016).

Dessa forma, para a viga de propriedade 1, que tem 7,55m e está distanciada das vigas adjacentes por 3,25m, tem-se que a largura efetiva é:

$$B_1 = \left( \leq \frac{7,55}{8} \right) + \left( \leq \frac{7,55}{3,25/2} \right) = \left( \leq \frac{0,944}{1,625} \right) + \left( \leq \frac{0,944}{1,625} \right)$$

$$B_1 = 0,944 + 0,944 = 1,888 \text{ m}$$

Para a viga de propriedade 2, que tem 6,40m e está a 2,55m de distância da viga à esquerda e 3,25m de distância da viga à direita, tem-se:

$$B_2 = \left( \leq \frac{6,40/8}{2,55/2} \right) + \left( \leq \frac{6,40/8}{3,25/2} \right) = \left( \leq \frac{0,80}{1,275} \right) + \left( \leq \frac{0,80}{1,625} \right)$$

$$B_2 = 0,80 + 0,80 = 1,60 \text{ m}$$

E, para a viga de propriedade 7, que tem 6,40m e está na borda do edifício, tem-se a largura efetiva como:

$$B_7 = \left( \leq \frac{6,40/8}{3,25/2} \right) + \left( \leq \frac{6,40/8}{0,1/2} \right) = \left( \leq \frac{0,80}{1,625} \right) + \left( \leq \frac{0,80}{0,05} \right)$$

$$B_2 = 0,80 + 0,05 = 0,85 \text{ m}$$

Após a determinação da geometria e das cargas atuantes, chega-se ao módulo metálica, onde é necessário determinar a resistência dos conectores de cisalhamento. Como utilizou-se conectores do tipo pino com cabeça, a força resistente de cálculo de um conector de cisalhamento é dada por:

$$Q_{Rd} \leq \left\{ \frac{\frac{1}{2} A_{cs} \sqrt{f_{ck} E_c}}{\frac{\gamma_{cs}}{R_g R_p A_{cs} f_{ucs}}} \right\}$$

Onde:

$A_{cs}$  é a área da seção transversal do conector;

$E_c$  é o módulo de elasticidade do concreto;

$\gamma_{cs}$  é o coeficiente de ponderação da resistência do conector, tomado como 1,25;

$R_g$  é um coeficiente que considera o efeito de atuação de grupos de conectores;

$R_p$  é um coeficiente que considera a posição do conector e

$f_{ucs}$  é a resistência à ruptura do aço do conector.

Considerando que foram utilizados conectores com diâmetro de 19mm, a área  $A_{cs}$  é obtida da seguinte forma:

$$A_{cs} = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 1,9^2}{4} = 2,84 \text{ cm}^2$$

Além disso, foi utilizado concreto com  $f_{ck}$  igual a 30 MPa. Para o cálculo do módulo de elasticidade, a ABNT NBR 6118:2014 determina que seu valor pode ser tomado como sendo igual ao módulo de deformação secante  $E_{cs}$ , que é obtido por:

$$E_{ci} = \alpha_E \cdot 5600\sqrt{f_{ck}}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \frac{f_{ck}}{80} \leq 1,0$$

$$E_{cs} = \alpha_i \cdot E_{ci}$$

O valor de  $\alpha_E$  varia com o tipo de agregado utilizado no concreto. Considerando que foi utilizado granito e gnaisse, esse valor é igual a 1,0, dessa maneira:

$$E_{ci} = 1,0 \times 5600\sqrt{30} = 30672,46 \text{ MPa}$$

$$\alpha_i = 0,8 + 0,2 \frac{30}{80} = 0,875 \leq 1,0$$

$$E_{cs} = 0,875 \times 30672,46 = 26838 \text{ MPa} = 2684 \text{ kN/cm}^2$$

O valor do coeficiente  $R_g$  foi tomado como 1,0, pois adotou-se um único conector soldado em nervuras perpendiculares ao perfil de aço. Já o coeficiente  $R_p$  foi tomado como sendo igual a 0,60, pois considerou-se conectores soldados na laje mista com nervuras perpendiculares ao perfil e com distância da borda do conector à alma da nervura, inferior a 50mm. A resistência à ruptura do aço do conector foi de 415 MPa. Assim sendo:

$$Q_{Rd} \leq \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2} \frac{2,84 \times \sqrt{3 \times 2684}}{1,25} = 101,94 \text{ kN} \\ \frac{1,0 \times 0,6 \times 2,84 \times 41,5}{1,25} = 56,57 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

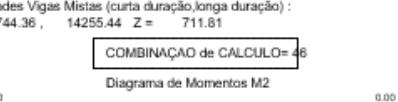
Dessa forma, adota-se o menor valor e a resistência dos conectores é igual a 56,57 kN.

Após a determinação da resistência dos conectores, o programa realiza o dimensionamento da viga considerando o número necessários de conectores para que se tenha interação total. Mostrando, por fim, os momentos resistentes e o número total de conectores para cada viga.

As Figuras 61 a 66 mostram os resultados detalhados, extraídos do STRAP, para as vigas mistas utilizadas, tanto para os estados-limites últimos quanto para os estados-limites de serviço. Como tratam-se de muitas vigas, escolheu-se para cada propriedade adotada (1, 2 e 7) uma viga diferente, para poder exibir o seu dimensionamento detalhado. Todos os resultados exibidos são para o edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis laminados.

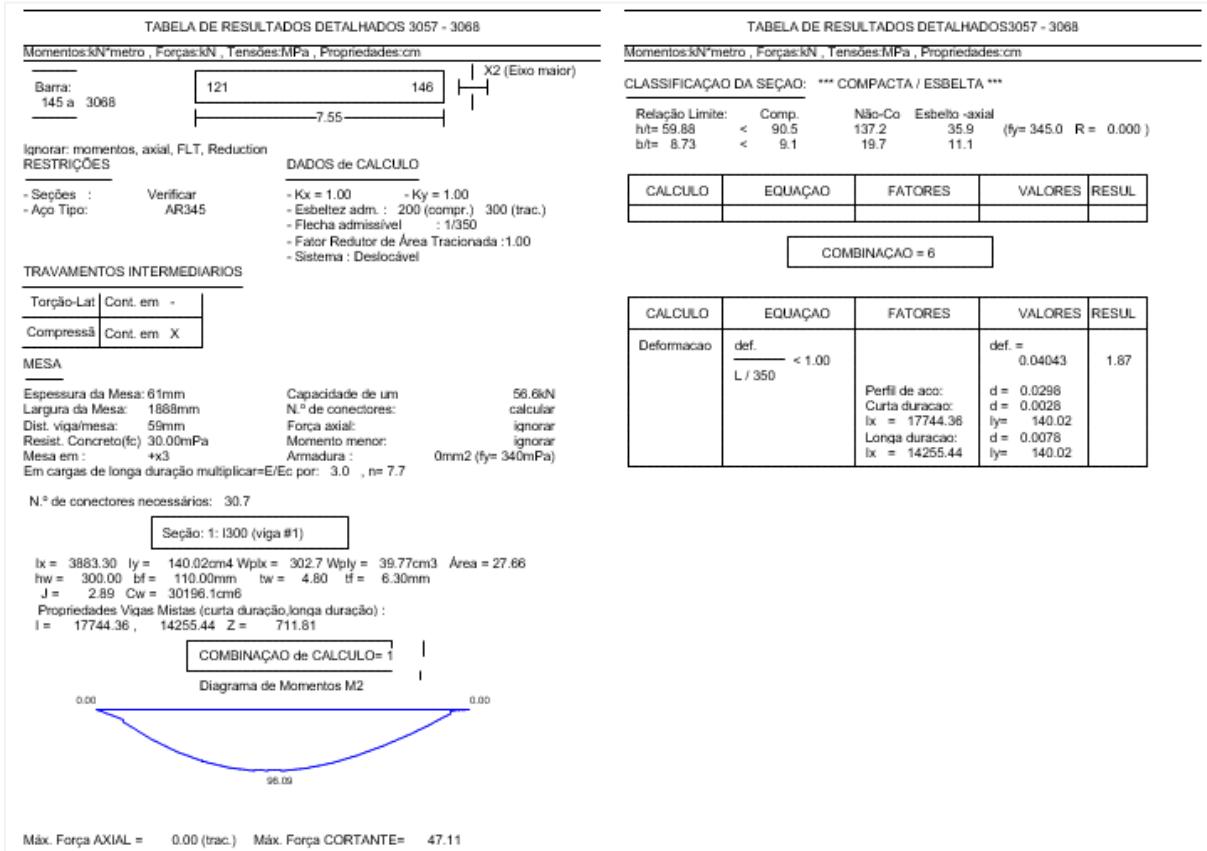
Para a propriedade 1, são mostrados, na Figura 61 e na Figura 62, os resultados referentes à viga interna do último pavimento, localizada no lado esquerdo do edifício.

**Figura 61 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 1 para ELU.**

TABELA DE RESULTADOS DETALHADOS 3057 - 3068					TABELA DE RESULTADOS DETALHADOS 3057 - 3068										
Momentos kNm/metro , ForçaskN, TensõesMPa , Propriedades.cm					Momentos kNm/metro , ForçaskN, TensõesMPa , Propriedades.cm										
<b>Barra:</b> 145 a 3068					<b>X2 (Eixo maior)</b>										
121					146										
7.55-															
<b>RESTRICOES</b>					<b>DADOS DE CALCULO</b>										
- Seções : Verificar - Aço Tipo: AR345					- Kx = 1.00 - Ky = 1.00 - Estrelas adm.: 200 (compr.) 300 (trac.) - Flecha admisivel : 1/350 - Fator Redutor de Área Trazacionada : 1.00 - Sistema : Deslocável										
<b>TRAVAMENTOS INTERMEDIARIOS</b>															
Torção-Lat	Cont. em +														
Compressâ															
<b>MESA</b>															
Espessura da Mesa: 61mm		Capacidade de um			56.6kN										
Largura da Mesa: 1888mm		N.º de conectores:			calcular										
Dist. vigas/mesa: 59mm		Força axial:			ignorar										
Resist. Concreto/fc: 30.00Mpa		Momento menor:			ignorar										
Mesa em : +x3		Armadura :			0mm2 (fy= 340Mpa)										
Em cargas de longa duração multiplicar=Ec por: 3.0 , n= 7.7															
N.º de conectores necessários: 30.7															
Seção: 1: I300 (viga #1)															
$I_x = 3883.30 \quad I_y = 140.02\text{cm}^4 \quad W_{plx} = 302.7 \quad W_{ply} = 39.77\text{cm}^3 \quad \text{Área} = 27.66$															
$hw = 300.00 \quad bf = 110.00\text{mm} \quad tw = 4.80 \quad tf = 6.30\text{mm}$															
$J = 2.89 \quad C_w = 30196.1\text{cm}^6$															
Propriedades Vigas Mistas (curta duração, longa duração) :															
$I = 17744.36 \quad Z = 14255.44 \quad Z = 711.61$															
COMBINAÇÃO de CALCULO= 6															
Diagrama de Momentos M2															
															
73.15															

Fonte: STRAP (2017).

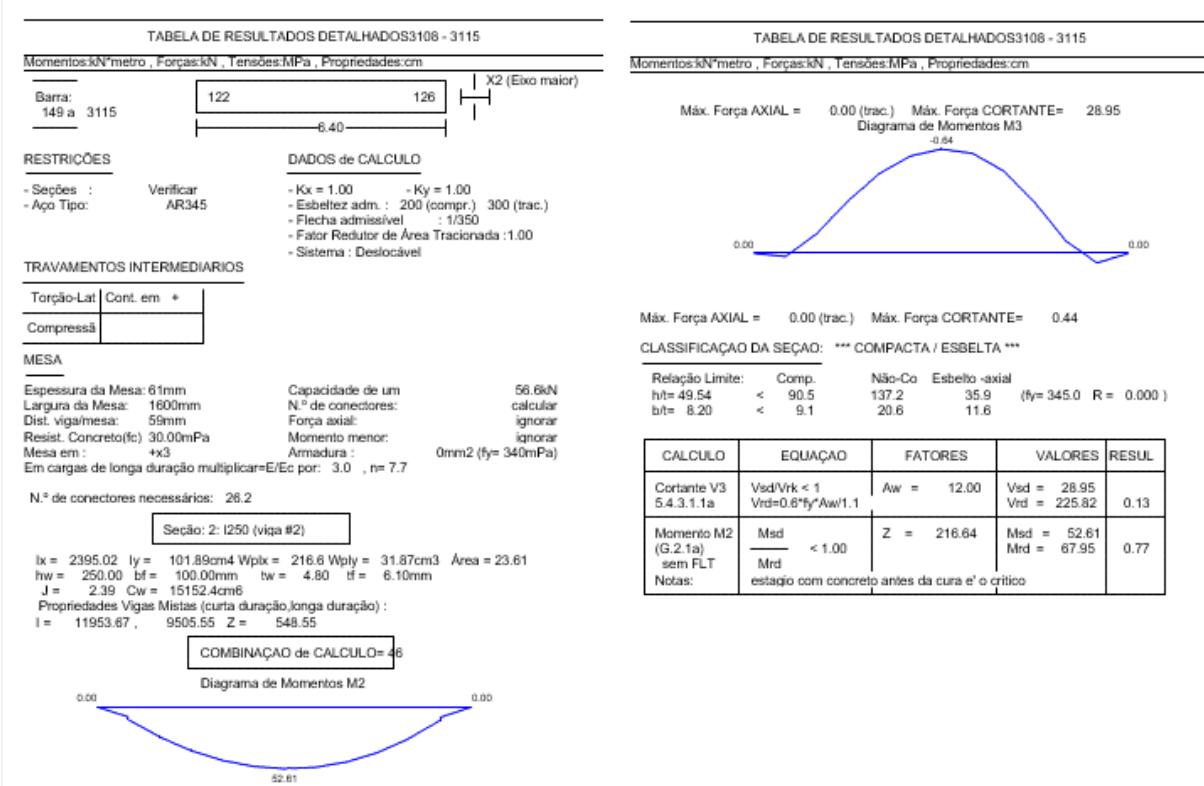
Figura 62 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 1 para ELS.



Fonte: STRAP (2017).

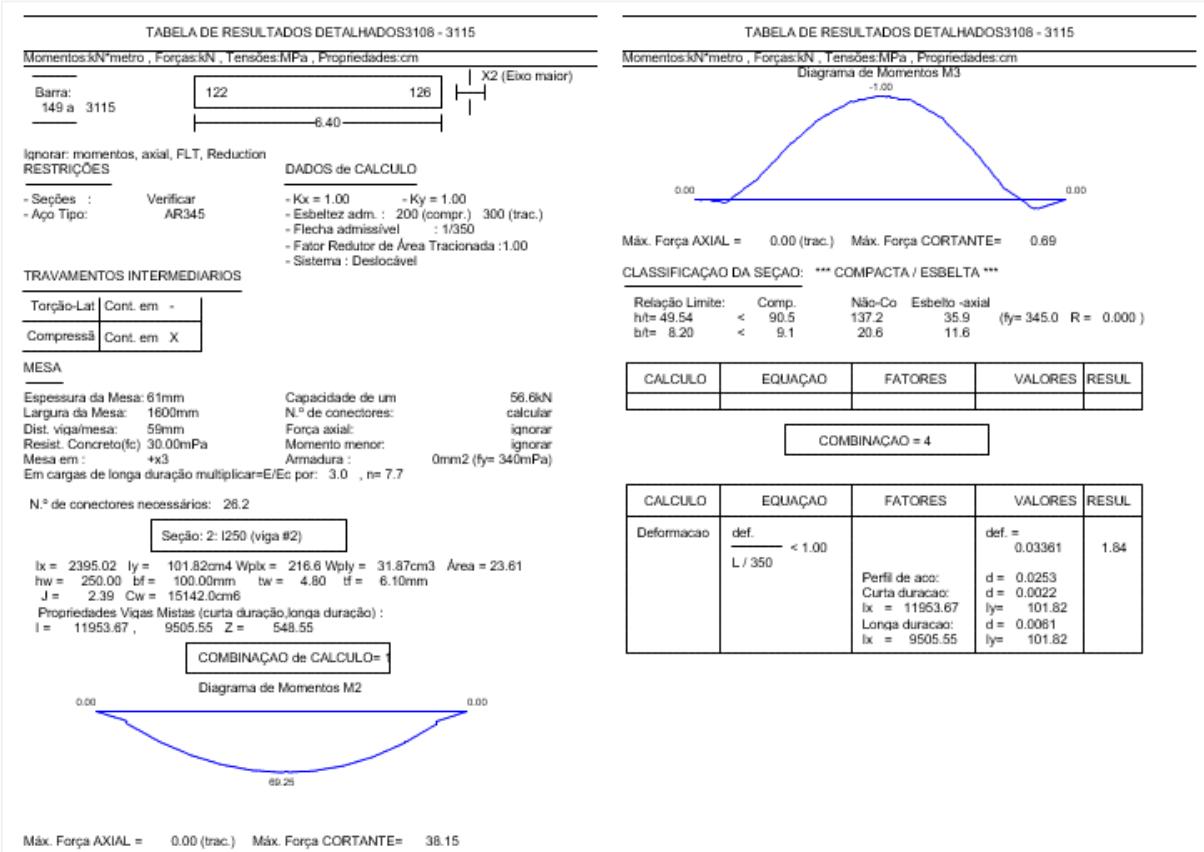
Para a propriedade 2, os resultados exibidos na Figura 63 e na Figura 64 também são referentes à viga do último pavimento, localizada mais à esquerda, na Fila D.

Figura 63 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 2 para ELU.



Fonte: STRAP (2017).

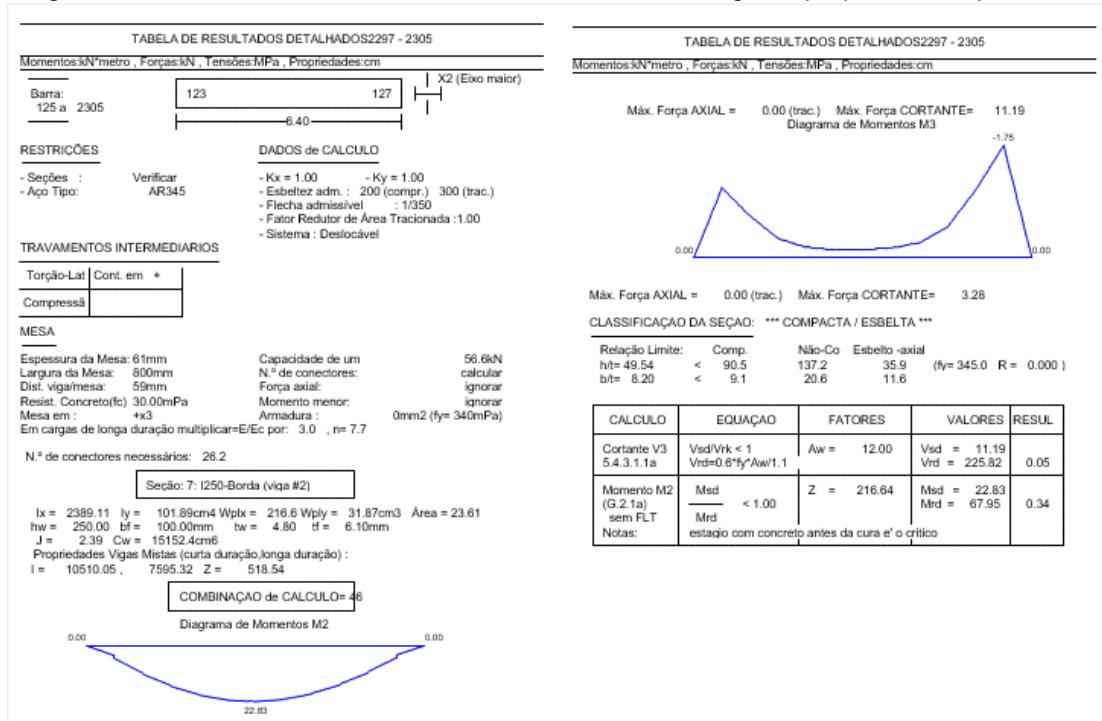
Figura 64 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 2 para ELS.



Fonte: STRAP (2017).

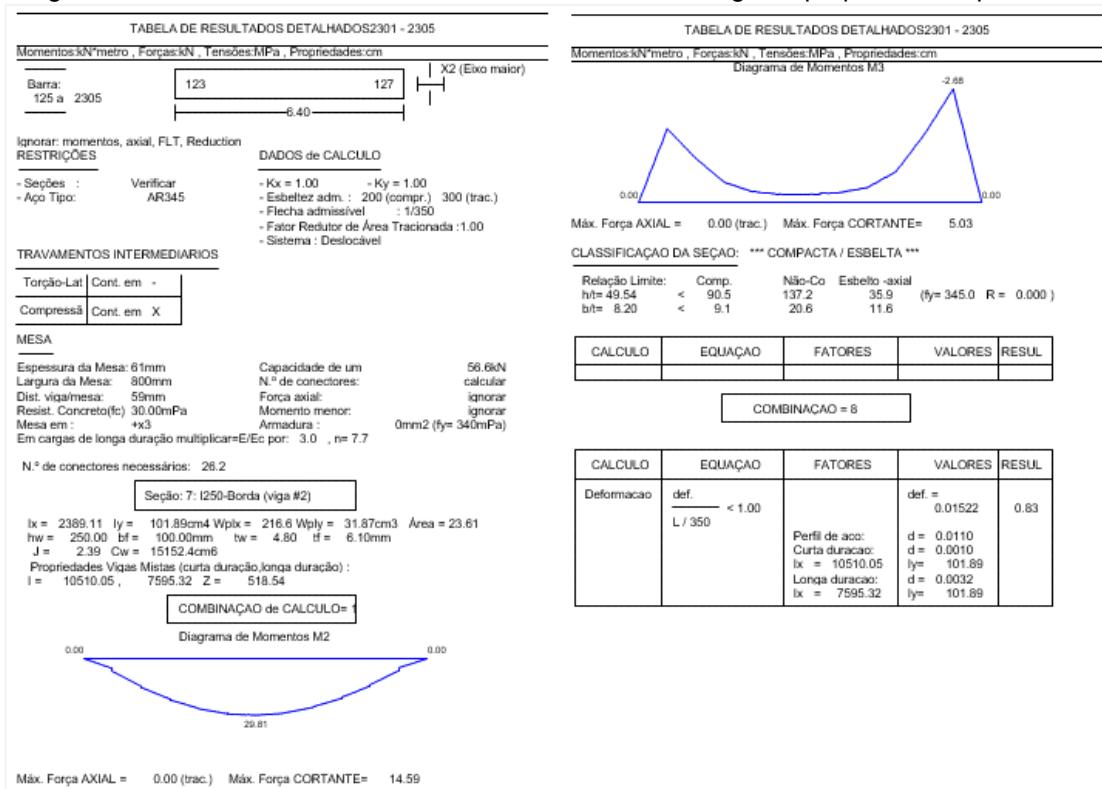
Já para a propriedade 7, a Figura 65 e a Figura 66 exibem os resultados para a viga situada no último pavimento, também localizada à esquerda, porém na fila E.

Figura 65 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 7 para ELU.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 66 – Resultado detalhado do dimensionamento da viga de propriedade 7 para ELS.



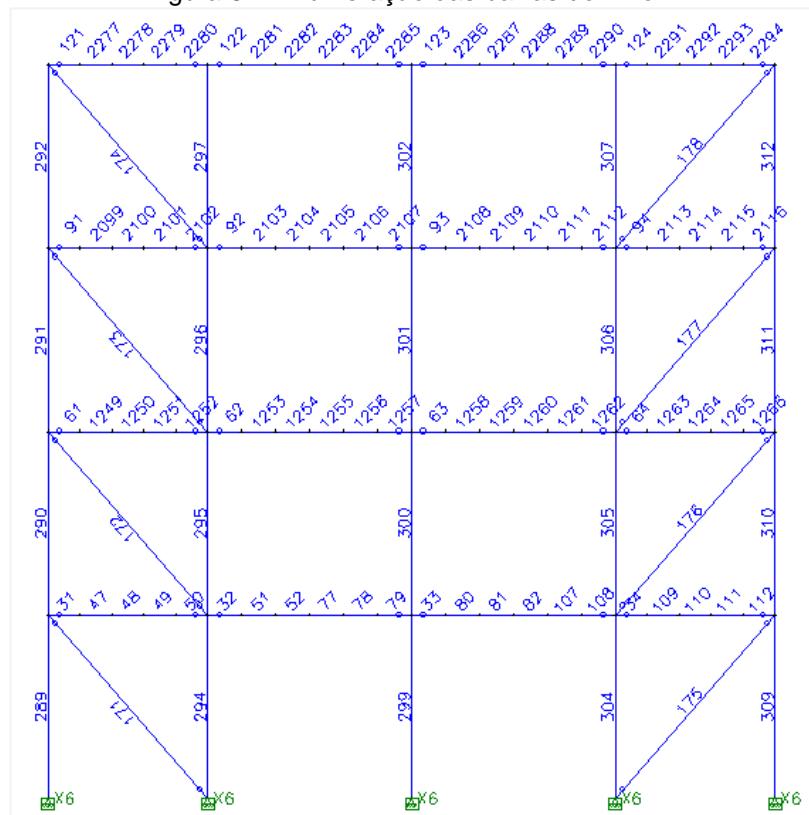
Fonte: STRAP (2017).

## **APÊNDICE C – RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DAS BARRAS**

Este apêndice destina-se à apresentação do resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos. Os resultados dos outros dois edifícios não serão apresentados aqui, contudo, destaca-se que os procedimentos realizados no dimensionamento foram mantidos os mesmos para todos os casos analisados.

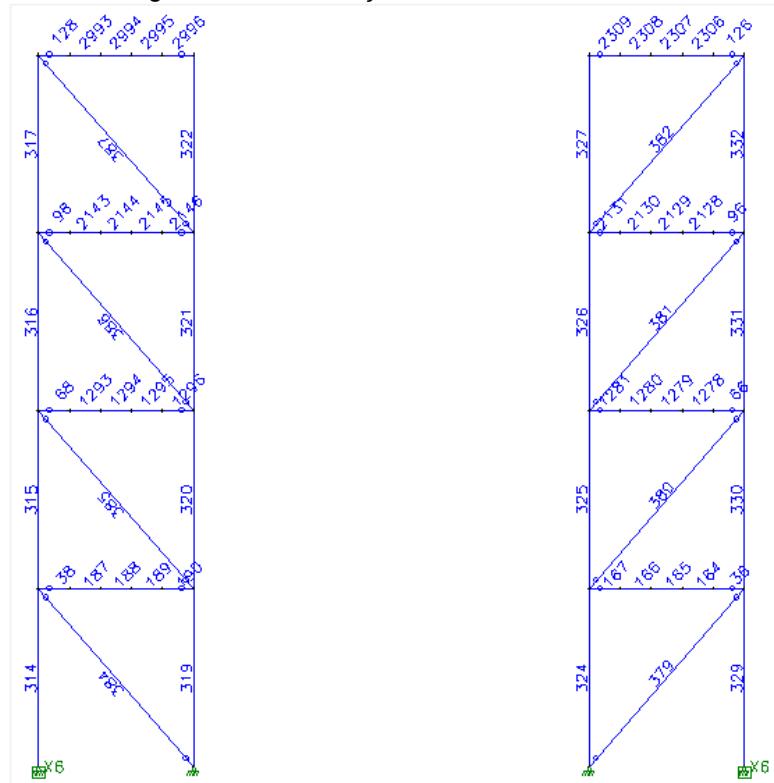
As Figuras 68 a 77 exibem os eixos e as filas do edifício, indicando o número das barras para os pilares, vigas e contraventamentos. Dessa forma, fica melhor a visualização e a identificação do resultado do dimensionamento de cada barra.

Figura 67 – Numeração das barras do Eixo 1.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 68 – Numeração das barras do Eixo 2.



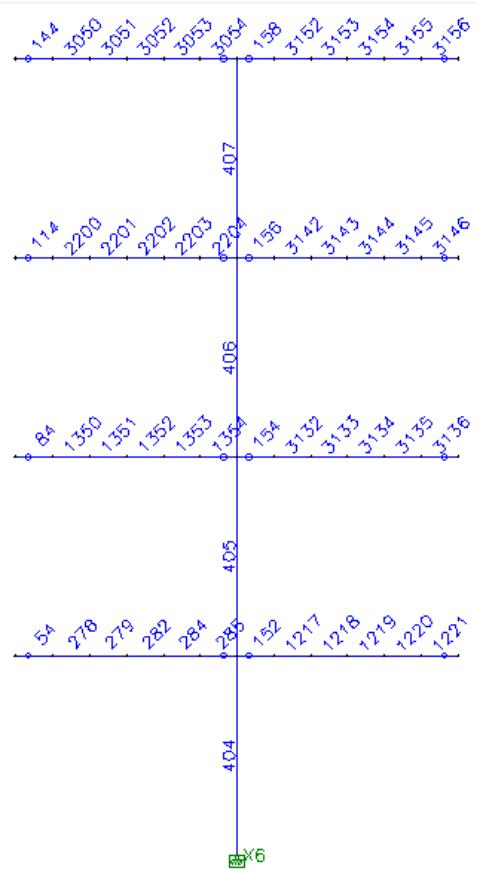
Fonte: STRAP (2017).

Figura 69 – Numeração das barras dos Eixos 3 e 4.



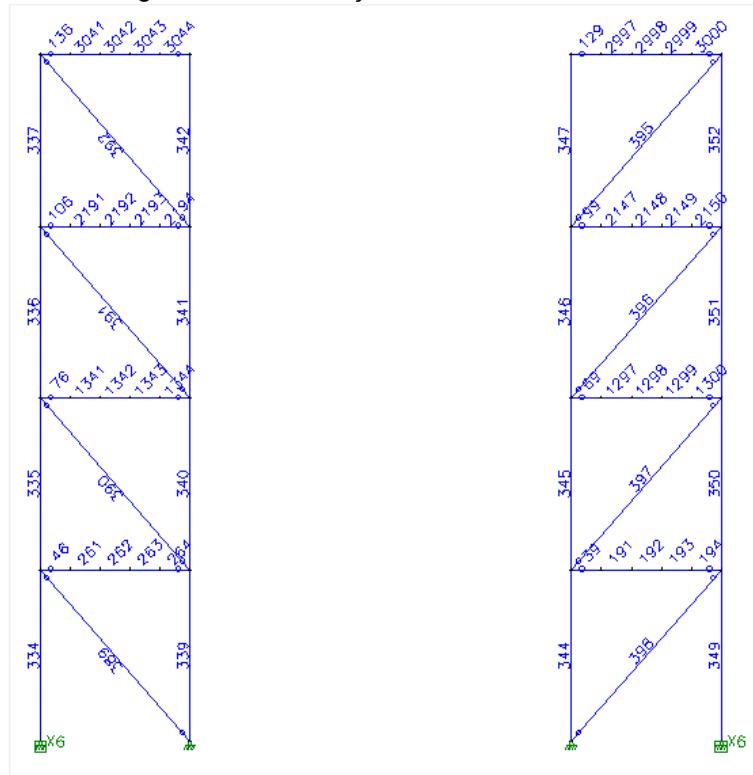
Fonte: STRAP (2017).

Figura 70 – Numeração das barras do Eixo 5.



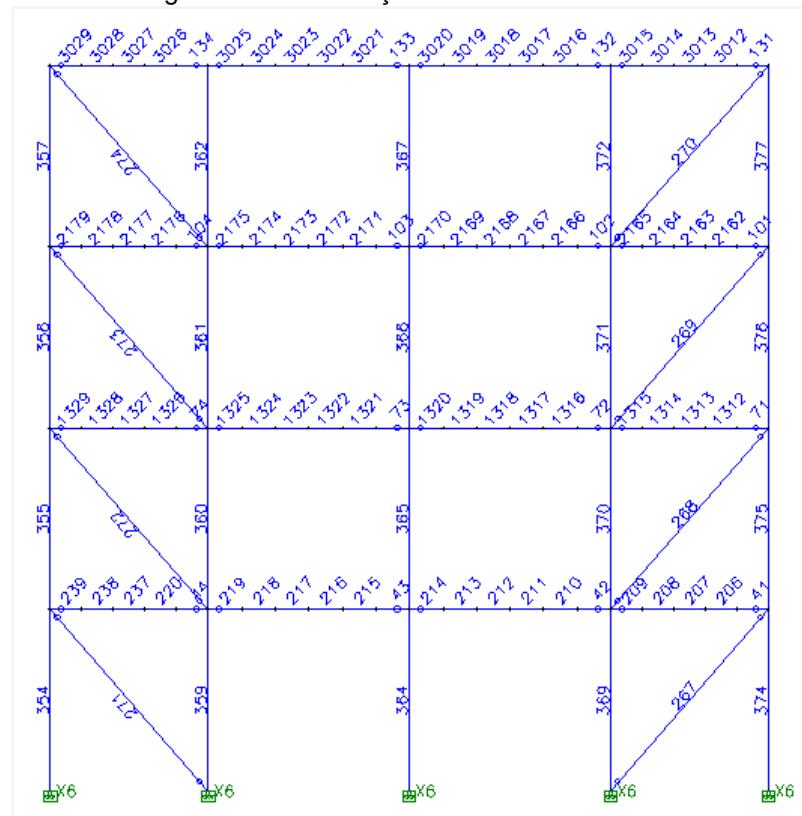
Fonte: STRAP (2017).

Figura 71 – Numeração das barras do Eixo 6.



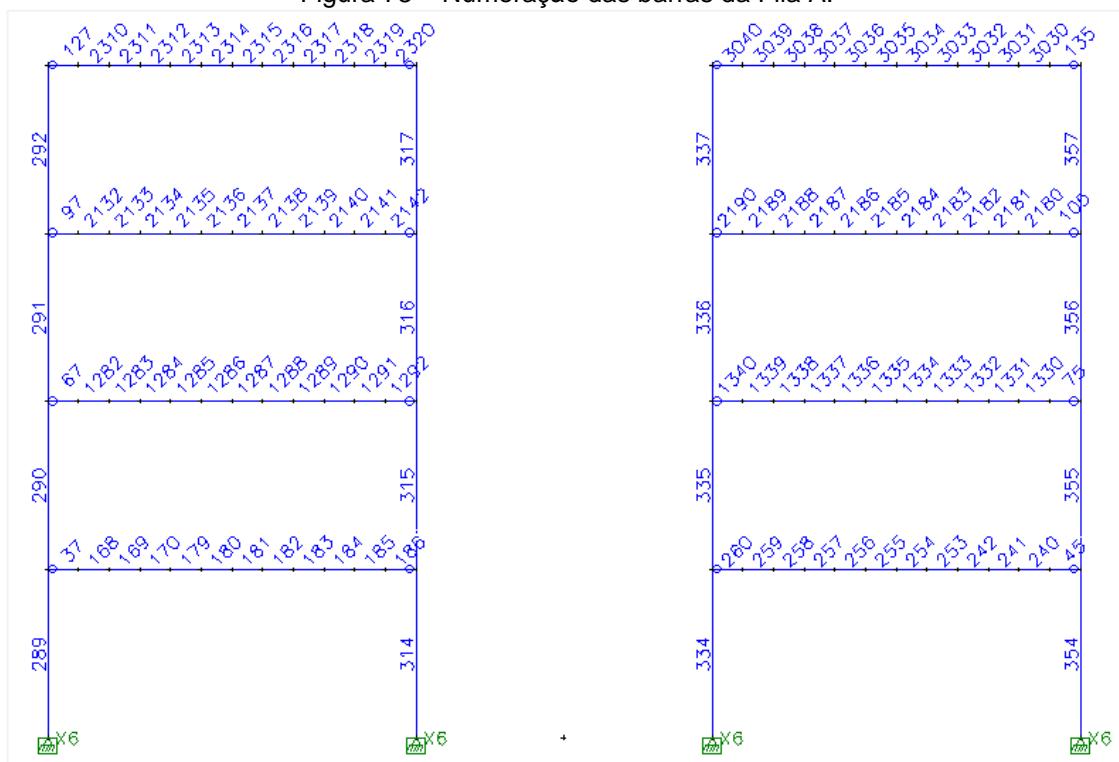
Fonte: STRAP (2017).

Figura 72 – Numeração das barras do Eixo 7.



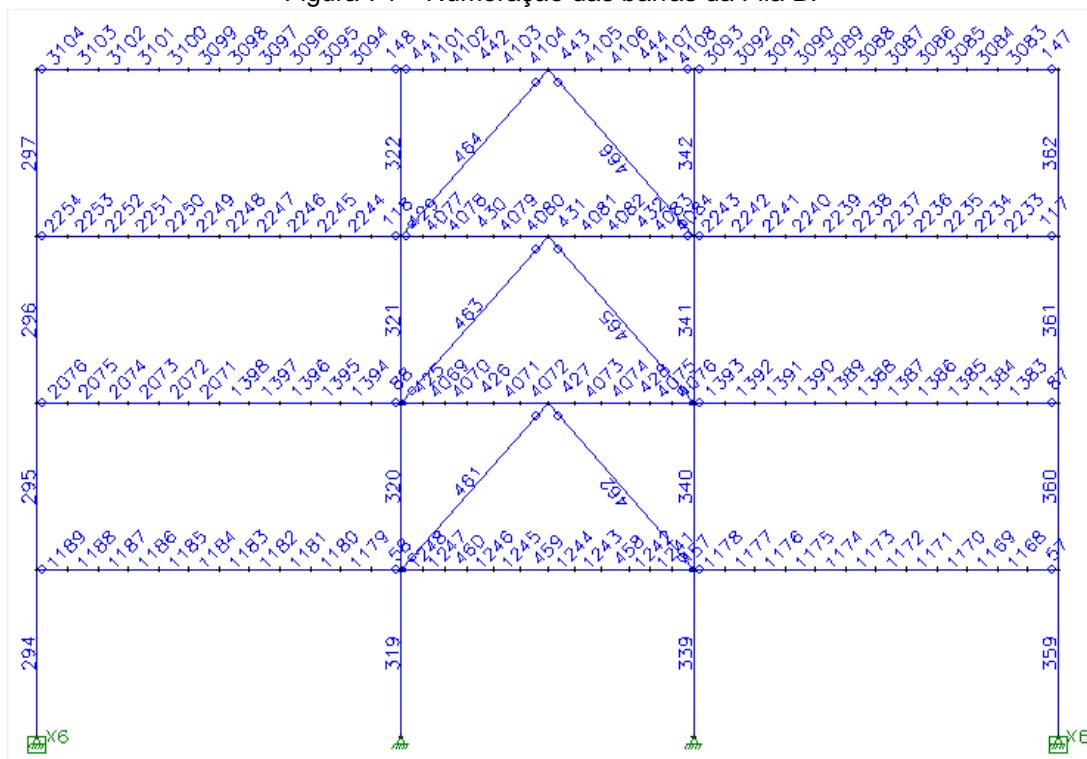
Fonte: STRAP (2017).

Figura 73 – Numeração das barras da Fila A.



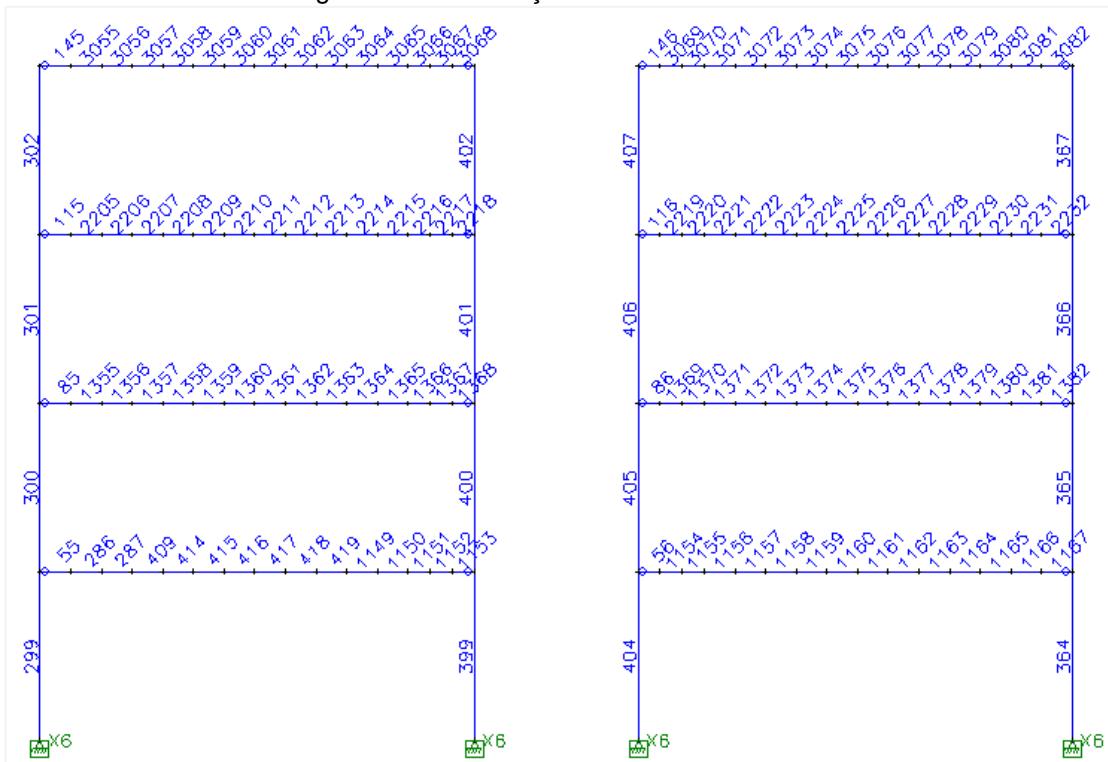
Fonte: STRAP (2017).

Figura 74 – Numeração das barras da Fila B.



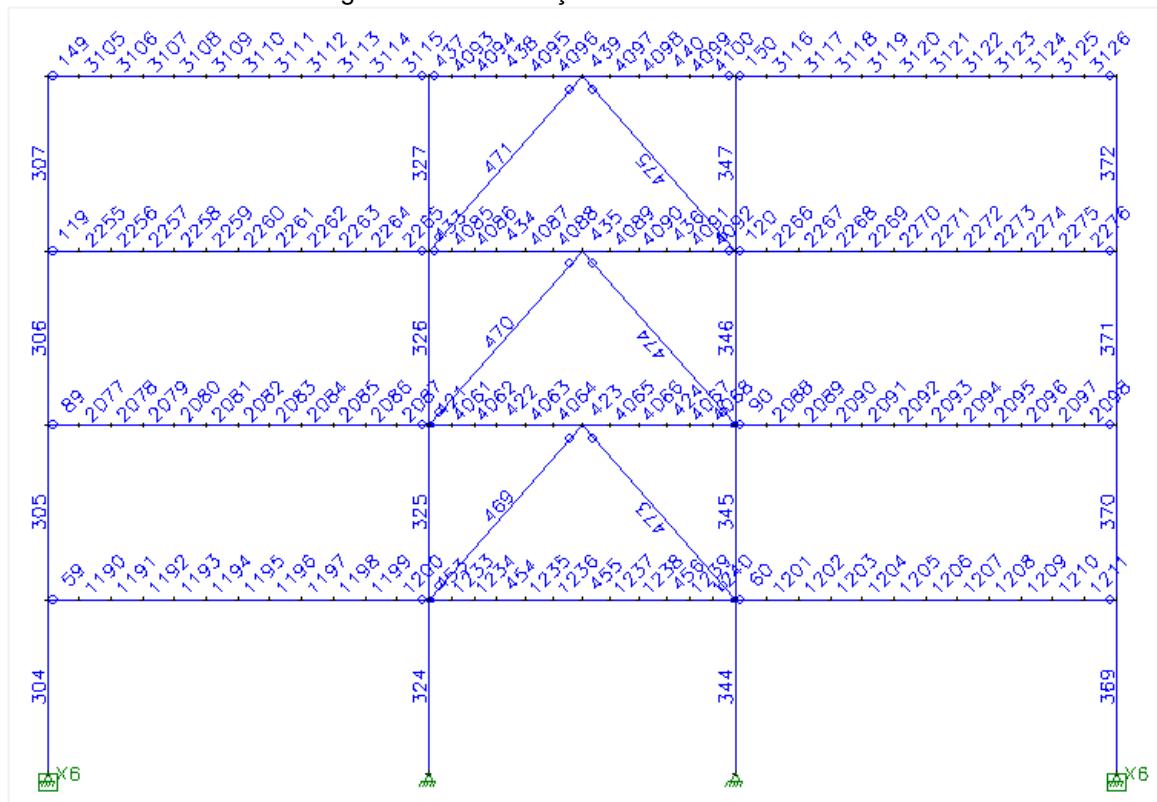
Fonte: STRAP (2017).

Figura 75 – Numeração das barras da Fila C.



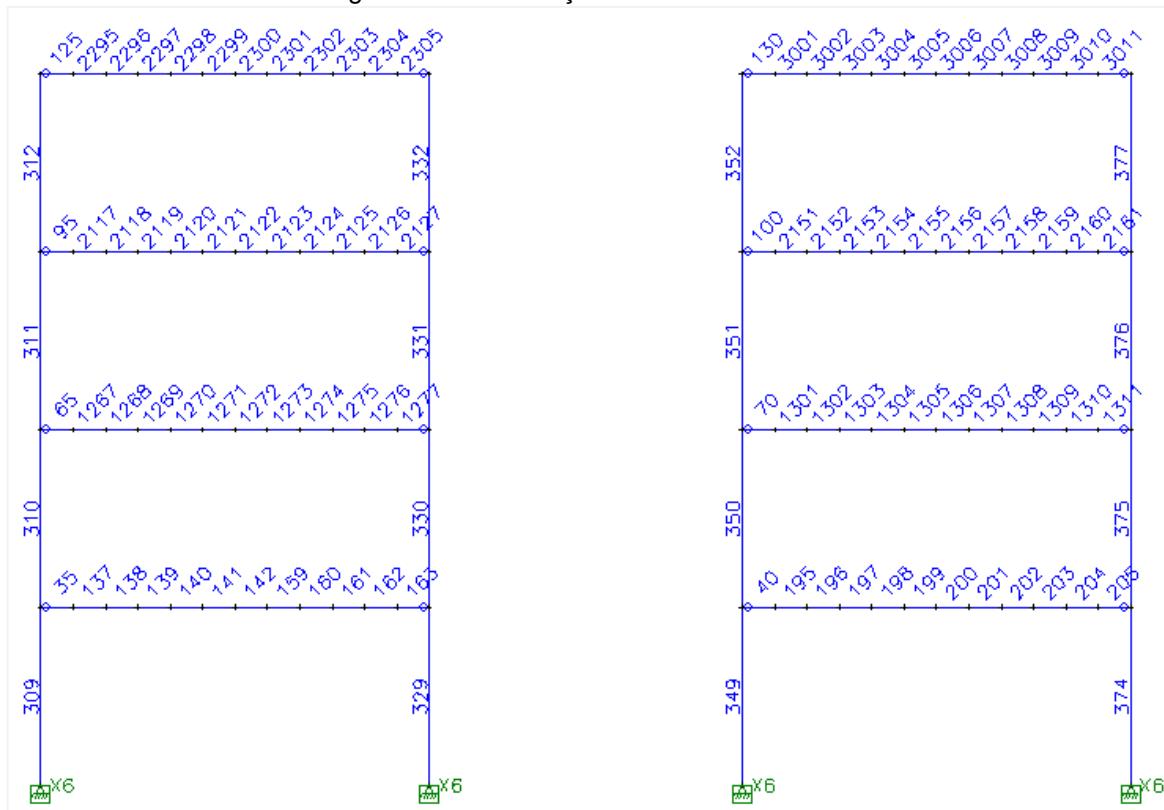
Fonte: STRAP (2017).

Figura 76 – Numeração das barras da Fila D.



Fonte: STRAP (2017).

Figura 77 – Numeração das barras da Fila E.



Fonte: STRAP (2017).

Os Quadros 40 a 46 exibem os resultados sumários de cada barra, conforme a numeração que foi indicada nas Figuras 68 a 77.

- Perfil laminado de seção aberta, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$**

Quadro 40 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis laminados.

1.1 (4 pav / Laminado / 345 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800 <b>Página:</b> <b>Data:</b> 18/12/20
<b>Preparado por:</b>	

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S						Combinada Axial+Mom
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT		
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06		0.07
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06		0.07
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04		0.34
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14		0.16
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04		0.34
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14		0.16
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14		0.16
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05		0.34
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06		0.07
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06		0.07
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05		0.34
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14		0.16
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06		0.06
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.27		0.27
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.34	0.80	0.80		0.80
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.78	0.78		0.78
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.73	0.09		0.73
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09		0.75
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09		0.75
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.73	0.09		0.73
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06		0.07
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		0.11
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06		0.07
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02		0.34
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.05	0.13	0.13		0.14
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02		0.34
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.05	0.13	0.13		0.14

69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.05	0.13	0.13		
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.05	0.13	0.13	0.14	
83	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07		
84	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.02	0.74	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.02	0.74	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	0.17	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	0.17	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.08	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.03	0.74	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.03	0.74	
121	I150 (viga #4)	19	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	

## Resultados Gerais

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10
124	I150 (viga #4)	21	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	0.18
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	0.17
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34
131	I150 (viga #4)	21	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10
134	I150 (viga #4)	19	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.14	0.14	0.17
143	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.77	0.01	0.77
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.75	0.75	0.75
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.76	0.03	0.76
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.03	0.77
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.03	0.77
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.76	0.03	0.76
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.27	0.27
153	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.08
154	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.08
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28
157	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.38	MJ	0.00	0.01	0.01	0.41
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.12	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.38	MJ	0.00	0.01	0.01	0.41
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.12	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09
						MI	0.00	0.01	0.00	
						MI	0.00	0.01	0.00	
						MI	0.00	0.01	0.00	
						MI	0.00	0.01	0.00	
						MI	0.00	0.01	0.00	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41	
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26	
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.07	
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.09	
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41	
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26	
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.07	
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.09	
289	W 150x29.8	27	9999	77	-0.25	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.03	0.12 0.00	0.32	
290	W 150x29.8	29	9999	77	-0.22	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.05	0.11 0.00	0.33	
291	W 150x29.8	27	9999	77	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.05	0.05 0.00	0.18	
292	W 150x29.8	28	9999	77	-0.08	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.16	
294	W 150x29.8	26	9999	77	-0.45	MJ MI	0.03 0.00	0.19 0.01	0.19 0.00	0.61	
295	W 150x29.8	22	9999	77	-0.31	MJ MI	0.05 0.00	0.21 0.03	0.21 0.00	0.53	
296	W 150x29.8	26	9999	77	-0.20	MJ MI	0.04 0.00	0.15 0.03	0.15 0.00	0.29	
297	W 150x29.8	28	9999	77	-0.10	MJ MI	0.05 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.30	
299	W 150x29.8	26	9999	77	-0.61	MJ	0.03	0.20	0.20	0.80	
300	W 150x29.8	22	9999	77	-0.45	MJ MI	0.06 0.00	0.24 0.01	0.24 0.00	0.68	
301	W 150x29.8	28	9999	77	-0.28	MJ MI	0.05 0.00	0.17 0.01	0.17 0.00	0.45	
302	W 150x29.8	28	9999	77	-0.12	MJ MI	0.06 0.00	0.23 0.01	0.23 0.00	0.31	
304	W 150x29.8	26	9999	77	-0.45	MJ MI	0.03 0.00	0.19 0.01	0.19 0.00	0.61	
305	W 150x29.8	22	9999	77	-0.31	MJ MI	0.05 0.00	0.21 0.03	0.21 0.00	0.53	
306	W 150x29.8	26	9999	77	-0.20	MJ MI	0.04 0.00	0.15 0.03	0.15 0.00	0.29	
307	W 150x29.8	24	9999	77	-0.10	MJ MI	0.05 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.30	
309	W 150x29.8	25	9999	77	-0.25	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.03	0.12 0.00	0.32	
310	W 150x29.8	23	9999	77	-0.22	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.05	0.11 0.00	0.33	
311	W 150x29.8	25	9999	77	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.05	0.05 0.00	0.18	
312	W 150x29.8	24	9999	77	-0.08	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.16	
314	W 150x29.8	37	9999	77	-0.28	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.02	0.11 0.00	0.33	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES							
				Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom		
315	W 150x29.8	26	9999	77	-0.27	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.03	0.11 0.00	0.37	
316	W 150x29.8	28	9999	77	-0.19	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.03	0.05 0.00	0.18	
317	W 150x29.8	27	9999	77	-0.09	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.15	
319	W 150x37.1	34	9999	76	-0.57	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.12	0.26 0.00	0.92	
320	W 150x37.1	26	9999	76	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.10 0.18	0.10 0.00	0.66	
321	W 150x29.8	28	9999	77	-0.30	MJ MI	0.04 0.01	0.13 0.19	0.13 0.00	0.62	
322	W 150x29.8	28	9999	77	-0.14	MJ MI	0.04 0.01	0.17 0.21	0.17 0.00	0.47	
324	W 150x37.1	34	9999	76	-0.57	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.12	0.26 0.00	0.92	
325	W 150x37.1	26	9999	76	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.10 0.18	0.10 0.00	0.66	
326	W 150x29.8	24	9999	77	-0.30	MJ MI	0.04 0.01	0.13 0.19	0.13 0.00	0.62	
327	W 150x29.8	24	9999	77	-0.14	MJ MI	0.04 0.01	0.17 0.21	0.17 0.00	0.47	
329	W 150x29.8	31	9999	77	-0.28	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.02	0.11 0.00	0.33	
330	W 150x29.8	26	9999	77	-0.27	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.03	0.11 0.00	0.37	
331	W 150x29.8	24	9999	77	-0.19	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.03	0.05 0.00	0.18	
332	W 150x29.8	25	9999	77	-0.09	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.15	
334	W 150x29.8	27	9999	77	-0.28	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.34	
335	W 150x29.8	22	9999	77	-0.27	MJ MI	0.02 0.00	0.10 0.04	0.10 0.00	0.37	
336	W 150x29.8	28	9999	77	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.04	0.05 0.00	0.18	
337	W 150x29.8	29	9999	77	-0.09	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.15	
339	W 150x37.1	30	9999	76	-0.57	MJ MI	0.06 0.00	0.25 0.12	0.25 0.00	0.90	
340	W 150x37.1	22	9999	76	-0.38	MJ MI	0.02 0.01	0.07 0.18	0.07 0.00	0.64	
341	W 150x29.8	28	9999	77	-0.30	MJ MI	0.03 0.01	0.12 0.19	0.12 0.00	0.61	
342	W 150x29.8	28	9999	77	-0.14	MJ MI	0.04 0.01	0.16 0.20	0.16 0.00	0.46	
344	W 150x37.1	30	9999	76	-0.57	MJ MI	0.06 0.00	0.25 0.12	0.25 0.00	0.90	
345	W 150x37.1	22	9999	76	-0.38	MJ MI	0.02 0.01	0.07 0.18	0.07 0.00	0.64	
346	W 150x29.8	24	9999	77	-0.30	MJ MI	0.03 0.01	0.12 0.19	0.12 0.00	0.61	
347	W 150x29.8	24	9999	77	-0.14	MJ MI	0.04 0.01	0.16 0.20	0.16 0.00	0.46	
349	W 150x29.8	25	9999	77	-0.28	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.34	
350	W 150x29.8	22	9999	77	-0.27	MJ MI	0.02 0.00	0.10 0.04	0.10 0.00	0.37	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
351	W 150x29.8	24	9999	77	-0.20	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.04	0.05 0.00	0.18	
352	W 150x29.8	23	9999	77	-0.09	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.15	
354	W 150x29.8	37	9999	77	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.03	0.11 0.00	0.31	
355	W 150x29.8	27	9999	77	-0.22	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.05	0.11 0.00	0.34	
356	W 150x29.8	29	9999	77	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.05	0.05 0.00	0.18	
357	W 150x29.8	28	9999	77	-0.08	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.16	
359	W 150x29.8	22	9999	77	-0.45	MJ MI	0.02 0.00	0.18 0.01	0.18 0.00	0.60	
360	W 150x29.8	26	9999	77	-0.31	MJ MI	0.05 0.00	0.22 0.03	0.22 0.00	0.53	
361	W 150x29.8	22	9999	77	-0.20	MJ MI	0.04 0.00	0.15 0.03	0.15 0.00	0.28	
362	W 150x29.8	28	9999	77	-0.10	MJ MI	0.05 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.29	
364	W 150x29.8	22	9999	77	-0.60	MJ	0.03	0.19	0.19	0.77	
365	W 150x29.8	26	9999	77	-0.44	MJ MI	0.06 0.00	0.24 0.01	0.24 0.00	0.67	
366	W 150x29.8	28	9999	77	-0.28	MJ MI	0.05 0.00	0.17 0.01	0.17 0.00	0.44	
367	W 150x29.8	28	9999	77	-0.12	MJ MI	0.06 0.00	0.22 0.01	0.22 0.00	0.30	
369	W 150x29.8	22	9999	77	-0.45	MJ MI	0.02 0.00	0.18 0.01	0.18 0.00	0.60	
370	W 150x29.8	26	9999	77	-0.31	MJ MI	0.05 0.00	0.22 0.03	0.22 0.00	0.53	
371	W 150x29.8	22	9999	77	-0.20	MJ MI	0.04 0.00	0.15 0.03	0.15 0.00	0.28	
372	W 150x29.8	24	9999	77	-0.10	MJ MI	0.05 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.29	
374	W 150x29.8	31	9999	77	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.03	0.11 0.00	0.31	
375	W 150x29.8	25	9999	77	-0.22	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.05	0.11 0.00	0.34	
376	W 150x29.8	23	9999	77	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.05	0.05 0.00	0.18	
377	W 150x29.8	24	9999	77	-0.08	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.16	
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.41	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.44	
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.17	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.11	
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.41	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.44	
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.17	MJ	0.00	0.01	0.02	0.11	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.41	MJ	0.00	0.01	0.00	0.44	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.01	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.11	MJ	0.00	0.01	0.01	0.08	
392	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.17	MJ	0.00	0.01	0.02	0.11	
395	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.17	MJ	0.00	0.01	0.02	0.11	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.11	MJ	0.00	0.01	0.01	0.08	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.01	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.41	MJ	0.00	0.01	0.01	0.44	
399	W 150x37.1	22	9999	76	-0.72	MJ	0.02	0.17	0.17	0.87	
400	W 150x37.1	26	9999	76	-0.52	MJ	0.05	0.22	0.22	0.74	
401	W 150x29.8	28	9999	77	-0.43	MJ	0.04	0.16	0.16	0.60	
402	W 150x29.8	28	9999	77	-0.21	MJ	0.06	0.22	0.22	0.42	
404	W 150x37.1	26	9999	76	-0.68	MJ	0.02	0.12	0.12	0.77	
405	W 150x37.1	28	9999	76	-0.49	MJ	0.02	0.08	0.08	0.57	
406	W 150x29.8	28	9999	77	-0.40	MJ	0.03	0.09	0.09	0.49	
407	W 150x29.8	28	9999	77	-0.18	MJ	0.02	0.09	0.09	0.18	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.37	0.37	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.02	0.10	0.10	0.10	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06	0.07	
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02	0.04	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.14	0.14	0.14	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.02	0.10	0.10		
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06		
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02	0.04	
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.14	0.14	0.14	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06		
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.05	0.05		
432	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.05	0.05	0.05	
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.05	0.05		
436	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.05	0.05	0.06	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.06	

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	
439	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.04
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.05
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.06
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	
443	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.05
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.42	0.42	0.42
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.46	0.46	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.46	0.46	0.46
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.42	0.42	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.41	MJ	0.00	0.01	0.01	
						MI	0.00	0.01	0.00	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.36	MJ	0.00	0.01	0.01	0.39
						MI	0.00	0.01	0.00	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.28
						MI	0.00	0.01	0.00	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25
						MI	0.00	0.01	0.00	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27
						MI	0.00	0.01	0.00	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12
						MI	0.00	0.01	0.00	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.41	MJ	0.00	0.01	0.01	0.44
						MI	0.00	0.01	0.00	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.28
						MI	0.00	0.01	0.00	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25
						MI	0.00	0.01	0.00	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.36	MJ	0.00	0.01	0.01	0.39
						MI	0.00	0.01	0.00	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27
						MI	0.00	0.01	0.00	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12
						MI	0.00	0.01	0.00	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil soldado de seção aberta, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$**

Quadro 41 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis soldados de 345 MPa.

1.2 (4 pav / Soldado / 345 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: <b>Data:</b> 18/12/20

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.06	0.08	
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.06	0.08	
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.16	
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.06	0.08	
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.06	0.08	
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.16	
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.27	0.27	
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.34	0.81	0.81	0.81	
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.78	0.78	0.78	
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.10	0.74	
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09	0.75	
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09	0.75	
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.10	0.74	
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.15	
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.15	
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.15	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.14	0.14	0.15	
83	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08		
84	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15	0.18	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15	0.18	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.29	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
121	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
124	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.16	0.16		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.16	0.16	0.19	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15	0.18	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
131	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.09	0.11	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.09	0.11	
134	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.06	0.15	0.15	0.18	
143	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.77	0.01	0.77	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.03	0.77	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.03	0.78	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.03	0.78	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.03	0.77	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.27	0.27	
153	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
154	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.29	
157	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.43	MJ	0.00	0.01	0.01	0.46	
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.43	MJ	0.00	0.01	0.01	0.46	
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.09	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.43	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.46	
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26	
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08	
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.09	
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.43	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.46	
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26	
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08	
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.09	
289	I4.8x150+150x8	27	9999	76	-0.30	MJ MI	0.02 0.00	0.14 0.03	0.14 0.00	0.39	
290	I4.8x150+150x8	29	9999	76	-0.28	MJ MI	0.03 0.00	0.12 0.06	0.12 0.00	0.42	
291	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.20	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.31	
292	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.10	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.06	0.08 0.00	0.20	
294	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.56	MJ MI	0.03 0.00	0.22 0.02	0.22 0.00	0.76	
295	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.38	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.04	0.26 0.00	0.66	
296	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.24	MJ MI	0.06 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.45	
297	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.13	MJ MI	0.07 0.00	0.25 0.04	0.25 0.00	0.37	
299	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.76	MJ MI	0.04 0.00	0.24 0.01	0.24 0.00	0.99	
300	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.55	MJ MI	0.08 0.00	0.29 0.02	0.29 0.00	0.85	
301	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.35	MJ MI	0.06 0.00	0.22 0.02	0.22 0.00	0.56	
302	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.15	MJ MI	0.08 0.00	0.28 0.02	0.28 0.00	0.38	
304	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.56	MJ MI	0.03 0.00	0.22 0.02	0.22 0.00	0.76	
305	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.38	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.04	0.26 0.00	0.66	
306	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.24	MJ MI	0.06 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.45	
307	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.13	MJ MI	0.07 0.00	0.25 0.04	0.25 0.00	0.37	
309	I4.8x150+150x8	25	9999	76	-0.30	MJ MI	0.02 0.00	0.14 0.03	0.14 0.00	0.39	
310	I4.8x150+150x8	23	9999	76	-0.28	MJ MI	0.03 0.00	0.12 0.06	0.12 0.00	0.42	
311	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.20	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.31	
312	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.10	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.06	0.08 0.00	0.20	
314	I4.8x150+150x8	37	9999	76	-0.33	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.38	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
315	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.32	MJ MI	0.03 0.00	0.13 0.04	0.13 0.00	0.44	
316	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.24	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.32	
317	I4.8x150+150x8	27	9999	76	-0.12	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.04	0.08 0.00	0.18	
319	I7.5x160+155x11	34	9999	74	-0.61	MJ MI	0.08 0.00	0.31 0.13	0.31 0.00	1.01	
320	I7.5x160+155x11	26	9999	74	-0.40	MJ MI	0.03 0.01	0.12 0.19	0.12 0.00	0.71	
321	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.37	MJ MI	0.05 0.01	0.16 0.21	0.16 0.00	0.76	
322	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.17	MJ MI	0.06 0.01	0.21 0.23	0.21 0.00	0.56	
324	I7.5x160+155x11	34	9999	74	-0.61	MJ MI	0.08 0.00	0.31 0.13	0.31 0.00	1.01	
325	I7.5x160+155x11	26	9999	74	-0.40	MJ MI	0.03 0.01	0.12 0.19	0.12 0.00	0.71	
326	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.37	MJ MI	0.05 0.01	0.16 0.21	0.16 0.00	0.76	
327	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.17	MJ MI	0.06 0.01	0.21 0.23	0.21 0.00	0.56	
329	I4.8x150+150x8	31	9999	76	-0.33	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.38	
330	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.32	MJ MI	0.03 0.00	0.13 0.04	0.13 0.00	0.44	
331	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.24	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.32	
332	I4.8x150+150x8	25	9999	76	-0.12	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.04	0.08 0.00	0.18	
334	I4.8x150+150x8	27	9999	76	-0.33	MJ MI	0.02 0.00	0.14 0.02	0.14 0.00	0.40	
335	I4.8x150+150x8	29	9999	76	-0.32	MJ MI	0.03 0.00	0.12 0.04	0.12 0.00	0.43	
336	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.24	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.33	
337	I4.8x150+150x8	29	9999	76	-0.12	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.04	0.08 0.00	0.18	
339	I7.5x160+155x11	30	9999	74	-0.61	MJ MI	0.07 0.00	0.30 0.13	0.30 0.00	0.98	
340	I7.5x160+155x11	22	9999	74	-0.40	MJ MI	0.02 0.01	0.09 0.19	0.09 0.00	0.69	
341	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.37	MJ MI	0.04 0.01	0.15 0.21	0.15 0.00	0.75	
342	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.18	MJ MI	0.06 0.01	0.20 0.22	0.20 0.00	0.54	
344	I7.5x160+155x11	30	9999	74	-0.61	MJ MI	0.07 0.00	0.30 0.13	0.30 0.00	0.98	
345	I7.5x160+155x11	22	9999	74	-0.40	MJ MI	0.02 0.01	0.09 0.19	0.09 0.00	0.69	
346	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.37	MJ MI	0.04 0.01	0.15 0.21	0.15 0.00	0.75	
347	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.18	MJ MI	0.06 0.01	0.20 0.22	0.20 0.00	0.54	
349	I4.8x150+150x8	25	9999	76	-0.33	MJ MI	0.02 0.00	0.14 0.02	0.14 0.00	0.40	
350	I4.8x150+150x8	23	9999	76	-0.32	MJ MI	0.03 0.00	0.12 0.04	0.12 0.00	0.43	

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
351	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.24	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.33
352	I4.8x150+150x8	23	9999	76	-0.12	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.04	0.08 0.00	0.18
354	I4.8x150+150x8	37	9999	76	-0.30	MJ MI	0.02 0.00	0.13 0.03	0.13 0.00	0.38
355	I4.8x150+150x8	27	9999	76	-0.28	MJ MI	0.03 0.00	0.13 0.06	0.13 0.00	0.43
356	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.20	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.31
357	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.10	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.06	0.08 0.00	0.20
359	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.55	MJ MI	0.03 0.00	0.21 0.01	0.21 0.00	0.73
360	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.38	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.04	0.26 0.00	0.66
361	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.24	MJ MI	0.06 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.45
362	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.13	MJ MI	0.07 0.00	0.24 0.04	0.24 0.00	0.36
364	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.75	MJ MI	0.03 0.00	0.22 0.01	0.22 0.00	0.96
365	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.55	MJ MI	0.08 0.00	0.29 0.02	0.29 0.00	0.84
366	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.35	MJ MI	0.06 0.00	0.21 0.02	0.21 0.00	0.55
367	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.15	MJ MI	0.08 0.00	0.27 0.02	0.27 0.00	0.36
369	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.55	MJ MI	0.03 0.00	0.21 0.01	0.21 0.00	0.73
370	I4.8x150+150x8	26	9999	76	-0.38	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.04	0.26 0.00	0.66
371	I4.8x150+150x8	22	9999	76	-0.24	MJ MI	0.06 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.45
372	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.13	MJ MI	0.07 0.00	0.24 0.04	0.24 0.00	0.36
374	I4.8x150+150x8	31	9999	76	-0.30	MJ MI	0.02 0.00	0.13 0.03	0.13 0.00	0.38
375	I4.8x150+150x8	25	9999	76	-0.28	MJ MI	0.03 0.00	0.13 0.06	0.13 0.00	0.43
376	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.20	MJ MI	0.02 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.31
377	I4.8x150+150x8	24	9999	76	-0.10	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.06	0.08 0.00	0.20
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.18	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.18	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
392	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.17	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
395	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.17	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48	
399	I7.5x160+155x11	22	9999	74	-0.75	MJ MI	0.03 0.00	0.19 0.01	0.19 0.00	0.92	
400	I7.5x160+155x11	26	9999	74	-0.55	MJ MI	0.06 0.00	0.24 0.02	0.24 0.00	0.79	
401	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.54	MJ MI	0.06 0.00	0.20 0.02	0.20 0.00	0.75	
402	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.26	MJ MI	0.08 0.00	0.27 0.02	0.27 0.00	0.53	
404	I7.5x160+155x11	26	9999	74	-0.72	MJ MI	0.02 0.00	0.13 0.01	0.13 0.00	0.82	
405	I7.5x160+155x11	28	9999	74	-0.52	MJ MI	0.02 0.00	0.10 0.02	0.10 0.00	0.61	
406	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.50	MJ MI	0.03 0.00	0.11 0.02	0.11 0.00	0.61	
407	I4.8x150+150x8	28	9999	76	-0.22	MJ MI	0.03 0.00	0.11 0.02	0.11 0.00	0.33	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.02	0.14	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.14	0.00	0.14	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.39	0.39	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.11	0.11	0.11	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02	0.04	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.15	0.15	0.15	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.11	0.11	0.11	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06	0.07	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.15	0.15	0.15	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
432	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04		
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
436	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.06	0.06	0.06	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
439	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.06	0.06		
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04		
443	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.44	0.44	0.44	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41		
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35		
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.47	0.47	0.47	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.47	0.47	0.47	
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41		
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.44	0.44		
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.40	MJ	0.00	0.01	0.01	0.43	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.40	MJ	0.00	0.01	0.01	0.43	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil tubular, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$

Quadro 42 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares de 345 MPa.

1.4 (4 pav / Tubular / 345 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: Data: 18/12/20

Resultados Gerais												
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						Combinada Axial+Mom	
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT			
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07		
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07		
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34		
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.03	0.08	0.08	0.10		
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34		
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.03	0.08	0.08	0.10		
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09		
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.05	0.35		
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07		
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07		
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.05	0.35		
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09		
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06		
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27		
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81		
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.78	0.78	0.78		
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74		
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75		
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75		
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74		
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06		
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11		
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06		
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34		
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08		
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34		
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08		
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08	
83	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08		
84	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
121	I150 (viga #4)	19	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
124	I150 (viga #4)	21	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.12	0.12		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.12	0.12	0.15	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.11	0.11	0.15	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
131	I150 (viga #4)	21	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.09	0.11	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.09	0.11	
134	I150 (viga #4)	19	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.11	0.11	0.15	
143	I150 (viga #4)	29	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.78	0.02	0.78	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.04	0.77	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.79	0.03	0.79	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.79	0.03	0.79	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.04	0.77	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
153	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
154	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
157	I150 (viga #4)	23	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ	0.00	0.01	0.01	0.49	
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ	0.00	0.01	0.01	0.49	
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.13	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
289	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.17 0.03	0.00 0.03	0.37
290	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.24	MI MJ	0.01 0.01	0.15 0.05	0.00 0.05	0.39
291	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.18	MI MJ	0.01 0.01	0.08 0.04	0.00 0.04	0.21
292	J150x150x4.75	27	9999	49	-0.09	MI MJ	0.01 0.01	0.10 0.06	0.00 0.06	0.20
294	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.48	MI MJ	0.02 0.00	0.27 0.02	0.00 0.01	0.72
295	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.33	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.04	0.00 0.04	0.65
296	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.21	MI MJ	0.03 0.00	0.24 0.03	0.00 0.03	0.46
297	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.11	MI MJ	0.03 0.00	0.30 0.04	0.00 0.04	0.41
299	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.65	MI	0.02	0.29	0.00	0.95
300	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.47	MI MJ	0.04 0.00	0.35 0.02	0.00 0.02	0.84
301	J150x150x4.75	27	9999	49	-0.30	MI MJ	0.03 0.00	0.27 0.01	0.00 0.01	0.57
302	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.13	MI MJ	0.04 0.00	0.33 0.02	0.00 0.01	0.42
304	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.48	MI MJ	0.02 0.00	0.27 0.02	0.00 0.01	0.72
305	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.33	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.04	0.00 0.04	0.65
306	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.21	MI MJ	0.03 0.00	0.24 0.03	0.00 0.03	0.46
307	J150x150x4.75	24	9999	49	-0.11	MI MJ	0.03 0.00	0.30 0.04	0.00 0.04	0.41
309	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.17 0.03	0.00 0.03	0.37
310	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.24	MI MJ	0.01 0.01	0.15 0.05	0.00 0.05	0.39
311	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.18	MI MJ	0.01 0.01	0.08 0.04	0.00 0.04	0.21
312	J150x150x4.75	25	9999	49	-0.09	MI MJ	0.01 0.01	0.10 0.06	0.00 0.06	0.20
314	J150x150x4.75	30	9999	49	-0.29	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.02	0.00 0.02	0.37

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
315	I150x150x4.75	26	9999	49	-0.28	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.15 0.08 0.04	0.00	0.43	
316	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.21	MI MJ	0.01 0.00 0.03	0.08 0.03 0.03	0.00	0.31	
317	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.11	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.10 0.04	0.00 0.04	0.19	
319	J180x180x5.6	34	9999	41	-0.53	MI MJ	0.05 0.01 0.10	0.40 0.10 0.10	0.00	0.97	
320	J180x180x5.6	26	9999	41	-0.34	MI MJ	0.02 0.02 0.16	0.15 0.16 0.16	0.00	0.62	
321	J150x150x4.75	29	9999	49	-0.32	MI MJ	0.02 0.02 0.18	0.19 0.18 0.18	0.00	0.67	
322	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.15	MI MJ	0.03 0.03 0.22	0.24 0.22 0.22	0.00	0.56	
324	J180x180x5.6	34	9999	41	-0.53	MI MJ	0.05 0.01 0.10	0.40 0.10 0.10	0.00	0.97	
325	J180x180x5.6	26	9999	41	-0.34	MI MJ	0.02 0.02 0.16	0.15 0.15 0.16	0.00	0.62	
326	J150x150x4.75	23	9999	49	-0.32	MI MJ	0.02 0.02 0.18	0.19 0.18 0.18	0.00	0.67	
327	J150x150x4.75	24	9999	49	-0.15	MI MJ	0.03 0.03 0.22	0.24 0.22 0.22	0.00	0.56	
329	J150x150x4.75	30	9999	49	-0.29	MI MJ	0.01 0.00 0.02	0.15 0.02 0.02	0.00	0.37	
330	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.28	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.15 0.04 0.04	0.00	0.43	
331	J150x150x4.75	24	9999	49	-0.21	MI MJ	0.01 0.00 0.03	0.08 0.03 0.03	0.00	0.31	
332	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.11	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.10 0.04 0.04	0.00	0.19	
334	J150x150x4.75	34	9999	49	-0.29	MI MJ	0.01 0.00 0.02	0.16 0.02 0.02	0.00	0.39	
335	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.28	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.14 0.04 0.04	0.00	0.42	
336	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.21	MI MJ	0.01 0.00 0.03	0.08 0.03 0.03	0.00	0.31	
337	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.11	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.10 0.04 0.04	0.00	0.20	
339	J180x180x5.6	30	9999	41	-0.53	MI MJ	0.05 0.01 0.10	0.39 0.10 0.10	0.00	0.93	
340	J180x180x5.6	22	9999	41	-0.34	MI MJ	0.02 0.02 0.16	0.11 0.11 0.16	0.00	0.59	
341	J150x150x4.75	27	9999	49	-0.32	MI MJ	0.02 0.02 0.18	0.18 0.18 0.18	0.00	0.66	
342	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.15	MI MJ	0.03 0.03 0.22	0.23 0.22 0.22	0.00	0.54	
344	J180x180x5.6	30	9999	41	-0.53	MI MJ	0.05 0.01 0.10	0.39 0.10 0.10	0.00	0.93	
345	J180x180x5.6	22	9999	41	-0.34	MI MJ	0.02 0.02 0.16	0.11 0.16 0.16	0.00	0.59	
346	J150x150x4.75	25	9999	49	-0.32	MI MJ	0.02 0.02 0.18	0.16 0.18 0.18	0.00	0.66	
347	J150x150x4.75	24	9999	49	-0.15	MI MJ	0.03 0.03 0.22	0.23 0.23 0.22	0.00	0.54	
349	J150x150x4.75	34	9999	49	-0.29	MI MJ	0.01 0.00 0.02	0.16 0.02 0.02	0.00	0.39	
350	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.28	MI MJ	0.01 0.00 0.04	0.14 0.04 0.04	0.00	0.42	

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
351	I150x150x4.75	24	9999	49	-0.21	MI MJ	0.01 0.00	0.08 0.03	0.00 0.03	0.31
352	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.11	MI MJ	0.01 0.00	0.10 0.04	0.00 0.04	0.20
354	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.03	0.00 0.03	0.36
355	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.24	MI MJ	0.01 0.01	0.15 0.05	0.00 0.05	0.40
356	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.18	MI MJ	0.01 0.01	0.08 0.04	0.00 0.04	0.21
357	J150x150x4.75	29	9999	49	-0.09	MI MJ	0.01 0.01	0.10 0.06	0.00 0.06	0.20
359	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.47	MI MJ	0.02 0.00	0.25 0.01	0.00 0.01	0.70
360	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.32	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.03	0.00 0.03	0.65
361	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.20	MI MJ	0.03 0.00	0.23 0.03	0.00 0.03	0.45
362	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.11	MI MJ	0.03 0.00	0.29 0.04	0.00 0.04	0.40
364	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.64	MI	0.02	0.27	0.00	0.91
365	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.47	MI MJ	0.04 0.00	0.34 0.02	0.00 0.02	0.83
366	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.30	MI MJ	0.03 0.00	0.26 0.01	0.00 0.01	0.56
367	J150x150x4.75	28	9999	49	-0.13	MI MJ	0.04 0.00	0.32 0.02	0.00 0.01	0.41
369	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.47	MI MJ	0.02 0.00	0.25 0.01	0.00 0.01	0.70
370	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.32	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.03	0.00 0.03	0.65
371	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.20	MI MJ	0.03 0.00	0.23 0.03	0.00 0.03	0.45
372	J150x150x4.75	24	9999	49	-0.11	MI MJ	0.03 0.00	0.29 0.04	0.00 0.04	0.40
374	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.03	0.00 0.03	0.36
375	J150x150x4.75	26	9999	49	-0.24	MI MJ	0.01 0.01	0.15 0.05	0.00 0.05	0.40
376	J150x150x4.75	22	9999	49	-0.18	MI MJ	0.01 0.01	0.08 0.04	0.00 0.04	0.21
377	J150x150x4.75	23	9999	49	-0.09	MI MJ	0.01 0.01	0.10 0.06	0.00 0.06	0.20
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.48	MJ	0.00	0.01	0.01	0.52
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.00 0.00	0.08
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.48	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.52
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.49	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.52	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
392	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.18	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
395	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.18	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.49	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.52	
399	IJ180x180x5.6	22	9999	41	-0.64	MI MJ	0.02 0.00	0.24 0.01	0.00 0.01	0.84	
400	IJ180x180x5.6	26	9999	41	-0.46	MI MJ	0.04 0.00	0.29 0.03	0.00 0.03	0.75	
401	IJ150x150x4.75	28	9999	49	-0.45	MI MJ	0.03 0.00	0.25 0.02	0.00 0.02	0.72	
402	IJ150x150x4.75	28	9999	49	-0.22	MI MJ	0.04 0.00	0.32 0.02	0.00 0.02	0.53	
404	IJ180x180x5.6	26	9999	41	-0.61	MI MI	0.01 0.02	0.18 0.12	0.00 0.00	0.74	
405	IJ180x180x5.6	29	9999	41	-0.44	MI MJ	0.02 0.00	0.12 0.01	0.00 0.01	0.55	
406	IJ150x150x4.75	28	9999	49	-0.42	MI MJ	0.02 0.00	0.13 0.01	0.00 0.01	0.56	
407	IJ150x150x4.75	28	9999	49	-0.19	MI MJ	0.01 0.00	0.12 0.02	0.00 0.02	0.23	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.14	0.02	0.14	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.14	0.01	0.14	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.39	0.39	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.12	0.12	0.12	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03	0.04	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.15	0.15	0.15	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.12	0.12	0.12	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.04	0.15	0.15	0.15	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.05	0.05	0.05	
432	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06		
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.05	0.05	0.05	
436	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.07	0.07		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
439	VS500 (viga #3)	28	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
443	VS500 (viga #3)	24	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.06	0.06		
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.45	0.45	0.45	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.20	0.41	0.41	0.41	
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.36	0.36	0.36	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.47	0.47	0.48	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.47	0.47		
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.36	0.36	0.36	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.20	0.41	0.41	0.41	
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.45	0.45	0.45	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil tubular misto preenchido com concreto, com  $f_y = 345 \text{ MPa}$  e  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$**

Quadro 43 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares preenchidos de 345 MPa.

1.6 (4 pav / Tubular Preenchido / 345 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: Data: 18/12/20

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada	
										Axial+Mom	
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04	0.34	
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09	
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04	0.34	
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09	
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09	
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04	0.34	
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.04	0.34	
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.03	0.08	0.08	0.09	
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.07	0.07	0.07	
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.26	0.26	
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.78	0.78	0.78	
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.10	0.74	
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09	0.75	
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.09	0.75	
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.10	0.74	
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08	
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08	
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.03	0.07	0.07	0.08	
83	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07		
84	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.28		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.02	0.74	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.02	0.74	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.03	0.08	0.08	0.11	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.03	0.08	0.08		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.03	0.08	0.08	0.11	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.03	0.08	0.08		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.80	0.80	0.80	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.31	0.74	0.02	0.74	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.31	0.74	0.02	0.74	
121	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
124	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.04	0.10	0.10		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
131	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
134	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
143	I150 (viga #4)	29	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.22	0.22	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.78	0.01	0.78	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.76	0.02	0.76	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.02	0.78	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.02	0.78	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.76	0.02	0.76	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.07	0.07	0.07	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.26	0.26	
153	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
154	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.28	0.28	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
157	I150 (viga #4)	23	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.22	0.22	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.36	
172	><L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25	
173	><L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
174	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.10	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.36	
176	><L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25	
177	><L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
178	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.10	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.34	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.36	
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.25	
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.07	
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08	
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.34	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.36	
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.25	
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.07	
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08	
289	J150x150x4.25*	34	9999	55	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.04	0.20 0.00	0.33	
290	J150x150x4.25*	30	9999	55	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.19 0.06	0.19 0.00	0.32	
291	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.13	MJ MI	0.01 0.01	0.10 0.05	0.10 0.00	0.21	
292	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.13 0.07	0.13 0.00	0.23	
294	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.38	MJ MI	0.02 0.00	0.34 0.02	0.34 0.00	0.70	
295	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.27	MJ MI	0.04 0.00	0.40 0.04	0.40 0.00	0.69	
296	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.17	MJ MI	0.03 0.00	0.30 0.03	0.30 0.00	0.43	
297	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.08	MJ MI	0.04 0.00	0.39 0.04	0.39 0.00	0.49	
299	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.51	MJ MI	0.02 0.00	0.37 0.01	0.37 0.00	0.88	
300	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.37	MJ MI	0.05 0.00	0.45 0.02	0.45 0.00	0.84	
301	J150x150x4.25*	27	9999	55	-0.24	MJ MI	0.04 0.00	0.34 0.01	0.34 0.00	0.57	
302	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.10	MJ MI	0.05 0.00	0.44 0.01	0.44 0.00	0.52	
304	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.38	MJ MI	0.02 0.00	0.34 0.02	0.34 0.00	0.70	
305	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.27	MJ MI	0.04 0.00	0.40 0.04	0.40 0.00	0.69	
306	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.17	MJ MI	0.03 0.00	0.30 0.03	0.30 0.00	0.43	
307	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.08	MJ MI	0.04 0.00	0.39 0.04	0.39 0.00	0.49	
309	J150x150x4.25*	34	9999	55	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.04	0.20 0.00	0.33	
310	J150x150x4.25*	30	9999	55	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.19 0.06	0.19 0.00	0.32	
311	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.13	MJ MI	0.01 0.01	0.10 0.05	0.10 0.00	0.21	
312	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.13 0.07	0.13 0.00	0.23	
314	J150x150x4.25*	37	9999	55	-0.23	MJ MI	0.01 0.00	0.18 0.03	0.18 0.00	0.35	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
315	I150x150x4.25*	27	9999	55	-0.21	MJ MI	0.02 0.01	0.19 0.05	0.19 0.00	0.39	
316	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.21	
317	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.07	MJ MI	0.01 0.01	0.12 0.05	0.12 0.00	0.21	
319	J175x175x4.75*	34	9999	47	-0.44	MJ MI	0.06 0.01	0.51 0.14	0.51 0.00	1.04	***
320	J175x175x4.75*	26	9999	47	-0.29	MJ MI	0.02 0.03	0.21 0.21	0.21 0.00	0.67	
321	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.26	MJ MI	0.03 0.02	0.25 0.22	0.25 0.00	0.71	
322	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.12	MJ MI	0.03 0.03	0.32 0.29	0.32 0.00	0.70	
324	J175x175x4.75*	34	9999	47	-0.44	MJ MI	0.06 0.01	0.51 0.14	0.51 0.00	1.04	***
325	J175x175x4.75*	26	9999	47	-0.29	MJ MI	0.02 0.03	0.21 0.21	0.21 0.00		
326	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.26	MJ MI	0.03 0.02	0.25 0.22	0.25 0.00	0.71	
327	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.12	MJ MI	0.03 0.03	0.32 0.29	0.32 0.00	0.70	
329	J150x150x4.25*	31	9999	55	-0.23	MJ MI	0.01 0.00	0.18 0.03	0.18 0.00	0.35	
330	J150x150x4.25*	25	9999	55	-0.21	MJ MI	0.02 0.01	0.19 0.05	0.19 0.00	0.39	
331	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.21	
332	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.07	MJ MI	0.01 0.01	0.12 0.12	0.12 0.00	0.21	
334	J150x150x4.25*	35	9999	55	-0.24	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.37	
335	J150x150x4.25*	29	9999	55	-0.21	MJ MI	0.02 0.01	0.18 0.05	0.18 0.00	0.38	
336	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.10 0.04	0.10 0.00	0.21	
337	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.07	MJ MI	0.01 0.01	0.12 0.05	0.12 0.00	0.21	
339	J175x175x4.75*	30	9999	47	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.49 0.14	0.49 0.00	1.00	
340	J175x175x4.75*	22	9999	47	-0.30	MJ MI	0.02 0.03	0.15 0.21	0.15 0.00	0.62	
341	J150x150x4.25*	27	9999	55	-0.26	MJ MI	0.02 0.02	0.23 0.22	0.23 0.00	0.70	
342	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.12	MJ MI	0.03 0.03	0.30 0.28	0.30 0.00	0.67	
344	J175x175x4.75*	30	9999	47	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.49 0.14	0.49 0.00	1.00	
345	J175x175x4.75*	22	9999	47	-0.30	MJ MI	0.02 0.03	0.15 0.21	0.15 0.00	0.62	
346	J150x150x4.25*	25	9999	55	-0.26	MJ MI	0.02 0.02	0.23 0.22	0.23 0.00	0.70	
347	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.12	MJ MI	0.03 0.03	0.30 0.28	0.30 0.00	0.67	
349	J150x150x4.25*	33	9999	55	-0.24	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.37	
350	J150x150x4.25*	23	9999	55	-0.21	MJ MI	0.02 0.01	0.18 0.05	0.18 0.00	0.38	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
351	I150x150x4.25*	26	9999	55	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.10 0.04	0.10 0.00	0.21	
352	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.07	MJ MI	0.01 0.01	0.12 0.05	0.12 0.00	0.21	
354	J150x150x4.25*	30	9999	55	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.19 0.03	0.19 0.00	0.31	
355	J150x150x4.25*	34	9999	55	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.20 0.06	0.20 0.00	0.33	
356	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.13	MJ MI	0.01 0.01	0.10 0.05	0.10 0.00	0.21	
357	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.13 0.07	0.13 0.00	0.23	
359	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.38	MJ MI	0.02 0.00	0.32 0.02	0.32 0.00	0.67	
360	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.27	MJ MI	0.04 0.00	0.41 0.04	0.41 0.00	0.69	
361	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.17	MJ MI	0.03 0.00	0.29 0.03	0.29 0.00	0.43	
362	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.08	MJ MI	0.04 0.00	0.38 0.04	0.38 0.00	0.48	
364	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.50	MJ MI	0.02 0.00	0.34 0.01	0.34 0.00	0.84	
365	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.37	MJ MI	0.05 0.00	0.45 0.02	0.45 0.00	0.83	
366	J150x150x4.25*	29	9999	55	-0.23	MJ MI	0.04 0.00	0.33 0.01	0.33 0.00	0.56	
367	J150x150x4.25*	28	9999	55	-0.10	MJ MI	0.04 0.00	0.42 0.01	0.42 0.00	0.50	
369	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.38	MJ MI	0.02 0.00	0.32 0.02	0.32 0.00	0.67	
370	J150x150x4.25*	26	9999	55	-0.27	MJ MI	0.04 0.00	0.41 0.04	0.41 0.00	0.69	
371	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.17	MJ MI	0.03 0.00	0.29 0.03	0.29 0.00	0.43	
372	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.08	MJ MI	0.04 0.00	0.38 0.04	0.38 0.00	0.48	
374	J150x150x4.25*	30	9999	55	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.19 0.03	0.19 0.00	0.31	
375	J150x150x4.25*	34	9999	55	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.20 0.06	0.20 0.00	0.33	
376	J150x150x4.25*	22	9999	55	-0.13	MJ MI	0.01 0.01	0.10 0.05	0.10 0.00	0.21	
377	J150x150x4.25*	24	9999	55	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.13 0.07	0.13 0.00	0.23	
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.35	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.38	
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.09	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10	
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.35	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.38	
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.09	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.36	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.38	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.09	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
392	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10	
395	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.09	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.36	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.38	
399	I]175x175x4.75*	22	9999	47	-0.53	MJ MI	0.02 0.00	0.31 0.01	0.31 0.00	0.81	
400	I]175x175x4.75*	26	9999	47	-0.39	MJ MI	0.05 0.00	0.40 0.03	0.40 0.00	0.79	
401	I]150x150x4.25*	28	9999	55	-0.36	MJ MI	0.03 0.00	0.32 0.03	0.32 0.00	0.70	
402	I]150x150x4.25*	28	9999	55	-0.17	MJ MI	0.05 0.00	0.43 0.02	0.43 0.00	0.56	
404	I]175x175x4.75*	34	9999	47	-0.50	MJ	0.01	0.22	0.22	0.68	
405	I]175x175x4.75*	22	9999	47	-0.36	MJ MI	0.02 0.00	0.16 0.02	0.16 0.00	0.51	
406	I]150x150x4.25*	28	9999	55	-0.33	MJ MI	0.02 0.00	0.16 0.01	0.16 0.00	0.50	
407	I]150x150x4.25*	28	9999	55	-0.15	MJ MI	0.02 0.00	0.16 0.01	0.16 0.00	0.25	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.02	0.13	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.01	0.13	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.01	0.13	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.41	0.41	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.02	0.12	0.12	0.12	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02	0.03	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.15	0.15	0.15	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.02	0.12	0.12	0.12	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.15	0.15	0.15	
429	VS500 (viga #3)	27	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
430	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
432	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05		
433	VS500 (viga #3)	25	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
434	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
436	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.07	0.07		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.05	0.05	0.05	
439	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.06	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.05	0.05	0.05	
443	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05		
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.42	0.42	0.42	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.46	0.46	0.46	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.46	0.46		
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.42	0.42	0.42	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.28	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.01	0.26	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.18	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.28	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.01	0.26	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.18	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil soldado de seção aberta, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$**

Quadro 44 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis soldados de 450 MPa.

1.3 (4 pav / Soldado / 450 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: <b>Data:</b> 18/12/20

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada	
					MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	Axial+Mom	
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.07	0.08	
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.07	0.08	
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.17	
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.17	
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.07	0.08	
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.06	0.07	0.08	
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.34	0.81	0.81	0.81	
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74	
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75	
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75	
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74	
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06	0.07	
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06	0.07	
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06	0.07	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.06	0.07	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.06	0.15	0.15	0.16	
83	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08		
84	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.07	0.17	0.17	0.20	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.07	0.17	0.17		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.07	0.17	0.17	0.20	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.02	0.34	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.07	0.17	0.17		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
121	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.05	0.05	0.07	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
124	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.05	0.05	0.07	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.07	0.17	0.17		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.07	0.17	0.17	0.20	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.07	0.16	0.16	0.20	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
131	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.05	0.05	0.07	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
134	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.05	0.05	0.07	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.07	0.16	0.16	0.20	
143	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.15	0.23	0.24	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.78	0.01	0.78	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.04	0.77	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.04	0.78	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.04	0.78	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.04	0.77	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
153	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
154	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29	
157	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.15	0.23	0.24	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ	0.00	0.01	0.01	0.48	
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.14	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ	0.00	0.01	0.01	0.48	
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.14	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.45	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.48
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.13	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
289	I5.8x150+145x6.9	27	9999	82	-0.31	MJ MI	0.01 0.00	0.13 0.03	0.13 0.00	0.40
290	I5.8x150+145x6.9	29	9999	82	-0.29	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.06	0.11 0.00	0.43
291	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.22	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.32
292	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.11	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.06	0.07 0.00	0.19
294	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.58	MJ MI	0.02 0.00	0.21 0.01	0.21 0.00	0.76
295	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.40	MJ MI	0.04 0.00	0.24 0.03	0.24 0.00	0.65
296	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.25	MJ MI	0.04 0.00	0.17 0.04	0.17 0.00	0.45
297	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.13	MJ MI	0.04 0.00	0.22 0.04	0.22 0.00	0.34
299	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.79	MJ MI	0.02 0.00	0.22 0.01	0.22 0.00	1.01
300	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.57	MJ MI	0.05 0.00	0.27 0.02	0.27 0.00	0.85
301	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.37	MJ MI	0.04 0.00	0.20 0.02	0.20 0.00	0.56
302	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.16	MJ MI	0.05 0.00	0.25 0.02	0.25 0.00	0.35
304	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.58	MJ MI	0.02 0.00	0.21 0.01	0.21 0.00	0.76
305	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.40	MJ MI	0.04 0.00	0.24 0.03	0.24 0.00	0.65
306	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.25	MJ MI	0.04 0.00	0.17 0.04	0.17 0.00	0.45
307	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.13	MJ MI	0.04 0.00	0.22 0.04	0.22 0.00	0.34
309	I5.8x150+145x6.9	25	9999	82	-0.31	MJ MI	0.01 0.00	0.13 0.03	0.13 0.00	0.40
310	I5.8x150+145x6.9	23	9999	82	-0.29	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.06	0.11 0.00	0.43
311	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.22	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.32
312	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.11	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.06	0.07 0.00	0.19
314	I5.8x150+145x6.9	29	9999	82	-0.35	MJ MI	0.01 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.39

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
315	I5.8x150+145x6.9	27	9999	82	-0.34	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.04	0.12 0.00	0.46	
316	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.04	0.05 0.00	0.34	
317	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.04	0.07 0.00	0.17	
319	I6.2x157+155x10	34	9999	74	-0.59	MJ MI	0.08 0.00	0.28 0.10	0.28 0.00	0.94	
320	I6.2x157+155x10	26	9999	74	-0.39	MJ MI	0.03 0.01	0.10 0.15	0.10 0.00	0.65	
321	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.15 0.19	0.15 0.00	0.75	
322	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.18	MJ MI	0.04 0.01	0.19 0.20	0.19 0.00	0.52	
324	I6.2x157+155x10	34	9999	74	-0.59	MJ MI	0.08 0.00	0.28 0.10	0.28 0.00	0.94	
325	I6.2x157+155x10	26	9999	74	-0.39	MJ MI	0.03 0.01	0.10 0.15	0.10 0.00	0.65	
326	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.15 0.19	0.15 0.00	0.75	
327	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.18	MJ MI	0.04 0.01	0.19 0.20	0.19 0.00	0.52	
329	I5.8x150+145x6.9	23	9999	82	-0.35	MJ MI	0.01 0.00	0.12 0.02	0.12 0.00	0.39	
330	I5.8x150+145x6.9	25	9999	82	-0.34	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.04	0.12 0.00	0.46	
331	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.05 0.04	0.05 0.00	0.34	
332	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.04	0.07 0.00	0.17	
334	I5.8x150+145x6.9	27	9999	82	-0.35	MJ MI	0.01 0.00	0.13 0.02	0.13 0.00	0.41	
335	I5.8x150+145x6.9	29	9999	82	-0.34	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.45	
336	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.34	
337	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.04	0.07 0.00	0.18	
339	I6.2x157+155x10	30	9999	74	-0.59	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.10	0.26 0.00	0.91	
340	I6.2x157+155x10	22	9999	74	-0.39	MJ MI	0.02 0.01	0.07 0.15	0.07 0.00	0.63	
341	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.14 0.19	0.14 0.00	0.74	
342	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.18	MJ MI	0.04 0.01	0.18 0.20	0.18 0.00	0.50	
344	I6.2x157+155x10	30	9999	74	-0.59	MJ MI	0.07 0.00	0.26 0.10	0.26 0.00	0.91	
345	I6.2x157+155x10	22	9999	74	-0.39	MJ MI	0.02 0.01	0.07 0.15	0.07 0.00	0.63	
346	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.38	MJ MI	0.03 0.01	0.14 0.19	0.14 0.00	0.74	
347	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.18	MJ MI	0.04 0.01	0.18 0.20	0.18 0.00	0.50	
349	I5.8x150+145x6.9	25	9999	82	-0.35	MJ MI	0.01 0.00	0.13 0.02	0.13 0.00	0.41	
350	I5.8x150+145x6.9	23	9999	82	-0.34	MJ MI	0.02 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.45	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
351	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.25	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.04	0.06 0.00	0.34	
352	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.04	0.07 0.00	0.18	
354	I5.8x150+145x6.9	37	9999	82	-0.31	MJ MI	0.01 0.00	0.12 0.03	0.12 0.00	0.38	
355	I5.8x150+145x6.9	27	9999	82	-0.29	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.06	0.12 0.00	0.43	
356	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.32	
357	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.11	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.06	0.07 0.00	0.19	
359	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.57	MJ MI	0.02 0.00	0.20 0.01	0.20 0.00	0.74	
360	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.39	MJ MI	0.04 0.00	0.24 0.03	0.24 0.00	0.65	
361	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.25	MJ MI	0.04 0.00	0.17 0.04	0.17 0.00	0.44	
362	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.13	MJ MI	0.04 0.00	0.22 0.04	0.22 0.00	0.33	
364	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.78	MJ MI	0.02 0.00	0.21 0.01	0.21 0.00	0.97	
365	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.57	MJ MI	0.05 0.00	0.26 0.02	0.26 0.00	0.84	
366	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.36	MJ MI	0.04 0.00	0.19 0.02	0.19 0.00	0.55	
367	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.16	MJ MI	0.05 0.00	0.24 0.02	0.24 0.00	0.34	
369	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.57	MJ MI	0.02 0.00	0.20 0.01	0.20 0.00	0.74	
370	I5.8x150+145x6.9	26	9999	82	-0.39	MJ MI	0.04 0.00	0.24 0.03	0.24 0.00	0.65	
371	I5.8x150+145x6.9	22	9999	82	-0.25	MJ MI	0.04 0.00	0.17 0.04	0.17 0.00	0.44	
372	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.13	MJ MI	0.04 0.00	0.22 0.04	0.22 0.00	0.33	
374	I5.8x150+145x6.9	31	9999	82	-0.31	MJ MI	0.01 0.00	0.12 0.03	0.12 0.00	0.38	
375	I5.8x150+145x6.9	25	9999	82	-0.29	MJ MI	0.02 0.00	0.12 0.06	0.12 0.00	0.43	
376	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.06 0.06	0.06 0.00	0.32	
377	I5.8x150+145x6.9	24	9999	82	-0.11	MJ MI	0.01 0.00	0.07 0.06	0.07 0.00	0.19	
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.48	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.51	
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.48	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.51	
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.48	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.51	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
392	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
395	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.19	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.12	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.48	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.51	
399	I6.2x157+155x10	22	9999	74	-0.73	MJ MI	0.02 0.00	0.16 0.01	0.16 0.00	0.88	
400	I6.2x157+155x10	26	9999	74	-0.53	MJ MI	0.06 0.00	0.20 0.02	0.20 0.00	0.74	
401	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.55	MJ MI	0.04 0.00	0.19 0.02	0.19 0.00	0.76	
402	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.27	MJ MI	0.05 0.00	0.24 0.02	0.24 0.00	0.51	
404	I6.2x157+155x10	26	9999	74	-0.70	MJ	0.02	0.12	0.12	0.79	
405	I6.2x157+155x10	28	9999	74	-0.51	MJ MI	0.02 0.00	0.08 0.01	0.08 0.00	0.58	
406	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.52	MJ MI	0.02 0.00	0.10 0.01	0.10 0.00	0.63	
407	I5.8x150+145x6.9	28	9999	82	-0.23	MJ MI	0.02 0.00	0.10 0.02	0.10 0.00	0.33	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.14	0.02	0.14	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.15	0.01	0.15	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.14	0.01	0.14	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.39	0.39	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.11	0.11	0.12	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03	0.04	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.15	0.15	0.16	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.11	0.11	0.12	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.06	0.06	0.07	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.15	0.15	0.16	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.08	0.08	0.08	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
432	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04		
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.08	0.08	0.08	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.06	0.06	0.06	
436	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.06	0.06		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
439	VS500 (viga #3)	28	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05	0.05	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
443	VS500 (viga #3)	24	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	0.00	MJ	0.04	0.05	0.05		
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.45	0.45	0.45	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.48	0.48	0.48	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.48	0.48		
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.45	0.45	0.45	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.40	MJ	0.00	0.01	0.01	0.43	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.40	MJ	0.00	0.01	0.01	0.43	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.22	MJ	0.00	0.01	0.01	0.25	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil tubular, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$

Quadro 45 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares de 450 MPa.

1.5 (4 pav / Tubular / 450 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: <b>Data:</b> 18/12/20

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Etbl	C A P A C I D A D E S						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.06	0.35	
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.06	0.35	
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.06	0.35	
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.08	
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.06	0.35	
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	0.03	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06	
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.74	0.12	0.74	
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.76	0.11	0.76	
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.76	0.11	0.76	
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.74	0.12	0.74	
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
83	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08		
84	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.03	0.76	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.03	0.75	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11	0.15	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11	0.14	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12	0.12	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.12		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.35	0.02	0.35	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.04	0.76	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.77	0.04	0.77	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.77	0.04	0.77	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.04	0.76	
121	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
124	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.13	0.13		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.02	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.13	0.13	0.17	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.12	0.12	0.16	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.35	0.02	0.35	
131	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.03	MJ	0.02	0.07	0.10	0.11	
134	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.05	MJ	0.01	0.04	0.05	0.07	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.35	0.02	0.35	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.07	MJ	0.05	0.12	0.12	0.16	
143	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.78	0.02	0.78	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.04	0.78	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.79	0.04	0.79	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.79	0.04	0.79	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.04	0.78	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
153	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
154	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.29	0.29	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
157	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.08	0.08	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.23	0.23	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.47	MJ	0.00	0.01	0.01	0.51	
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.14	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.47	MJ	0.00	0.01	0.01	0.51	
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.24	MJ	0.00	0.01	0.02	0.26	
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.14	MJ	0.00	0.01	0.02	0.10	
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		
						MI	0.00	0.01	0.00		

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.47	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.50
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.47	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.50
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.24	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.26
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.08
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.14	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.10
289	IJ140x140x4.75	35	9999	53	-0.23	MI MJ	0.01 0.00	0.18 0.03	0.00 0.03	0.35
290	IJ140x140x4.75	22	9999	53	-0.22	MI MJ	0.01 0.00	0.14 0.04	0.00 0.04	0.36
291	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.16	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.04	0.00 0.04	0.20
292	IJ140x140x4.75	27	9999	53	-0.08	MI MJ	0.01 0.00	0.09 0.05	0.00 0.05	0.18
294	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.43	MI MJ	0.01 0.00	0.27 0.01	0.00 0.01	0.68
295	IJ140x140x4.75	22	9999	53	-0.29	MI MJ	0.03 0.00	0.28 0.03	0.00 0.03	0.59
296	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.18	MI MJ	0.02 0.00	0.21 0.03	0.00 0.03	0.35
297	IJ140x140x4.75	28	9999	53	-0.10	MI MJ	0.03 0.00	0.25 0.04	0.00 0.04	0.35
299	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.58	MI	0.02	0.29	0.00	0.89
300	IJ140x140x4.75	22	9999	53	-0.43	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.01	0.00 0.01	0.77
301	IJ140x140x4.75	27	9999	53	-0.27	MI MJ	0.03 0.00	0.24 0.01	0.00 0.01	0.51
302	IJ140x140x4.75	28	9999	53	-0.12	MI MJ	0.03 0.00	0.28 0.01	0.00 0.01	0.36
304	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.43	MI MJ	0.01 0.00	0.27 0.01	0.00 0.01	0.68
305	IJ140x140x4.75	22	9999	53	-0.29	MI MJ	0.03 0.00	0.28 0.03	0.00 0.03	0.59
306	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.18	MI MJ	0.02 0.00	0.21 0.03	0.00 0.03	0.35
307	IJ140x140x4.75	24	9999	53	-0.10	MI MJ	0.03 0.00	0.25 0.04	0.00 0.04	0.35
309	IJ140x140x4.75	33	9999	53	-0.23	MI MJ	0.01 0.00	0.18 0.03	0.00 0.03	0.35
310	IJ140x140x4.75	22	9999	53	-0.22	MI MJ	0.01 0.00	0.14 0.04	0.00 0.04	0.36
311	IJ140x140x4.75	26	9999	53	-0.16	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.04	0.00 0.04	0.20
312	IJ140x140x4.75	25	9999	53	-0.08	MI MJ	0.01 0.00	0.09 0.05	0.00 0.05	0.18
314	IJ140x140x4.75	37	9999	53	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.16 0.02	0.00 0.02	0.35

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
315	I140x140x4.75	26	9999	53	-0.27	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.03	0.00 0.03	0.41	
316	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.20	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.03	0.00 0.03	0.29	
317	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.10	MI MJ	0.01 0.00	0.08 0.03	0.00 0.03	0.17	
319	J160x160x5.6	34	9999	46	-0.49	MI MJ	0.05 0.01	0.41 0.09	0.00 0.09	0.97	
320	J160x160x5.6	26	9999	46	-0.32	MI MJ	0.01 0.02	0.13 0.14	0.00 0.14	0.56	
321	J140x140x4.75	29	9999	53	-0.28	MI MJ	0.02 0.02	0.16 0.15	0.00 0.15	0.60	
322	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.14	MI MJ	0.02 0.02	0.20 0.19	0.00 0.19	0.48	
324	J160x160x5.6	34	9999	46	-0.49	MI MJ	0.05 0.01	0.41 0.09	0.00 0.09	0.97	
325	J160x160x5.6	26	9999	46	-0.32	MI MJ	0.01 0.02	0.13 0.14	0.00 0.14	0.56	
326	J140x140x4.75	23	9999	53	-0.28	MI MJ	0.02 0.02	0.16 0.15	0.00 0.15	0.60	
327	J140x140x4.75	24	9999	53	-0.14	MI MJ	0.02 0.02	0.20 0.19	0.00 0.19	0.48	
329	J140x140x4.75	31	9999	53	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.16 0.02	0.00 0.02	0.35	
330	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.27	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.03	0.00 0.03	0.41	
331	J140x140x4.75	24	9999	53	-0.20	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.03	0.00 0.03	0.29	
332	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.10	MI MJ	0.01 0.00	0.08 0.03	0.00 0.03	0.17	
334	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.17 0.02	0.00 0.02	0.37	
335	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.27	MI MJ	0.01 0.00	0.14 0.03	0.00 0.03	0.40	
336	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.20	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.03	0.00 0.03	0.29	
337	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.10	MI MJ	0.01 0.00	0.08 0.04	0.00 0.04	0.17	
339	J160x160x5.6	30	9999	46	-0.49	MI MJ	0.05 0.01	0.40 0.09	0.00 0.09	0.93	
340	J160x160x5.6	22	9999	46	-0.32	MI MJ	0.01 0.02	0.10 0.14	0.00 0.14	0.53	
341	J140x140x4.75	27	9999	53	-0.28	MI MJ	0.02 0.02	0.16 0.15	0.00 0.15	0.59	
342	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.14	MI MJ	0.02 0.02	0.19 0.18	0.00 0.18	0.46	
344	J160x160x5.6	30	9999	46	-0.49	MI MJ	0.05 0.01	0.40 0.09	0.00 0.09	0.93	
345	J160x160x5.6	22	9999	46	-0.32	MI MJ	0.01 0.02	0.10 0.14	0.00 0.14	0.53	
346	J140x140x4.75	25	9999	53	-0.28	MI MJ	0.02 0.02	0.16 0.15	0.00 0.15	0.59	
347	J140x140x4.75	24	9999	53	-0.14	MI MJ	0.02 0.02	0.19 0.18	0.00 0.18	0.46	
349	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.26	MI MJ	0.01 0.00	0.17 0.02	0.00 0.02	0.37	
350	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.27	MI MJ	0.01 0.00	0.14 0.03	0.00 0.03	0.40	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
351	I140x140x4.75	24	9999	53	-0.20	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.03	0.00 0.03	0.29	
352	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.10	MI MJ	0.01 0.00	0.08 0.04	0.00 0.04	0.17	
354	J140x140x4.75	37	9999	53	-0.23	MI MJ	0.01 0.00	0.16 0.03	0.00 0.03	0.34	
355	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.22	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.04	0.00 0.04	0.37	
356	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.16	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.04	0.00 0.04	0.20	
357	J140x140x4.75	29	9999	53	-0.08	MI MJ	0.01 0.00	0.09 0.05	0.00 0.05	0.18	
359	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.42	MI MJ	0.01 0.00	0.25 0.01	0.00 0.01	0.65	
360	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.29	MI MJ	0.03 0.00	0.28 0.03	0.00 0.03	0.59	
361	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.18	MI MJ	0.02 0.00	0.21 0.03	0.00 0.03	0.34	
362	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.10	MI MJ	0.03 0.00	0.25 0.04	0.00 0.04	0.35	
364	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.58	MI	0.01	0.27	0.00	0.85	
365	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.42	MI MJ	0.03 0.00	0.31 0.01	0.00 0.01	0.76	
366	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.27	MI MJ	0.02 0.00	0.23 0.01	0.00 0.01	0.50	
367	J140x140x4.75	28	9999	53	-0.12	MI MJ	0.03 0.00	0.27 0.01	0.00 0.01	0.35	
369	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.42	MI MJ	0.01 0.00	0.25 0.01	0.00 0.01	0.65	
370	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.29	MI MJ	0.03 0.00	0.28 0.03	0.00 0.03	0.59	
371	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.18	MI MJ	0.02 0.00	0.21 0.03	0.00 0.03	0.34	
372	J140x140x4.75	24	9999	53	-0.10	MI MJ	0.03 0.00	0.25 0.04	0.00 0.04	0.35	
374	J140x140x4.75	31	9999	53	-0.23	MI MJ	0.01 0.00	0.16 0.03	0.00 0.03	0.34	
375	J140x140x4.75	26	9999	53	-0.22	MI MJ	0.01 0.00	0.15 0.04	0.00 0.04	0.37	
376	J140x140x4.75	22	9999	53	-0.16	MI MJ	0.01 0.00	0.07 0.04	0.00 0.04	0.20	
377	J140x140x4.75	23	9999	53	-0.08	MI MJ	0.01 0.00	0.09 0.05	0.00 0.05	0.18	
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.51	MI MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.55	
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MI MJ MI	0.00 0.00 0.00	0.01 0.01 0.01	0.00 0.01 0.00	0.08	
381	>< L3"x1/4"	24	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.20	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.13	
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.51	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.55	
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
386	>< L3"x1/4"	28	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.20	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.13	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.52	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.55	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	28	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
392	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.20	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.13	
395	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.20	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.13	
396	>< L3"x1/4"	24	9999	130	0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.12	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.52	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.55	
399	I]160x160x5.6	22	9999	46	-0.59	MI MJ	0.02 0.00	0.24 0.01	0.00 0.01	0.81	
400	I]160x160x5.6	26	9999	46	-0.43	MI MJ	0.03 0.00	0.26 0.02	0.00 0.02	0.71	
401	I]140x140x4.75	28	9999	53	-0.41	MI MJ	0.02 0.00	0.22 0.02	0.00 0.02	0.65	
402	I]140x140x4.75	28	9999	53	-0.20	MI MJ	0.03 0.00	0.27 0.02	0.00 0.02	0.40	
404	I]160x160x5.6	26	9999	46	-0.57	MI MI	0.01 0.01	0.19 0.11	0.00 0.00	0.72	
405	I]160x160x5.6	22	9999	46	-0.41	MI MJ	0.01 0.00	0.11 0.01	0.00 0.01	0.51	
406	I]140x140x4.75	28	9999	53	-0.38	MI MJ	0.01 0.00	0.11 0.01	0.00 0.01	0.50	
407	I]140x140x4.75	28	9999	53	-0.17	MI MJ	0.01 0.00	0.10 0.01	0.00 0.01	0.20	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.15	0.02	0.15	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.09	0.15	0.01	0.15	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.15	0.01	0.15	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.41	0.41	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.14	0.14	0.14	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03	0.04	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.17	0.17	0.17	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.14	0.14	0.14	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07	0.08	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.03	0.03		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.17	0.17	0.17	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.06	0.07	0.07	0.07	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06	
432	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06		
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.06	0.07	0.07	0.07	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.04	0.07	0.07	0.07	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.06	0.06	0.06	
436	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.07	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.06	0.07	0.07		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
439	VS500 (viga #3)	28	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.07	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.06	0.07	0.07	0.08	
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
443	VS500 (viga #3)	24	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06		
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.10	0.50	0.50	0.50	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.20	0.41	0.41	0.41	
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.07	0.36	0.36	0.36	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.51	0.51	0.51	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.51	0.51		
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.07	0.36	0.36	0.36	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.20	0.41	0.41	0.41	
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.10	0.50	0.50	0.50	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.26	MJ	0.00	0.01	0.01	0.29	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.13	

Fonte: STRAP (2017).

- Perfil tubular misto preenchido com concreto, com  $f_y = 450 \text{ MPa}$  e  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ ;**

Quadro 46 – Resultado sumário do dimensionamento das barras do edifício de 4 pavimentos, com pilares em perfis tubulares preenchidos de 450 MPa.

1.7 (4 pav / Tubular Preenchido/ 450 MPa) - ELU_	<b>Norma:</b> NBR 8800
<b>Preparado por:</b>	Página: Data: 18/12/20

Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	C A P A C I D A D E S						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada	
										Axial+Mom	
31	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
32	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
33	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
34	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
35	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
36	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
37	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
38	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
39	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
40	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
41	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
42	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
43	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
44	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
45	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.05	0.34	
46	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.04	0.10	0.10	0.11	
53	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.07	0.07	0.07	
54	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
55	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.34	0.81	0.81	0.81	
56	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
57	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74	
58	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75	
59	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.75	0.10	0.75	
60	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.74	0.11	0.74	
61	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
62	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
63	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
64	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
65	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
66	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
67	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
68	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
69	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
70	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
71	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
72	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
73	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
74	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.02	MJ	0.01	0.05	0.06	0.06	
75	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
76	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.04	0.09	0.09	0.10	
83	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07		
84	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28		
85	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
86	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
87	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
88	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.02	0.76	
89	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.02	0.76	
90	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.75	0.02	0.75	
91	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
92	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
93	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
94	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
95	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
96	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
97	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
98	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10		
99	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10	0.13	
100	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	28	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
101	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
102	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11	0.11	
103	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.01	MJ	0.02	0.08	0.11		
104	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.03	MJ	0.01	0.05	0.06	0.07	
105	I250-Borda (viga #2*) nº de conect.=27	24	9999	64	0.00	MJ	0.12	0.34	0.01	0.34	
106	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.04	0.10	0.10		
113	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
114	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.28	
115	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	26	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.81	0.81	0.81	
116	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	22	9999	64	0.00	MJ	0.33	0.79	0.79	0.79	
117	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.31	0.75	0.02	0.75	
118	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.02	0.76	
119	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.32	0.76	0.02	0.76	
120	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.31	0.75	0.02	0.75	
121	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
122	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
123	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
124	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
125	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
126	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.12	0.12		
127	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
128	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.12	0.12	0.15	
129	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11	0.14	
130	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
131	I150 (viga #4)	24	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
132	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
133	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.02	MJ	0.01	0.06	0.09	0.10	
134	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.04	MJ	0.01	0.04	0.05	0.06	
135	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	64	0.00	MJ	0.09	0.34	0.01	0.34	
136	I150 (viga #4)	28	9999	115	-0.06	MJ	0.05	0.11	0.11	0.14	
143	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
144	I150 (viga #4)	24	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.22	0.23	
145	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.78	0.01	0.78	
146	I300 (viga #1)* nº de conect.=31	46	9999	64	0.00	MJ	0.25	0.76	0.76	0.76	
147	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.02	0.77	
148	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.02	0.78	
149	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.78	0.02	0.78	
150	I250 (viga #2)* nº de conect.=27	46	9999	64	0.00	MJ	0.24	0.77	0.02	0.77	
151	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.07	0.07	0.07	
152	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.27	
153	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
154	I150 (viga #4)	26	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.18	0.28	0.28	
155	I150 (viga #4)	24	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
156	I150 (viga #4)	28	9999	147	0.00	MJ	0.03	0.17	0.27	0.28	
157	I150 (viga #4)	22	9999	147	0.00	MJ	0.01	0.05	0.07	0.07	
158	I150 (viga #4)	28	9999	147	-0.01	MJ	0.03	0.14	0.22	0.23	
171	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
172	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25	
173	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
174	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
175	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
176	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25	
177	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
178	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
267	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
268	>< L2.5"x3/16"	44	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.00	0.25	
269	>< L2.5"x3/16"	10	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
270	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.10	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
271	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.35	MJ	0.00	0.01	0.01	0.38	
272	>< L2.5"x3/16"	40	9999	155	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.02	0.25	
273	>< L2.5"x3/16"	6	9999	155	-0.11	MJ	0.00	0.01	0.02	0.07	
274	>< L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.10	MJ	0.00	0.01	0.02	0.08	
289	IJ140x140x4.25*	34	9999	56	-0.21	MJ	0.01	0.22	0.22	0.35	
290	IJ140x140x4.25*	30	9999	56	-0.18	MJ	0.01	0.19	0.19	0.32	
291	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.13	MJ	0.01	0.09	0.09	0.20	
292	IJ140x140x4.25*	28	9999	56	-0.06	MJ	0.01	0.11	0.11	0.20	
294	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.38	MJ	0.02	0.34	0.34	0.70	
295	IJ140x140x4.25*	22	9999	56	-0.26	MJ	0.03	0.36	0.36	0.65	
296	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.17	MJ	0.03	0.27	0.27	0.40	
297	IJ140x140x4.25*	28	9999	56	-0.08	MJ	0.03	0.33	0.33	0.42	
299	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.50	MJ	0.02	0.37	0.37	0.88	
300	IJ140x140x4.25*	22	9999	56	-0.37	MJ	0.04	0.41	0.41	0.80	
301	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.23	MJ	0.03	0.30	0.30	0.54	
302	IJ140x140x4.25*	28	9999	56	-0.10	MJ	0.04	0.37	0.37	0.45	
304	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.38	MJ	0.02	0.34	0.34	0.70	
305	IJ140x140x4.25*	22	9999	56	-0.26	MJ	0.03	0.36	0.36	0.65	
306	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.17	MJ	0.03	0.27	0.27	0.40	
307	IJ140x140x4.25*	24	9999	56	-0.08	MJ	0.03	0.33	0.33	0.42	
309	IJ140x140x4.25*	34	9999	56	-0.21	MJ	0.01	0.22	0.22	0.35	
310	IJ140x140x4.25*	30	9999	56	-0.18	MJ	0.01	0.19	0.19	0.32	
311	IJ140x140x4.25*	26	9999	56	-0.13	MJ	0.01	0.09	0.09	0.20	
312	IJ140x140x4.25*	24	9999	56	-0.06	MJ	0.01	0.11	0.11	0.20	
314	IJ140x140x4.25*	37	9999	56	-0.23	MJ	0.01	0.20	0.20	0.36	
						MI	0.00	0.06	0.00		
						MJ	0.01	0.20	0.20		
						MI	0.00	0.02	0.00		

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
315	I140x140x4.25*	27	9999	56	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.38
316	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.20
317	J140x140x4.25*	27	9999	56	-0.07	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.19
319	J150x150x5.6*	34	9999	52	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.42 0.10	0.42 0.00	0.94
320	J150x150x5.6*	26	9999	52	-0.29	MJ MI	0.02 0.02	0.14 0.15	0.14 0.00	0.55
321	J140x140x4.25*	29	9999	56	-0.25	MJ MI	0.02 0.02	0.21 0.20	0.21 0.00	0.66
322	J140x140x4.25*	28	9999	56	-0.12	MJ MI	0.03 0.02	0.27 0.24	0.27 0.00	0.60
324	J150x150x5.6*	34	9999	52	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.42 0.10	0.42 0.00	0.94
325	J150x150x5.6*	26	9999	52	-0.29	MJ MI	0.02 0.02	0.14 0.15	0.14 0.00	0.55
326	J140x140x4.25*	23	9999	56	-0.25	MJ MI	0.02 0.02	0.21 0.20	0.21 0.00	0.66
327	J140x140x4.25*	24	9999	56	-0.12	MJ MI	0.03 0.02	0.27 0.24	0.27 0.00	0.60
329	J140x140x4.25*	31	9999	56	-0.23	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.02	0.20 0.00	0.36
330	J140x140x4.25*	25	9999	56	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.19 0.04	0.19 0.00	0.38
331	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.15	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.20
332	J140x140x4.25*	25	9999	56	-0.07	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.19
334	J140x140x4.25*	35	9999	56	-0.24	MJ MI	0.01 0.00	0.22 0.02	0.22 0.00	0.38
335	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.22	MJ MI	0.01 0.00	0.18 0.04	0.18 0.00	0.39
336	J140x140x4.25*	26	9999	56	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.20
337	J140x140x4.25*	29	9999	56	-0.07	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.19
339	J150x150x5.6*	30	9999	52	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.40 0.10	0.40 0.00	0.90
340	J150x150x5.6*	22	9999	52	-0.29	MJ MI	0.01 0.02	0.10 0.15	0.10 0.00	0.52
341	J140x140x4.25*	27	9999	56	-0.25	MJ MI	0.02 0.02	0.20 0.20	0.20 0.00	0.64
342	J140x140x4.25*	28	9999	56	-0.12	MJ MI	0.02 0.02	0.25 0.24	0.25 0.00	0.57
344	J150x150x5.6*	30	9999	52	-0.44	MJ MI	0.05 0.01	0.40 0.10	0.40 0.00	0.90
345	J150x150x5.6*	22	9999	52	-0.29	MJ MI	0.01 0.02	0.10 0.15	0.10 0.00	0.52
346	J140x140x4.25*	25	9999	56	-0.25	MJ MI	0.02 0.02	0.20 0.20	0.20 0.00	0.64
347	J140x140x4.25*	24	9999	56	-0.12	MJ MI	0.02 0.02	0.25 0.24	0.25 0.00	0.57
349	J140x140x4.25*	33	9999	56	-0.24	MJ MI	0.01 0.00	0.22 0.02	0.22 0.00	0.38
350	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.22	MJ MI	0.01 0.00	0.18 0.04	0.18 0.00	0.39

Resultados Gerais										
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES					
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	
351	I140x140x4.25*	26	9999	56	-0.16	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.04	0.09 0.00	0.20
352	J140x140x4.25*	23	9999	56	-0.07	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.04	0.11 0.00	0.19
354	J140x140x4.25*	30	9999	56	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.33
355	J140x140x4.25*	34	9999	56	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.20 0.05	0.20 0.00	0.33
356	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.05	0.09 0.00	0.20
357	J140x140x4.25*	28	9999	56	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.11 0.06	0.11 0.00	0.20
359	J140x140x4.25*	30	9999	56	-0.37	MJ MI	0.02 0.00	0.32 0.01	0.32 0.00	0.67
360	J140x140x4.25*	26	9999	56	-0.26	MJ MI	0.03 0.00	0.36 0.03	0.36 0.00	0.65
361	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.16	MJ MI	0.03 0.00	0.26 0.03	0.26 0.00	0.39
362	J140x140x4.25*	28	9999	56	-0.08	MJ MI	0.03 0.00	0.32 0.04	0.32 0.00	0.42
364	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.49	MJ	0.02	0.34	0.34	0.84
365	J140x140x4.25*	26	9999	56	-0.36	MJ MI	0.04 0.00	0.40 0.01	0.40 0.00	0.80
366	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.23	MJ MI	0.03 0.00	0.29 0.01	0.29 0.00	0.52
367	J140x140x4.25*	28	9999	56	-0.10	MJ MI	0.03 0.00	0.36 0.01	0.36 0.00	0.43
369	J140x140x4.25*	30	9999	56	-0.37	MJ MI	0.02 0.00	0.32 0.01	0.32 0.00	0.67
370	J140x140x4.25*	26	9999	56	-0.26	MJ MI	0.03 0.00	0.36 0.03	0.36 0.00	0.65
371	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.16	MJ MI	0.03 0.00	0.26 0.03	0.26 0.00	0.39
372	J140x140x4.25*	24	9999	56	-0.08	MJ MI	0.03 0.00	0.32 0.04	0.32 0.00	0.42
374	J140x140x4.25*	30	9999	56	-0.21	MJ MI	0.01 0.00	0.20 0.03	0.20 0.00	0.33
375	J140x140x4.25*	34	9999	56	-0.18	MJ MI	0.02 0.01	0.20 0.05	0.20 0.00	0.33
376	J140x140x4.25*	22	9999	56	-0.13	MJ MI	0.01 0.00	0.09 0.05	0.09 0.00	0.20
377	J140x140x4.25*	24	9999	56	-0.06	MJ MI	0.01 0.01	0.11 0.06	0.11 0.00	0.20
379	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41
380	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08
381	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07
382	>< L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.16	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.11
384	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41
385	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08
386	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
387	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.16	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.11	
389	>< L3"x1/4"	32	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41	
390	>< L3"x1/4"	40	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
391	>< L3"x1/4"	36	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
392	><L2.5"x3/16"	28	9999	155	0.16	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.11	
395	><L2.5"x3/16"	24	9999	155	0.16	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.02 0.00	0.11	
396	>< L3"x1/4"	32	9999	130	0.10	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.07	
397	>< L3"x1/4"	44	9999	130	-0.11	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.08	
398	>< L3"x1/4"	36	9999	130	-0.38	MJ MI	0.00 0.00	0.01 0.01	0.01 0.00	0.41	
399	I]150x150x5.6*	22	9999	52	-0.53	MJ MI	0.02 0.00	0.25 0.01	0.25 0.00	0.77	
400	I]150x150x5.6*	26	9999	52	-0.39	MJ MI	0.03 0.00	0.29 0.02	0.29 0.00	0.70	
401	I]140x140x4.25*	28	9999	56	-0.35	MJ MI	0.03 0.00	0.28 0.02	0.28 0.00	0.66	
402	I]140x140x4.25*	28	9999	56	-0.17	MJ MI	0.03 0.00	0.36 0.02	0.36 0.00	0.49	
404	I]150x150x5.6*	26	9999	52	-0.51	MJ	0.01	0.19	0.19	0.66	
405	I]150x150x5.6*	22	9999	52	-0.37	MJ MI	0.01 0.00	0.11 0.01	0.11 0.00	0.47	
406	I]140x140x4.25*	28	9999	56	-0.33	MJ MI	0.01 0.00	0.14 0.01	0.14 0.00	0.48	
407	I]140x140x4.25*	28	9999	56	-0.14	MJ MI	0.01 0.00	0.13 0.01	0.13 0.00	0.22	
410	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.02	0.13	
411	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.01	0.13	
412	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	46	9999	65	0.00	MJ	0.08	0.13	0.01	0.13	
420	I250-Borda (viga #2* nº de conect.=27)	30	9999	65	0.00	MJ	0.07	0.08	0.44	0.44	
421	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.13	0.13	0.14	
422	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07		
423	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02	0.03	
424	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.17	0.17	0.17	
425	VS500 (viga #3)	22	9999	88	0.02	MJ	0.03	0.13	0.13	0.14	
426	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.02	MJ	0.04	0.07	0.07	0.08	
427	VS500 (viga #3)	34	9999	114	-0.03	MJ	0.01	0.02	0.02		
428	VS500 (viga #3)	26	9999	88	-0.01	MJ	0.05	0.17	0.17	0.17	
429	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
430	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
431	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
432	VS500 (viga #3)	28	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06		
433	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.07	0.07	0.07	
434	VS500 (viga #3)	22	9999	114	-0.01	MJ	0.03	0.04	0.04	0.04	
435	VS500 (viga #3)	26	9999	114	-0.01	MJ	0.02	0.04	0.04	0.04	
436	VS500 (viga #3)	24	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
437	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.06	0.07	0.07		

Resultados Gerais											
Barr	Seção	Co	Flec L/	Esbl	CAPACIDADES						
					Axial	Dir	Corta	Mom	FLT	Combinada Axial+Mom	
438	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.05	0.05	0.05	
439	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
440	VS500 (viga #3)	26	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06	0.06	
441	VS500 (viga #3)	22	9999	92	0.00	MJ	0.06	0.07	0.07	0.07	
442	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.03	0.05	0.05	0.05	
443	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.01	0.03	0.03	0.03	
444	VS500 (viga #3)	26	9999	92	-0.01	MJ	0.05	0.06	0.06		
453	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.47	0.47	0.47	
454	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
455	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
456	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.49	0.49	0.49	
457	VS500 (viga #3)	30	9999	88	0.01	MJ	0.12	0.49	0.49		
458	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.06	0.35	0.35	0.35	
459	VS500 (viga #3)	26	9999	114	0.00	MJ	0.19	0.41	0.41	0.41	
460	VS500 (viga #3)	34	9999	88	0.01	MJ	0.09	0.47	0.47	0.47	
461	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
462	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
463	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
464	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
465	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.01	0.26	
466	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	
469	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.39	MJ	0.00	0.01	0.01	0.42	
470	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.25	MJ	0.00	0.01	0.01	0.27	
471	>< L3"x1/4"	34	9999	130	-0.21	MJ	0.00	0.01	0.01	0.24	
473	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.34	MJ	0.00	0.01	0.01	0.37	
474	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.23	MJ	0.00	0.01	0.01	0.26	
475	>< L3"x1/4"	30	9999	130	-0.19	MJ	0.00	0.01	0.01	0.12	

Fonte: STRAP (2017).