

**TABELAS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL
PARA EDIFICAÇÕES
COM O SISTEMA CONSTRUTIVO
EM STEEL FRAMING**

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ⁽¹⁾

1 APRESENTAÇÃO

O presente documento apresenta alguns detalhes de construção e as tabelas mais importantes para o dimensionamento prático da estrutura metálica de edificações residenciais com até 2 pavimentos, projetadas segundo os conceitos do “steel framing” em perfis formados a frio de aço zincado. Para isto, foi considerado como base principal o documento Prescriptive Method For Residential Cold-Formed Steel Framing – North American Steel Framing Alliance (NASFA) [1], publicado em 2000.

O método apresentado padroniza os perfis U enrijecidos (U_e) para as barras estruturais e U simples (U) para as guias.

Os aços utilizados na fabricação dos perfis devem ser obtidos através do processo de imersão a quente ou por eletrodeposição, podendo ser do tipo revestidos com zinco ou liga alumínio-zinco, e portanto, resistentes à corrosão atmosférica. Para o limite de escoamento dos aços foram considerados os valores de 230 MPa e 345 MPa, tendo as chapas espessuras de 0,95mm a 2,46mm.

O sistema “steel framing” também é empregado em edificações com mais de dois pavimentos. No entanto, nestes casos, o dimensionamento deve ser realizado empregando-se as normas brasileiras específicas para os perfis formados a frio, por profissional de comprovada competência e que tenha os conhecimentos necessários ao projeto de estruturas em perfis leves de aço revestidos.

2 CONCEITUAÇÃO

Os perfis formados a frio estão sendo amplamente adotados nas construções metálicas brasileiras, sendo tradicionalmente empregados como barras de estruturas treliçadas de coberturas, tal como em edifícios industriais, postos de gasolina, etc. Só recentemente estão sendo empregados em novas soluções para construções residenciais. Para isto, algumas siderúrgicas e fabricantes de estruturas têm-se encorajado em desenvolverem novos conceitos de soluções construtivas simples e de custo relativamente baixo, podendo ser aplicados também em larga escala em programas habitacionais de interesse social.

Documento elaborado pelo Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues, do Departamento de Engenharia de Estruturas / Escola de Engenharia / UFMG - Belo Horizonte, MG, Brasil.
0xx31-32381044. francisco@dees.ufmg.

Embora a tecnologia para construções rápidas e de custo economicamente viável não seja muito complexa e insinua em soluções de projetos estruturais simples, a escolha de materiais apropriados e técnicas de construção é talvez o ponto central para a definição de tecnologia aplicada.

As edificações residenciais constituem um campo muito importante para aplicações dos sistemas construtivos em perfis formados a frio. Nestes sistemas não podemos considerar soluções técnicas muito sofisticadas mas tão simples quanto possível, permitindo construções rápidas e freqüentemente admitindo o emprego de trabalhadores locais orientados tecnicamente.

O sistema construtivo “steel framing” tem uma concepção racional, para fabricação e montagem industrializada e em grande escala, quase todo a seco, onde os perfis formados a frio, em chapa de aço zincado de bitola leve, são utilizados para a composição das paredes (estruturais ou não), vigas de piso e vigas secundárias, servindo ainda apenas como forma-laje em pisos de concreto armado ou como armadura positiva nas lajes mistas com forma de aço incorporada (“steel decks”). Estes perfis são também empregados nas estruturas dos telhados.

As vedações e o sistema de acabamento utilizam um método que combina uma alta capacidade isolante com uma aparência atraente, com o emprego de variadas soluções construtivas, entre elas: i) tela expandida de aço zincado com argamassa projetada, para paredes internas e externas; ii) chapa de OSB (Oriented Strand Board) com barreira de vapor e tela de poliéster aplicadas sobre a mesma, e revestida com argamassa projetada, para paredes internas e externas; iii) placa cimentícia revestida com argamassa projetada ou outros revestimentos convencionais de cobertura, para paredes internas e externas.

A estrutura de aço fica então encapsulada e protegida dentro das paredes.

Este sistema construtivo destinado às edificações residenciais de alta qualidade com estrutura metálica ilustra o fato de que o aço é uma alternativa viável em relação às estruturas executadas com outros materiais e que a construção metálica não significa formas totalmente novas de construção. As construções podem ser projetadas para substituir as vedações em alvenaria e as formas dos pisos por aço, peça por peça, incluindo as treliças do telhado. As estruturas das paredes são pré-fabricadas em painéis, podendo ser enviadas para o local da construção já montadas.

Os perfis utilizados e as formas-laje podem ser fabricados em equipamentos simples ou especiais, com controle numérico, que permitam a furação, a perfilagem e o corte automatizados, em escala de produção industrial.

3 DEFINIÇÕES

A seguir, são apresentadas as principais definições para auxiliar o projetista nas etapas da concepção e do dimensionamento do sistema estrutural.

A menos de alguma ressalva, todas as figuras apresentadas no texto foram adaptadas da referência [2] – Low-Rise Residential Construction – Details, publicada pela NASFA em 2000.

A Figura 3.1 apresenta um esquema típico e geral de uma residência em sistema steel framing e a Figura 3.2 apresenta o esquema particularizado para o documento da CAIXA.

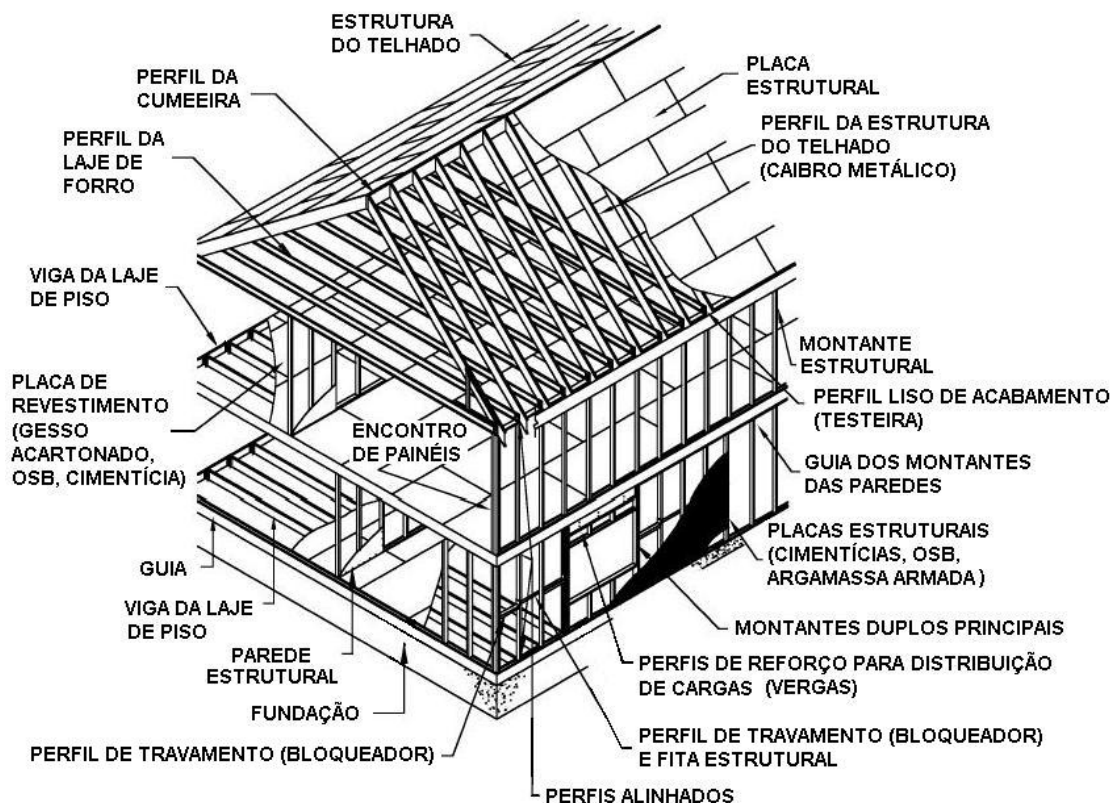


Figura 3.1 – Esquema típico de uma residência em steel framing (caso geral) [2].

De acordo com a Figura 3.2 - para o documento da CAIXA, a idéia central do sistema é combinar os produtos em aço resistente a corrosão com os materiais de construção atualmente disponíveis no mercado nacional, como os painéis de gesso acartonado, as placas cimentícias, a argamassa projetada sobre tela expandida de aço zincado ou chapa de OSB com barreira de vapor e tela de poliéster aplicadas sobre a mesma e revestida com argamassa projetada. Para os pisos dos pavimentos superiores e cobertura podem ser empregadas as lajes pré-moldadas de concreto ou lajes em steel decks. Para a cobertura deverá ser considerada apenas a utilização de telhas cerâmicas, de concreto, metálicas ou de cimento reforçado por fios sintéticos.

Para as barras metálicas, estruturais ou não, são adotados os perfis U ou Ue, sendo as ligações executadas por meio de parafusos e porcas, parafusos autoatarrachantes e outros conectores especiais.

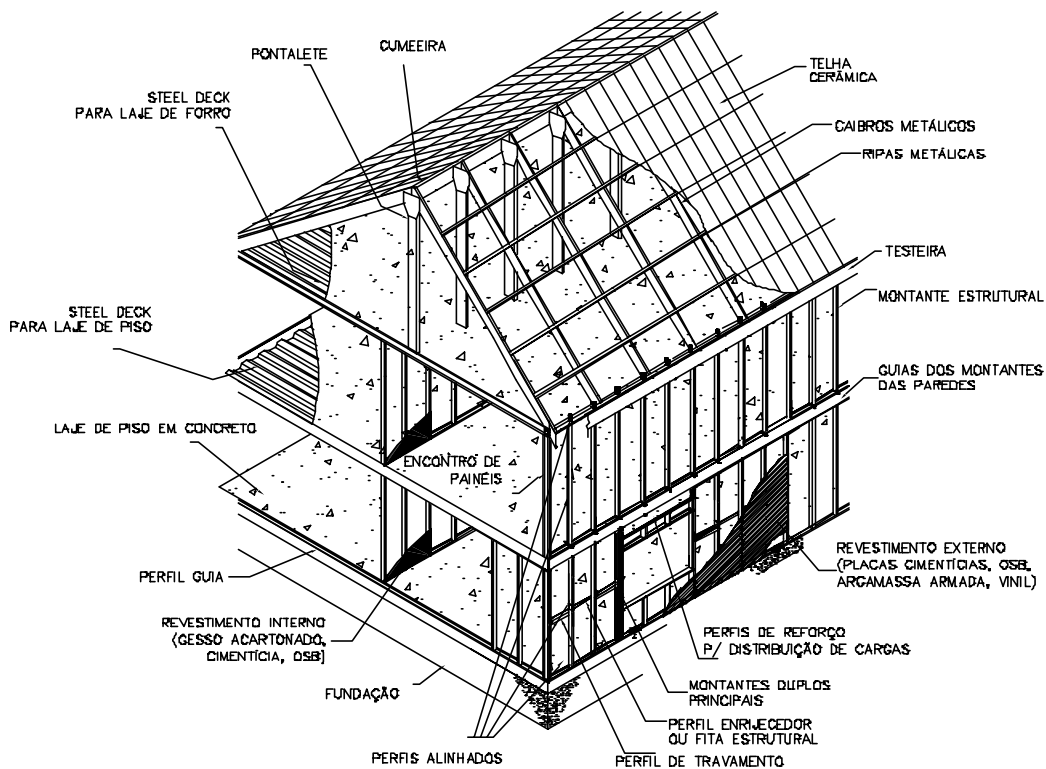


Figura 3.2 – Esquema típico de uma residência em steel framing, particularizado para o documento da CAIXA [2].

A Figura 3.3 apresenta a nomenclatura e as dimensões dos perfis U e U_e e a Figura 3.4 apresenta novamente estes perfis e também o perfil cartola, considerando-se a nomenclatura da NBR 6355 - Perfis Estruturais, de Aço, Formados a Frio – Padronização, cujo projeto de norma se encontra em votação nacional na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

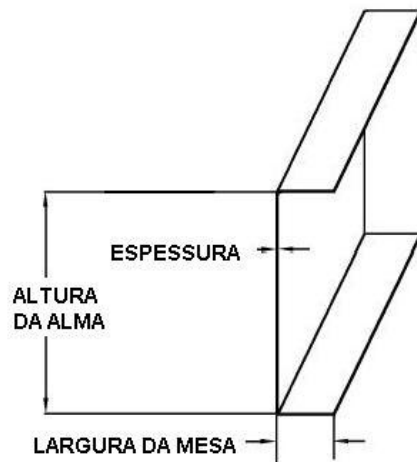
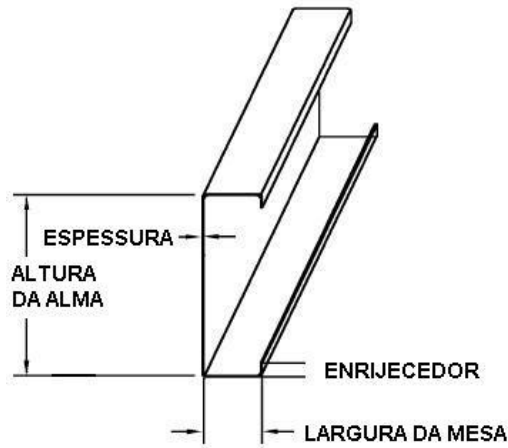


Figura 3.3 – Dimensões dos elementos componentes dos perfis U enrijecido (U_e) e U simples.

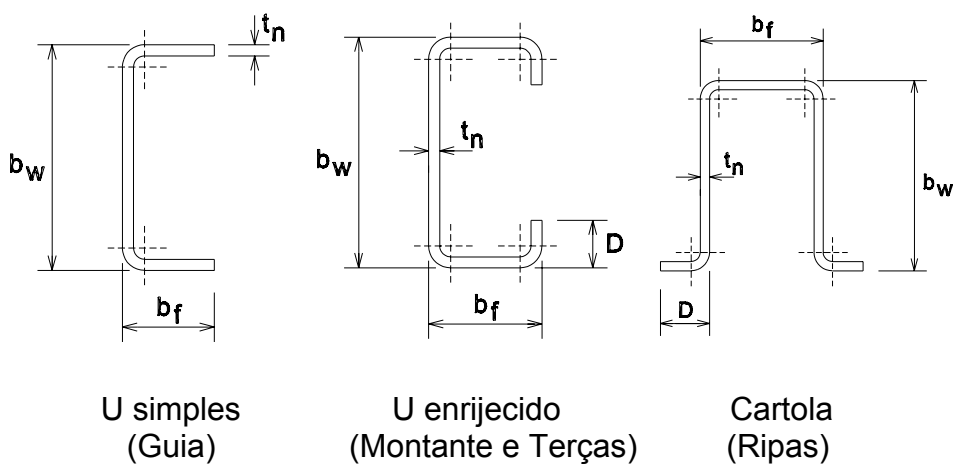


Figura 3.4 - Perfis típicos para uso em Steel Framing: U simples, U enrijecido e cartola (nomenclatura conforme a NBR 6355)

3.1 Guias

As guias são usadas na horizontal para formar a base e o topo dos montantes. São também utilizadas - combinadas ou não com as fitas - para o travamento de vigas e montantes, e montagem das vergas (Figura 3.5).

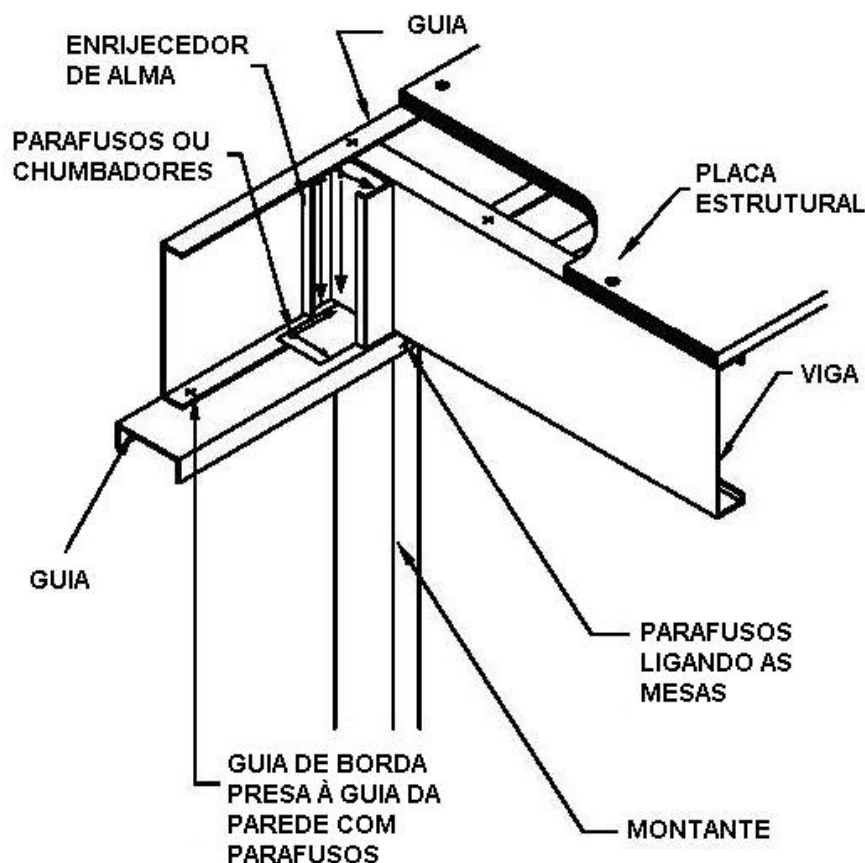


Figura 3.5 – Esquema apresentando guia, montante e viga.

Tanto para as guias das paredes internas quanto para as guias das paredes externas, o dimensionamento é realizado para as solicitações de compressão. Para a ligação de painéis (entre pisos), deve-se considerar para o dimensionamento a seção transversal constituída por dois perfis U simples ligados pela alma. Para a ligação do painel à fundação, deve-se considerar para o dimensionamento a seção transversal constituída por um perfil U simples

3.2 Montantes

Os montantes (Figura 3.5) podem ser simples ou compostos, são constituídos por perfis U_e com as dimensões apresentadas nas tabelas de dimensionamento e devem apresentar espaçamento mínimo entre si de 400mm e máximo de 600 mm.

Os montantes das paredes internas são dimensionados à flexo-compressão e à tração atuando isoladamente. Os montantes das paredes externas são dimensionados à flexo-compressão e à flexo-tração.

3.3 Vigas

As vigas apresentam espaçamento entre si em função dos espaçamentos entre os montantes, conforme mostram as figuras 1 e 5.

As vigas de piso são dimensionadas à flexão, ao cortante e à combinação cortante-momento fletor (para as vigas contínuas).

Para impedir a flambagem lateral com torção, as vigas devem ser lateralmente travadas duas a duas por meio de perfis U_e colocados em cada terço do vão, conforme ilustra a Figura 3.6.

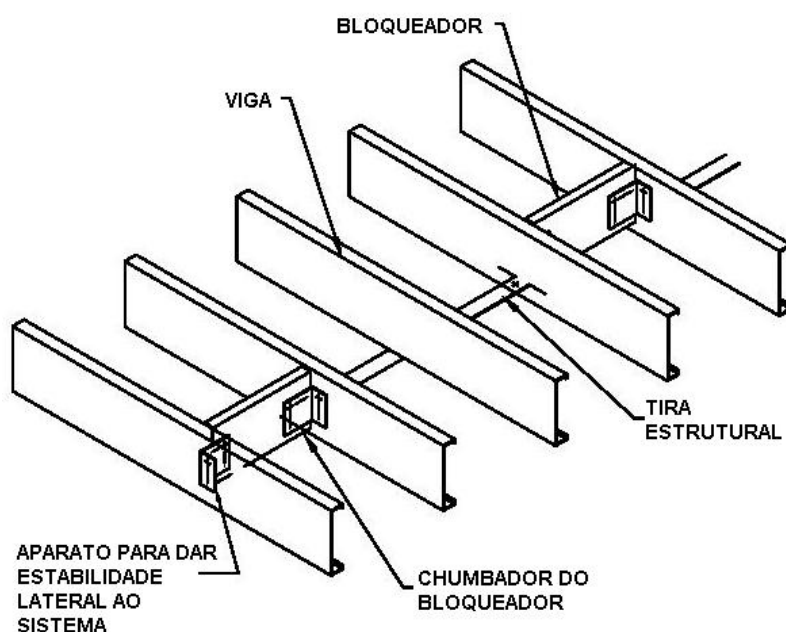


Figura 3.6 – Travamento lateral de vigas [2].

3.4 Barras diagonais

Quando necessário o seu emprego, as diagonais em fitas (barras chatas) trabalham somente à tração e devem receber protensão durante sua instalação.

3.5 - Vergas

As vergas podem ser constituídas conforme mostra a Figura 3.7 ou por dois perfis U_e ligados pela alma através de parafusos autobrocantes espaçados a cada 600 mm, com o mínimo de 2 autobrocantes por seção.

As vergas são dimensionadas à flexão; ao cortante; ao enrugamento da alma; à combinação cortante-momento fletor e ao enrugamento da alma-momento fletor.

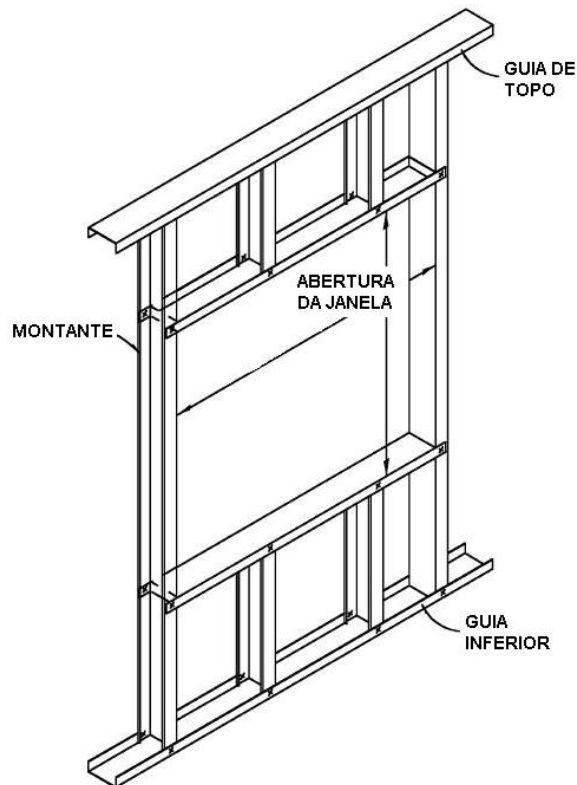


Figura 8 – Vista geral das vergas (emcabecamento de aberturas) [2].

4 NORMAS E DOCUMENTOS CONSULTADOS

1. NASFA - Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing. North American Steel Framing Alliance, October 2000.
2. NASFA – Low-Rise Residential Construction - Details. North American Steel Framing Alliance, March 2000.
3. ABNT - NBR 6355: Perfis Estruturais, de Aço, Formados a Frio – Padronização. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.
4. AISI – Specification for the Design of Col-Formed Steel Structural Members. American Iron and Steel Institute, 1996.
5. ABNT - NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001.
6. ABNT - NBR 8800: Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.
7. SCI,1997. Building design using Cold Formed Steel Sections – Construction Detailing and Practice. The Steel Construction Institute. SCI Publication P165.

8. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1.3: General Rules. Supplementary Rules For Cold Formed Thin Gauge Members And Sheeting, Env 1993-1-3, February, 1996.
9. Australian / New Zealand Standard. AS/NZS 4600:1996. Cold-formed steel structures. Standards New Zealand, 1996.

5 PRESCRIÇÕES DE NORMAS TÉCNICAS

As tabelas constantes da referência [1] e adaptadas no presente documento foram elaboradas com base nas prescrições da norma norte-americana do American Iron and Steel Institute, em sua versão de 1996 (AISI/96 [4]), com os princípios do Método dos Estados Limites.

No entanto, o sistema “Steel Framing” pode também ser dimensionamento empregando as prescrições da NBR 14762 [5], também fundamenta nos princípios dos Método dos Estados Limites.

O texto da NBR 14762 foi elaborado com base nas prescrições do AISI /96 [4], incluindo algumas recomendações e procedimentos do Eurocode 3 [8] e da norma australiana [9], procurando sempre estabelecer compatibilidade com outras normas brasileiras relacionadas ao tema.

Para um melhor entendimento das normas citadas, neste trabalho são apresentadas comparações entre as especificações do AISI/96 e da norma brasileira, com relação ao dimensionamento de perfis formados a frio submetidos a esforços de tração, compressão, flexão e solicitações combinadas segundo o método dos estados limites.

5.1 - Barras submetidas à tração

Com relação ao dimensionamento das barras tracionadas, a resistência de cálculo é dada por:

A - Ligações soldadas

Norma Brasileira (Subseção 7.6.1):

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma \quad (\gamma = 1,1) \quad (5.1)$$

$$N_{t,Rd} = C_t A_n f_u / \gamma \quad (\gamma = 1,35) \quad (5.2)$$

AISI/96 (Seção C2):

$$T_d = \phi_t T_n \quad (\phi_t = 0,95) \quad (5.3)$$

$$T_n = A_n f_y \quad (5.4)$$

onde:

- γ, ϕ_t : coeficientes de ponderação da resistência e fator de resistência, respectivamente;
- A : área da seção transversal bruta da barra;
- A_n : área da seção líquida da barra.
- f_u : resistência à ruptura do aço;
- f_y : resistência ao escoamento do aço;

C_t : coeficiente de redução da área líquida.

O estado limite último de escoamento da seção bruta é considerado pela Norma Brasileira e AISI/96, uma vez que nas ligações soldadas $A_n = A$. O estado limite último de ruptura da seção líquida efetiva é considerado somente pela Norma Brasileira, através da equação (5.2).

B - Ligações parafusadas

AISI/96 (Seção C2 e E3.2):

$$P_d = \phi_t P_n \quad (\phi_t = 0,95) \quad (5.5)$$

$$P_n = A_n f_y \quad (5.6)$$

Caso I - Ligações com arruelas sob a cabeça do parafuso e porca

$$P_d = \phi_t P_n \quad (5.7)$$

$$P_n = (1,0 - 0,9r + 3rd/s) f_u A_n \leq f_u A_n \quad (5.8)$$

$\phi_t = 0,65$ para cisalhamento duplo

$\phi_t = 0,55$ para cisalhamento simples

Caso II - Ligações sem arruelas ou com apenas uma arruela

$$P_d = \phi_t P_n \quad (5.9)$$

$$P_n = (1,0 - r + 2,5rd/s) f_u A_n \leq f_u A_n \quad (\phi_t = 0,65) \quad (5.10)$$

Norma Brasileira (Subseção 7.6.1):

$$N_{t,Rd} = A f_y / \gamma \quad (\gamma = 1,1) \quad (5.11)$$

$$N_{t,Rd} = C_t A_n f_u / \gamma \quad (\gamma = 1,35) \quad (5.12)$$

Para ligações parafusadas, devem ser analisadas as prováveis linhas de ruptura, sendo a seção crítica aquela correspondente ao menor valor da área líquida. A área líquida da seção de ruptura analisada deve ser calculada por:

$$A_n = 0,9 \left(A - n_f d_f t + \sum t s^2 / 4g \right) \quad (5.13)$$

Para ligações soldadas, considerar $A_n = A$. Nos casos em que houver apenas soldas transversais (soldas de topo), A_n deve ser considerada igual à área bruta da(s) parte(s) conectada(s) apenas.

d_f é a dimensão do furo;

n_f é a quantidade de furos contidos na linha de ruptura analisada.

s é o espaçamento dos furos na direção da solicitação;

g é o espaçamento dos furos na direção perpendicular à solicitação;

t é a espessura da parte conectada analisada.

C_t é o coeficiente de redução da área líquida, dado por:

a) chapas com ligações parafusadas:

- todos os parafusos da ligação contidos em uma única seção transversal:

$$C_t = 2,5(d/g) \leq 1,0$$

- dois parafusos na direção da solicitação, alinhados ou em zig-zag:

$$C_t = 0,5 + 1,25(d/g) \leq 1,0$$

- três parafusos na direção da solicitação, alinhados ou em zig-zag:

$$C_t = 0,67 + 0,83(d/g) \leq 1,0$$

- quatro ou mais parafusos na direção da solicitação, alinhados ou em zig-zag:

$$C_t = 0,75 + 0,625(d/g) \leq 1,0$$

d é o diâmetro nominal do parafuso;

Em casos de espaçamentos diferentes, tomar sempre o maior valor de g para cálculo de C_t ;

Nos casos em que o espaçamento entre furos g for inferior à soma das distâncias entre os centros dos furos de extremidade às respectivas bordas, na direção perpendicular à solicitação ($e_1 + e_2$), C_t deve ser calculado substituindo g por $e_1 + e_2$.

Havendo um único parafuso na seção analisada, C_t deve ser calculado tomando-se g como a própria largura bruta da chapa.

Nos casos de furos com disposição em zig-zag, com g inferior a $3d$, C_t deve ser calculado tomando-se g igual ao maior valor entre $3d$ e a soma $e_1 + e_2$.

b) perfis com ligações parafusadas:

- todos os elementos conectados, com dois ou mais parafusos na direção da solicitação:

$$C_t = 1,0$$

- cantoneiras com dois ou mais parafusos na direção da solicitação:

$$C_t = 1 - 1,2(x/L) < 0,9 \text{ (porém, não inferior a } 0,4)$$

- perfis U com dois ou mais parafusos na direção da solicitação:

$$C_t = 1 - 0,36(x/L) < 0,9 \text{ (porém, não inferior a } 0,5)$$

Nos casos onde todos os parafusos estão contidos em uma única seção transversal, o perfil deve ser tratado como chapa equivalente (Figura 3.5b), conforme a), com C_t dado por:

$$C_t = 2,5(d/g) \leq 1,0$$

c) chapas com ligações soldadas:

- soldas longitudinais associadas a soldas transversais:

$$C_t = 1,0$$

- somente soldas longitudinais ao longo de ambas as bordas:

para $b \leq L < 1,5b$: $C_t = 0,75$

para $1,5b \leq L < 2b$: $C_t = 0,87$

para $L \geq 2b$: $C_t = 1,0$

d) perfis com ligações soldadas:

- todos os elementos conectados:

$$C_t = 1,0$$

- cantoneiras com soldas longitudinais:

$$C_t = 1 - 1,2(x/L) < 0,9 \text{ (porém, não inferior a } 0,4)$$

- perfis U com soldas longitudinais:

$$C_t = 1 - 0,36(x/L) < 0,9 \text{ (porém, não inferior a } 0,5)$$

b é a largura da chapa;

L é o comprimento da ligação parafusada ou o comprimento da solda;

x é a excentricidade da ligação, tomada como a distância entre o plano da ligação e o centróide da seção transversal do perfil.

É recomendado que o índice de esbeltez KL/r das barras tracionadas não exceda 300. Para as barras compostas tracionadas, ou seja, aquelas constituídas por um ou mais perfis associados, é também recomendado que o índice de esbeltez de cada perfil componente da barra não exceda 300.

5.2 - Determinação das larguras efetivas dos elementos

Para a determinação das larguras efetivas dos elementos, a Norma Brasileira [5] adota, com algumas adaptações, as formulações do AISI/96 [4] e do Eurocode 3 [8].

Norma Brasileira (Subseção 7.2.1) - Esta Subseção trata do cálculo das larguras efetivas dos elementos da seção transversal do perfil. As expressões adotadas para o cálculo das larguras efetivas são dadas por:

$$b_{ef} = b_c(1-0,22/\lambda_p) / \lambda_p \leq b_c \quad \text{para os casos com inversão de sinal da tensão} \quad (17)$$

$$b_{ef} = b(1-0,22/\lambda_p) / \lambda_p \leq b \quad \text{para os casos sem inversão de sinal da tensão} \quad (18)$$

$$\lambda_p = \frac{b/t}{0,95(kE/\sigma)^{0,5}} \quad (5.14)$$

onde:

- b : largura do elemento;
- b_c : largura da região comprimida do elemento;
- λ_p : índice de esbeltez reduzido do elemento, para λ_p ≤ 0,673 a largura efetiva é a própria largura do elemento;
- t : espessura do elemento;
- k : coeficiente de flambagem local, a ser calculado de acordo com as correspondentes tabelas da Norma Brasileira;
- σ : máxima tensão normal de compressão no elemento, para elementos totalmente comprimidos;
- σ = σ₁, para elementos parcialmente comprimidos
- σ₁ : máxima tensão de compressão no elemento, conforme as correspondentes tabelas da Norma Brasileira.

AISI/96 (Seção B2 a Subseção B4.2) - Estas seções tratam do cálculo das larguras efetivas dos elementos da seção transversal do perfil. As expressões usadas para determinar a largura efetiva dos elementos não enrijecidos uniformemente comprimidos (Subseção B2.1), dos elementos enrijecidos uniformemente comprimidos (Subseção B3.1), dos elementos com borda enrijecedora uniformemente comprimidos (Subseção B4.2) são as mesmas expressões apresentadas para o procedimento adotado pela Norma Brasileira. A única diferença é a forma de apresentação das equações.

AISI/96 (Subseção B2.3) - Para os elementos enrijecidos e elementos parcialmente enrijecidos submetidos a gradiente de tensões as larguras efetivas b₁ e b₂ (Figura1) são determinadas como a seguir:

$$\psi = f_2/f_1 \quad (5.15)$$

$$k = 4+2(1-\psi)^3+2(1-\psi) \quad (5.16)$$

$$b_1 = b_e/(3-\psi) \quad (5.17)$$

$$b_2 = b_e/2, \text{ para } \psi \leq -0,236 \quad (5.18)$$

$$b_2 = b_e-b_1, \text{ para } \psi > -0,236 \quad (5.19)$$

b₁+b₂ não pode exceder a porção comprimida da alma;

onde:

- f₁, f₂ : tensões atuantes no elemento, mostradas na figura 5.1. f₁ é a maior tensão de compressão(+) e f₂ pode ser de tração (-) ou compressão (+);
- k : coeficiente de flambagem local ;
- b_e : largura efetiva de acordo com a Subseção B3.1 substituindo f por f₁ e k determinado como acima;

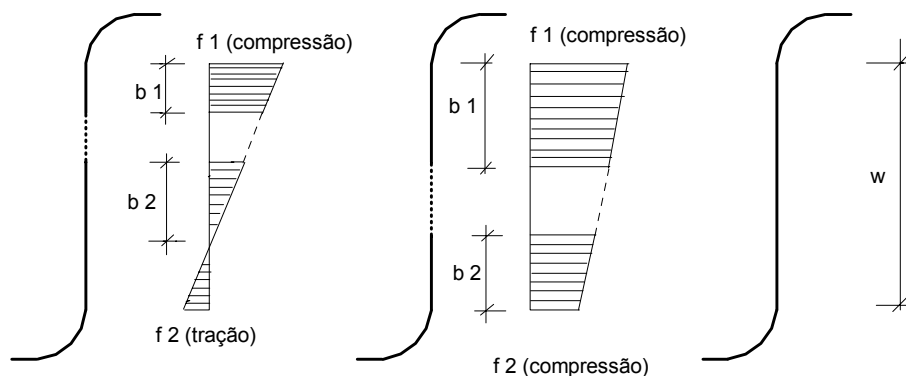


Figura 5.1. Elemento enrijecido ou parcialmente enrijecido submetido a gradiente de tensões

A Norma Brasileira considera três tipos de distribuição de tensões. O AISI/96, utiliza somente o cálculo da largura efetiva dos elementos enrijecidos ou parcialmente enrijecidos, conforme o procedimento apresentado acima. Dependendo da distribuição das tensões no elemento, os casos b, c e d da tabela correspondente da Norma Brasileira apresentam expressões para a determinação do coeficiente de flambagem local k e das larguras efetivas $b_{ef,1}$ e $b_{ef,2}$.

AISI/96 (Subseção B2.3) - De forma simplificada, para os elementos não enrijecidos submetidos a gradiente de tensões (Figura 5.2), o AISI/96 adota o coeficiente de flambagem local com valor $k = 0,43$ e tensão $f = f_3$. Esta norma trata esse elemento como se fosse totalmente comprimido com a tensão igual à máxima tensão de compressão f_3 .

A Norma Brasileira considera três tipos de distribuição de tensões. De acordo com os valores dados na tabela correspondente da norma, o coeficiente de flambagem local pode chegar ao valor máximo de 23,8.

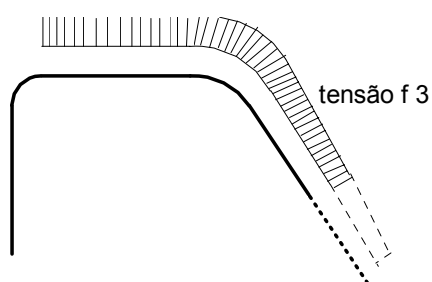


Figura 5.2. Elemento não enrijecido submetido a gradiente de tensão.

5.3 - Barras comprimidas

A Norma Brasileira (Subseção 7.7.1) considera três casos de curvas de flambagem para a determinação da resistência de barras submetidas à compressão centrada. Cada curva está associada a um coeficiente α de imperfeição global. A tensão nominal de flambagem atuante nos elementos é dada pelo produto ρf_y . A formulação adotada é da Norma do Eurocode 3 (ENV 1993-1-3 [4]).

O fator de redução ρ que leva em consideração a influência da flambagem global na resistência da barra, pode ser obtido pelas tabelas correspondentes da norma ou calculado como a seguir:

$$\rho = 1/[\beta + (\beta^2 - \lambda_0^2)^{0,5}] \leq 1,0 \quad (5.20)$$

$$\beta = 0,5[1 + \alpha(\lambda_0 - 0,2) + \lambda_0^2] \quad (5.21)$$

onde:

α : fator de imperfeições iniciais, cujos valores variam de acordo com o tipo de seção e eixo de flambagem, conforme Tabela 7 da NBR 14762;

λ_0 : índice de esbeltez reduzido para barras comprimidas:

$$\lambda_0 = \left[\frac{A_{ef} f_y}{N_e} \right]^{0,5} \quad (5.22)$$

A_{ef} : área efetiva da seção transversal da barra, calculada com base nas larguras efetivas dos elementos, adotando $\sigma = \rho f_y$;

N_e : força normal de flambagem elástica da barra

O AISI/96 (Seção C4) adota uma única curva de dimensionamento para barras submetidas à compressão centrada. A tensão nominal de flambagem é determinada como a seguir:

$$\lambda_c = (f_y/f_e)^{0,5} \quad (5.23)$$

Para $\lambda_c \leq 1,5$ (Flambagem inelástica)

$$f_n = \left(0,658 \lambda_c^2 \right) f_y \quad (5.24)$$

Para $\lambda_c > 1,5$ (Flambagem elástica)

5.4 - Estado limite último por distorção da seção transversal

O AISI/96 não leva em conta a flambagem local por distorção da seção transversal. O texto base da Norma Brasileira (Subseções 7.7.3 e 7.8.1.3) aborda o dimensionamento das seções U simples, U enrijecida e Z enrijecida quanto ao estado limite último de distorção da seção transversal. A formulação utilizada é baseada nas prescrições da Norma Australiana [9], com algumas adaptações.

5.5 - Estado limite último por flambagem lateral

Em relação ao estado limite último por flambagem lateral, a Norma Brasileira (Subseção 7.8.1.2) somente verifica a flexão em torno do eixo de maior inércia. Já o AISI/96 (Subseção C3.1.2) verifica a flexão em torno do eixo de simetria e em torno do eixo perpendicular ao eixo de simetria. Na NBR 14762, as expressões usadas para determinar a resistência de cálculo à flambagem lateral são as mesmas expressões apresentadas pelo procedimento do AISI/96. A única diferença é a forma de apresentação das equações.

5.6 - Verificação à web crippling

Na verificação a Web Crippling segundo o AISI/96 (Subseção C3.4) as equações para a determinação da resistência de cálculo devem satisfazer a relação $R/t \leq 6$. Para

seções tipo Z tendo uma das mesas parafusadas na extremidade da viga a equação correspondente pode ser multiplicada 1,3 se as condições a seguir forem atendidas:

- $h/t \leq 150$
- $R/t \leq 4$
- espessura da seção da viga, $t \geq 1,52$ mm
- espessura do apoio da viga, $t \geq 4,76$ mm

Na Norma Brasileira nenhuma relação precisa ser atendida.

5.7 - Procedimento baseado na reserva de capacidade inelástica

O AISI/96 permite determinar o momento de resistência nominal através de um procedimento baseado na reserva de capacidade inelástica. A Norma Brasileira não apresenta nenhum procedimento referente a este estado limite último.

5.8 - Coeficientes de ponderação das resistências do perfil

O coeficiente que considera as incertezas com relação à resistência do perfil da Norma Brasileira (Subseção 7.7) para barras comprimidas tem valor igual a $\gamma=1,1$. A resistência nominal é multiplicada por $1/1,1 = 0,909$. No AISI/96 (Seção C4) a resistência nominal é multiplicada por $\phi_c = 0,85$. As incertezas são maiores no AISI/96 do que na Norma Brasileira.

O coeficiente de ponderação da resistência do perfil da Norma Brasileira (Subseção 7.8.1) para barras submetidas à flexão simples tem valor igual a $\gamma=1,1$ para todos os estados limites últimos considerados. O momento nominal é multiplicado por 0,909. No AISI/96 (Subseção C3.1.1) para o estado limite último de escoamento da seção efetiva o coeficiente que multiplica a resistência nominal tem valor $\phi_b = 0,95$ para as situações onde os flanges enrijecidos ou parcialmente enrijecidos estão comprimidos.

Com relação ao estado limite último de flambagem lateral com torção, os coeficientes são praticamente os mesmos para ambas as normas, ou seja $1/\gamma=0,909$ e $\phi_b = 0,90$.

O coeficiente de ponderação da Norma Brasileira para barras fletidas submetidas a força cortante (Subseção 7.8.2) tem valor igual a $\gamma=1,1$ para o caso correspondente a $h/t \leq 0,96(Ek_v/f_y)^{0,5}$. A resistência nominal é multiplicada por $1/1,1 = 0,909$. No AISI/96 (Subseção C3.2) a resistência nominal é multiplicada por $\phi_c = 1,00$ dentro do limite acima.

Para barras sujeitas a forças concentradas sem enrijecedores transversais, o coeficiente de ponderação da resistência (Anexo F da Norma Brasileira) tem valor igual a $\gamma=1,35$, independentemente do tipo de seção transversal. A resistência nominal é multiplicada por $1/1,35 \approx 0,75$. No AISI/96 (Subseção C3.4) a resistência nominal é multiplicada por :

$\phi_c = 0,75$ para perfis com almas simples;

$\phi_c = 0,80$ para perfis I ou similares;

$\phi_c = 0,85$ para perfis duplo Z para a situação de flange interior carregado.

6 PREMISSAS DE CÁLCULO

Além das cargas permanentes e sobrecargas máximas indicadas nas tabelas de dimensionamento, foi considerada a carga acidental devida à deposição de neve no valor máximo de $0,95 \text{ kN/m}^2$.

Quanto à ação do vento, foram assumidos valores para a velocidade básica do vento, V_0 , iguais a 30, 35, 40, 45 e 50 m/s, sendo consideradas as seguintes categorias de terreno:

- II: Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.
Exemplos: zonas costeiras planas; pântanos; campos de aviação.
- III: Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sabes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
Exemplos: granjas e casas de campo, com exceção das partes com matos; subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
- IV: Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada
Exemplos: zonas de parques e bosques com muitas árvores; cidades pequenas e seus arredores; subúrbios densamente construídos de grandes cidades; áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas

7 DEFINIÇÕES E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Largura da edificação: dimensão paralela à das vigas de piso suportadas pelas paredes auto-portantes.

Comprimento da edificação: dimensão perpendicular à das vigas de piso, vigas de cobertura/forro ou tesouras do telhado.

Para as dimensões de largura da edificação e distância entre os montantes foram considerados valores inteiros, sempre os menores, tomados a partir da conversão de unidades do Sistema Inglês para o Sistema Internacional de Medidas (SI), considerando-se ainda as possíveis modulações das edificações.

Espessura das chapas: comumente, são apresentadas em catálogos as espessuras da chapa, incluindo o revestimento. Neste caso, da espessura da chapa deve-se subtrair, em média, 0,04mm para se determinar a espessura de cálculo.

Correspondências de espessuras:

USA (mills)	USA (mm)	BRASIL (mm)
33	0.83	0,95
43	1.09	1,25
54	1.37	1,55
68	1.72	2,25
97	2.46	2,46

Nomenclatura:

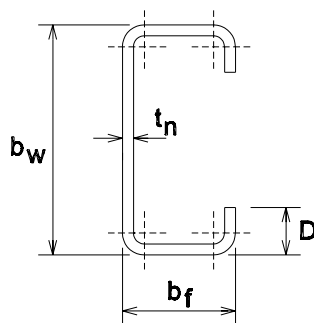
M90x40

M : montante
 90: altura da alma
 40: largura da mesa

L150x40

L : cantoneira de abas desiguais
 150: largura da aba maior
 40: largura da aba menor

Correspondências de perfis:



Perfil U enrijecido: U_e $b_w \times b_f \times D \times t_n$ (NBR 6355)

USA	BRASIL	
	Steel Framing	NBR 6355
350S162	M90x40	U_e 90 x 40 x D x t
550S162	M140x40	U_e 140 x 40 x D x t
800S162	M200x40	U_e 200 x 40 x D x t
1000S162	M250x40	U_e 250 x 40 x D x t
1200S162	M300x40	U_e 300 x 40 x D x t
600L150	L150x40	-
800L150	L200x40	-
1000L150	L250x40	-

Observação: Para a largura da mesa igual a 40 mm deve-se adotar um comprimento mínimo do enrijecedor, D_{\min} , igual a 12 mm.

TABELAS DE DIMENSIONAMENTO

**Tabela 1 – Vãos máximos para vigas de piso.
Vãos simples com enrijecedores de alma
(Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)**

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	3530	3225	3022	2768	3225	2921	2743	2463
M140x40-1,25	3860	3505	3302	3048	3505	3175	2997	2768
M140x40-1,55	4140	3759	3530	3276	3759	3403	3200	2971
M140x40-2,25	4445	4038	3784	3505	4038	3657	3454	3200
M140x40-2,46	4927	4495	4216	3911	4495	4064	3835	3556
M200x40-0,95	4775	4089	3733	3352	4267	3657	3352	2794
M200x40-1,25	5207	4724	4445	4140	4724	4292	4038	3733
M200x40-1,55	5588	5080	4800	4445	5080	4622	4343	4038
M200x40-2,25	5994	5461	5130	4749	5461	4953	4673	4318
M200x40-2,46	6705	6096	5740	5308	6096	5537	5207	4826
M250x40-1,25	6248	5689	5181	4648	5689	5080	4648	4140
M250x40-1,55	6731	6121	5740	5334	6121	5562	5232	4851
M250x40-2,25	7213	6553	6172	5740	6553	5969	5613	5207
M250x40-2,46	8077	7340	6908	6400	7340	6654	6273	5816
M300x40-1,25	7137	6172	5638	5054	6375	5537	5054	4064
M300x40-1,55	7848	7112	7213	5969	7112	6477	6553	5334
M300x40-2,25	8432	7645	7213	6680	7645	6959	6553	6070
M300x40-2,46	9423	8559	8051	7467	8559	7772	7315	6781

**Tabela 2 - Vãos máximos para vigas de piso.
Vãos múltiplos com enrijecedores de alma
(Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)**

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	3911	3403	3098	2768	3505	3022	2768	2413
M140x40-1,25	4775	4114	3759	3352	4267	3683	3352	2997
M140x40-1,55	5359	4648	4241	3784	4800	4165	3784	3403
M140x40-2,25	5943	5232	4775	4267	5384	4673	4267	3810
M140x40-2,46	6629	6019	5664	5080	6019	5461	5130	4572
M200x40-0,95	4394	3556	3098	2616	3733	2997	2616	2184
M200x40-1,25	5918	5080	4673	3810	5308	4343	4191	3251
M200x40-1,55	7010	6070	5537	4953	6248	5410	4953	4419
M200x40-2,25	7874	6832	6223	5562	7061	6096	5562	4978
M200x40-2,46	8991	8178	7518	6705	8178	7366	6705	5994
M250x40-1,25	6553	5461	4800	4089	5715	4673	4089	3454
M250x40-1,55	7772	6731	6146	5486	6959	6019	5486	4724
M250x40-2,25	9296	8051	7975	6578	8331	7213	5613	5867
M250x40-2,46	10820	9728	8864	7924	9829	8686	7924	7086
M300x40-1,25	6502	5257	4597	3860	5537	4445	3860	3225
M300x40-1,55	8432	7239	6654	5435	7543	6197	5842	4622
M300x40-2,25	9931	8610	7848	7010	8890	7696	7035	6273
M300x40-2,46	12573	11176	10210	9144	11480	10007	9144	8178

**Tabela 3 - Vãos máximos para vigas de piso.
Vãos simples sem enrijecedores de alma
(Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)**

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	2489	1879	1549	1244	1981	1498	1244	990
M140x40-1,25	3860	3505	3302	2413	3505	2921	2413	1930
M140x40-1,55	4140	3759	3276	3530	3759	3403	3200	2971
M140x40-2,25	4445	4038	3784	3505	4038	3657	3454	3200
M140x40-2,46	4927	4495	4216	3911	4495	4368	3835	3556
M200x40-0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
M200x40-1,25	4216	3175	2641	2108	3378	2540	2108	1676
M200x40-1,55	5588	5080	4470	3556	5080	4470	3708	2971
M200x40-2,25	5994	5461	5130	4749	5461	4953	4673	4318
M200x40-2,46	6705	6096	5740	5308	6096	5537	5207	4826
M250x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M250x40-1,55	6527	4902	4064	3251	5207	3911	3251	2590
M250x40-2,25	7239	6553	6172	5588	6553	5969	5613	4470
M250x40-2,46	8077	7340	6908	6400	7340	6654	6273	5816
M300x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-1,55	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-2,25	8432	7645	6502	5207	7645	6248	5207	4165
M300x40-2,46	9423	8559	8051	7467	8559	7772	7315	6781

**Tabela 4 – Vãos máximos para vigas de piso.
Vãos múltiplos sem enrijecedores de alma
(Peso próprio do piso = 0,479 kN/m²)**

Designação	SOBRECARGA DE 1,437 kN/m ²				SOBRECARGA DE 1,916 kN/m ²			
	Espaçamento entre vigas (mm)				Espaçamento entre vigas (mm)			
	304	406	487	609	304	406	487	609
M140x40-0,95	2514	2006	1727	1422	2108	1676	1422	1168
M140x40-1,25	3556	2870	2489	2082	3022	2413	2082	1752
M140x40-1,55	4470	3657	3225	2743	3835	3124	2743	2311
M140x40-2,25	5588	48234	4114	3530	4826	3987	3530	3022
M140x40-2,46	6629	6019	5664	4953	6019	5461	4953	4292
M200x40-0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
M200x40-1,25	3759	2997	2565	2133	3149	2489	2133	1752
M200x40-1,55	5105	4114	3556	2997	4318	3454	2997	2489
M200x40-2,25	6578	5384	4724	4013	5638	4597	4013	3403
M200x40-2,46	8991	7747	6883	6578	8051	6705	5969	5130
M250x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M250x40-1,55	5156	4114	3556	2946	4343	3429	2946	2438
M250x40-2,25	7137	5791	5029	4241	6070	4876	4241	3556
M250x40-2,46	10414	8636	7670	6578	9017	7467	6578	5638
M300x40-1,25	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-1,55	-	-	-	-	-	-	-	-
M300x40-2,25	7239	5816	5054	4241	6121	4902	4241	3530
M300x40-2,46	11379	9398	8280	7086	9804	7747	7086	6019

Tabela 5 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25

Tabela 6 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando um pavimento, telhado e forro.
(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)
Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
45	40	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,55	1,55
			600	2,25	2,25	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55

**Tabela 7 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando
somente telhado e forro.**
(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois
pavimentos)
Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 8 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
40	35	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
45	40	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
	50	<i>M90x40</i>	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	2,46	2,46	-
		<i>M140x40</i>	400	0,95	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55

Tabela 9 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,55	1,55	1,55	1,55

Tabela 10 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 230 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
35	30	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
40	35	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
45	40	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	2,25	2,25	2,25	2,25
			600	2,46	-	-	-
		<i>M140x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	2,25
	50	<i>M90x40</i>	400	2,25	2,46	2,46	2,46
			600	-	-	-	-
		<i>M140x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	2,25	2,25	2,25	2,25

Tabela 11 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95

Tabela 12 - Montantes para pé-direito de 2450mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 13 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95

Tabela 14 - Montantes para pé-direito de 2700mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,55	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 15 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando somente telhado e forro.

(Residência de um pavimento ou o segundo andar de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
45	40	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
	50	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,55
			600	2,25	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25

Tabela 16 - Montantes para pé-direito de 3000mm, suportando um pavimento, telhado e forro.

(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos)

Aço 345 MPa

Velocidade básica do Vento V_0 (m/s)		Designação	Espaçamento (mm)	Espessura dos perfis (mm)			
				Largura da edificação (mm)			
III e IV	II			7250	8500	9750	11000
30		<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
35	30	<i>M90x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	0,95
40	35	<i>M90x40</i>	400	0,95	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	1,55	1,55	1,55
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	0,95	0,95	0,95	1,25
45	40	<i>M90x40</i>	400	1,25	1,25	1,25	1,25
			600	1,55	2,25	2,25	2,25
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
50	45	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,25	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	0,95
			600	1,25	1,25	1,25	1,25
	50	<i>M90x40</i>	400	1,55	1,55	1,55	1,55
			600	2,46	2,46	2,46	2,46
		<i>M140x40</i>	400	0,95	0,95	0,95	1,25
			600	1,25	1,55	1,55	1,55

Tabela 17- Vãos máximos de encabeçamento de aberturas (vergas), suportando somente telhado e forro.

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	1193	1117	1041	990
2 M90x40x1,25	1447	1346	1270	1219
2 M90x40x1,55	1625	1524	1447	1371
2 M90x40x2,25	1828	1701	1600	1524
2 M90x40x2,46	2159	2032	1905	1803
2 M140x40x0,95	1193	1041	914	838
2 M140x40x1,25	1955	1524	1727	1651
2 M140x40x1,55	2209	1778	1955	1854
2 M140x40x2,25	2489	2336	2184	2082
2 M140x40x2,46	2971	2768	2616	2489
2 M200x40x0,95	914	812	711	635
2 M200x40x1,25	2032	1778	1574	1422
2 M200x40x1,55	2895	2692	2540	2413
2 M200x40x2,25	3251	3048	2870	2717
2 M200x40x2,46	3911	3632	3429	3251
2 M250x40x1,25	1701	1473	1320	1193
2 M250x40x1,55	3200	2946	2616	2362
2 M250x40x2,25	3835	3581	3378	3200
2 M250x40x2,46	4622	4318	4064	3860
2 M300x40x1,25	1447	1270	1117	990
2 M300x40x1,55	2895	2514	2235	1981
2 M300x40x2,25	4089	3835	3606	3429
2 M300x40x2,46	5308	4953	4368	4445

Tabela 18 - Vãos máximos de encabeçamento de aberturas (vergas), suportando um pavimento, telhado e forro.

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	685	-	-	-
2 M90x40x1,25	1016	939	889	838
2 M90x40x1,55	1143	1066	1016	965
2 M90x40x2,25	1270	1193	1143	1066
2 M90x40x2,46	1498	1422	1346	1270
2 M140x40x0,95	-	-	-	-
2 M140x40x1,25	1270	1143	1016	914
2 M140x40x1,55	1549	1447	1371	1295
2 M140x40x2,25	1727	1625	1549	1473
2 M140x40x2,46	2057	1930	1828	1752
2 M200x40x0,95	-	-	-	-
2 M200x40x1,25	990	863	787	711
2 M200x40x1,55	1955	1727	1244	1397
2 M200x40x2,25	2260	2133	1701	1930
2 M200x40x2,46	2717	2540	2108	2311
2 M250x40x1,25	812	736	660	609
2 M250x40x1,55	1625	1447	1295	1168
2 M250x40x2,25	2667	2514	2387	2260
2 M250x40x2,46	3200	3022	2844	2717
2 M300x40x1,25	711	635	-	-
2 M300x40x1,55	1397	1244	1117	1016
2 M300x40x2,25	2819	2489	2235	2032
2 M300x40x2,46	3683	3479	3276	3124

Tabela 19 - Vãos máximos de encabeçamento de aberturas (vergas), suportando um pavimento, telhado e forro.
(Primeiro pavimento de uma residência de dois pavimentos, com viga estrutural central)

Aço 230 MPa

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2 M90x40x0,95	863	762	609	-
2 M90x40x1,25	1143	1066	1016	965
2 M90x40x1,55	1270	1219	1143	1092
2 M90x40x2,25	1422	1346	1270	1219
2 M90x40x2,46	1676	1600	1524	1447
2 M140x40x0,95	736	660	-	-
2 M140x40x1,25	1066	1549	1447	1295
2 M140x40x1,55	1727	1625	1549	1473
2 M140x40x2,25	1955	1828	1752	1676
2 M140x40x2,46	2336	2184	2082	1981
2 M200x40x0,95	-	-	-	-
2 M200x40x1,25	1270	990	990	914
2 M200x40x1,55	2260	2133	1981	1828
2 M200x40x2,25	2540	2413	2286	2159
2 M200x40x2,46	3048	2971	2743	2590
2 M250x40x1,25	1041	914	838	1066
2 M250x40x1,55	2082	1219	1676	1524
2 M250x40x2,25	2997	2844	2717	2565
2 M250x40x2,46	3606	3403	3225	3073
2 M300x40x1,25	889	787	711	635
2 M300x40x1,55	1778	1574	1422	1295
2 M300x40x2,25	3200	3048	2870	2590
2 M300x40x2,46	4165	3911	3708	3556

Tabela 20 - Encabeçamento de aberturas (vergas) em cantoneira dupla, suportando somente telhado e forro.

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2L150x40x1,25	1422	1320	1244	1193
2L150x40x1,55	1625	1498	1422	1346
2L150x40x2,25	1854	1727	1625	1524
2L200x40x1,25	1879	1727	1625	1549
2L200x40x1,55	2108	1981	1854	1752
2L200x40x2,25	2413	2235	2108	1981
2L250x40x1,25	2057	1930	1803	1701
2L250x40x1,55	2616	2184	2032	1930
2L250x40x2,25	2946	2743	2590	2184

Tabela 21 - Encabeçamento de aberturas (vergas) em cantoneira dupla, suportando um pavimento, telhado e forro.

Designação	Vãos máximos (mm)			
	Largura da edificação (mm)			
	7250	8500	9750	11000
2L150x40x1,25	965	914	838	812
2L150x40x1,55	1092	1016	965	914
2L150x40x2,25	1244	1168	1092	1041
2L200x40x1,25	1270	1168	1117	1041
2L200x40x1,55	1422	1346	1270	1193
2L200x40x2,25	1625	1524	1422	1346
2L250x40x1,25	1397	1295	1219	1168
2L250x40x1,55	1574	1473	1397	1320
2L250x40x2,25	1778	1676	1574	1498