



Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Dissertação

# **Análise de Vigas Ómega em Aço Enformado a Frio segundo a EN1993-1-3**

**Bryan Jossue Basantes Jacome**

*Leiria, novembro de 2021*





Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Dissertação

# **Análise de Vigas Ómega em Aço Enformado a Frio segundo a EN1993-1-3**

**Bryan Jossue Basantes Jacome**

**Orientadores: Prof. Luís Carlos Prola**

**Prof. Pedro Gala**

**Instituto Politécnico de Leiria – Escola Superior de Tecnologia e Gestão**

*Leiria, novembro de 2021*



## ***Agradecimentos***

---

Para minha família, sobre tudo aos meus irmãos e meus pais, pelo apoio, interesse e preocupação não só com este trabalho, sinão com as situações que aconteceram na minha vida diária. Sendo uma motivação e impulso importante para concluir os meus estudos e assim poder atingir mais um sono.

Ao Professor, conselheiro e também tutor Luis Prola, sendo um apoio importante no desenvolvimento de esta dissertação, além do interesse, disponibilidade em todo momento e tanto amizade como companhia.

Ao Professor e tutor Pedro Gala, pela sabedoria transmitida, sugestões dadas, apoio nesta dissertação e sobre tudo, um agradecimento pelo apoio ao longo da minha carreira estudantil no curso de Eng. Civil na Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Sem os esforços dos meus tutores, esta dissertação não poderia ser possível.

Ao Professor Rui Ruben, pelo apoio nesta dissertação, sendo ele quem otimizou os perfis estudados aqui e facilitou-me os resultados.

Por último e não menos importante, a todos meus colegas sem excepção, pelo seu apoio e interesse ao longo do desenvolvimento de esta dissertação. Obrigado por ajudar-me nesta viagem. Entre todos meus colegas, um especial agradecimento à Eng. Valdez. V. companheira e apoio moral importante.



## **Resumo**

---

A dissertação insere-se no âmbito da prestação de serviços à empresa *Coberfer* realizada pelo Grupo de Construções Metálicas do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Trata-se de um estudo para dar suporte Técnico à escolha da geometria de perfis do tipo ómega que a empresa pretende disponibilizar ao mercado das construções em aço.

A presente dissertação tem por objetivo mostrar de forma didática uma metodologia de geração de tabelas das propriedades brutas e efetivas da secção ómega de acordo com as especificações das partes 1.3 e 1.5 na norma ENV 1993 que trata do dimensionamento dos perfis de aço enformado a frio. Ressalta-se a utilidade do cálculo automático destas propriedades geométricas tendo em conta a geometria complexa e o grau de dificuldade de aplicação das especificações normativas que tratam do efeito dos modos de instabilidade local e, principalmente, distorcional. As ferramentas computacionais SHAPE THIN, da *Dlubal*, e Class4Section revelaram-se particularmente úteis nesta tarefa.

O trabalho é complementado com a aplicação automática, elaborada no programa de análise estrutural por elementos finitos RFEM, da *Dlubal*, das especificações da parte 1.1 da norma europeia ENV 1993, para a verificação de segurança de elementos estruturais ao modo global de instabilidade. O programa SHAPE THIN permite a exportação automática para o RFEM, das propriedades efetivas do perfil, o que facilita a tarefa de análise.

Para contextualizar a escolha das geometrias do perfil ómega, são apresentados, resumidamente, as técnicas de otimização aplicadas aos resultados de análise linear de estabilidade efetuada pelo Grupo de Construções Metálicas com a ajuda do programa de elementos finitos Abaqus, no início do trabalho.

Ressalta-se que a análise estrutural e verificação das condições de segurança dos perfis com base nas tabelas de propriedades efetivas facilita a elaboração de aplicativos de escolha de perfis por parte dos clientes para condições de cargas e combinações de cargas pré-definidas pelo utilizador, como os já disponibilizados por outras empresas como *O Feliz* e *Barraferros*.

**Palavras-chave:** *Coberfer*, *Dlubal*, perfis enformados a frio, EN1993-1-3, secção efetiva, programa de cálculo automático.

## ***Abstract***

---

The dissertation is related to a more global research work developed by the Steel Construction Group of the Civil Engineering Department of the School of Technology and Management of the Polytechnic Institute of Leiria, required by the steel construction company *Coberfer*. This research work aims supporting the definition of a set of omega-type cold-formed steel cross-sections that the company aims to make available to the steel construction market.

This dissertation aims to show, in a didactic way, a methodology for generating tables of the gross and effective properties of the omega sections according to the specifications of parts 1.3 and 1.5 in the EN 1993 design code, which deals with the design of cold-formed steel sections. It is worth noting the usefulness of the automatic computation of the geometric properties, having in view the complexity of the geometry and the degree of difficulty in applying the code specifications related to the local and, mostly, to the distortional instability modes. Dlubal's SHAPE THIN and Class4Section software's have proved to be particularly useful in this task. The work is complemented with the illustration of the use of Dlubal's RFEM software for the automatic verification of the code specifications (part 1.1 of ENV 1993) for the safety checking to the global instability mode. Note that SHAPE THIN is able to automatically export the effective section properties to RFEM, which eases the analysis and safety checking operations. In order to better grasp the geometry of the omega section adopted, the optimization techniques used in the linear stability analysis performed by the Steel Construction Group, aided by the finite element software Abaqus, are presented at the beginning of the work.

It is worth mentioning that the structural analysis and safety verification checking aided with tables containing the effective properties of sections eases the development of web-applications for choosing cold-formed steel sections, such as those already provided by the *O Feliz* and *Barraferros*.

**Key words:** *Coberfer*, Dlubal, cold-formed profiles, EN1993-1-3, effective section, calculation program.

# Índice de Figuras

---

FIGURA 1 - EXEMPLOS DE PERFIS OMEGA DE CATÁLOGOS DAS EMPRESAS <i>O FELIZ</i> [28], <i>CONSTALICA</i> [30] E <i>BARRARFERROS</i> [29].	1
FIGURA 2 - MODO DE INSTABILIDADE AO MOMENTO FLETOR POSITIVO ATUANDO NO PERFIL.	2
FIGURA 3 - PERFIS TESTADOS POR NOLASCO (OMEGA 100 E 150 COM 1.5 MM DE E OMEGA 200 COM 2.0 MM DE ESPESSURA) [16].	2
FIGURA 4 - VÃOS TESTADAS POR NOLASCO [16].	3
FIGURA 5 - MODELO DE CÁLCULO DE NOLASCO [16].	3
FIGURA 6 - PERFIS SUPEROMEGA ENSAIADOS NA UNIVERSIDADE DE COIMBRA [23].	4
FIGURA 7 - DIMENSÕES DA LINHA MEDIA DO PERFIL DA EMPRESA <i>COBERFER</i> (ÓMEGA 50).	5
FIGURA 8 - DIMENSÕES DA LINHA MEDIA DO PERFIL DA EMPRESA <i>COBERFER</i> (ÓMEGA 100).	5
FIGURA 9 - DIMENSÕES DA LINHA MEDIA DO PERFIL DA EMPRESA <i>COBERFER</i> (ÓMEGA 150).	6
FIGURA 10 - DIMENSÕES DA LINHA MEDIA DO PERFIL DA EMPRESA <i>COBERFER</i> (ÓMEGA 200).	6
FIGURA 11 - VARIÁVEIS DE PROJETO DO ESTUDO DE OTIMIZAÇÃO: A) ÂNGULOS $\alpha_i$ ; B) COMPRIMENTOS $L_i$ .	7
FIGURA 12 - SECÇÃO OMEGA A OTIMIZAR – GEOMETRIA INICIAL.	8
FIGURA 13 - SECÇÃO OTIMIZADA MC-OPTI1.	8
FIGURA 14 - SECÇÃO OTIMIZADA MC-OPTI2.	8
FIGURA 15 - SECÇÕES INICIAIS E OTIMIZADAS.	9
FIGURA 16 - CURVA DE ASSINATURA DAS SECÇÕES INICIAL E OTIMIZADA.	9
FIGURA 17 - PERFIL ÓMEGA 100-1.5 (DIMENSÕES EXTERIORES).	11
FIGURA 18 - JANELA “NOVO MODELO – DADOS GERAIS”.	12
FIGURA 19 - QUADRO “CALCULAR ADICIONALMENTE”.	12
FIGURA 20 - PARÂMETROS DE CÁLCULO NA JANELA “NOVO MODELO – DADOS GERAIS”.	13
FIGURA 21 - PARÂMETROS DE CÁLCULO GLOBAIS.	13
FIGURA 22 - BIBLIOTECA DE MATERIAIS.	14
FIGURA 23 - PARTES C/T E SECÇÃO EFETIVA.	15
FIGURA 24 - INTERFACE DO PROGRAMA SHAPE THIN.	15
FIGURA 25 - COLOCAÇÃO DE UMA CAMADA DE FUNDO.	16
FIGURA 26 - PLANO DE TRABALHO, GRELHA/AJUSTAR, AJUSTAR OBJETO E LINHAS AUXILIARES.	16
FIGURA 27 - CRIAÇÃO DA SECÇÃO COM ELEMENTOS “POLILINHA”.	17
FIGURA 28 - NOVO REFORÇO – TABELA 1.8 REFORÇOS.	18
FIGURA 29 - SELEÇÃO DE UM REFORÇO EXTERNO.	19
FIGURA 30 - SELEÇÃO DE UM REFORÇO INTERNO (ALMA).	19
FIGURA 31 - SELEÇÃO DE UM REFORÇO INTERNO (BANZO).	19
FIGURA 32 - GRUPOS DE REFORÇOS DA TABELA 1.8 REFORÇOS.	20

FIGURA 33 - MODELO DE CÁLCULO DAS ESPESSURAS EFETIVAS ASSOCIADAS A PERDA DE RIGIDEZ CAUSADA PELO MODO DISTORCIONAL [12]: (A) REFORÇO INTERMÉDIO (B) REFORÇO. ...	20
FIGURA 34 - SELEÇÃO DO PRIMEIRO PAINEL.....	20
FIGURA 35 - SELEÇÃO DO SEGUNDO PAINEL.....	21
FIGURA 36 - SELEÇÃO DO TERCEIRO PAINEL. ....	21
FIGURA 37 - EDITAR CASOS E COMBINAÇÕES DE CARGAS. ....	22
FIGURA 38 - ESFORÇO INTERNO DE COMPRESSÃO. ....	22
FIGURA 39 - GRÁFICO FINAL COM OS CÁLCULOS REALIZADOS. ....	23
FIGURA 40 - TABELA DE ESFORÇOS INTERNOS PARA UM MY+. ....	23
FIGURA 41 - PÁGINA PRINCIPAL DO CLASS4SECTION. ....	25
FIGURA 42 - RESULTADOS DO CLASS4SECTION.....	25
FIGURA 43 - SECÇÃO BRUTA SOB COMPRESSÃO. ....	26
FIGURA 44 - SECÇÃO BRUTA SOB FLEXÃO POSITIVA EM RELAÇÃO AO EIXO Y. ....	26
FIGURA 45 - SECÇÃO BRUTA SOB FLEXÃO NEGATIVA EM RELAÇÃO AO EIXO Y.....	27
FIGURA 46 - SECÇÃO BRUTA SOB FLEXÃO POSITIVA EM RELAÇÃO AO EIXO Z.....	27
FIGURA 47 - SECÇÃO BRUTA SOB FLEXÃO NEGATIVA EM RELAÇÃO AO EIXO Z. ....	28
FIGURA 48 - NOVO MODELO – DADOS GERAIS.....	32
FIGURA 49 - NOVO NÓ ‘PADRÃO.....	33
FIGURA 50 - NOVA BARRA. ....	34
FIGURA 51 - BIBLIOTECA DE SECÇÕES TRANSVERSAIS.....	34
FIGURA 52 - NOVA BARRA COM A SECÇÃO OMEGA 100. ....	35
FIGURA 53 - NOVA BARRA (LINHA SINGULAR) ....	35
FIGURA 54 - NOVO APOIO NODAL.....	36
FIGURA 55 - BARRA BIAPOIADA.....	36
FIGURA 56 - MUDANÇA DE MATERIAL. ....	37
FIGURA 57 - NOVA CARGA DA BARRA.....	37
FIGURA 58 - OPÇÕES DE VISUALIZAÇÃO DE RESULTADOS. ....	38
FIGURA 59 - MOMENTO MY DA VIGA.....	38
FIGURA 60 - DEFORMAÇÃO GLOBAL DA VIGA.....	39
FIGURA 61 - PASSOS PARA O MÓDULO DE DIMENSIONAMENTO. ....	39
FIGURA 62 - DIMENSIONAMENTO PELO EUROCÓDIGO 3.....	40
FIGURA 63 - DETALHES PARA OS FORMADOS A FRIO. ....	40
FIGURA 64 - DETALHAS NO APARTADO DA ESTABILIDADE.....	41
FIGURA 65 - RESULTADOS DO RFEM PELO EC 3. ....	43

## ***Índice de Tabelas***

---

TABELA 1 - NÓS DA SECÇÃO OMEGA 100 X 1,5 MM.....	18
TABELA 2 - RESULTADOS DO PROGRAMA SHAPE THIN. ....	30
TABELA 3 - RESULTADOS DO PROGRAMA C4S.....	31

## ***Lista de Abreviaturas e Símbolos***

---

### **ABREVIATURAS:**

*C4S* – Class4Section;

*DXF* – Drawing Exchange Format;

*EC3* – Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas em aço;

*EC3-1-1* – Eurocódigo 3 parte 1.1 – Regras gerais e regras para edifícios;

*EC3-1-3* – Eurocódigo 3 parte 1.3 – *Cold-formed members and sheeting*;

*EC3-1-5* – Eurocódigo 3 parte 1.5 – *Plated structural elements*;

*PEF* – Perfis enformados a frio;

*SHAPE* – Shape Thin.

### **SÍMBOLOS:**

$A$	Área de uma secção;
$A_{br}$	Área bruta de uma secção;
$A_{eff}$	Área efetiva de uma secção;
$b_{eff}$	Largura efetiva de uma placa/elemento;
$b_m$	Comprimento nominal do elemento medido pelo exterior;
$b_p$	Comprimento de cálculo do elemento;
$C_1, C_2$ e $C_3$	Coefficientes de momento crítico;
$E$	Modulo de Young;
$G$	Modulo de elasticidade transversal;
$h, b, c, d$	Comprimentos característicos da secção;
$I_t$	Momento de inercia à torção;
$I_w$	Constante de empenamento;
$I_y$	Momento de inercia em relação ao eixo y;
$I_z$	Momento de inercia em relação ao eixo z;
$k_w$	Coefficiente de encurvadura de empenamento;
$k_z$	Coefficiente de encurvadura em torno de z;
$L$	Comprimento da barra;
$M_{cr}$	Momento crítico da secção;
$r$	Raio interno de uma dobra da secção;
$t$ ou $t_{nom}$	Espessura total da parede da secção;

$t_{calc}$	Espessura de cálculo (sem a espessura de proteção) da parede da secção;
$t_{coat}$	Espessura total de proteção da parede da secção;
$t_{red}$	Espessura reduzida;
$u - v$	Sistema de eixos principais da secção;
$y - z$	Sistema de eixos da secção, em relação ao seu centro de gravidade;
$y_{c,0}$ e $z_{c,0}$	Posição do centro de gravidade;
$y_{M,0}$ e $z_{M,0}$	Posição do centro de corte;
$\gamma_{Mi}$	Coefficiente parcial de segurança;
$Z_g$	Distância do ponto de aplicação da carga ao centro de corte;
$Z_j$	Parâmetro que tem em conta o grau de assimetria da secção;
$\alpha$	Menor ângulo entre elementos;
$\beta$	Ângulo entre os eixos principais da secção, $u$ e $v$ , e os eixos $y$ e $z$ ;
$\theta_M$	Direcção do momento em relação aos eixos $y$ e $z$ ;
$\sigma_X$	Tensão normal no eixo $x$ ;
$\sigma_1$	Maior tensão um elemento da secção no seu extremo;
$\sigma_2$	Menor tensão um elemento da secção no seu extremo;
$\Omega$	Perfil ómega;

# Índice

---

AGRADECIMENTOS.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.2. OTIMIZAÇÃO DOS PERFIS COBERFER.....	7
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	10
2. ANÁLISE DE SECÇÕES EFETIVAS.....	11
2.1 PROPRIEDADES EFETIVAS DAS SECÇÕES.....	11
2.2 UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO SHAPE THIN.....	11
2.2.1 CONFIGURAÇÕES INICIAIS.....	12
2.2.2 DESENHO DA SECÇÃO.....	16
2.2.3 CÁLCULOS DA DAS PROPRIEDADES DA SECÇÃO.....	21
2.2.4 RESULTADOS.....	22
2.3 UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO CLASS4SECTION.....	24
2.4 TABELAS DE PROPRIEDADES EFETIVAS.....	28
3. ANÁLISE DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	32
3.1 PROGRAMA DE CÁLCULO ESTRUTURAL RFEM.....	32
3.1.1 CONFIGURAÇÕES INICIAIS.....	32
3.1.2 MODELAÇÃO DA ESTRUTURA.....	33
3.1.2.1 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DA VIGA.....	38
3.1.3 RESULTADOS.....	42
4. CONCLUSÕES.....	44
4.1 FUTUROS DESENVOLVIMENTOS.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXO A.....	
ANEXO B.....	
ANEXO C.....	

# 1. Introdução

---

A presente dissertação tem por objetivo apresentar uma metodologia didática de criação de tabelas das propriedades brutas e efetivas de secções ómega de acordo com as especificações das partes 1.3 e 1.5 na norma EN 1993 [1,2] que trata do dimensionamento dos perfis de aço enformado a frio.

A motivação para este tema da dissertação surge no âmbito da prestação de serviços à empresa *Coberfer* [3] realizada pelo Grupo de Construções Metálicas do Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, sobre um estudo para dar suporte técnico à escolha da geometria de perfis do tipo ómega que a empresa pretende disponibilizar ao mercado das construções em aço.

Desde a sua introdução no mercado nacional, na primeira década deste século, os perfis enformados a frio tipo ómega idênticos aos apresentados na figura 1, tem sido muito utilizados pela indústria da construção metálica.

Refira-se que esta geometria possibilita uma otimização dos esforços resistentes, nomeadamente quando solicitados por momento fletor positivo (com compressão do banzo superior) por não permitir a ocorrência de instabilidades distorcionais na parte comprimida da secção. A figura 2 ilustra o modo de deformação (por instabilidade distorcional) do perfil.

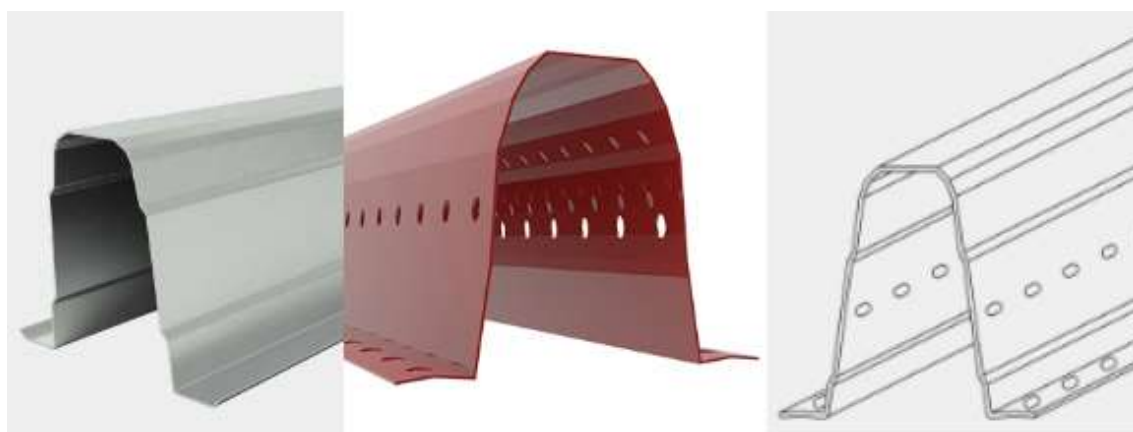


Figura 1 - Exemplos de Perfis Omega de catálogos das empresas *O Feliz* [4], *Constalica* [5] e *Barrarferros* [6].



Figura 2 - Modo de instabilidade distorcional ao momento fletor negativo atuando no perfil.

## 1.1 Revisão bibliográfica

No final dos anos 2000, na Universidade de Aveiro, foi realizado um conjunto de estudos sobre o comportamento dos perfis *MadreMax*, da empresa *Constália* [5], visando avaliar seu comportamento estrutural.

Primeiramente foi realizado um estudo experimental dos perfis ilustrados na figura 3 por Nolasco [7]. Para testar o comportamento destes perfis como madres de cobertura, os dois tipos de vãos da figura 4 foram considerados, com aplicação de cargas descendentes e ascendentes (direção gravítica). Assim, o comportamento do perfil às instabilidades distorcionais provocadas pela compressão do conjunto banzo inferior-reforço pode ser testado (ver figura 5), no caso de atuação de momento negativo.

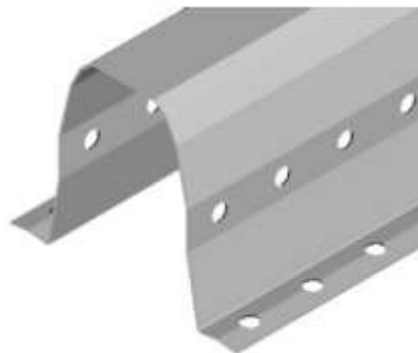


Figura 3 - Perfis testados por Nolasco (Omega 100 e 150 com 1.5 mm de e Omega 200 com 2.0 mm de espessura) [7].

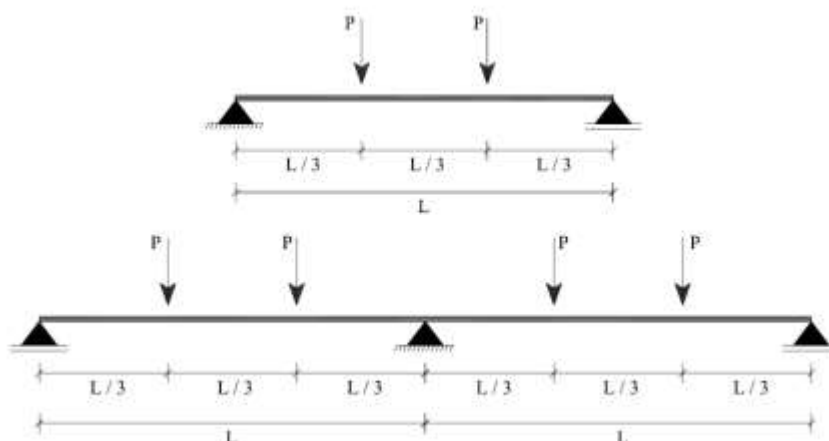


Figura 4 - Vãos de vigas testadas por Nolasco [7].

Complementarmente ao estudo experimental, Nolasco [7] apresenta uma avaliação numérica da resistência dos perfis aplicando as especificações da norma europeia EN 1993 (EC3 parte 1-1 [8]; EC3 parte 1-3 [1]; EC3 parte 1-5[2]) ao modelo simplificado representado na figura 5 (Aproximar a composição de um perfil Omega com dois perfis do tipo Z). Este modelo foi adotado para superar as dificuldades de análise dos efeitos do modo distorcional e da presença de reforços intermédios.



Figura 5 - Modelo de cálculo de Nolasco [7]

A dissertação de mestrado de Amaral [9] utiliza o programa de elementos finitos SAFIR [10] para efetuar análises numéricas comparativas com alguns resultados experimentais obtidos por Nolasco [7].

Nos meados da segunda década do século XXI iniciaram-se, na Universidade de Coimbra, estudos de caracterização do comportamento estrutural de perfis do tipo ómega ( $\Omega$ ). Ferraz [11] utilizou rotinas cálculos desenvolvidas em folhas de cálculo (Excel) para otimizar a geometria dos perfis ómega. Utilizou para os testes perfis de quatro empresas. No cálculo das propriedades efetivas considerou apenas os efeitos de instabilidade provocados pelo momento positivo.

Logo a seguir, Salgueiro [12] efetuou modelações no programa de elementos finitos Abaqus [13] para obter resultados numéricos dos perfis otimizados resultantes dos estudos realizados por Ferraz [11]. Apresenta resultados que denominou de “teóricos” onde não explica como

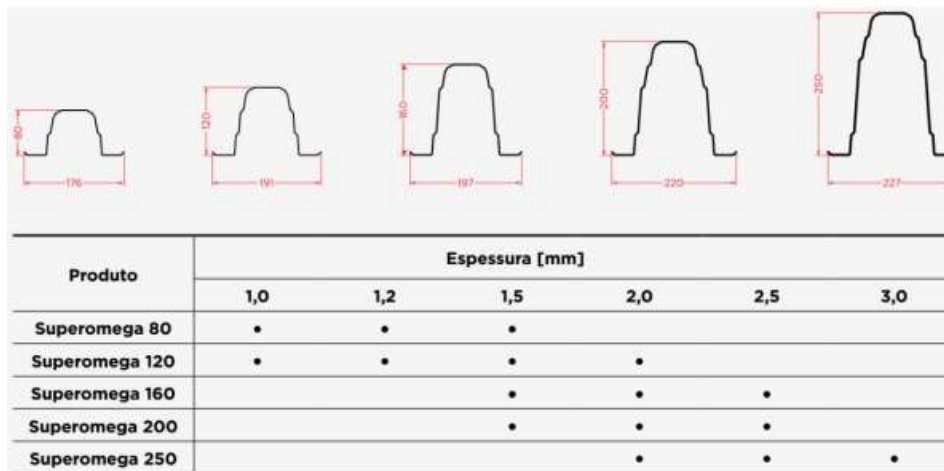


Figura 6 - Perfis SuperOmega ensaiados na Universidade de Coimbra [14].

obteve as propriedades efetivas dos perfis, em particular do módulo resistente efetivo à flexão. Fernandes [14] descreveu na sua dissertação os resultados de estudos elaborados sobre a avaliação do comportamento estrutural de perfis *SuperOmega*, da empresa *O Feliz* [4]. Inicialmente apresenta os ensaios experimentais dos perfis da figura 6, que já haviam sido realizados pelo grupo da Universidade de Coimbra.

Fernandes [14] efetuou o estudo numérico de alguns dos perfis ensaiados experimentalmente, onde explica passo-à-passo como efetuou a modelação no programa Abaqus [13]. No Quadro 4.3 da referida dissertação, apresenta uma comparação de resultados onde apenas se refere ao momento fletor negativo. A tabela mostra a comparação dos resultados que obteve com o programa Abaqus com resultados ditos “esperados” que se supõe serem obtidos pela aplicação das especificações normativas (EC3 [8,1,2]).

Mais recentemente foram desenvolvidas ferramentas de cálculo automático que possibilitam determinar as propriedades efetivas das secções de perfis de aço enformados a frio determinadas pelas especificações das partes 1.3 e 1.5 do EC3 [1,2], de forma mais direta e fiável, sem a necessidade de se recorrer a folhas de cálculo. Sobretudo destacam-se os programas *Class4Section* [15], desenvolvido a partir da dissertação de mestrado de Carvalho [16] e *SHAPE THIN* [17,18], um dos pacotes de rotinas disponibilizadas pela Dlubal [19], onde se inclui o programa *RFEM* [20] que possibilita abranger as especificações da parte 1.1 do EC3, completando as ferramentas para a modelação, análise e dimensionamento dos perfis enformados a frio.

Tendo em conta que estes programas possibilitam estudar o comportamento dos perfis ómega considerando todos os esforços atuantes e modos de instabilidade possíveis dos elementos estruturais constituídos por estes tipos de secções, estes serão escolhidos para o estudo de perfis ómega, solicitado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola Superior de Tecnologia e

Gestão do Instituto Politécnico de Leiria pela empresa *Coberfer* [3]. A referida empresa deseja disponibilizar um conjunto de perfis ómega no portfólio de seus produtos em comercialização. A empresa solicitou estudos de otimização da inclinação das paredes do reforço externo e das almas do perfil ómega de várias alturas (50 mm, 100 mm, 150 mm e 200 mm), espessuras (1 mm, 1,5 mm, 2 mm e 2,5 mm) e materiais (Aço S280GD) que podem ser encaixados como se ilustra nas figuras 7 a 10. A zincagem escolhida para os perfis é conforme a normativa EN 10346-2015 [21] (0,028 mm).

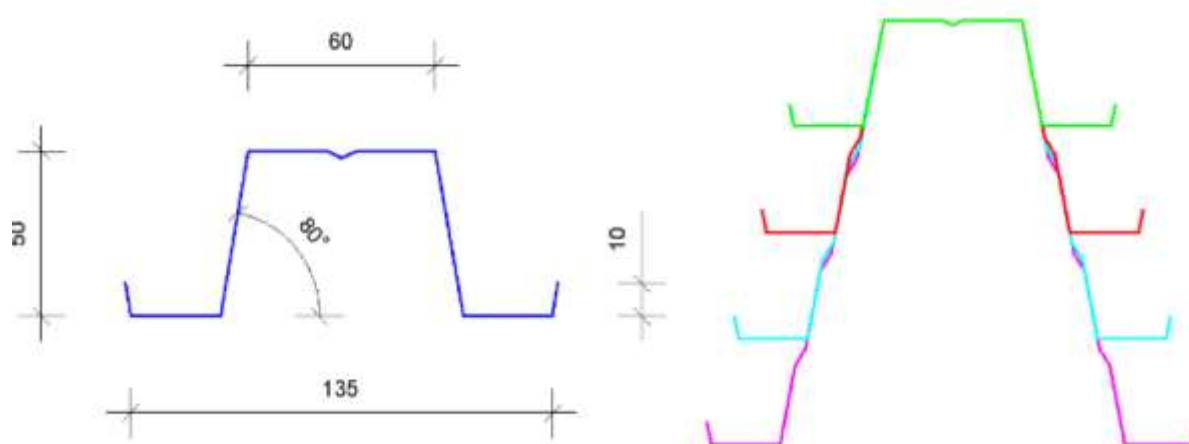


Figura 7 - Dimensões da linha media do perfil da empresa *Coberfer* (Ómega 50).

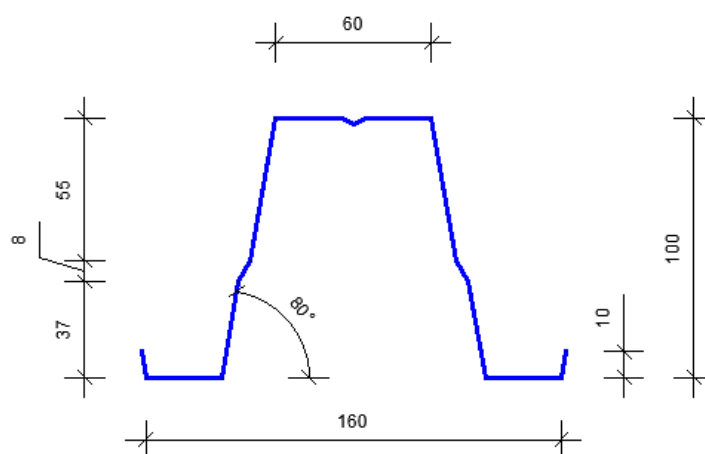


Figura 8 - Dimensões da linha media do perfil da empresa *Coberfer* (Ómega 100).

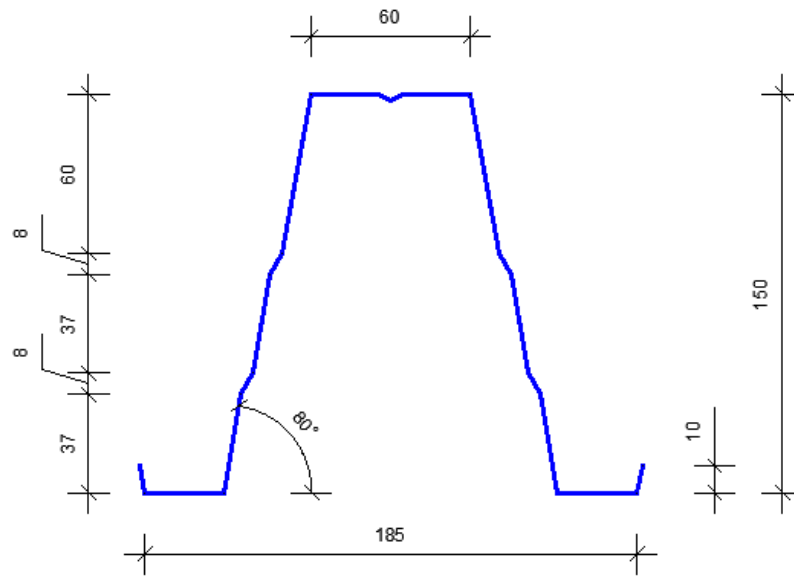


Figura 9 - Dimensões da linha media do perfil da empresa *Coberfer* (Ómega 150).

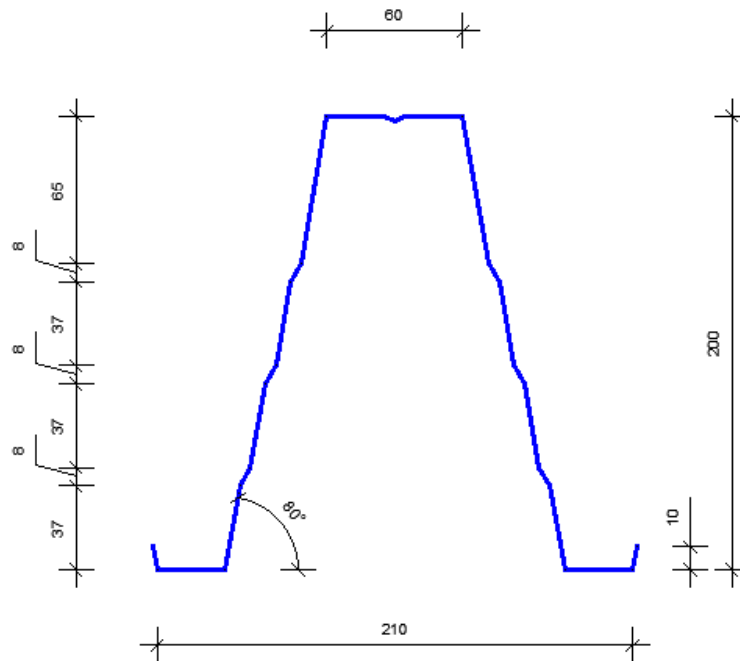


Figura 10 - Dimensões da linha media do perfil da empresa *Coberfer* (Ómega 200).

## 1.2. Otimização dos perfis Coberfer

O estudo da otimização das inclinações dos reforços e almas foi desenvolvido no âmbito da já mencionada prestação de serviço para a *Coberfer* [3]. No âmbito desse estudo, foi efetuado uma análise de otimização topológica da classe de perfis ómega a comercializar pela empresa, ver [22]. Embora produzido fora do âmbito desta dissertação, serão apresentadas nesta secção as principais opções e resultados desse estudo de otimização.

O estudo visou escolher (otimizar) a geometria do perfil, na medida em que maximizando o momento crítico de cada perfil. O estudo de otimização visou escolher os comprimentos  $L_i$  e os ângulos ótimos, com a seguinte restrição, ver figura 11,  $L_1 + L_2 + L_3 = 100cm$ .

Note-se que, atendendo à simetria, tais comprimentos e ângulos definem a linha média do perfil.

O algoritmo de otimização adotado foi a regra de Armijo, ver [22] partindo da geometria inicial constante na figura 12.

O algoritmo de otimização forneceu duas geometrias otimizadas, designadas MC-opti1 e MC-opti2, representadas nas figuras 13 e 14. A figura 15 estabelece uma comparação entre as duas geometrias entre si e com a geometria inicial. Finalmente a figura 16 apresenta a curva de assinatura – valor do momento crítico em função do comprimento do perfil – para as três geometrias, sendo explícita a vantagem na adoção dos perfis otimizados.

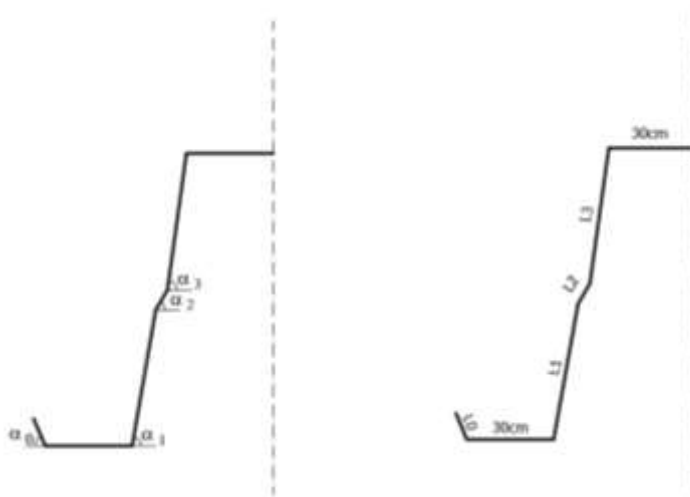


Figura 11 - Variáveis de projeto do estudo de otimização: a) ângulos  $\alpha_i$ ; b) comprimentos  $L_i$ .

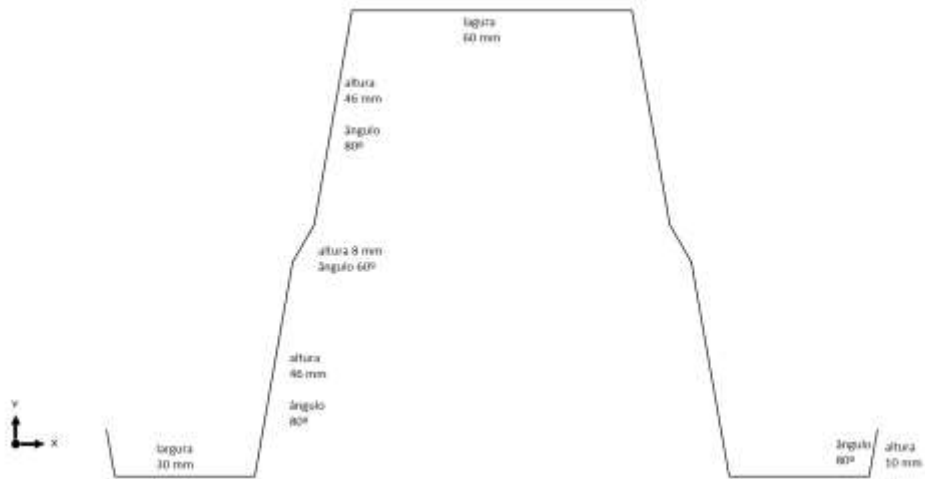


Figura 12 - Seção Omega a otimizar – geometria inicial.

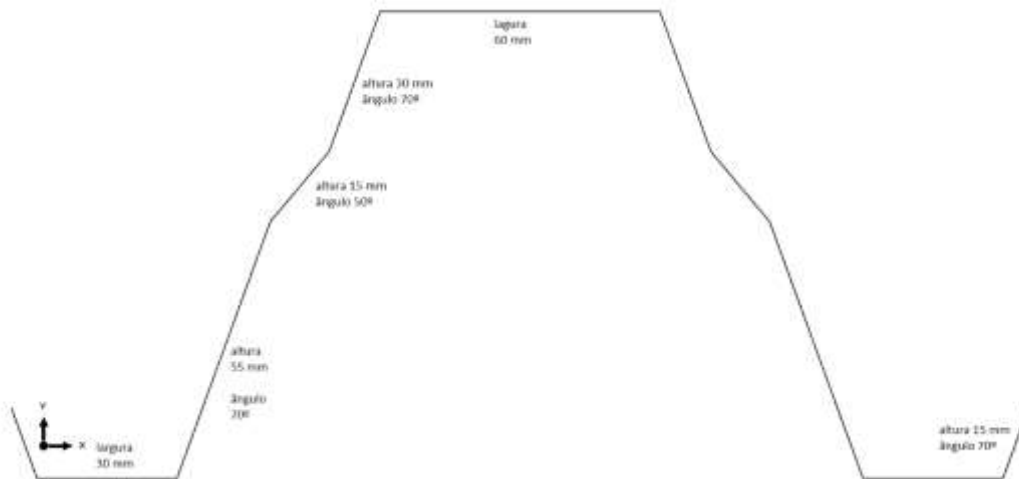


Figura 13 - Seção otimizada MC-opti1.

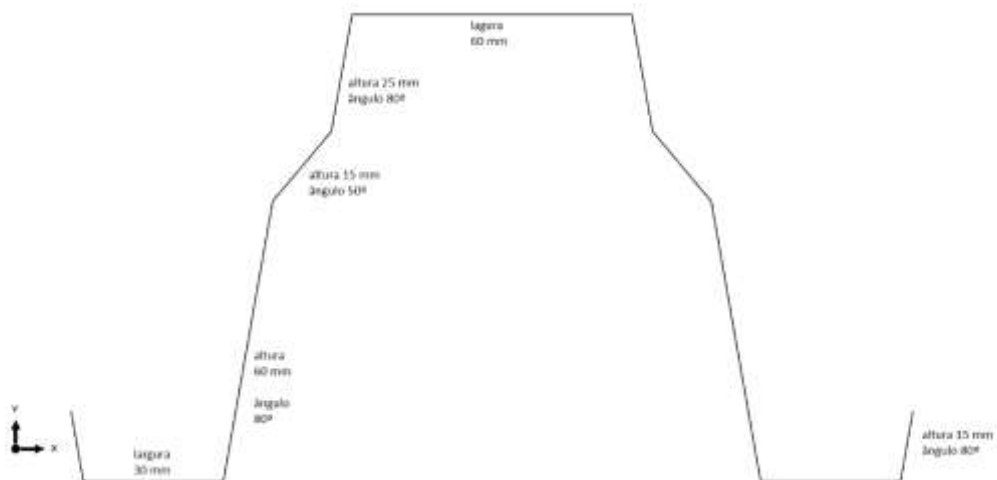


Figura 14 - Seção otimizada MC-opti2.

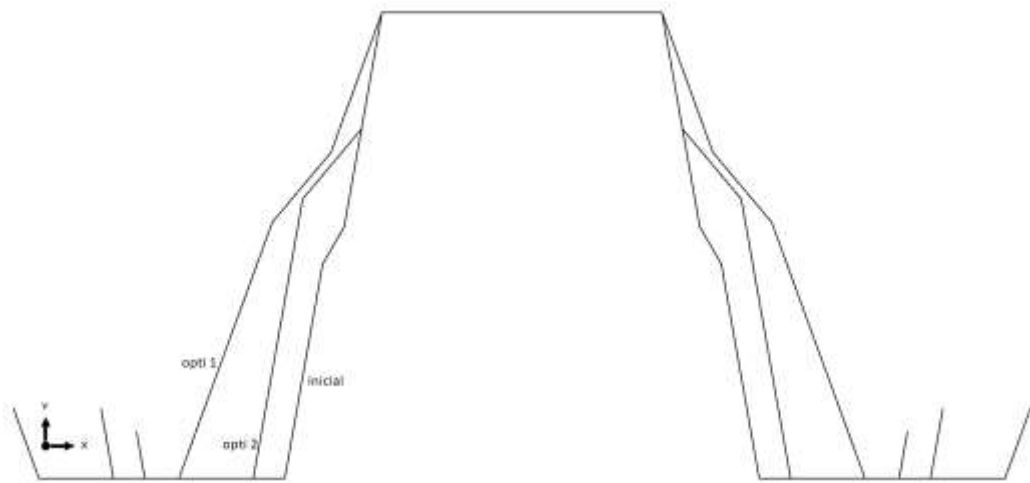


Figura 15 - Seções iniciais e otimizadas.

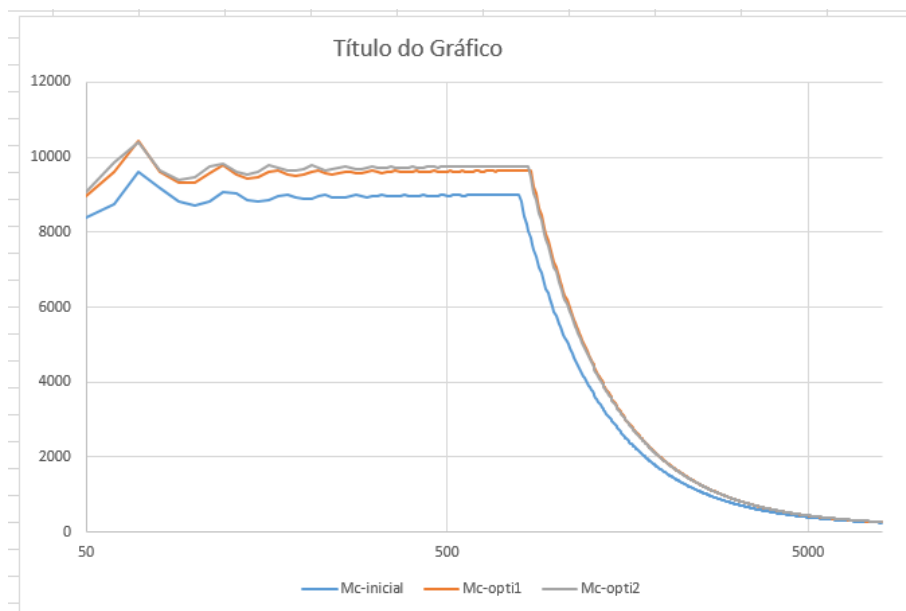


Figura 16 - Curva de assinatura das seções inicial e otimizada

As geometrias finais dos perfis ômeças, resultado dos estudos de otimização realizados, já foram mostradas na figura 7.

### 1.3. Organização do trabalho

No Capítulo 2, os programas SHAPE THIN [17] e Class4Section [15] são descritos e a sua utilização é ilustrada de forma didática para determinar as propriedades efetivas de um tipo de perfil da *Coberfer* [3]. Serão descritas as metodologias de configurações, introdução de dados, execução e relatórios de resultados dos referidos programas.

Os dados das propriedades brutas e efetiva determinadas no programa Shape Thin [17], depois de comparadas com os resultados do Class4Section [15], são exportadas para o programa RFEM [20], onde é feita a modelação estrutural do exemplo de uma viga constituída por este perfil que é apresentada no Capítulo 3.

A dissertação é finalizada com sugestões de continuação de estudos para os perfis *Coberfer* e as conclusões da dissertação.

Por já estar bem documentada e explicada com exemplos em inúmeros trabalhos - ver dissertação de Carlos Carvalho [16], dissertação de Veríssimo [23], livro de Dubina [24] - foge do escopo desta dissertação a apresentação da formulação das especificações presentes nas partes 1.1, 1.3 e 1.5 do Eurocódigo 3 para o cálculo das propriedades efetivas e resistências de elementos estruturais em perfis enformados a frio.

## 2. Análise de secções efetivas

### 2.1 Propriedades efetivas das secções

Apresenta-se neste capítulo a determinação das propriedades efetivas dos perfis da figura 8 pelo uso de dois programas de cálculo automáticos: (i) SHAPE THIN [17] e (ii) CLASS4SECTION [15].

Ambos aplicam as especificações das normas EN 1993-1-3 [1] e EN 1993-1-5 [2].

### 2.2 Utilização da Aplicação Shape Thin

Apresenta-se neste sub-capítulo um exemplo ilustrativo duma secção transversal Omega da empresa *Coberfer* com 100 mm de altura e 1,50 mm de espessura ( ómega 100-1.5, ver figura 17). A apresentação está organizada num formato de “tutorial”, com apoio de imagens legendadas, para uma melhor compreensão. A leitura deste exemplo deve ser complementada com restante documentação de apoio facultada pela Dlubal, que figura nas referências bibliográficas.

Para o desenvolvimento deste exemplo e todas as suas imagens foi utilizada a versão “SHAPE THIN 9.02.02 x 64 Student” em Português.

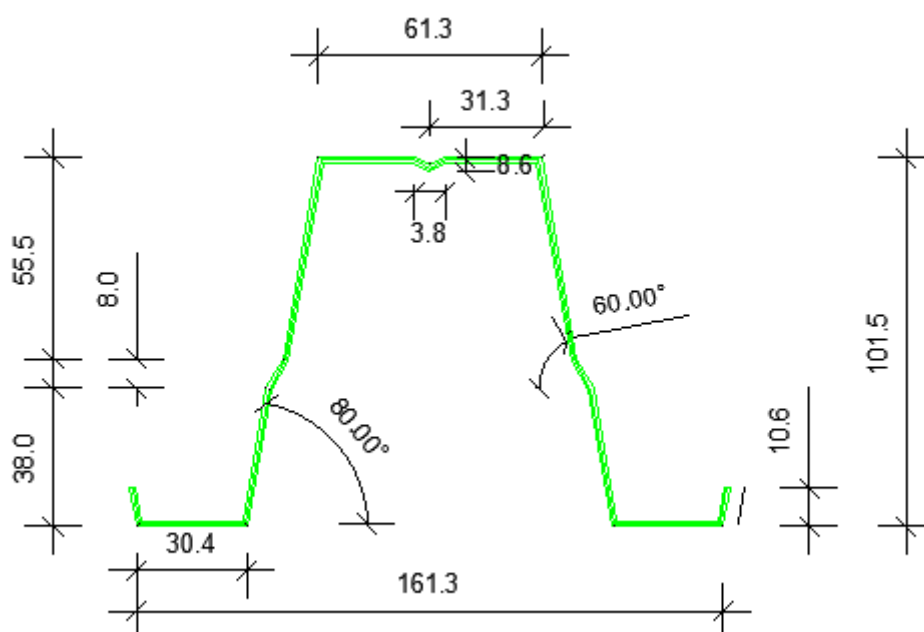


Figura 17 - Perfil Ómega 100-1.5 (dimensões exteriores em mm).

## 2.2.1 Configurações iniciais

Para desenhar a geometria do perfil, ao iniciar o Shape Thin, aparece uma janela para definir os parâmetros da secção transversal, ver figura 18. Também pode aceder-se a esta janela a partir do menu *Ficheiro* → *Novo* ou clicar em *ferramentas* no ícone *novo modelo* (figura 18).

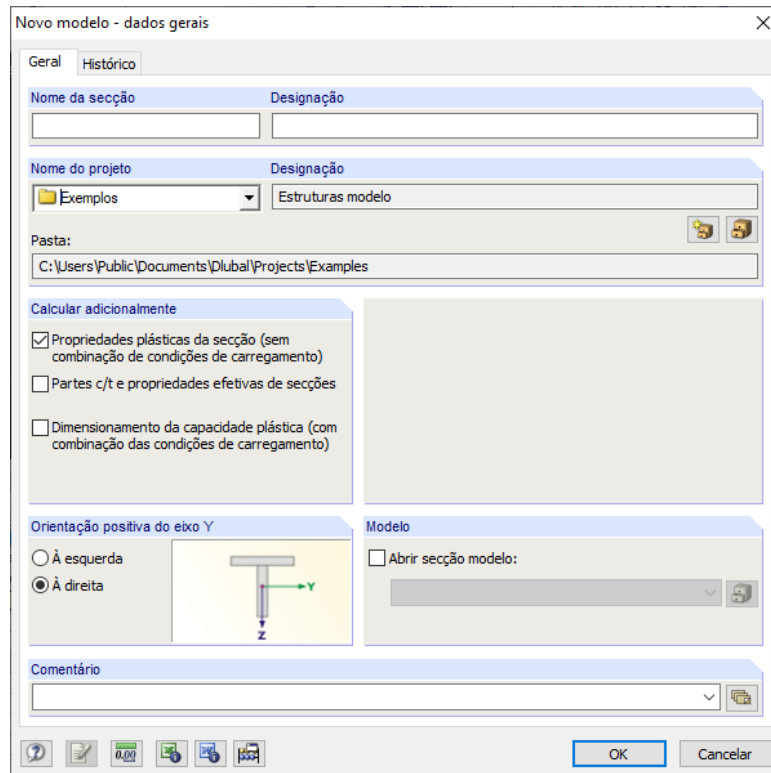


Figura 18 - Janela “Novo modelo – dados gerais”.

Depois de inserir um nome para a secção e de escolher a pasta onde vai ser guardado o ficheiro, ativa-se a opção de *Partes c/t e propriedades efetivas de secções* que figura na janela *calcular adicionalmente*, ver figura 19. Esta ativação é importante pois, caso contrário, o programa não realizará o cálculo das propriedades efetivas da secção.

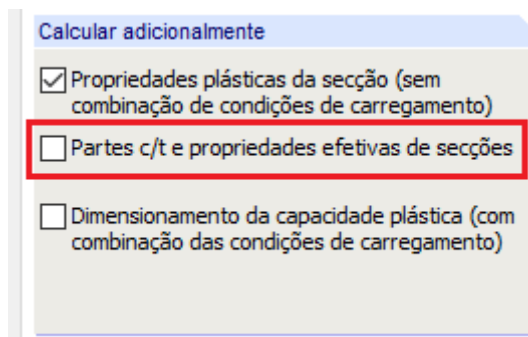


Figura 19 - Quadro “Calcular adicionalmente”.

É necessário ativar outras características para que, no cálculo das propriedades efetivas, seja utilizado a normativa do Eurocódigo 3-1.3 [1], ver figura 20. Deverá então clicar-se no ícone



Figura 20 - Parâmetros de cálculo na janela “Novo modelo – dados gerais”.

*Parâmetros de cálculo.* Será igualmente possível aceder a esta janela desde o menu *Cálculo* → *Parâmetros de cálculo*.

Uma vez aberto o menu *Parâmetros de Cálculo*, deve escolher-se o separador *Parâmetros de cálculo globais*, ver figura 21. Pode escolher-se um dos sistemas de eixos: (i) sistema principal (u,v) e (ii) sistema (y,z). Na figura 21 ilustra-se a escolha desta última opção. De seguida, deve aceder-se ao menu *Secções com mais materiais*, escolhendo-se o aço S280 GD. Para isto aciona-se o ícone inferior simbolizando um livro conforme se ilustra no passo 2 da figura 21. Uma vez ativada esta opção, ativa-se a janela que figura na figura 22, escolhendo-se o material aço S280GD.

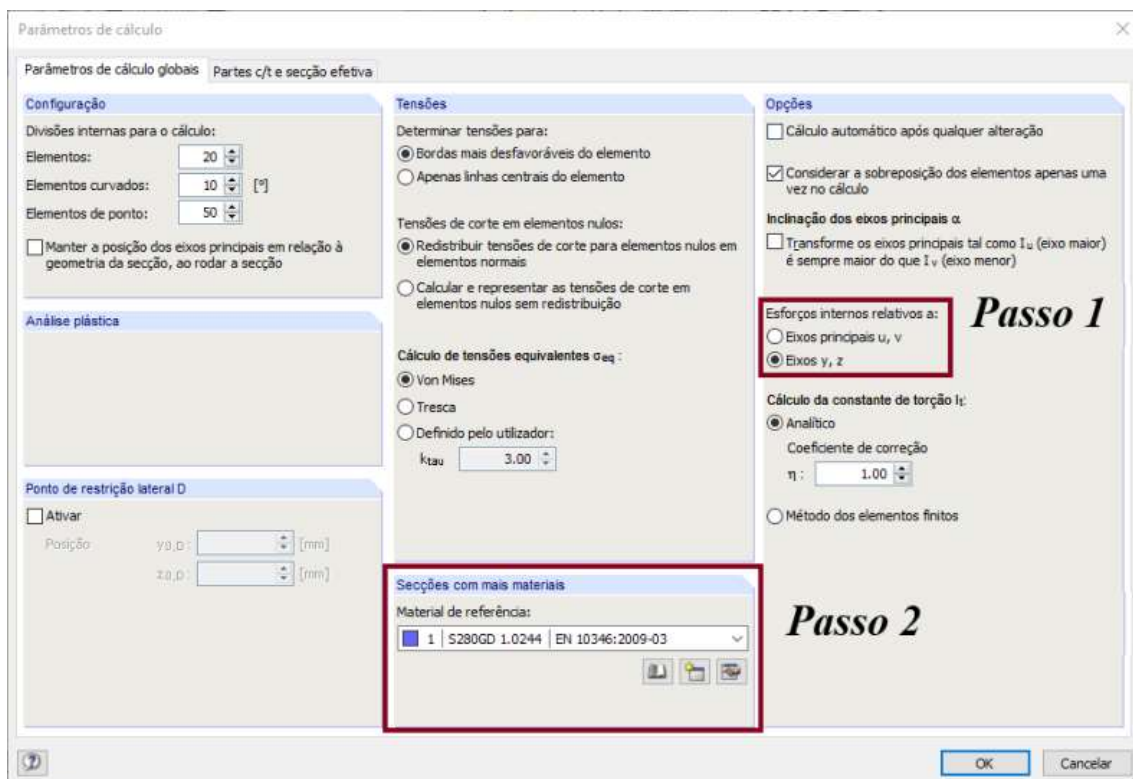


Figura 21 - Parâmetros de cálculo globais.

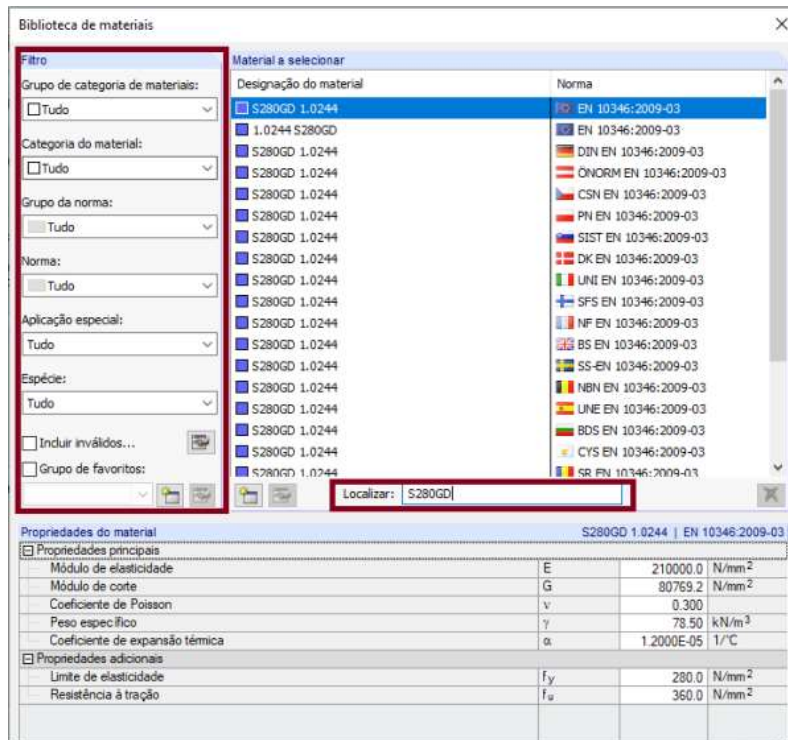


Figura 22 - Biblioteca de materiais.

Retornando ao menu *Parâmetros de cálculo globais* da Figura 21, deve escolher-se o sub-menu *Partes c/t e secção efetiva*, onde se ativam todos os parâmetros que constam na figura 23. Note-se que no separador *Norma* se opta pela parte 1-3 do EC3, ver [1] (secção formada a frio). O separador *iteração* indica o número de iterações a utilizar no processo iterativo decorrente da alteração sucessiva do centro de gravidade das secções efetivas calculadas. A opção “por defeito” do programa é de 10 iterações. No presente exemplo, foi escolhida apenas uma iteração.

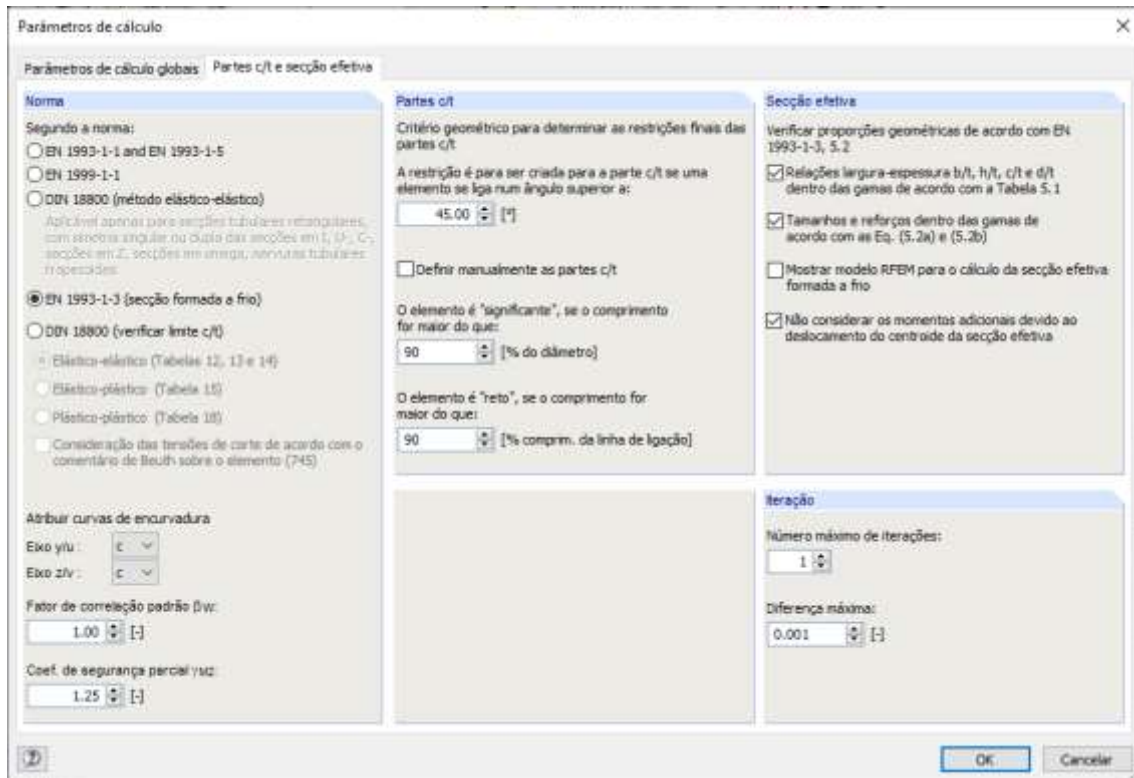


Figura 23 - Partes c/t e secção efetiva.

Uma vez ativas as opções conforme se ilustra na figura 23, gera-se o menu representado na figura 24.

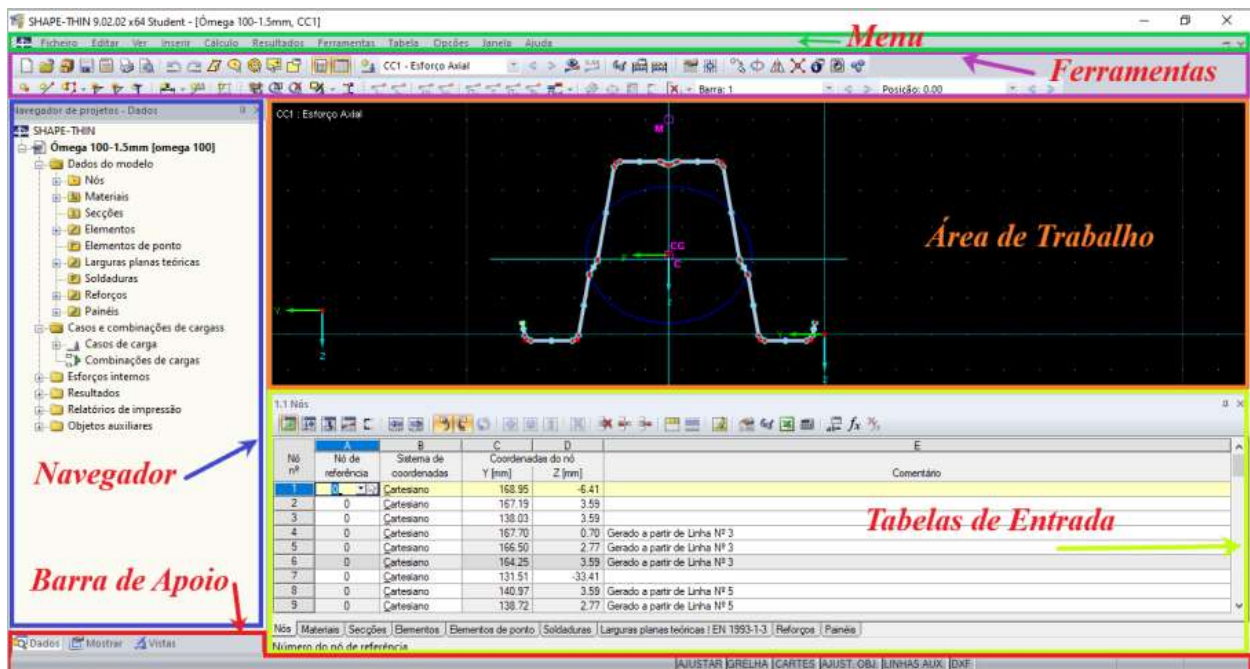


Figura 24 - Interface do programa Shape Thin.

## 2.2.2 Desenho da Secção

Para ajudar à criação da geometria da secção é útil a inserção de uma *camada de fundo* que apoia a criação da geometria da secção. O Shape Thin só aceita camadas de fundo guardadas em formato DXF. Para inserir a camada de fundo, deve clicar-se com o botão direito do rato sobre o ícone *DXF*, seleccionando a opção *Editar camada de fundo*, conforme se ilustra na figura 25.

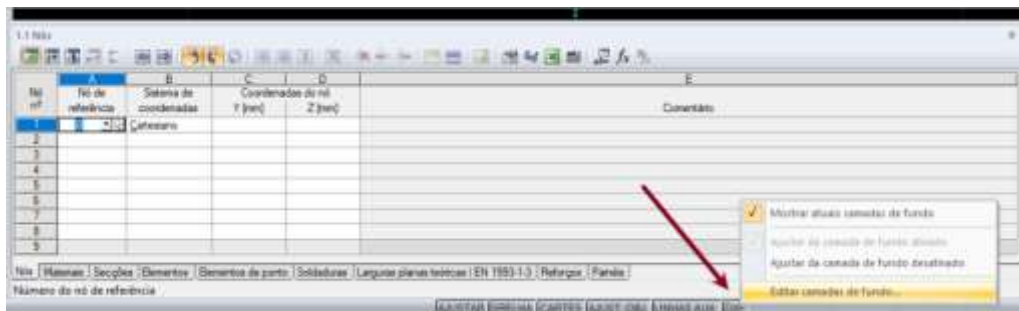


Figura 25 - Colocação de uma camada de fundo.

Uma vez efetuada essa operação, surgirá a janela representada na figura 26. Accede-se então à opção *Criar nova camada de fundo* (figura 26 – Passo 1) e, a seguir, procura-se o ficheiro em *DXF* e atribui-se uma designação à camada de fundo (figura 26 - Passo 2). O passo 3 da figura 26 ilustra a ativação destas opções. O programa permite a definição de mais do que uma *camada de fundo*. Aquando da geração do ficheiro DXF contendo a geometria da camada de fundo (o que pode ser feito no autocad), deve garantir-se que se usa o ponto de coordenadas (0,0,0)mm como origem da geometria.



Figura 26 - Plano de trabalho, Grelha/Ajustar, Ajustar objeto e linhas auxiliares.

O ShapeThin permite muitas maneiras de inserir os elementos: i) pode inserir-se a geometria graficamente, usando os pontos da camada de fundo; ii) pode inserir-se as coordenadas da geometria em tabelas. Neste exemplo ilustra-se o uso da primeira opção. A figura 27 ilustra a sequência de comandos necessária para gerar a polilha correspondente à linha média do perfil ómega (*Inserir → Dados do modelo → 1.4 Elementos → Polilha → Graficamente → Contínuo*).

Note-se que a geometria do perfil ómega tem cantos curvos com raio de 3.5 mm, devendo, portanto, selecionar-se este valor no menu *Curva* da figura 27. A espessura de 1,5mm é especificada na janela *Novo elemento (Polilha)* da figura 27.

Note-se que, pelas coordenadas da Tabela 1 retiradas do autocad, o perfil tem os cantos retos. Para introduzir os cantos curvos no menu *editar* escolhe-se o menu *criar cantos arredondados ou angulares*.

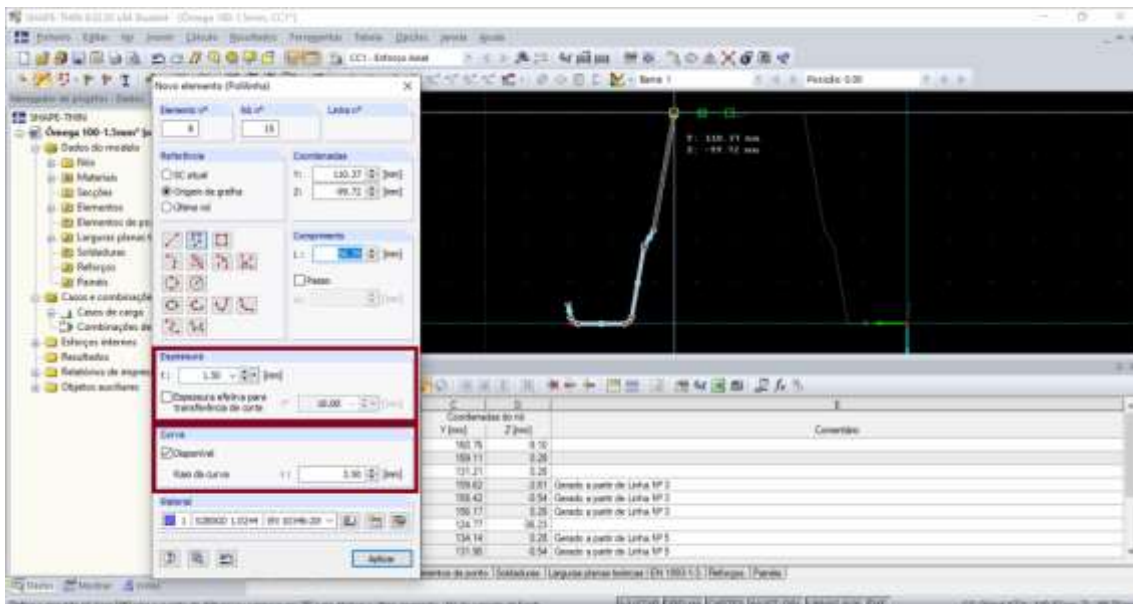


Figura 27 - Criação da secção com elementos “Polilha”.

Tabela 1 - Nós da Secção Omega 100 x 1,5 mm (Sistema de coordenadas: Cartesiano).

Coordenadas do nó	
Y [mm]	Z [mm]
160.76	-9.10
159.11	0.28
131.21	0.28
124.77	-36.23
120.15	-44.23
110.37	-99.72
84.06	-99.72
79.74	-97.56
75.41	-99.72
49.11	-99.72
39.32	-44.23
34.71	-36.23
28.27	0.28
0.37	0.28
-1.29	-9.10

O programa possibilita a definição de elementos de reforço da secção, dos quais depende a geometria efetiva (larguras efetivas) de acordo com as disposições da norma [1]. Para isto acede-se à tabela que figura no separador *reforços*, ver figura 28, clicando-se duas vezes na primeira linha da tabela (Figura 28 – Passo 1). Abre-se deste modo a janela *Novo reforço*. Deve de seguida clicar-se no ícone junto à opção *Elementos n°* conforme se ilustra na figura 28 - Passo 2. As figuras 29 a 31 ilustram a seleção gráfica dos reforços.

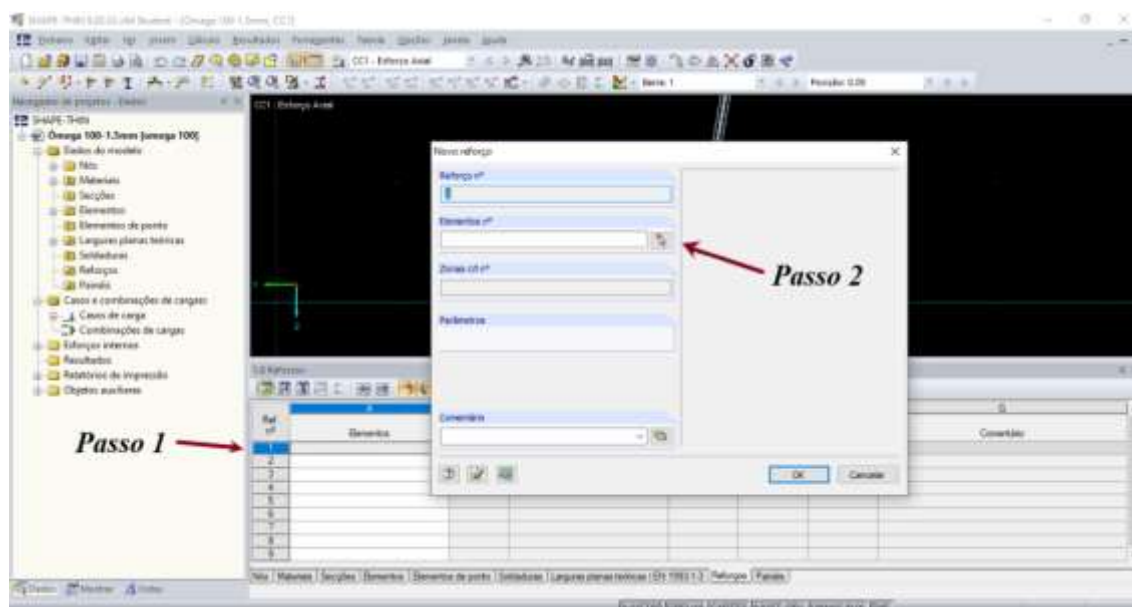


Figura 28 - Novo reforço – Tabela 1.8 Reforços.

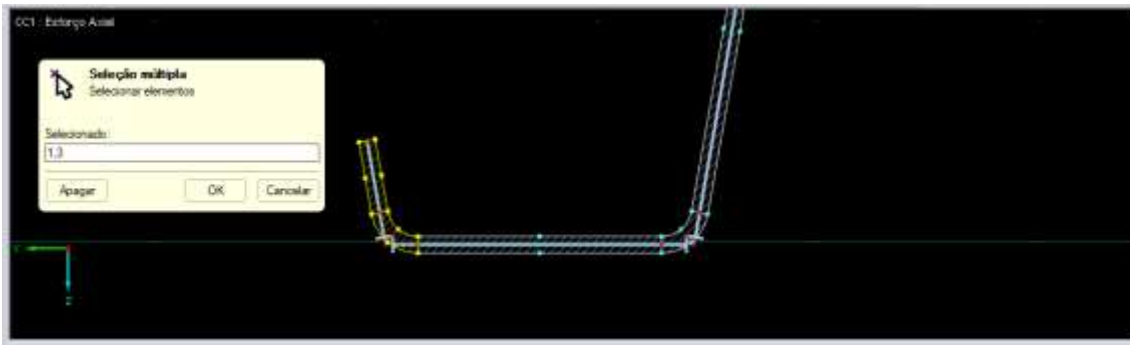


Figura 29 - Seleção de um reforço externo.

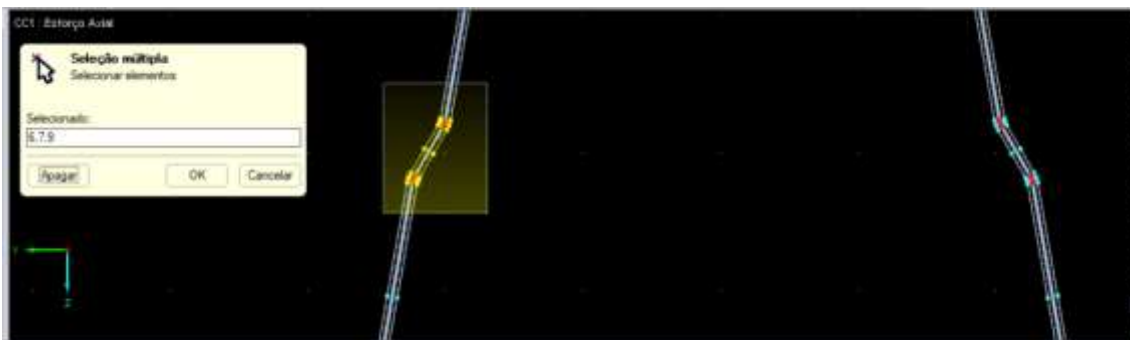


Figura 30 - Seleção de um reforço interno (alma).

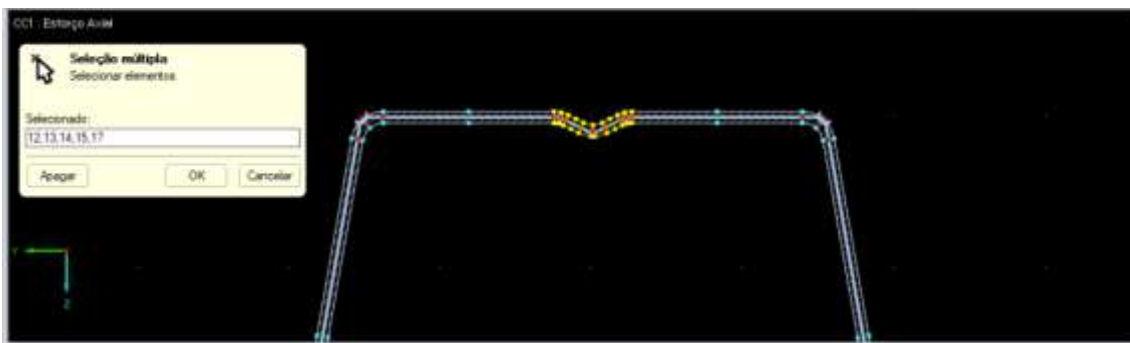


Figura 31 - Seleção de um reforço interno (banzo).

A figura 32 mostra os cinco reforços criados. Observe-se os dados referentes aos reforços constantes na tabela da mesma figura.

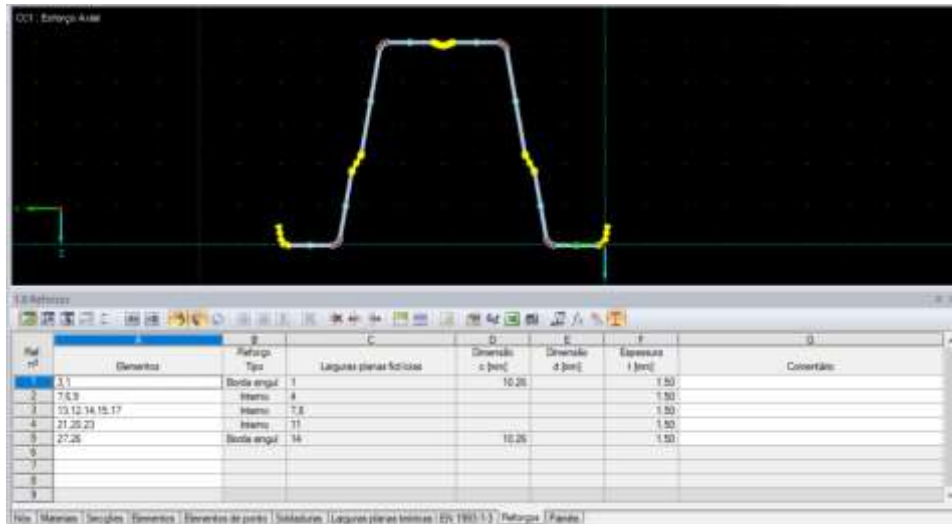


Figura 32 - Grupos de Reforços da Tabela 1.8 Reforços.

Para que calcular a secção efetiva, o programa tem que identificar os conjuntos dos elementos que estão ligados aos reforços constituindo o conjunto elemento-reforços que serve de modelo do EC3-1.3 [1, 23] (ver figura 33) para, assim, levar em conta os efeitos do modo distorcional. Assim, torna-se necessário definir estes conjuntos, designados como “painéis”. Tal definição é feita no separador *painéis* da figura 32. A definição dos painéis, neste separador, é em tudo similar à definição dos reforços já ilustrada na figura 28. As figuras 34 a 36 mostram a seleção dos painéis, uma vez já definidos.

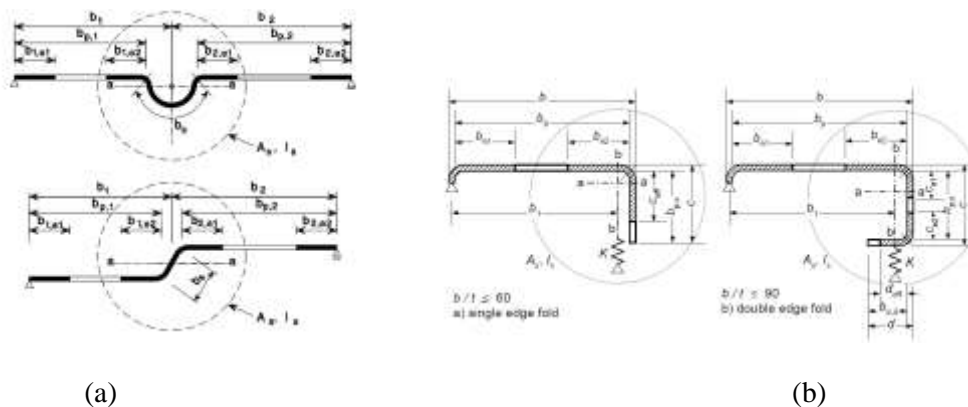


Figura 33 - Modelo de cálculo das espessuras efetivas associadas a perda de rigidez causada pelo modo distorcional [1]: (a) reforço intermédio (b) reforço.

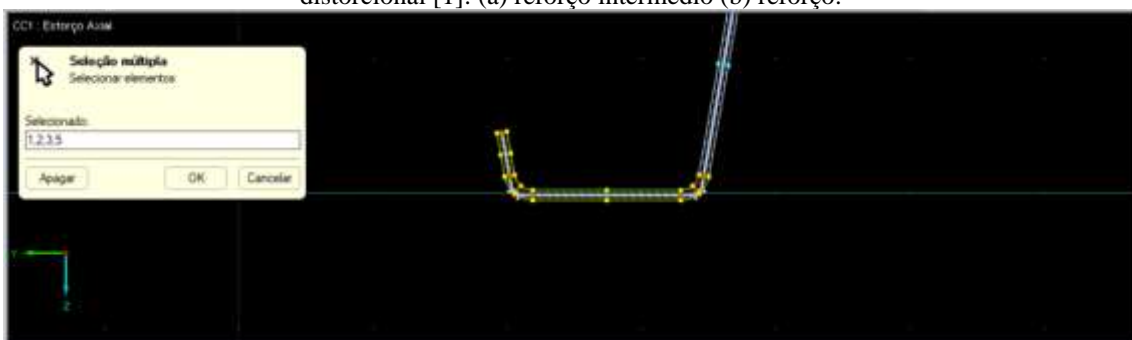


Figura 34 - Seleção do primeiro painel.

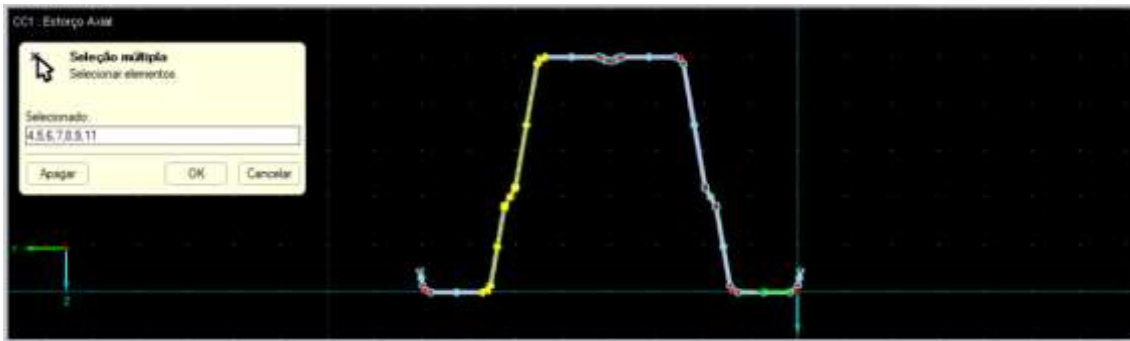


Figura 35 - Seleção do segundo painel.

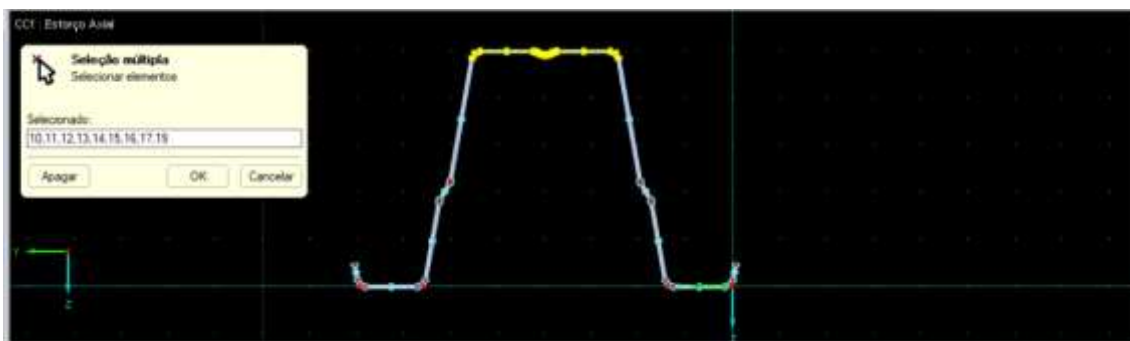


Figura 36 - Seleção do terceiro painel.

### 2.2.3 Cálculos da das propriedades da secção

Para começar a realizar o cálculo das propriedades da secção, é necessário criar um tipo de carga e um tipo de esforço interno. Comece-se então pelo caso de esforço de compressão uniforme. No menu principal do programa, deve aceder-se à janela *Inserir*, selecionando-se a opção *cargas* e, de seguida, a opção *novo caso de cargas*. Surgirá então a janela *Editar casos e combinações de cargas* conforme a figura 37 ilustra. Nesta janela, adiciona-se um novo caso de carga atribuindo-se-lhe uma designação.

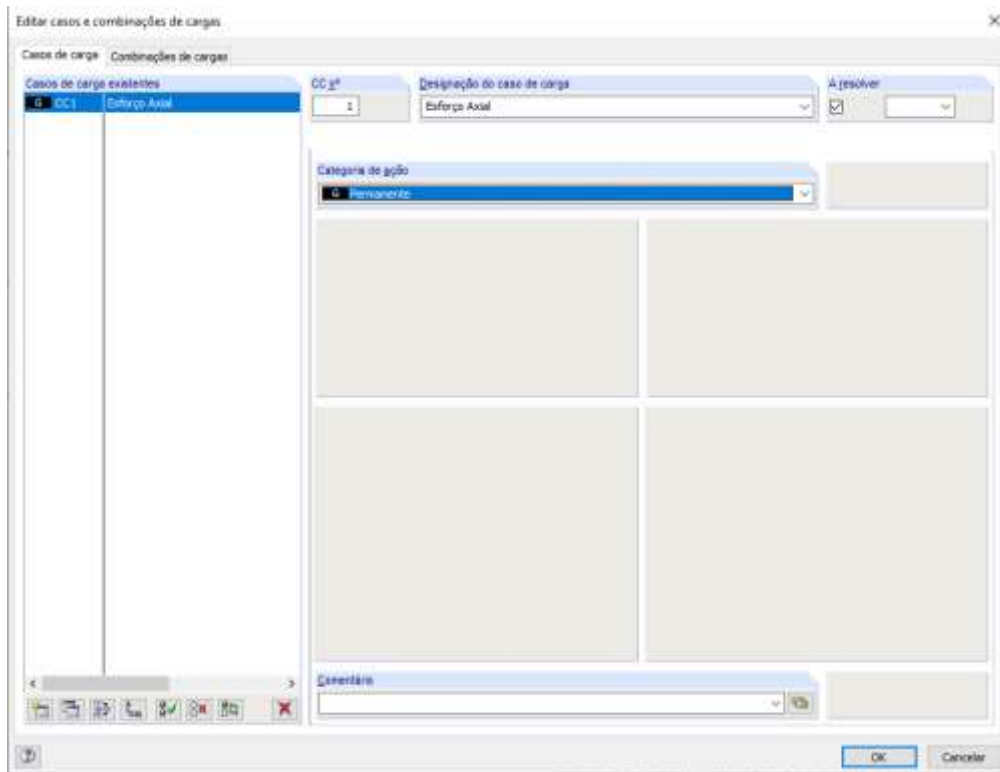


Figura 37 - Editar casos e combinações de cargas.

Conforme a figura 38 ilustra, no menu das tabelas escolhe-se a tabela 3.1 *Esforços internos*. Na posição nº1 deve então inserir-se os dados conforme se ilustra na figura 38.

Posição nº	Área	Posição x [mm]	Força normal N [kN]	Forças de corte V1 [kN]	V2 [kN]	Momentos de torção Mxx [kNm]	Myy [kNm]	Momentos flectores Mz [kNm]	Mxx [kNm²]	Deslocamento Uxx [mm]
1		0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Figura 38 - Esforço interno de Compressão.

Finalmente, no menu *Cálculo* deve escolher-se a opção *Calcular tudo*.

## 2.2.4 Resultados

Uma vez ativada a acima referida opção *Calcular tudo* surgirá o menu constante na figura 39. Os resultados são apresentados nas seguintes tabelas:

- Tabelas 4.1 - propriedades da secção bruta;
- Tabela 5.7 - propriedades da secção efetiva.

É possível importar as tabelas do Shape Thin para Excel e assim trabalhar de maneira mais rápida e cómoda, basta fazer clique no ícone de Excel, que está no topo do lado direito das tabelas de entrada (ver figura 39).

Para visualização gráfica de resultados, na barra de apoio, ver figura 39, seleciona-se a opção *resultados*. O navegador localizado à esquerda da janela do menu da figura 39 permite selecionar o tipo de resultado a representar (por exemplo, as tensões  $\sigma_x$ , representadas na figura 39).

No fim, pode aceder-se a um relatório final com gráficos. Para isto no menu acede-se ao menu *Ficheiro* → *Abrir relatório de impressão*. Para adicionar imagens ao relatório procede-se de forma similar (*Ficheiro* → *Imprimir gráfico*).

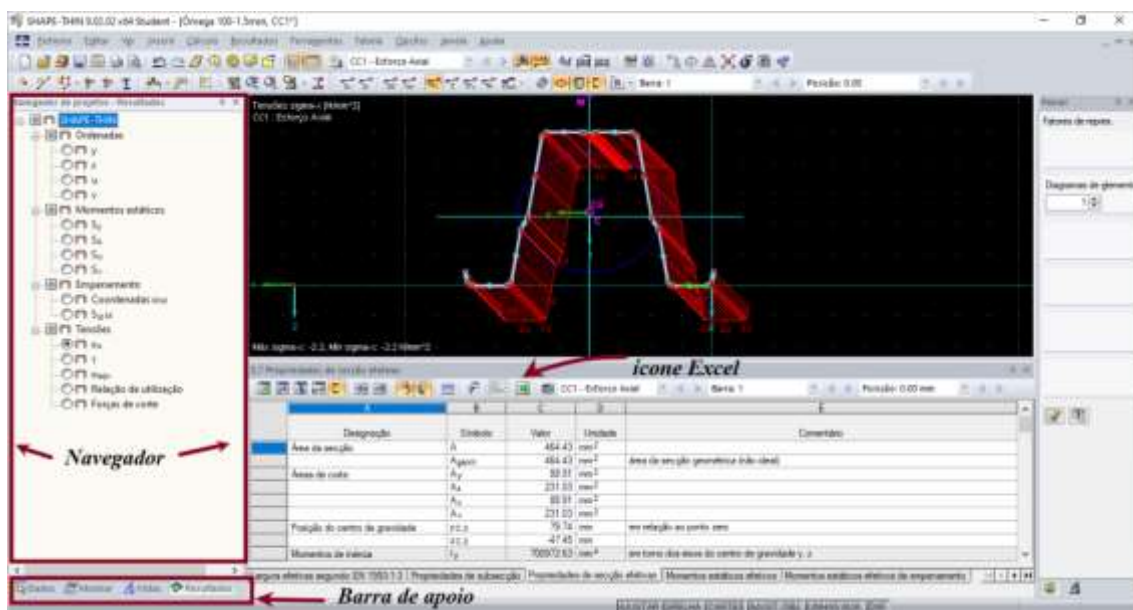


Figura 39 - Gráfico final com os cálculos realizados.

Para testar a secção Omega à flexão (em relação a qualquer eixo de flexão), é recomendável criar outro caso de carga, conforme ilustrado nas figuras figura 37 e 38, para momentos que podem ser positivos ou negativos (ver figura 40).

The screenshot shows a table titled '3.1 Esforços internos' (Internal Forces) for a 'CCZ - My+' case. The table has the following structure:

Posição nº	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Barra NP	Posição x [mm]	Força normal N [kN]	Forças de corte V <sub>y</sub> [kN] V <sub>z</sub> [kN]		Momentos de torção M <sub>xy</sub> [kNm] M <sub>xz</sub> [kNm]		Momentos flectores M <sub>y</sub> [kNm] M <sub>z</sub> [kNm]		Bimomento M <sub>xy</sub> [kNm <sup>2</sup> ]	Comentário
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Figura 40 - Tabela de Esforços internos para um My+.

No Anexo A desta dissertação está apresentado o relatório final de resultados emitido pelo programa Shape Thin [18].

## 2.3 Utilização da Aplicação CLASS4SECTION

O Class4Section (C4S) é uma aplicação web para secções de classe 4 (enformados a frio), segundo as partes 1.3 e 1.5 do EC3 [1,2], desenvolvida no âmbito da dissertação de mestrado de Carvalho [16,24], com os objetivos do SHAPE THIN [17], descrito nas secções anteriores.

O C4S tem na sua acessibilidade uma grande vantagem, sendo apenas necessário realizar um cadastro para poder aceder a uma versão gratuita com alguns perfis de parede finas mais usados (em U, C e Z) [15].

A sua interfase é de uso simples e intuitivo, permitindo inserir secções parametrizadas para as de forma rápida. Existe a possibilidade de imprimir um relatório com todas as propriedades brutas e efetivas da secção. A sua desvantagem reside na impossibilidade de estudo de secções de geometria arbitrária. De facto, o C4S permite apenas trabalhar apenas com um conjunto secções pré-definidas. Contudo, apresenta a vantagem de usar as principais secções de uso corrente, de forma parametrizável.

De seguida passa a descrever-se a utilização do programa C4S. Assim, na figura 41 apresenta-se o menu principal do programa, composto por quatro janelas principais. Na janela identificada como Passo 1 da figura 41, escolhe-se o perfil padrão e são inseridas as dimensões externas do perfil. Este menu contém ainda as opções para definir o material, definição da espessura da galvanização e definição do número de iterações de cálculo. Uma vez validada a geometria (Passo 2 - figura 41), o programa gera a representação gráfica da geometria do perfil, ver figura 42. Note-se que a geometria ilustrada na figura 42 é a mesma da geometria representada na figura 17, gerada com o SHAPE THIN [17].

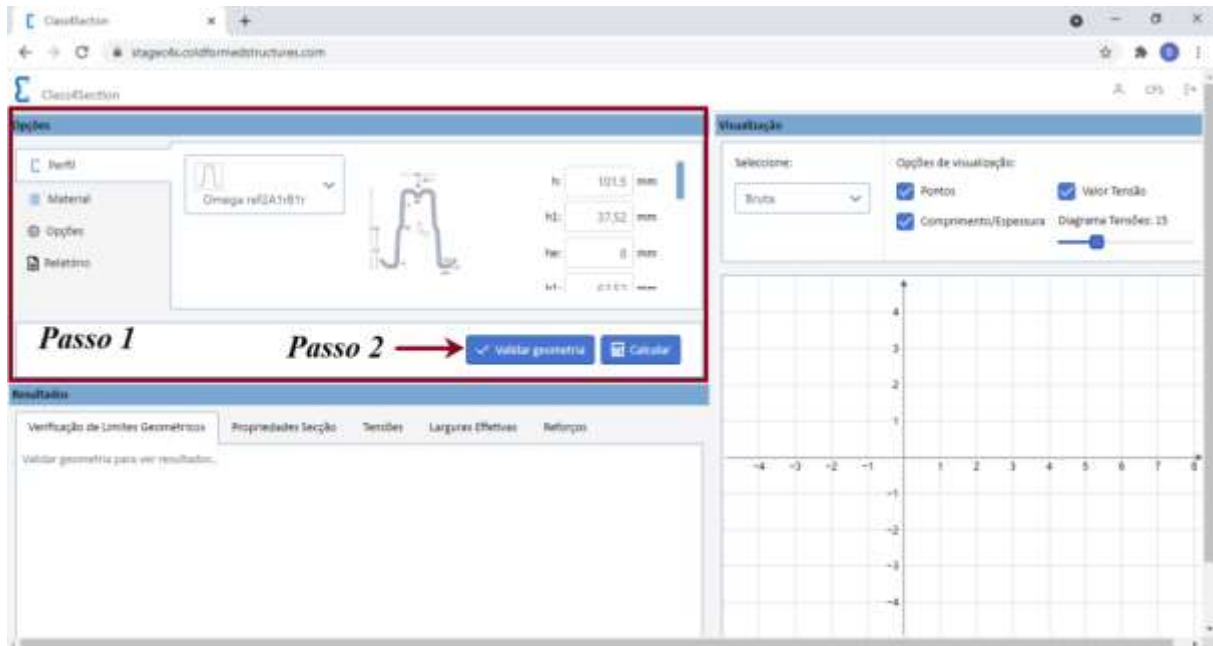


Figura 41 - Página principal do Class4Section.

A indicação dos resultados a visualizar no programa é selecionada no menu *resultados* que figura na parte inferior esquerda da figura 42.

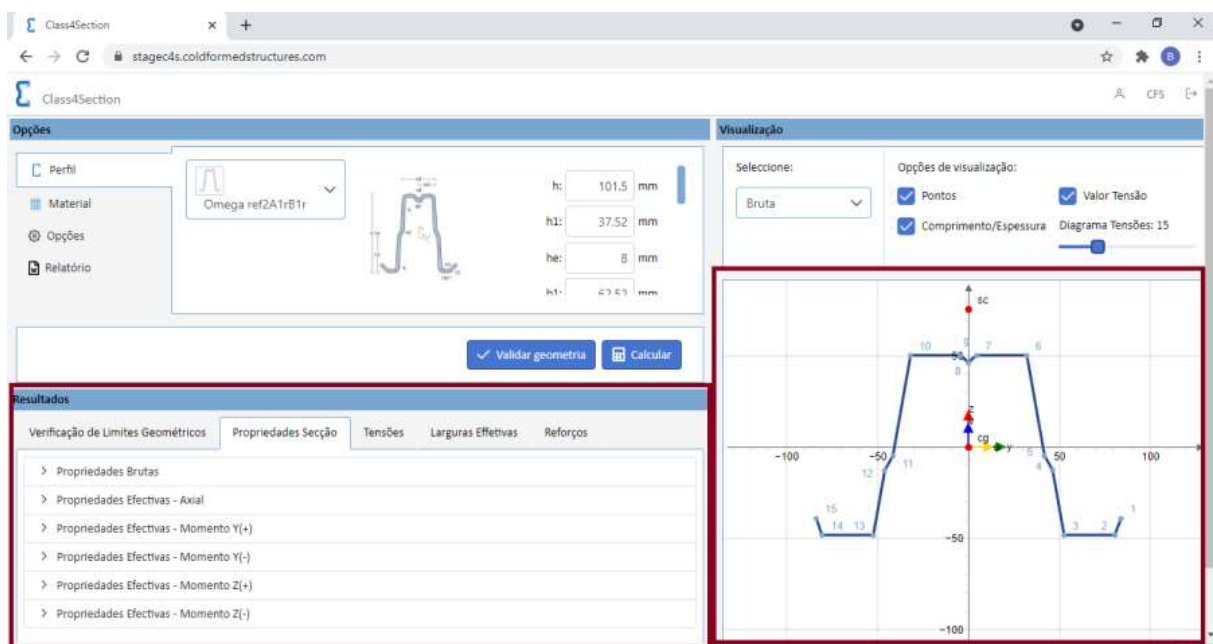


Figura 42 - Resultados do Class4Section.

Nas figuras 43 a 44 estão mostrados os gráficos de distribuição das tensões sobre a secção bruta e nas figuras 45 a 47 estão mostrados os gráficos de distribuição das tensões sobre a secção efetiva.



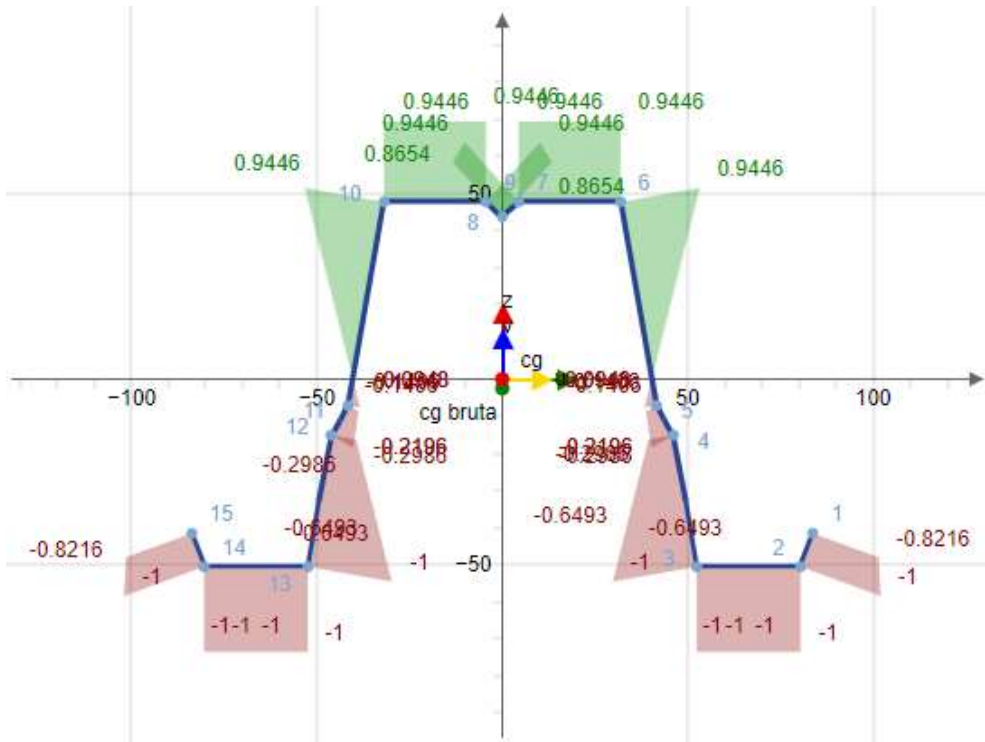


Figura 45 - Secção bruta sob flexão negativa em relação ao eixo y.

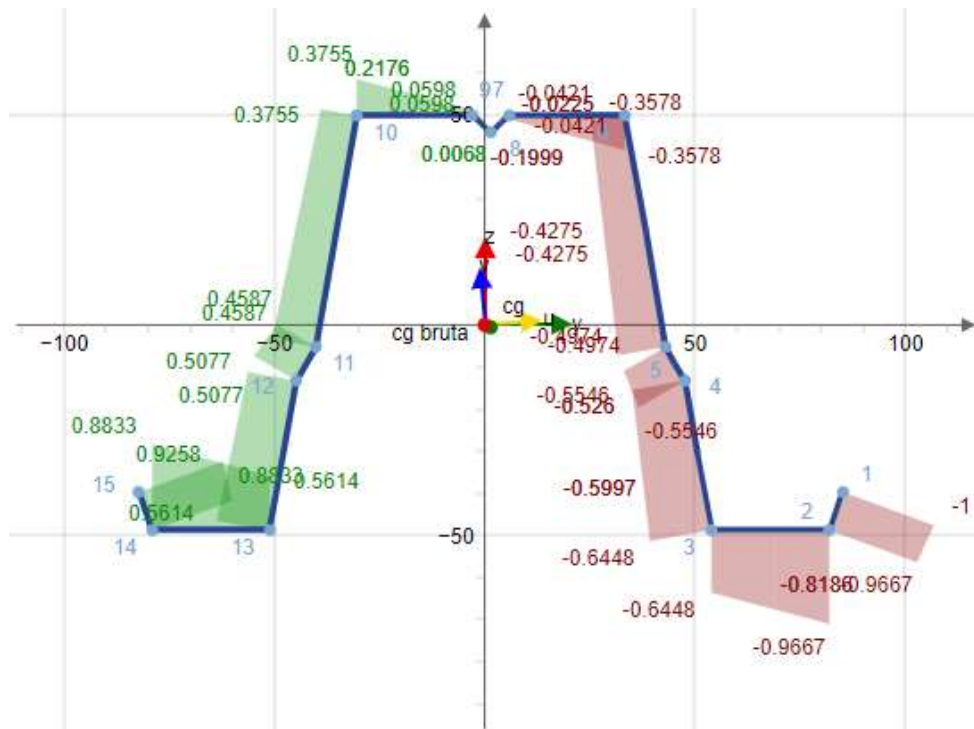


Figura 46 - Secção bruta sob flexão positiva em relação ao eixo z.

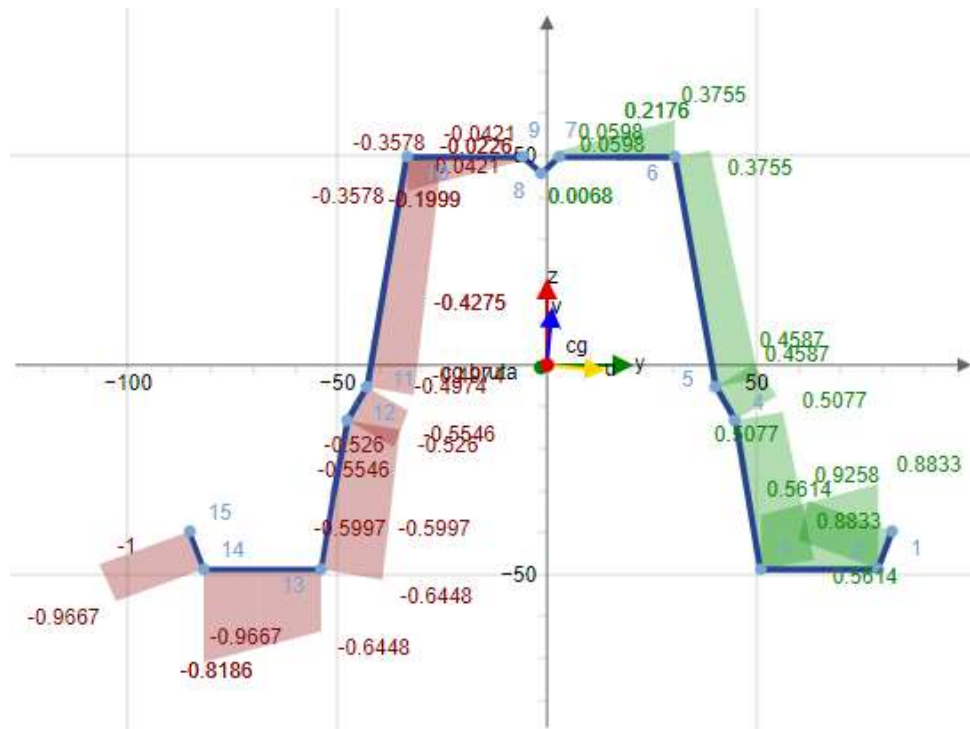


Figura 47 - Secção bruta sob flexão negativa em relação ao eixo z.

O programa permite gerar um relatório final de resultados, o qual está acessível no Anexo B desta dissertação para a secção em estudo.

## 2.4 Tabelas de propriedades efetivas

Nesta secção apresentam-se tabelas-resumo das propriedades efetivas da secção em estudo neste trabalho. Dada a complexidade do cálculo das propriedades efetivas pela norma europeia, EC3 [1], este tipo de tabela é de grande utilidade para catálogos e aplicativos de produtos de empresas fabricantes de perfis enformados a frio, como é o caso da *Coberfer* [3], facilitando as análises a efetuar pelo projetista.

As tabelas mostram as seguintes propriedades da secção obtidas pelos programas Shape Thin [17], tabela 2, e C4S [15], tabela 3:

- (i) secção bruta
- (ii) secção efetiva sob compressão
- (iii) secção efetiva sob flexão positiva em relação ao eixo y
- (iv) secção efetiva sob flexão negativa em relação ao eixo y
- (v) secção efetiva sob flexão positiva em relação ao eixo z
- (vi) secção efetiva sob flexão negativa em relação ao eixo z

As tabelas do SHAPE-THIN (Tabela 2), comparadas com as tabelas do Class4Section (Tabelas 3) apresentam valores muito semelhantes, principalmente as propriedades Brutas, sendo uma diferença cerca do 5%. Os eixos  $y_{c,0}$ ,  $z_{c,0}$  e  $y_{M,0}$ ,  $z_{M,0}$  correspondem aos eixos do centro de gravidade e centro de corte respetivamente (a diferença que existe entre estas, é por causa da modelação utilizada no programa SHAPE-THIN).

As propriedades efetivas são as que variam mais entre os dois métodos, com uma diferença em  $A_{eff}$ ,  $I_{eff,y}$  e  $I_{eff,z}$  aproximada do 10% e se refere à forma diferente de modelar as secções nos dois programas.

Tabela 2 - Resultados do Programa Shape Thin.

Propriedades Brutas série Omega 100												
	$A_{br}$	$I_y$	$I_z$	$\alpha$	$I_u$	$I_v$	$I_y$	$I_z$	$Y_{c,0}$	$Z_{c,0}$	$Y_{M,0}$	$Z_{M,0}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$	°	$mm^4$	$mm^4$	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Omega 100x1,5	504.24	729133.51	1071000	0.00	729133.51	1071000	38.03	46.09	79.74	-48.28	79.74	-125.12

Propriedades Efetivas Axial série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	464.43	700972.63	1018000

Propriedades Efetivas $M_y(+)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	497.03	713508.53	1070000

Propriedades Efetivas $M_y(-)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	504.24	729133.52	1071000

Propriedades Efetivas $M_z(+)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	504.24	729133.52	1071000

Propriedades Efetivas $M_z(+)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	504.24	729133.52	1071000

Tabela 3 - Resultados do Programa C4S.

Propriedades Brutas série Omega 100												
	$A_{br}$	$I_y$	$I_z$	$\alpha$	$I_u$	$I_v$	$I_y$	$I_z$	$Y_{C,0}$	$Z_{C,0}$	$Y_{M,0}$	$Z_{M,0}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$	°	$mm^4$	$mm^4$	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Omega 100x1,5	498.81	692762.27	1069120.87	0.00	1069120.87	692762.27	37.27	46.29	0	75.62	0	94.13

Propriedades Efetivas Axial série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	463.0	627430.3	953818.34

Propriedades Efetivas $M_y(-)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	472.47	638985.54	960936.82

Propriedades Efetivas $M_y(-)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	472.47	638985.54	960936.82

Propriedades Efetivas $M_z(+)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	483.54	661111.13	1022723.55

Propriedades Efetivas $M_z(-)$ série Omega 100			
	$A_{eff,N}$	$I_{eff,y}$	$I_{eff,z}$
(unidades)	$mm^2$	$mm^2$	$mm^4$
Omega 100x1,5	483.55	661135.26	1022723.71

## 3. Análise de Elementos Estruturais

### 3.1 Programa de Cálculo Estrutural RFEM

O programa RFEM [20], é um software de análise e dimensionamento cálculo de estruturas nomeadamente placas, paredes, cascas e estruturas reticuladas em geral, e permite obter resultados de deformações, esforços internos, tensões, reações de apoio além da capacidade para realizar dimensionamentos com vários materiais estruturais e de acordo com várias normas.

Neste capítulo ilustra-se o uso do RFEM na análise de uma viga simplesmente apoiada formada pelo perfil ómega em estudo na dissertação, tendo-se importado as propriedades efetivas do Shape-Thin [17].

#### 3.1.1 Configurações iniciais

A figura 48 apresenta os parâmetros de configuração de um novo modelo a criar no RFEM [20]. É importante notar a semelhança das interfaces gráficas do SHAPE THIN[17] e RFEM [20] o que facilita a sua utilização conjunta.

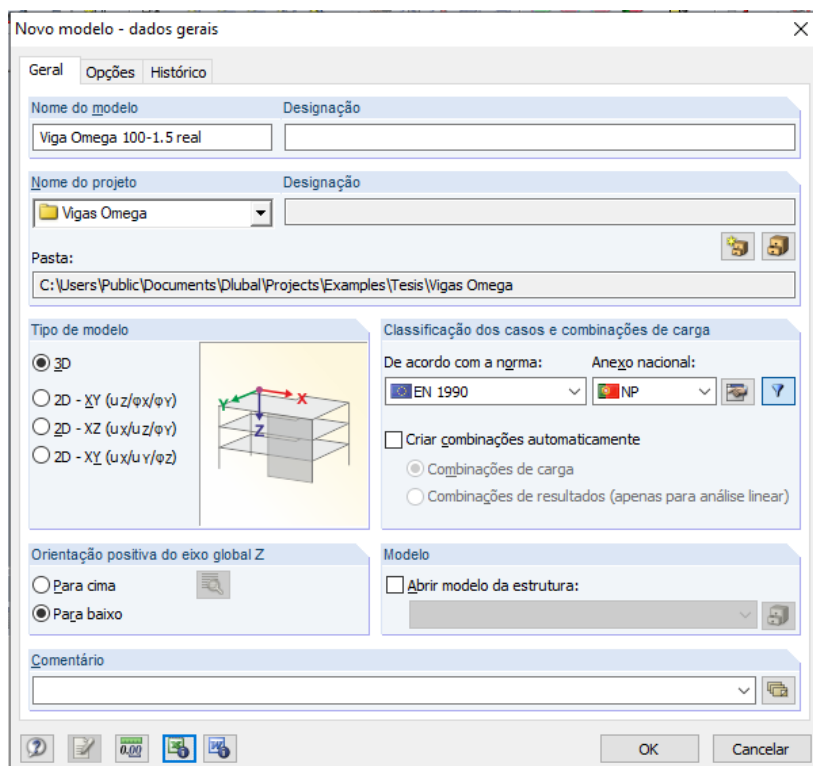


Figura 48 - Novo modelo – dados gerais.

### 3.1.2 Modelação da estrutura

A viga em estudo tem 4 m de vão, estando sujeita a uma carga uniformemente distribuída de 1 kN/m. A figura 49 ilustra a definição dos nós do modelo.

Na janela *Novo nó 'Padrão'* acede-se ao menu *coordenadas* e insere-se as coordenadas do primeiro nó (0,0,0)m e do segundo nó (4,0,0)m.

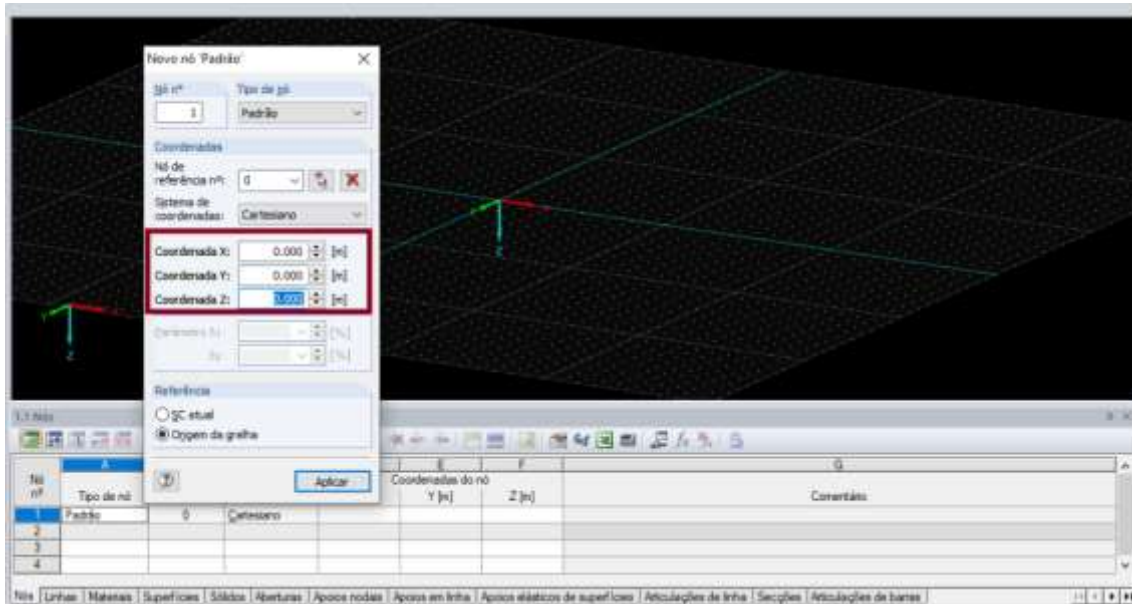


Figura 49 - Novo nó 'Padrão'.

Tal como se ilustra na figura 50, uma vez definidos os nós, cria-se a barra, acedendo à sequência de menus *Inserir* → *Dados do modelo* → *1.17 Barras* → *Graficamente* → *Singular*. Para escolher a secção deve aceder-se à janela *Nova Barra* e de seguida à opção *Secção* passando a clicar-se em *Importar secção da biblioteca* (figura 50 – Passo 1). Uma vez aberta a *Biblioteca de secções transversais* acede-se à opção *Do programa de secções* clicando-se de seguida no ícone *Importar secção do programa SHAPE-THIN* (figura 51 - Passo 2).

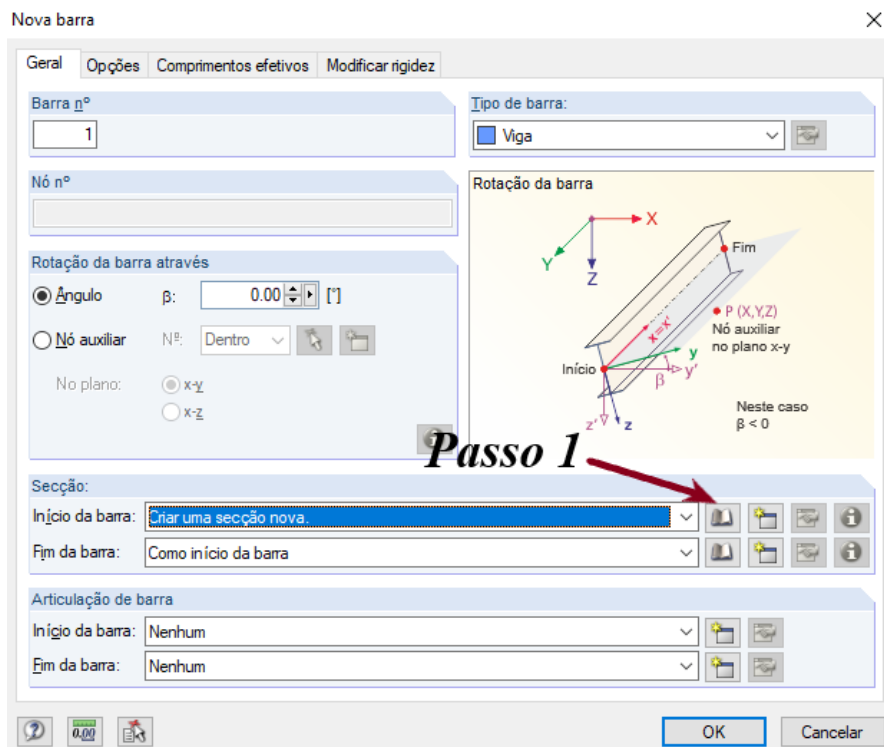


Figura 50 - Nova Barra.

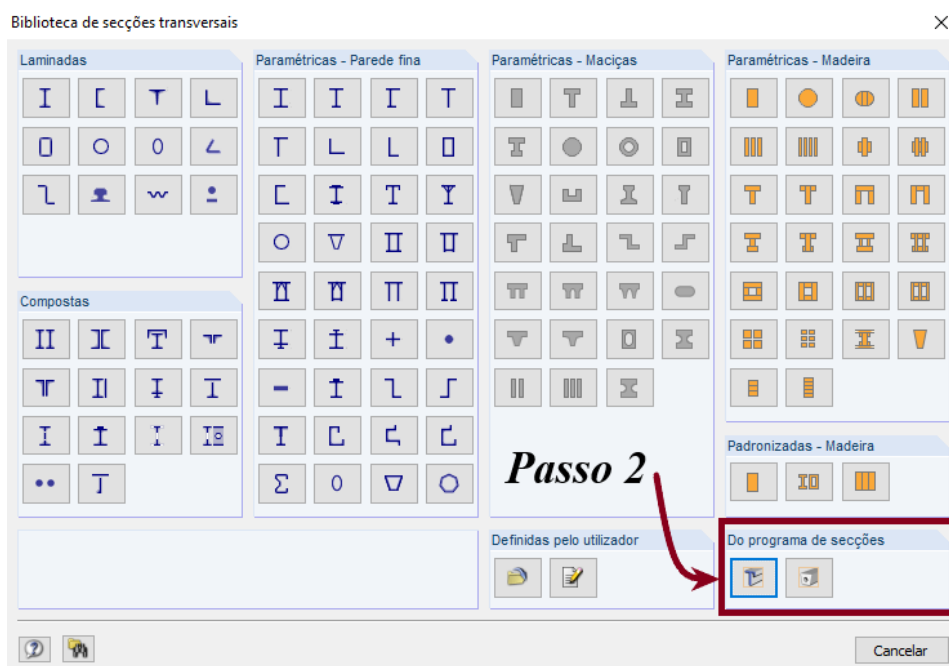


Figura 51 - Biblioteca de secções transversais.

A seguir seleciona-se a secção Omega 100 criada no Shape Thin [17] conforme se descreveu no capítulo 2. Deve garantir-se que no campo *Fim da barra* da figura 53 esteja ativa a opção *Como início da barra*. Assegura-se deste modo que a viga é constituída por um só perfil, ver figura 52.

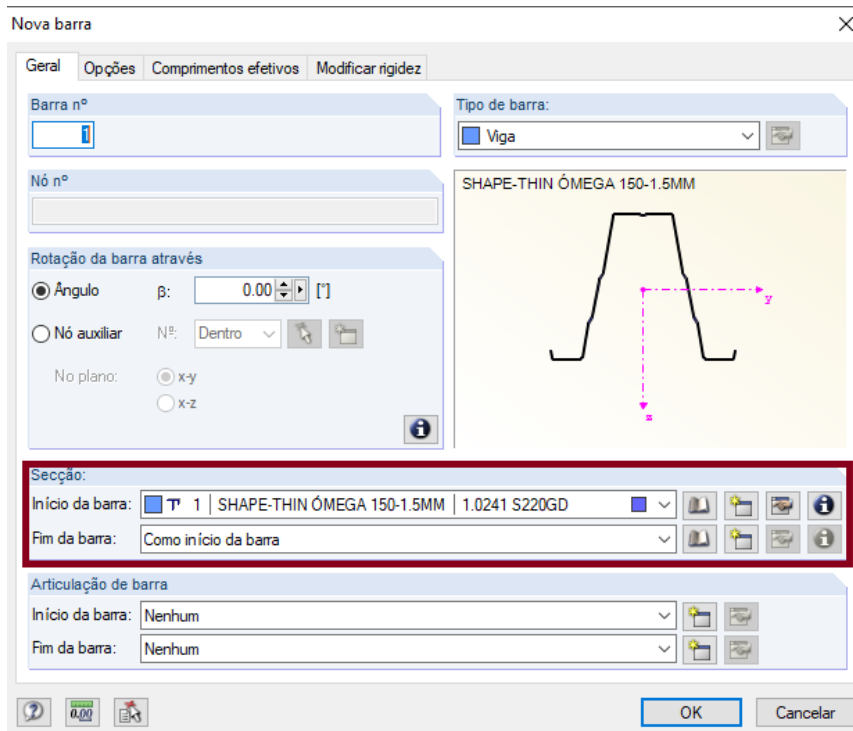


Figura 52 - Nova barra com a secção Omega 100.

Depois de ativar o menu da figura 52, surgirá a janela *Nova barra (Linha singular)*, ver figura 53, clicando-se nos dois nós criados anteriormente. Neste momento, o programa criará a viga com a secção Ómega selecionada, (pode-se usar-se o comando *zoom* para confirmar graficamente essa criação).

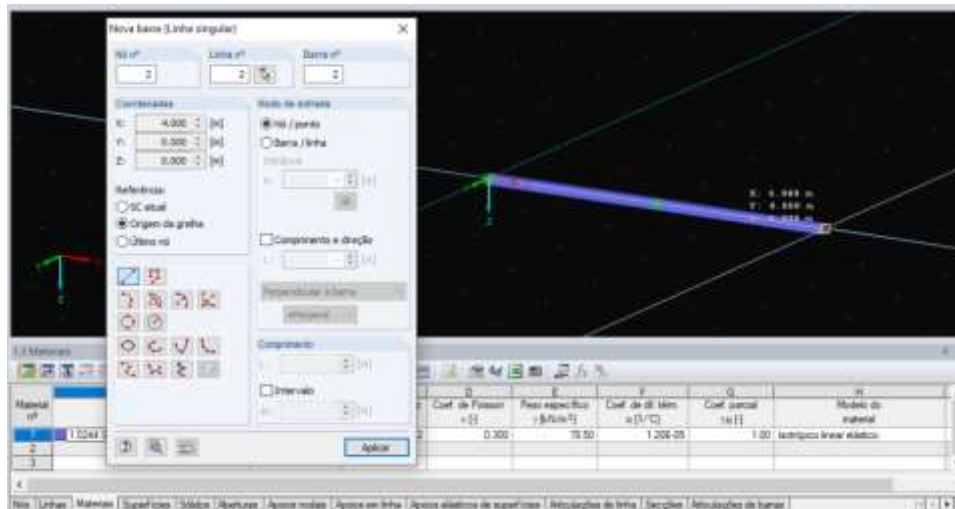


Figura 53 - Nova Barra (Linha singular)

Para inserir os apoios, acede-se à sequência de menus *Inserir* → *Dados do modelo* → *1.7 Apoios nodais* → *Graficamente* (ver figura 54). Escolhe-se então a opção *articulado* e clica-se em *OK*. Na área de trabalho clica-se nos dois nós da viga, ver figura 55, e com o clique direito na tela conclui-se a tarefa.

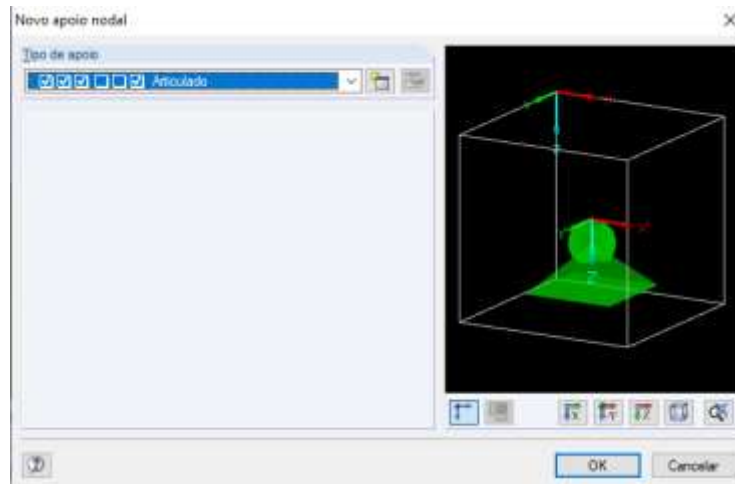


Figura 54 - Novo apoio nodal.

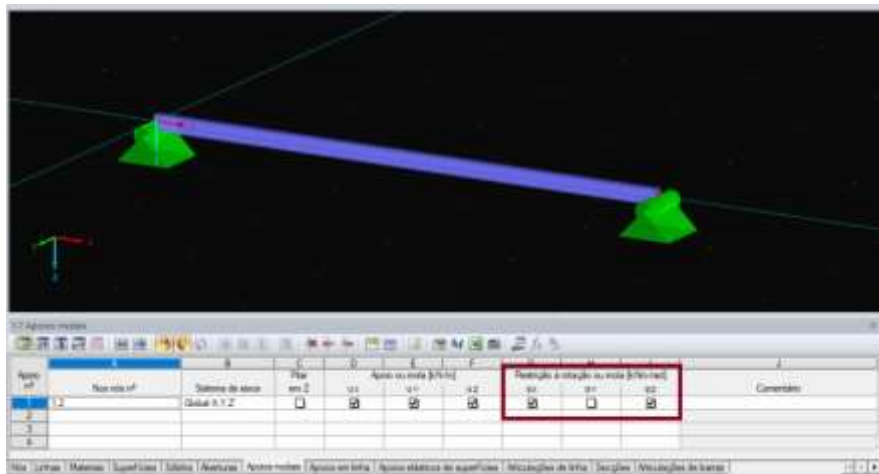


Figura 55 - Barra biapoiada.

Num dos apoios deve prever-se restrição à torsão para prevenir instabilidade associada.

Para editar o material estrutural, deve clicar-se em *material nº 1* da *Tabela 1.3*, conforme se ilustra no Passo 1 da figura 56. Nesse instante surge a janela representada no Passo 2 da figura 56. Procede-se então à seleção do material da mesma forma já exposta para o ShapeThin[17], ver figura 22.

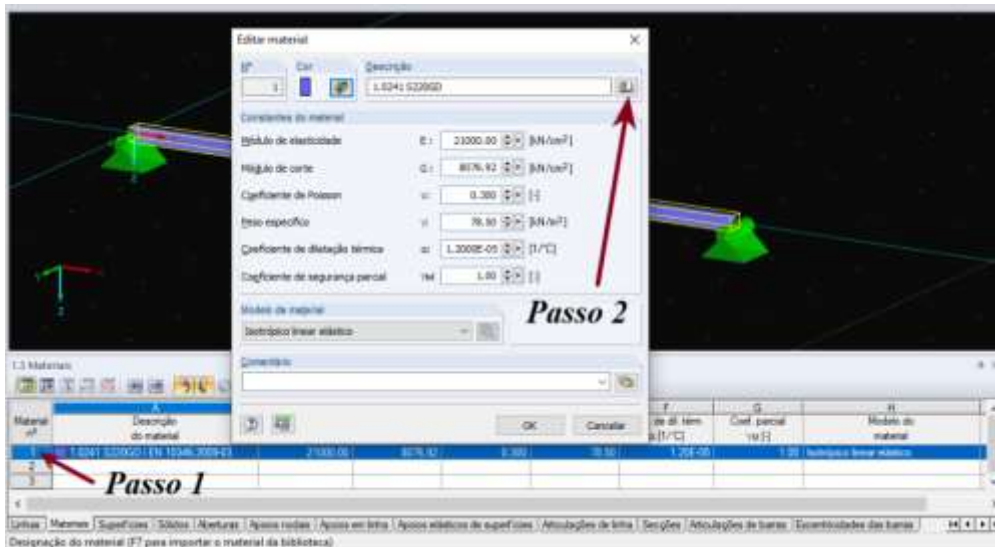


Figura 56 - Mudança de material.

O procedimento de criação de casos de cargas é similar ao descrito no capítulo 2 para o ShapeThin [17], ver (figura 37). A seguir, introduz-se uma carga uniforme e contínua, através da sequência de comandos *Inserir* → *Cargas* → *3.1 Cargas de barras* → *Graficamente* (ver figura 57). Na figura 57, mais especificamente no menu *parâmetros de carga* é possível definir o valor de carga distribuída  $p = 1 \text{ kN/m}$ .

O RFEM tem uma opção chamada “Mudar entre imagem e pré-visualização” que permite perceber melhor a posição da carga na barra (figura 57).

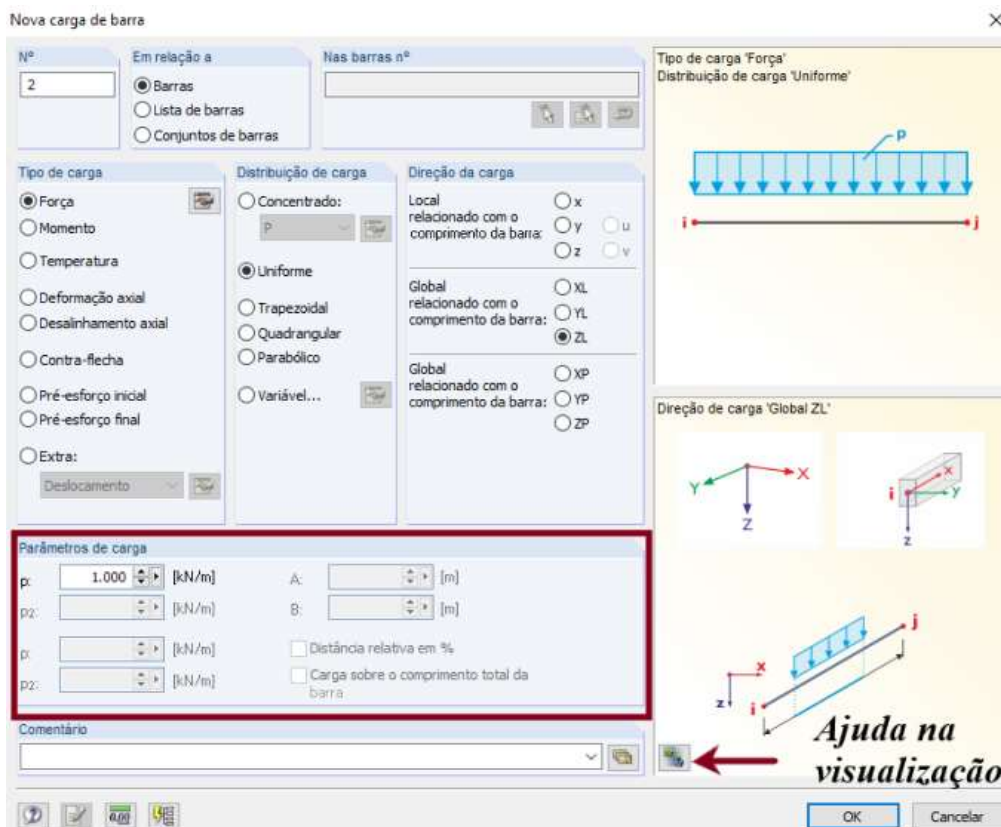


Figura 57 - Nova Carga da barra.

### 3.1.2.1 CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DA VIGA

Para calcular a estrutura, acede-se à sequência de comandos *Cálculo* → *Calcular tudo*, patente na figura 58.

Na figura 58 apresenta-se ainda o navegador que permite a selecção dos resultados a visualizar.

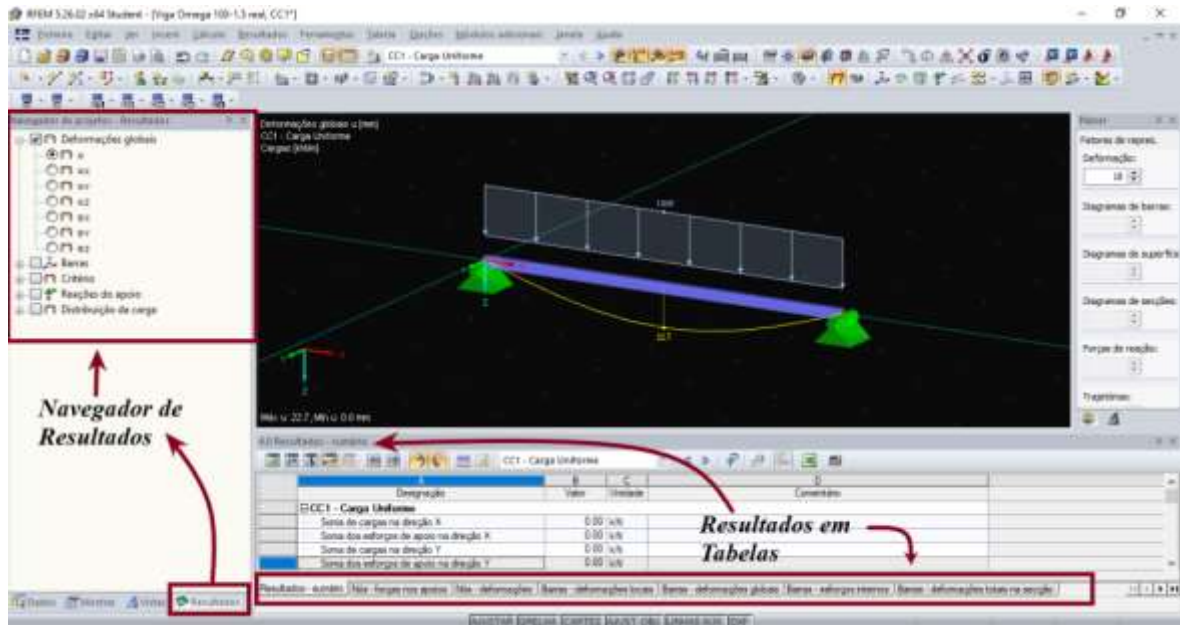


Figura 58 - Opções de visualização de Resultados.

Nas figuras 59 e 60 está mostrado o diagrama de momentos e das deformações elásticas fornecidos pelo RFEM.

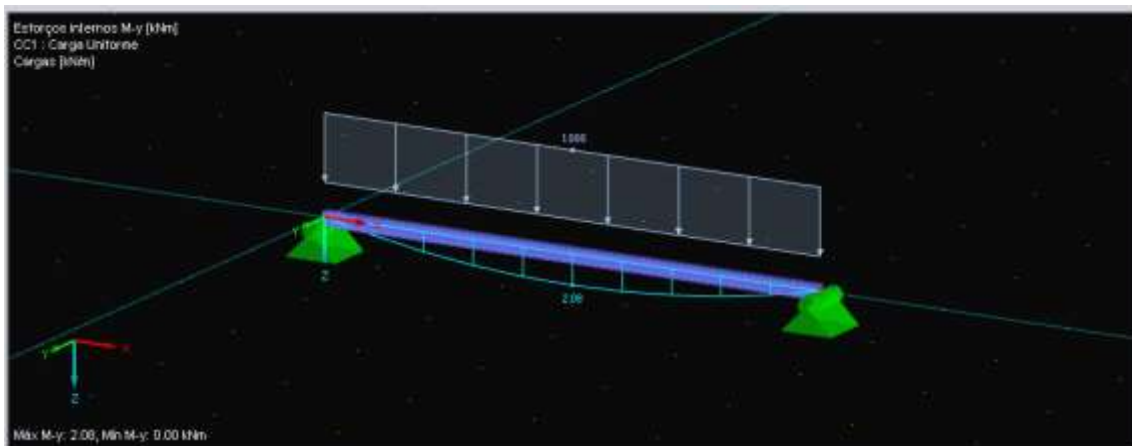


Figura 59 - Momento  $M_y$  da viga.

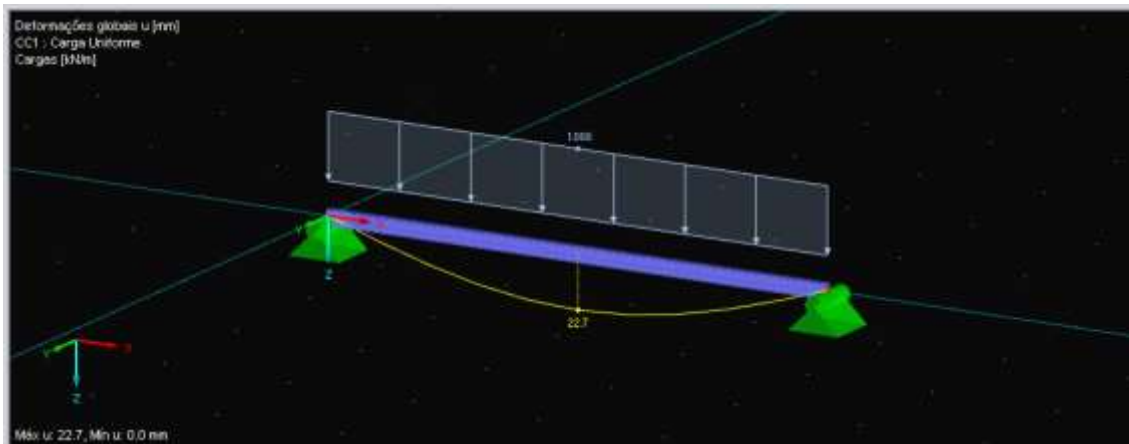


Figura 60 - Deformação Global da viga.

A figura 61 apresenta o menu de escolha do módulo de dimensionamento no RFEM, através da sequência de comandos *Módulos adicionais* → *Dimensionamento - Aço* → *RF-STEEL EC3*.

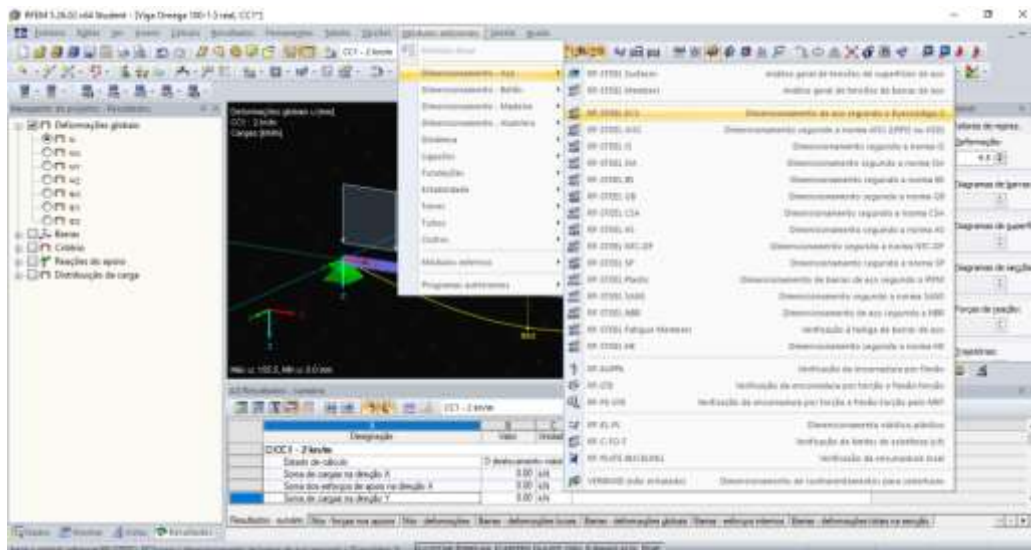


Figura 61 - Passos para o modulo de dimensionamento.

Surge então o módulo de dimensionamento *RF – STEEL EC3 – [nome do ficheiro]* que se representa na figura 62. O uso deste menu faz-se de acordo com a sequência de comandos que se passa a descrever: i) seleciona-se a barra (figura 62 – Passo 1); ii) muda-se o *Anexo Nacional* para a *NP* (norma Portuguesa) (figura 62 – Passo 2). No passo 3 em *casos de carga e combinações existentes* adiciona-se a *carga uniforme* à janela *selecionado para dimensionamento*.

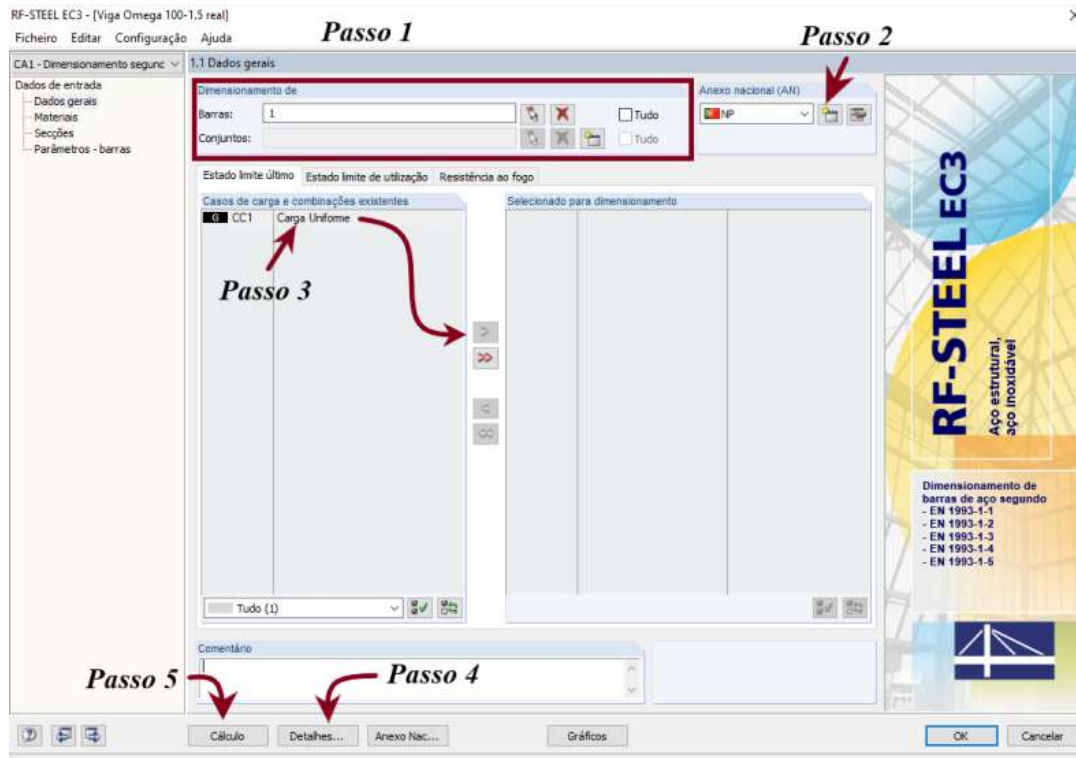


Figura 62 - Dimensionamento pelo Eurocódigo 3.

De seguida, abre-se a janela de *detalhes* (Figura 62 - Passo 4) surgindo o menu que consta da figura 63, devendo selecionar-se o separador *Formado a frio*, devendo ativar-se as opções que constam na referida figura 63.

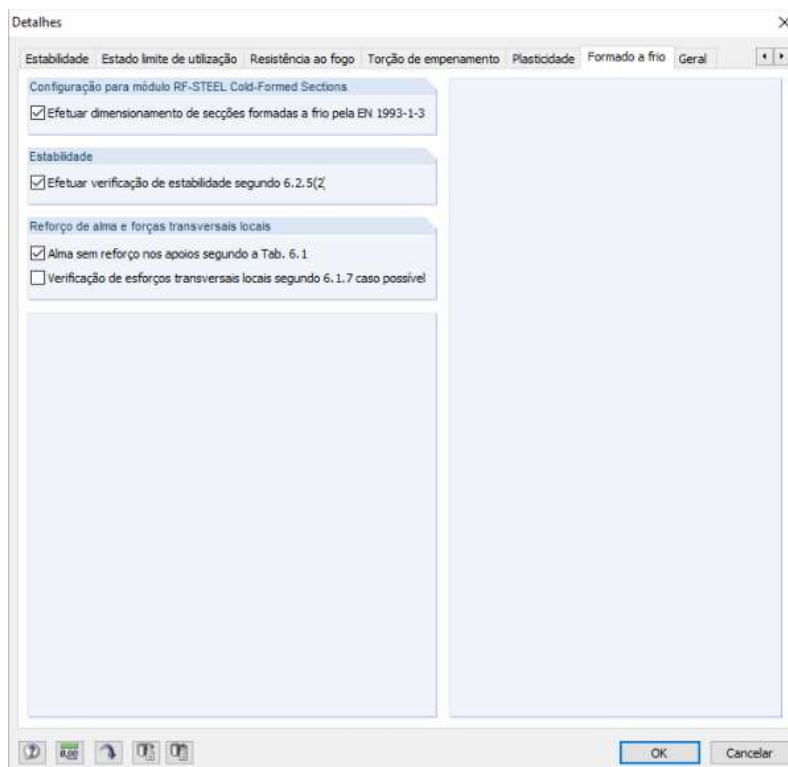


Figura 63 - Detalhes para os Formados a frio.

No separador *instabilidade*, ver figura 64, o RFEM apresenta três opções de definição do momento crítico: (i) *Automaticamente pelo método dos valores próprios*, (ii) *mediante os coeficientes  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$* , ou (iii) *definido pelo utilizador na janela 1.5*. Para além disto, nesta janela é possível definir os comprimentos de encurvadura à compressão (instabilidade por flexão) que não se aplica ao presente exemplo.

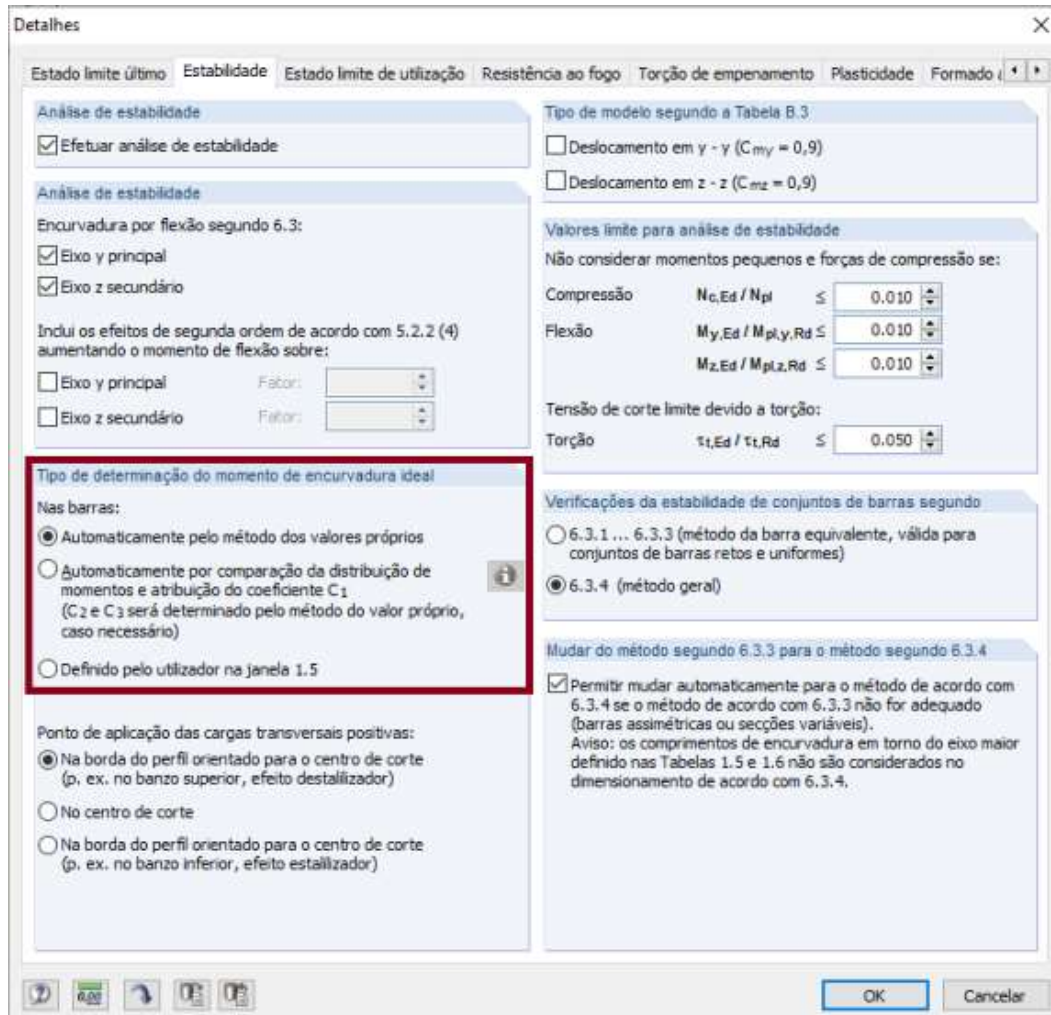


Figura 64 - Detalhes do menu de Estabilidade.

Os coeficientes  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  são utilizados na conhecida fórmula de cálculo de momento crítico apresentada na equação (1).

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(k_z L)^2} \left\{ \left[ \left( \frac{k_z}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 Z_g - C_3 Z_j)^2 \right]^{0,5} - (C_2 Z_g - C_3 Z_j) \right\} \quad (1)$$

Onde:

$Z_g$  – Corresponde à distância do ponto de aplicação da carga ao centro de corte (no menu da Figura 64 tem que se escolher a posição da carga em relação ao centro de corte quando se usa a fórmula da equação (1)).

$Z_j$  – É um parâmetro que tem em conta o grau de assimetria da secção.

L- Comprimento da barra

E- Módulo de Young

G- Módulo de elasticidade transversal

$k_z$ - coeficiente de encurvadura em torno do eixo z

$k_w$ - coeficiente de encurvadura ao empenamento

$I_z$ - momento de inércia em relação ao eixo z

$I_t$ - momento de inércia à torção

$I_w$ - constante de empenamento

Na Tabela 1.5 do RFEM, mostrada na figura 65, é possível visualizar e editar os comprimentos de encurvadura. Para aceder a esta Tabela acede-se ao navegador (figura 65) e clica-se em *Dados de entrada* na parte Comprimentos efetivos – barras.

Feito isto aceita-se, e efetua-se o cálculo (figura 62 – Passo 5).

### 3.1.3 Resultados

O RFEM apresenta uma listagem de todos os resultados no navegador. Principalmente, na área

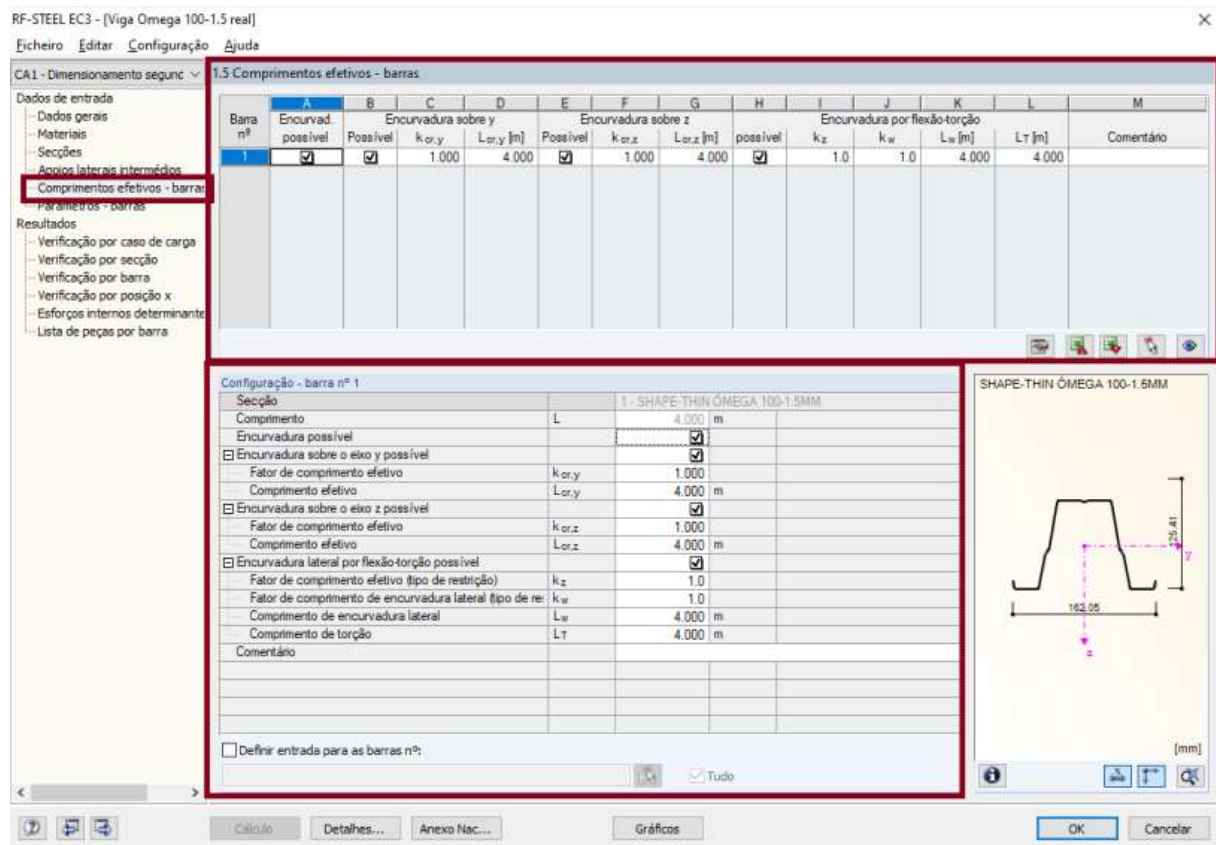


Figura 65 - Tabela 1.5 do RFEM.

das verificações, é mostrado se o perfil verifica ou não a segurança, mostrando o detalhe das cláusulas normativas, conforme se representa na figura 66.

No anexo C é mostrado o relatório final de resultados gerado para o programa, para o exemplo em estudo.

RF-STEEL EC3 - [Viga Omega 100-1.5 real]

Ficheiro Editar Configuração Ajuda

CA1 - Dimensionamento segun

2.1 Verificação por caso de carga

Dados de entrada

- Dados gerais
- Materiais
- Secções
- Apoios laterais intermédios
- Comprimentos efetivos - barra
- Parâmetros - barras

Resultados

- Verificação por caso de carga
- Verificação por secção
- Verificação por barra
- Verificação por posição x
- Esforços internos determinan
- Lista de peças por barra

Carregamento	A	B	C	D	E	F	G
Descrição	Barra nº	Posição x [m]	Relação de cálculo	Dimensionamento segundo a fórmula			DS
Dimensionamento do estado de limite último							
CC1	Carga Uniforme	1	2.000	0.55	≤ 1	ST332) Análise de estabilidade - encurvadura por flexão-torção segundo 6.3.2.1 e 6.3.2.2)	PT

Máx: 0.55 ≤ 1

Área das verificações

Navegador

Tabelas

1 - SHAPE-THIN ÔMEGA 100-1.5MM

Secção utilizada

Propriedades do material - 1.0244 S280GD   EN 10345:2009-03			
Propriedades da secção - SHAPE-THIN ÔMEGA 100-1.5MM			
Esforços de cálculo			
Propriedades efetivas de secção devido a esforço axial			
Propriedades efetivas de secção devido a flexão em torno do eixo y			
Propriedades efetivas de secção devido a flexão em torno do eixo z			
Aproveitamento			
Modo de encurvadura	ME <sub>LT</sub>	b	EN 1993-1-3, Tab. 6.3
Coefficiente de imperfeição	α <sub>LT</sub>	0.340	
Módulo de elasticidade	E	21000.00	kN/cm <sup>2</sup>
Módulo de rigidez	G	8076.92	kN/cm <sup>2</sup>
Fator de comprimento	k <sub>z</sub>	1.000	
Fator de comprimento	k <sub>y</sub>	1.000	
Comprimento	L	4.000	m
Momento de inércia	I <sub>z</sub>	107.10	cm <sup>4</sup>
Constante de empenamento da secção	I <sub>w</sub>	432.86	cm <sup>6</sup>
Constante de torção	I <sub>t</sub>	0.03	cm <sup>4</sup>
Momento elástico crítico para encurvadura lateral por flexão-torç	M <sub>cr</sub>	17.49	kNm
Momento	M <sub>y,Ed</sub>	2.08	kNm
Limite de esbeteza	λ <sub>LT,0</sub>	0.400	6.3.2.3(1)
Relação M <sub>Ed</sub> / M <sub>cr</sub>	η <sub>Mcr</sub>	0.119	≤ λ <sub>LT,0</sub> 6.3.2.2(4)

Fórmula de cálculo

Cálculo Detalhes... Anexo Nac... Gráficos OK Cancelar

Figura 66 - Resultados do RFEM pelo EC 3.

## 4. Conclusões

---

Desde a disponibilização comercial de perfis enformados a frio do tipo ómega, nos meados da primeira década do presente século, que a sua utilização tem despertado grande interesse no mercado das indústrias transformadoras de aço estrutural, nomeadamente do fabrico a partir de chapas finas.

A presenças de reforços, intermédios e de bordos, e a adoção de almas de inclinação variável torna complexa a aplicação das especificações do EC3, em particular na determinação das propriedades efetivas correspondentes aos modos de instabilidade local e distorcional, com particular foco no último.

Os recentes desenvolvimentos de aplicações informáticas simplificam a verificação das complexas especificações da regulamentação europeia sobre a verificação de segurança dos perfis de aço enformados a frio (partes 1.3 e 1.5 do EC3, combinadas com a parte 1.1 do mesmo regulamento).

Este contexto, bem como o estudo solicitado pela *Coberfer* ao Grupo de Construções Metálicas do Politécnico de Leiria, motivou o desenvolvimento desta tese de dissertação, cujo ponto de partida foi a geometria da secção tipo-ómega resultante do estudo de otimização constante em [22, 25], descrito no capítulo introdutório.

Em particular, esta dissertação visa apresentar, de forma didática, softwares de cálculo automático para determinação das propriedades efetivas da secção supramencionada, nomeadamente o Shape Thin [17] e o Class4Section [15].

A dissertação ilustra ainda o uso do software RFEM da Dlubal [20], que importa as propriedades efetivas do Shape Thin [17], para efetuar análise estrutural do elemento e verificação da segurança, através da aplicação das especificações da parte 1.1 do EC3.

Deste modo, esta dissertação demonstra a utilidade do uso na prática destas ferramentas informáticas, constituindo-se como um apoio à sua utilização, podendo ser útil para as empresas do setor e projetistas.

## 4.1 Futuros desenvolvimentos

O principal desenvolvimento futuro será a elaboração de tabelas de propriedades efetivas de todos os perfis comerciais da empresa *Coberfer* para as diversas solicitações aplicadas (compressão uniforme, momentos positivos e negativos em torno dos eixos forte- horizontal- e fraco-vertical). Também, para os mesmos perfis, serão construídas tabelas com os valores máximos dos vãos permitidos para as cargas e combinações de cargas de ações típicas de madres de cobertura e painéis de fechamento lateral úteis para projetistas e utilizadores de perfis enformados a frio.

---

## Referências bibliográficas

---

- [1] European Committee for Standardization, CEN: "Eurocode 3 - Design of Steel Structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting", EN 1993-1-3, março 2004.
- [2] European Committee for Standardization, CEN: "Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 1-5: Plated structural elements", English Version: EN1993-1-5, october 2006.
- [3] *COBERFER*, Coberturas, Soldaduras & Serralharia Civil, Lda. (2012), *COBERFER*. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://www.Coberfer.pt/>
- [4] *O FELIZ* Metalomecânica, S.A. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <http://www.ofeliz.pt/pt>
- [5] *CONSTALICA*, S.A., MadreMax. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://www.Constalica.com/home-3/>
- [6] *BARRAFERROS*, Lda. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <http://www.Barraferros.com/>
- [7] Nolasco, A. "Análise experimental do comportamento de madres enformadas a frio", (Dissertação de Mestrado), Universidade de Aveiro, 2008.
- [8] Norma Portuguesa - "Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço - Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios", Instituto Português da Qualidade, março 2010.
- [9] Amaral, C. "Análise numérica do comportamento de madres enformados a frio", (Dissertação de Mestrado), Universidade de Aveiro, 2008.
- [10] SAFIR programa de elementos finitos para estruturas sujeitas ao fogo, em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://mars.jhu.edu/safir/safir-references/>
- [11] Ferraz, G. "Otimização da Secção Transversal de Chapas Perfiladas e Madres Ómega de Aço Enformado a Frio" (Dissertação de Mestrado), Universidade de Coimbra, julho, 2014.
- [12] Salgueiro, R. "Análise Numérica de Madres Ómega de Aço Enformado a Frio" (Dissertação de Mestrado), Universidade de Coimbra, julho 2015.
- [13] SIMLULIA ABAQUS, da empresa Cadtech CT Solutions. Consultado em 30 de

- novembro, 2021. Disponível em <https://cadtech.es/simulia-abaqus/?lang=pt-pt>
- [14] Fernandes, H. “Avaliação Numérica do Comportamento de Perfis  $\Omega$  Enformados a Frio” (Dissertação de Mestrado), Universidade de Coimbra, setembro, 2017.
- [15] Cold Formed Structures, Class4Section. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://www.coldformedstructures.com/home>
- [16] Carvalho, C. “Aplicação Informática para Verificação de Perfis Enformados a Frio segundo a EN 1993-1-3” (Dissertação de Mestrado), Instituto Politécnico de Leiria-ESTG, Junho 2016.
- [17] Dlubal, Software de Cálculo Estrutural e Dimensionamento (2001-2021), SHAPE THIN- Secções de parede fina e formados a frio. Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://www.dlubal.com/pt/produtos/programas-de-propriedades-de-seccoes/shape-thin>
- [18] Ing. Software Dlubal, “Program SHAPE 7 Cross-Section Characteristics and Design of Thin-Walled Sections” (Program Description), Version january 2012.
- [19] Dlubal, Software de Cálculo Estrutural e Dimensionamento (2001-2021). Consultado em 30 de novembro, 2021. Disponível em <https://www.dlubal.com/pt>
- [20] Ing. Software Dlubal, “Program RFEM Finite Elements Analysis Software” (Training Manual), Version january 2012.
- [21] NSAI Standards (2015). Continuously hot-dip coated steel flat products for cold forming – Technical delivery conditions, distributed by SAI GLOBAL and licensed to BLUESCOPE STEEL LIMITED.
- [22] Prola, L., Gala, P., Pereira, S. e Ruben, R. Estudos do Comportamento à Flexão de Vigas e Perfis de Aço Enformado a Frio tipo Ómega (Projeto *Coberfer*), Relatório Técnico, Instituto Politécnico de Leiria-ESTG (em elaboração).
- [23] Veríssimo, H. "Dimensionamento de elementos estruturais de aço enformado a frio de acordo com o Eurocódigo 3" (Dissertação de Mestrado), Instituto Superior Técnico: Universidade Técnica de Lisboa, Outubro 2008.
- [24] Dubina D., Ungureanu V., and Landolfo R., "Design of Cold-Formed Steel Structures" (1st Edition). ECCS - European Convention for Constructional Steelwork, 2012.
- [25] Prola, L., Carvalho, C., Pereira, J. e Ruben, R. (23 e 24 de novembro de 2017). XL Congresso de Construção Metálica e Mista - Estudos do Comportamento à Flexão de

Vigas e Perfis de Aço Enformado a Frio tipo Ómega (Projeto XBEAM), Instituto Politécnico de Leiria-ESTG.

## ***Anexo A***

---

# **Relatório do Programa SHAPE THIN**



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ **MODELO - DADOS GERAIS**

Nome da secção Nome do projeto Orientação positiva do eixo Y	Ómega 100-1.5mm omega 100 Esquerda
Calcular adicionalmente Propriedades plásticas da secção (sem combinação de condições de carregamento) Partes c/t e propriedades efetivas de secções Dimensionamento da capacidade plástica (com combinação das condições de carregamento)	Não Sim Não
Parâmetros de cálculo globais Divisões internas para o cálculo Elementos Elementos curvados Elementos pontuais Manter a posição dos eixos principais em relação à geometria da secção, ao rodar a secção Determinar tensões para Material de referência Tensões de corte em elementos nulos  Cálculo de tensões equivalentes $\sigma_{eq}$ Considerar a sobreposição dos elementos apenas uma vez no cálculo Transforme os eixos principais tal como $I_y$ (eixo maior) é sempre maior do que $I_x$ (eixo menor) Esforços internos relativos a Cálculo da constante de torção $I_T$ Coeficiente de correção Ponto de restrição lateral Atribuir curvas de encurvadura Eixo y/u Eixo z/v Fator de correlação padrão Coef. parcial de segurança Material de referência	20 10 50 Não  Bordas mais desfavoráveis do elemento S280GD 1.0244   EN 10346:2009-03 Redistribuir tensões de corte para elementos nulos em elementos normais Von Mises Sim  Não  Eixos y,z Analítico $\eta = 1.00$ Não  c c $\beta_W = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1.25$ S280GD 1.0244   EN 10346:2009-03
Partes c/t e propriedades efetivas de secções Segundo a norma: Número máximo de iterações Diferença máxima	EN 1993-1-3 1 0.001

■ **1.1 NÓS**

Nó nº	Sistema de coordenadas	Nó de referência:	Coordenadas do nó		u [mm]	v [mm]	Comentário
			Y [mm]	Z [mm]			
1	Cartesiano	-	160.76	-9.10	81.02	39.18	
2	Cartesiano	-	159.11	0.28	79.37	48.56	
3	Cartesiano	-	131.21	0.28	51.47	48.56	
4	Cartesiano	-	159.62	-2.61	79.88	45.67	Gerado a partir de Linha Nº 3
5	Cartesiano	-	158.42	-0.54	78.68	47.74	Gerado a partir de Linha Nº 3
6	Cartesiano	-	156.17	0.28	76.43	48.56	Gerado a partir de Linha Nº 3
7	Cartesiano	-	124.77	-36.23	45.03	12.05	
8	Cartesiano	-	134.14	0.28	54.41	48.56	Gerado a partir de Linha Nº 5
9	Cartesiano	-	131.90	-0.54	52.16	47.74	Gerado a partir de Linha Nº 5
10	Cartesiano	-	130.70	-2.61	50.96	45.67	Gerado a partir de Linha Nº 5
11	Cartesiano	-	120.15	-44.23	40.41	4.05	
12	Cartesiano	-	124.88	-35.62	45.14	12.66	Gerado a partir de Linha Nº 7
13	Cartesiano	-	124.72	-36.21	44.98	12.07	Gerado a partir de Linha Nº 7
14	Cartesiano	-	124.46	-36.76	44.72	11.51	Gerado a partir de Linha Nº 7
15	Cartesiano	-	110.37	-99.72	30.63	-51.44	
16	Cartesiano	-	120.46	-43.70	40.72	4.58	Gerado a partir de Linha Nº 9
17	Cartesiano	-	120.20	-44.25	40.46	4.03	Gerado a partir de Linha Nº 9
18	Cartesiano	-	120.04	-44.84	40.31	3.44	Gerado a partir de Linha Nº 9
19	Cartesiano	-	84.06	-99.72	4.32	-51.44	
20	Cartesiano	-	110.88	-96.83	31.14	-48.55	Gerado a partir de Linha Nº 11
21	Cartesiano	-	109.68	-98.90	29.94	-50.62	Gerado a partir de Linha Nº 11
22	Cartesiano	-	107.43	-99.72	27.69	-51.44	Gerado a partir de Linha Nº 11
23	Cartesiano	-	79.74	-97.56	0.00	-49.28	
24	Cartesiano	-	84.89	-99.72	5.15	-51.44	Gerado a partir de Linha Nº 13
25	Cartesiano	-	84.08	-99.63	4.35	-51.35	Gerado a partir de Linha Nº 13
26	Cartesiano	-	83.32	-99.35	3.58	-51.07	Gerado a partir de Linha Nº 13
27	Cartesiano	-	75.41	-99.72	-4.32	-51.44	
28	Cartesiano	-	81.30	-98.34	1.57	-50.06	Gerado a partir de Linha N



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

### 1.1 NÓS

Nó nº	Sistema de coordenadas	Nó de referência:	Coordenadas do nó		u [mm]	v [mm]	Comentário
			Y [mm]	Z [mm]			
29	Cartesiano	-	79.74	-97.97	0.00	-49.69	Nº 15 Gerado a partir de Linha Nº 15
30	Cartesiano	-	78.17	-98.34	-1.57	-50.06	Gerado a partir de Linha Nº 15
31	Cartesiano	-	49.11	-99.72	-30.63	-51.44	Gerado a partir de Linha Nº 17
32	Cartesiano	-	76.15	-99.35	-3.58	-51.07	
33	Cartesiano	-	75.39	-99.63	-4.35	-51.35	Gerado a partir de Linha Nº 17
34	Cartesiano	-	74.59	-99.72	-5.15	-51.44	Gerado a partir de Linha Nº 17
35	Cartesiano	-	39.32	-44.23	-40.41	4.05	Gerado a partir de Linha Nº 19
36	Cartesiano	-	52.05	-99.72	-27.69	-51.44	
37	Cartesiano	-	49.80	-98.90	-29.94	-50.62	Gerado a partir de Linha Nº 19
38	Cartesiano	-	48.60	-96.83	-31.14	-48.55	Gerado a partir de Linha Nº 19
39	Cartesiano	-	34.71	-36.23	-45.03	12.05	Gerado a partir de Linha Nº 21
40	Cartesiano	-	39.43	-44.84	-40.31	3.44	
41	Cartesiano	-	39.27	-44.25	-40.46	4.03	Gerado a partir de Linha Nº 21
42	Cartesiano	-	39.02	-43.70	-40.72	4.58	Gerado a partir de Linha Nº 21
43	Cartesiano	-	28.27	0.28	-51.47	48.56	Gerado a partir de Linha Nº 23
44	Cartesiano	-	35.01	-36.76	-44.72	11.51	
45	Cartesiano	-	34.76	-36.21	-44.98	12.07	Gerado a partir de Linha Nº 23
46	Cartesiano	-	34.60	-35.62	-45.14	12.66	Gerado a partir de Linha Nº 23
47	Cartesiano	-	0.37	0.28	-79.37	48.56	Gerado a partir de Linha Nº 25
48	Cartesiano	-	28.78	-2.61	-50.96	45.67	
49	Cartesiano	-	27.58	-0.54	-52.16	47.74	Gerado a partir de Linha Nº 25
50	Cartesiano	-	25.33	0.28	-54.41	48.56	Gerado a partir de Linha Nº 25
51	Cartesiano	-	-1.29	-9.10	-81.02	39.18	Gerado a partir de Linha Nº 27
52	Cartesiano	-	3.30	0.28	-76.43	48.56	
53	Cartesiano	-	1.05	-0.54	-78.68	47.74	Gerado a partir de Linha Nº 27
54	Cartesiano	-	-0.14	-2.61	-79.88	45.67	Gerado a partir de Linha Nº 27
55	Cartesiano	-	79.74	-48.28	0.00	0.00	
56	Cartesiano	-	79.74	-125.12	0.00	0.00	
57	Cartesiano	-	79.74	-47.45	0.00	0.00	
58	Cartesiano	-	79.74	-124.53	0.00	0.00	
59	Cartesiano	-	79.74	-47.67	0.00	0.00	
60	Cartesiano	-	79.74	-125.13	0.00	0.00	

### 1.2 MATERIAIS

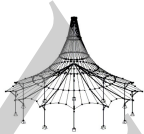
Material nº	Designação do material	Módulo de elasticidade E [N/mm <sup>2</sup> ]	Módulo de rigidez G [N/mm <sup>2</sup> ]	Peso específico $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Fator de segurança $\gamma_M$ [-]
1*	S280GD 1.0244   EN 10346:2009-03 ) Material de referência	210000.0	80769.2	78.50	1.00

### 1.2.1 MATERIAIS - TENSÃO LIMITE

Material nº	Designação do material	Espessura do elemento [mm]		Tensão de cedência $f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Resistência última $f_{uk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tensão limite [N/mm <sup>2</sup> ]					
		de	até			$\sigma_x$	$\tau$	$\sigma_v$			
1	S280GD 1.0244   EN 10346:2009-03	0.00	40.00	280.0	360.0	280.0	161.7	280.0			
		40.00	80.00						215.0	124.1	215.0
		80.00	100.00						215.0	124.1	215.0
		100.00	150.00						195.0	112.6	195.0
		150.00	200.00						185.0	106.8	185.0
		200.00	250.00						175.0	101.0	175.0
		250.00	400.00	165.0	330.0	165.0	95.3	165.0			

### 1.4 ELEMENTOS

Elemento nº	Tipo	Nós nº	Material nº	Espessura [mm]	Comprimento [mm]	Comentário
1	Polilinha	1,4	1	1.50	6.59	
2	Polilinha	6,8	1	1.50	22.03	
3	Arco	4-6	1	1.50	4.89	
4	Polilinha	10,12	1	1.50	33.52	
5	Arco	8-10	1	1.50	4.89	
6	Polilinha	14,16	1	1.50	8.00	
7	Arco	12-14	1	1.50	1.22	
8	Polilinha	18,20	1	1.50	52.79	
9	Arco	16-18	1	1.50	1.22	
10	Polilinha	22,24	1	1.50	22.54	
11	Arco	20-22	1	1.50	4.89	



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

### 1.4 ELEMENTOS

Elemento nº	Tipo	Nós nº	Material nº	Espessura [mm]	Comprimento [mm]	Comentário
12	Polilinha	26,28	1	1.50	2.26	
13	Arco	24-26	1	1.50	1.62	
14	Polilinha	30,32	1	1.50	2.26	
15	Arco	28-30	1	1.50	3.25	
16	Polilinha	34,36	1	1.50	22.54	
17	Arco	32-34	1	1.50	1.62	
18	Polilinha	38,40	1	1.50	52.79	
19	Arco	36-38	1	1.50	4.89	
20	Polilinha	42,44	1	1.50	8.00	
21	Arco	40-42	1	1.50	1.22	
22	Polilinha	46,48	1	1.50	33.52	
23	Arco	44-46	1	1.50	1.22	
24	Polilinha	50,52	1	1.50	22.03	
25	Arco	48-50	1	1.50	4.89	
26	Polilinha	54,51	1	1.50	6.59	
27	Arco	52-54	1	1.50	4.89	

### 1.7 PARTES DA SECÇÃO PARA CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO EN 1993-1-3

Parte c/t nº	Tipo de parte c/t	Elementos	Restrições		Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	c/t disp. [-]
			Início	Fim	$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$			
1	Reto	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	-2.25	8.84	1.50	5.892
2	Reto	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.25	-2.25	26.53	1.50	17.684
3	Reto	4	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.25	-0.61	36.38	1.50	24.251
4	Reto	6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.61	-0.61	9.22	1.50	6.146
5	Reto	8	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.61	-2.25	55.65	1.50	37.099
6	Reto	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.25	-0.80	25.60	1.50	17.065
7	Reto	12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.80	-1.57	4.63	1.50	3.084
8	Reto	14	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-1.57	-0.80	4.63	1.50	3.084
9	Reto	16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.80	-2.25	25.60	1.50	17.065
10	Reto	18	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.25	-0.61	55.65	1.50	37.099
11	Reto	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.61	-0.61	9.22	1.50	6.146
12	Reto	22	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.61	-2.25	36.38	1.50	24.251
13	Reto	24	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.25	-2.25	26.53	1.50	17.684
14	Reto	26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-2.25	0.00	8.84	1.50	5.892

### 1.8 REFORÇOS

Elemento	Larguras planas fictícias	Tipo	Comentário
1	3,1	Borda singular	1
2	7,6,9	Interno	4
3	13,12,14,15,17	Interno	7,8
4	21,20,23	Interno	11
5	27,26	Borda singular	14

### 1.9 PAINÉIS REFORÇADOS

Elemento	Tipo	Larguras planas fictícias	Reforços	Espessura
1	1,3,2,5	Exterior	1,2	1
2	11,8,9,6,7,4,5	interior	5-3	2
3	19,16,17,14,15,12,13,10,11	interior	9-6	3
4	25,22,23,20,21,18,19	interior	12-10	4
5	26,27,24,25	Exterior	14,13	5

### 2.1 CASOS DE CARGA

Caso de carga	Designação do caso de carga	A resolver	Categoria de ação	Comentário
1	Esforço Axial	<input checked="" type="checkbox"/>	Permanente/imposto	
2	My+	<input checked="" type="checkbox"/>	Permanente/imposto	
3	My-	<input checked="" type="checkbox"/>	Permanente/imposto	
4	Mz+	<input checked="" type="checkbox"/>	Permanente/imposto	
5	Mz-	<input checked="" type="checkbox"/>	Permanente/imposto	

### 3.1 ESFORÇOS INTERNOS

nº	Barra nº	Posição x [mm]	Força axial N [kN]	Forças de corte		Momentos de torção		Momentos fletores		Bimomento $M_{\omega}$ [kNm <sup>2</sup> ]
				$V_y$ [kN]	$V_z$ [kN]	$M_{xp}$ [kNm]	$M_{xs}$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	
CC1 - Esforço Axial										
1	1	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CC2 - My+										
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
CC3 - My-										
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00
CC4 - Mz+										
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

### 3.1 ESFORÇOS INTERNOS

nº	Barra nº	Posição x [mm]	Força axial N [kN]	Forças de corte		Momentos de torção		Momentos fletores		Bimomento M <sub>o</sub> [kNm²]
				V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>xp</sub> [kNm]	M <sub>xs</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	
CC5 - Mz-										
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00

### 4.1 PROPRIEDADES DA SECÇÃO BRUTA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário	
Área da secção	A	504.24	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>geom</sub>	504.24	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)	
Áreas de corte	A <sub>y</sub>	96.08	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>z</sub>	256.71	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>u</sub>	96.08	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>v</sub>	256.71	mm <sup>2</sup>		
Posição do centro de gravidade	Y <sub>C,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	Z <sub>C,0</sub>	-48.28	mm		
Momentos de inércia	I <sub>y</sub>	729133.51	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z	
	I <sub>z</sub>	1.071E+06	mm <sup>4</sup>		
	I <sub>yz</sub>	-0.16	mm <sup>4</sup>		
Inclinação dos eixos principais	α	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio	
Momentos principais de inércia	I <sub>u</sub>	729133.51	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C	
	I <sub>v</sub>	1.071E+06	mm <sup>4</sup>		
Momentos polares de inércia	I <sub>p</sub>	1.800E+06	mm <sup>4</sup>		
	I <sub>p,M</sub>	4.777E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M	
Raios de giração	i <sub>y</sub>	38.03	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	i <sub>z</sub>	46.09	mm		
	i <sub>yz</sub>	0.02	mm		
Raios de giração principais	i <sub>u</sub>	38.03	mm	sobre os eixos principais u, v em C	
	i <sub>v</sub>	46.09	mm		
Raios de giração polares	i <sub>p</sub>	59.75	mm		
Raio de giração de empenamento	r <sub>p,M</sub>	97.34	mm	sobre o centro de corte M	
	i <sub>o,M</sub>	9.52	mm		
Momento de inércia de torção	I <sub>t</sub>	338.63	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico	
Constante de torção secundária	I <sub>t,s</sub>	685574.75	mm <sup>4</sup>		
Posição do centro de corte	Y <sub>M,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	Z <sub>M,0</sub>	-125.12	mm		
	Y <sub>M</sub>	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	Z <sub>M</sub>	-76.84	mm		
Constantes de empenamento	I <sub>o,C</sub>	6.757E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C	
	I <sub>o,M</sub>	4.329E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M	
Valor auxiliar para rotação de empenamento	r <sub>o,M</sub>	0.003			
Módulos de secção	W <sub>u,máx</sub>	14787.22	mm <sup>3</sup>		
	W <sub>u,min</sub>	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm	
	W <sub>v,máx</sub>	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm	
	W <sub>v,min</sub>	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm	
	W <sub>y,máx</sub>	14787.22	mm <sup>3</sup>	à distância 49.31 mm	
	W <sub>y,min</sub>	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm	
	W <sub>z,máx</sub>	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm	
	W <sub>z,min</sub>	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm	
	Módulos de secção de empenamento	W <sub>o,M,máx</sub>	156787.52	mm <sup>4</sup>	no nó 51
		W <sub>o,M,min</sub>	-1.568E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	W <sub>t</sub>	225.76	mm <sup>3</sup>		
Parâmetros de estabilidade	r <sub>u</sub>	34.43	mm		
	r <sub>M,v</sub>	188.10	mm		
Fator de redução	λ <sub>M</sub>	0.00	1/mm		
Momentos fletores plásticos máx.	M <sub>ply,d</sub>	4.836	kNm		
	M <sub>plz,d</sub>	5.949	kNm		
	M <sub>plu,d</sub>	4.836	kNm		
	M <sub>plv,d</sub>	5.949	kNm		
Módulos de secção plásticos máx.	W <sub>ply</sub>	17273.14	mm <sup>3</sup>	α <sub>ply</sub> : 1.24	
	W <sub>plz</sub>	21245.63	mm <sup>3</sup>	α <sub>plz</sub> : 1.62	
	W <sub>plu</sub>	17273.14	mm <sup>3</sup>	α <sub>plu</sub> : 1.24	
	W <sub>plv</sub>	21245.63	mm <sup>3</sup>	α <sub>plv</sub> : 1.62	
Áreas de corte plásticas	A <sub>ply</sub>	243.07	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>plz</sub>	333.39	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>plu</sub>	243.07	mm <sup>2</sup>		
	A <sub>plv</sub>	333.39	mm <sup>2</sup>		
Posição dos eixos bissetrizes da área	f <sub>y,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	f <sub>z,0</sub>	-46.50	mm		
	f <sub>u</sub>	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	f <sub>v</sub>	1.78	mm		
Forças de corte plásticas	V <sub>ply,d</sub>	39.29	kN		
	V <sub>plz,d</sub>	53.89	kN		
	V <sub>plu,d</sub>	39.29	kN		
	V <sub>plv,d</sub>	53.89	kN		
Força axial plástica	N <sub>pl,d</sub>	141.17	kN		
Modos de encurvadura	ME <sub>ylu</sub>	c		definido pelo utilizador	
	ME <sub>zlv</sub>	c			



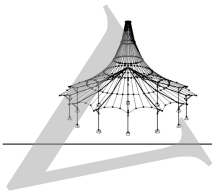
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

**5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1**

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$						
CC1 - Esforço Axial   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm										
1	1	Um lado	0.00	-2.25	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	5.892	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
										0
							2	2	Ambos os lados	-2.25
Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>							
Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>							
Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>							
Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>							
Relação de tensões	$\psi$	0.000								
Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916								
Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000								
Relação c/t	c/t	17.684								
Proporções limite	$\lambda_1$	0.000								
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
			0							
3	4	Ambos os lados	-2.25	-0.61	36.38	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	24.251	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
										0
4	6	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	6.146	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
										0
5	8	Ambos os lados	-0.61	-2.25	55.65	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
										0
6	10	Ambos os lados	-2.25	-0.80	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.065	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
										0
7	12	Ambos os lados	-0.80	-1.57	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	3.084	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
										0



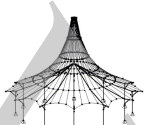
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$						
7							Classe da parte c/t	$\lambda_3$	0.000	-
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	0	-
8	14	Ambos os lados	-1.57	-0.80	4.63	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	3.084	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
9	16	Ambos os lados	-0.80	-2.25	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	17.065	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
10	18	Ambos os lados	-2.25	-0.61	55.65	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
11	20	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	6.146	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
12	22	Ambos os lados	-0.61	-2.25	36.38	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	24.251	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
13	24	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	17.684	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
14	26	Um lado	-2.25	0.00	8.84	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-2.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	$c/t$	5.892	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	



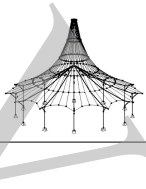
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade		
			$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$								
14								$\lambda_2$	0.000	-		
								$\lambda_3$	0.000	-		
								Classe da secção			0	
								Classe da parte c/t			1	
CC2 - My+	Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm											
1	1	Um lado	0.00	-2.25	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	53.7	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>		
2	2	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>		
3	4	Ambos os lados	-2.25	-0.61	36.38	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>		
4	6	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	5.5	N/mm <sup>2</sup>		
5	8	Ambos os lados	-0.61	-2.25	55.65	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	5.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-69.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.6	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	-21.9	N/mm <sup>2</sup>		
							Relação de tensões	$\psi$	0.000			
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916			
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000			
							Relação c/t	c/t	37.099			
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000			
								$\lambda_2$	0.000	-		
								$\lambda_3$	0.000	-		
6	10	Ambos os lados	-2.25	-0.80	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0			
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-69.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-70.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	279.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	275.6	N/mm <sup>2</sup>		
							Relação de tensões	$\psi$	0.000			
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916			
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000			
							Relação c/t	c/t	17.065			
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000			
								$\lambda_2$	0.000	-		
	$\lambda_3$	0.000	-									
7	12	Ambos os lados	-0.80	-1.57	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0			
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-70.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-68.2	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	279.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	270.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Relação de tensões	$\psi$	0.000			
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916			
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000			
							Relação c/t	c/t	3.084			
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000			
								$\lambda_2$	0.000	-		
	$\lambda_3$	0.000	-									
8	14	Ambos os lados	-1.57	-0.80	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0			
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-68.2	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-70.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	279.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	270.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Relação de tensões	$\psi$	0.000			
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916			
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000			
							Relação c/t	c/t	3.084			
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000			
								$\lambda_2$	0.000	-		
	$\lambda_3$	0.000	-									
9	16	Ambos os lados	-0.80	-2.25	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0			
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-70.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-69.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	279.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	275.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Relação de tensões	$\psi$	0.000			
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916			
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000			
							Relação c/t	c/t	17.065			
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000			
								$\lambda_2$	0.000	-		
	$\lambda_3$	0.000	-									
10	18	Ambos os lados	-2.25	-0.61	55.65	1.50	Classe da parte c/t		0			
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-69.4	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	5.5	N/mm <sup>2</sup>		
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.5	N/mm <sup>2</sup>		



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{inicio}$	$\Delta_{fim}$						
10							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	-21.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
11	20	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	5.5	N/mm <sup>2</sup>
12	22	Ambos os lados	-0.61	-2.25	36.38	1.50	Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>
13	24	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>
14	26	Um lado	-2.25	0.00	8.84	1.50	Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	53.7	N/mm <sup>2</sup>
Classe da secção									1	
CC3 - My-	Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	Um lado	0.00	-2.25	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-53.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	225.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
Relação c/t	c/t	5.892								
Proporções limite	$\lambda_1$	0.000								
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
2	2	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
3	4	Ambos os lados	-2.25	-0.61	36.38	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.684	
Proporções limite	$\lambda_1$	0.000								
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
4	6	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-16.5	N/mm <sup>2</sup>
5	8	Ambos os lados	-0.61	-2.25	55.65	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-5.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	69.6	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	23.2	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	6.146	
Proporções limite	$\lambda_1$	0.000								
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							



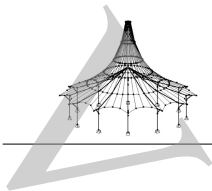
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{inicio}$	$\Delta_{fim}$						
5							Classe da parte c/t	$\lambda_3$	0.000	-
6	10	Ambos os lados	-2.25	-0.80	25.60	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	69.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	70.4	N/mm <sup>2</sup>
7	12	Ambos os lados	-0.80	-1.57	4.63	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	70.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	68.2	N/mm <sup>2</sup>
8	14	Ambos os lados	-1.57	-0.80	4.63	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	68.2	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	70.4	N/mm <sup>2</sup>
9	16	Ambos os lados	-0.80	-2.25	25.60	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	70.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	69.4	N/mm <sup>2</sup>
10	18	Ambos os lados	-2.25	-0.61	55.65	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	69.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-5.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	23.2	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	-291.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
11	20	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-5.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-16.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	69.6	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	23.2	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	6.146	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
12	22	Ambos os lados	-0.61	-2.25	36.38	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-16.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	69.6	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	24.251	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
13	24	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.684	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
14	26	Um lado	-2.25	0.00	8.84	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-65.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-53.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	275.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	225.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	5.892	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
Classe da secção							Classe da parte c/t		0	
Classe da secção									1	
CC4 - Mz+	Barra nº: 1	Posição x: 0.00 mm								
1	1	Um lado	0.00	-2.25	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,inicio}$	-75.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	271.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	



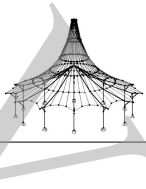
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{inicio}$	$\Delta_{fim}$						
1							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	5.892	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
2	2	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	-48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	271.9	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	180.2	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.684	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
3	4	Ambos os lados	-2.25	-0.61	36.38	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	-42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	180.2	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	155.4	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	24.251	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
4	6	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	-37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	155.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	139.8	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	6.146	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
5	8	Ambos os lados	-0.61	-2.25	55.65	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	-28.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	139.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	103.5	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
6	10	Ambos os lados	-2.25	-0.80	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-28.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	-4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	103.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	15.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.065	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
7	12	Ambos os lados	-0.80	-1.57	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	-4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	15.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	3.084	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
8	14	Ambos os lados	-1.57	-0.80	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x, inicio}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x, fim}$	4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Sem compressão			



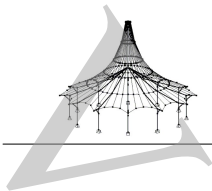
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$						
9	16	Ambos os lados	-0.80	-2.25	25.60	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	28.0	N/mm <sup>2</sup>
10	18	Ambos os lados	-2.25	-0.61	55.65	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	28.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	37.8	N/mm <sup>2</sup>
11	20	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	42.0	N/mm <sup>2</sup>
12	22	Ambos os lados	-0.61	-2.25	36.38	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	48.7	N/mm <sup>2</sup>
13	24	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	73.5	N/mm <sup>2</sup>
14	26	Um lado	-2.25	0.00	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	75.7	N/mm <sup>2</sup>
Classe da secção									1	
CC5 - Mz-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm										
1	1	Um lado	0.00	-2.25	8.84	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	75.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	73.5	N/mm <sup>2</sup>
2	2	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	48.7	N/mm <sup>2</sup>
3	4	Ambos os lados	-2.25	-0.61	36.38	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	42.0	N/mm <sup>2</sup>
4	6	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	37.8	N/mm <sup>2</sup>
5	8	Ambos os lados	-0.61	-2.25	55.65	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	28.0	N/mm <sup>2</sup>
6	10	Ambos os lados	-2.25	-0.80	25.60	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	28.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal Sem compressão	$\sigma_{x,fim}$	4.1	N/mm <sup>2</sup>
7	12	Ambos os lados	-0.80	-1.57	4.63	1.50	Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	-15.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	3.084	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
	$\lambda_3$	0.000	-							
8	14	Ambos os lados	-1.57	-0.80	4.63	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	15.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	3.084	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
9	16	Ambos os lados	-0.80	-2.25	25.60	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-4.1	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-28.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	103.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	15.0	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.065	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
10	18	Ambos os lados	-2.25	-0.61	55.65	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-28.0	N/mm <sup>2</sup>



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

**5.2 CLASSIFICAÇÃO DA SECÇÃO DE ACORDO COM EN 1993-1**

Parte c/t nº	Elementos	Tipo de restrição	Comprim. subtr. [mm]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
			$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$						
10							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	139.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	103.5	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	37.099	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
								$\lambda_2$	0.000	-
								$\lambda_3$	0.000	-
11	20	Ambos os lados	-0.61	-0.61	9.22	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-37.8	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	155.4	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	139.8	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	6.146	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
12	22	Ambos os lados	-0.61	-2.25	36.38	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-42.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	180.3	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	155.4	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	24.251	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
13	24	Ambos os lados	-2.25	-2.25	26.53	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-48.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	271.9	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	180.3	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	17.684	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
14	26	Um lado	-2.25	0.00	8.84	1.50	Classe da parte c/t		0	
							Tensão normal	$\sigma_{x,início}$	-73.5	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão normal	$\sigma_{x,fim}$	-75.7	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_1$	280.0	N/mm <sup>2</sup>
							Tensão limite relativa a $f_{y,d}$	$\sigma_2$	271.9	N/mm <sup>2</sup>
							Relação de tensões	$\psi$	0.000	
							Fator de material dependente de $f_y$	$\epsilon$	0.916	
							Fator de zona comprimida	$\alpha$	0.000	
							Relação c/t	c/t	5.892	
							Proporções limite	$\lambda_1$	0.000	
	$\lambda_2$	0.000	-							
	$\lambda_3$	0.000	-							
Classe da secção									0	
									1	

**5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS**

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
CC1 - Esforço Axial   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm								
1	3, 1	1	Borda singular	1	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{e,M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{ef}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
2	7, 6, 9	4	Interno	2	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Interno	3	Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St.Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
4	21, 20, 23	11	Interno	4	Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St.Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
5	27, 26	14	Borda singular	5	Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St.Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
CC2 - My+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm								
1	3, 1	1	Borda singular	1	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St.Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
2	7, 6, 9	4	Interno	2	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St.Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Interno	3	Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\Theta$	0.000	-
4	21, 20, 23	11	Interno	4	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
	$\Theta$	0.000	-					
5	27, 26	14	Borda singular	5	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
	$\Theta$	0.000	-					
CC3 - My- 1	Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm 3, 1	1	Borda singular	1	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
	$\Theta$	0.000	-					
2	7, 6, 9	4	Interno	2	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
	$\Theta$	0.000	-					
3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Interno	3	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
4	21, 20, 23	11	Interno	4	Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\Theta M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
5	27, 26	14	Borda singular	5	Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\Theta M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					CC4 - Mz+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm	3, 1	1	Borda singular
Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
	$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-					
Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1					
Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1					
Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>					
Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>					
	$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1					
Constante de empenamento	$I_{\Theta M}$	0.00	mm <sup>6</sup>					
Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN					
2	7, 6, 9	4	Interno	2				
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
					Constante de empenamento	$I_{\Theta M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
					3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Interno
Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
	$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-					
Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1					
Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1					
Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>					
Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>					
	$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>					
Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1					
Constante de empenamento	$I_{\Theta M}$	0.00	mm <sup>6</sup>					
Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN					
4	21, 20, 23	11	Interno	4				
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>



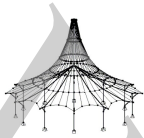
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade	
5	27, 26	14	Borda singular	5	Momentos polares de inércia	$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de torção	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Relação de cálculo	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de empenamento	$\eta_1$	0.000	< 1	
					Coefficiente auxiliar	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>	
					Comprimento crítico	$C_{\Theta}$	0.00	kN	
					Tensão elástica crítica	$L_{cr}$	0.00	mm	
						$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\Theta$	0.000	-	
						Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
						Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
						Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
						Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
							$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
						Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
						Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1
						Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>
						Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN
	Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm					
	Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
		$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>					
	Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-					
	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1					
	Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1					
CC5 - Mz-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	3, 1	1	Borda singular	1	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>	
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>	
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1	
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN	
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm	
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-	
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1	
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1	
2	7, 6, 9	4	Interno	2	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>	
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>	
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1	
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN	
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm	
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-	
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1	
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1	
3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Interno	3	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>	
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>	
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1	
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN	
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm	
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-	
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1	
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1	
4	21, 20, 23	11	Interno	4	Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>	
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>	
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Momentos polares de inércia	$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Constante de torção	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>	
					Relação de cálculo	$\eta_1$	0.000	< 1	
					Constante de empenamento	$I_{\omega M}$	0.00	mm <sup>6</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$C_{\Theta}$	0.00	kN	
					Comprimento crítico	$L_{cr}$	0.00	mm	
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
						$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>	
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-	



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

**5.4 PROPRIEDADES DE SECÇÃO DOS REFORÇOS**

Ref. nº	Elementos	Zonas c/t	Tipo	Painel nº	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
5	27, 26	14	Borda singular	5	Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1
					Área do reforço	A	0.00	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_y$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_z$	0.00	mm <sup>4</sup>
						$I_p$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Momentos polares de inércia	$I_{St,Ven}$	0.00	mm <sup>4</sup>
					Constante de torção	$\eta_1$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$I_{eM}$	0.00	mm <sup>6</sup>
					Constante de empenamento	$C_e$	0.00	kN
					Coefficiente auxiliar	$L_{cr}$	0.00	mm
					Comprimento crítico	$\sigma_{cr1}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Tensão elástica crítica	$\sigma_{cr2}$	0.0	N/mm <sup>2</sup>
					Coefficiente auxiliar	$\Theta$	0.000	-
					Relação de cálculo	$\eta_2$	0.000	< 1
					Relação de cálculo	$\eta_3$	0.000	< 1

**5.5 PROPRIEDADES DE SUBSECÇÃO**

Subs. nº	Reforços	Painel nº	Painel adjacente Elementos	Painel adjacente Zonas c/t	Designação	Símbolo	Bruta Subsecção	Efetiva Subsecção	Unidade
CC1 - Esforço Axial   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	1	3, 1	1	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
2	2	2	7, 6, 9	4	Largura	$b_{e,1}$	18.19	18.19	mm
						$b_{e,2}$	26.98	26.98	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	81.61	81.61	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	189.42	189.42	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
3	3	3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Largura	$b_{e,1}$	12.80	12.80	mm
						$b_{e,2}$	12.80	12.80	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	52.49	52.49	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	18.89	18.89	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
4	4	4	21, 20, 23	11	Largura	$b_{e,1}$	26.98	26.98	mm
						$b_{e,2}$	18.19	18.19	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	81.61	81.61	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	189.42	189.42	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
5	5	5	27, 26	14	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
CC2 - My+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	1	3, 1	1	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
2	2	2	7, 6, 9	4	Largura	$b_{e,1}$	18.19	18.19	mm
						$b_{e,2}$	30.93	30.93	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	93.68	93.68	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	210.12	210.12	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

**5.5 PROPRIEDADES DE SUBSECÇÃO**

Subs. nº	Reforços	Painel nº	Painel adjacente Elementos	Painel adjacente Zonas c/t	Designação	Símbolo	Bruta Subsecção	Efetiva Subsecção	Unidade
3	3	3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Largura	$b_{e,1}$	12.75	12.75	mm
						$b_{e,2}$	12.75	12.75	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	52.36	52.36	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	18.86	18.86	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
4	4	4	21, 20, 23	11	Largura	$b_{e,1}$	30.93	30.93	mm
						$b_{e,2}$	18.19	18.19	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	93.68	93.68	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	210.12	210.12	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
5	5	5	27, 26	14	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
CC3 - My-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	1	3, 1	1	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
2	2	2	7, 6, 9	4	Largura	$b_{e,1}$	21.05	21.05	mm
						$b_{e,2}$	1.64	1.64	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	47.89	47.89	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	60.08	60.08	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
3	3	3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Largura	$b_{e,1}$	12.80	12.80	mm
						$b_{e,2}$	12.80	12.80	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	52.49	52.49	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	18.89	18.89	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
4	4	4	21, 20, 23	11	Largura	$b_{e,1}$	1.64	1.64	mm
						$b_{e,2}$	21.05	21.05	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	47.89	47.89	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	60.09	60.09	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
5	5	5	27, 26	14	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
CC4 - Mz+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	1	3, 1	1	Largura	$b_{e,1}$	12.23	12.23	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	32.19	32.19	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	270.08	270.08	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
2	2	2	7, 6, 9	4	Largura	$b_{e,1}$	18.79	18.79	mm
						$b_{e,2}$	26.13	26.13	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	81.23	81.23	mm <sup>2</sup>



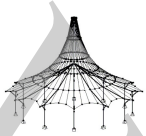
Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.5 PROPRIEDADES DE SUBSECÇÃO

Subs. nº	Reforços	Painel nº	Painel adjacente Elementos	Painel adjacente Zonas c/t	Designação	Símbolo	Bruta Subsecção	Efetiva Subsecção	Unidade
3	3	3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Momentos de inércia	$I_{st}$	190.00	190.00	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
					Largura	$b_{e,1}$	15.05	15.05	mm
						$b_{e,2}$	12.80	12.80	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	55.87	55.87	mm <sup>2</sup>
4	4	4	21, 20, 23	11	Momentos de inércia	$I_{st}$	19.71	19.71	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
					Largura	$b_{e,1}$	27.82	27.82	mm
						$b_{e,2}$	18.19	18.19	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	82.87	82.87	mm <sup>2</sup>
5	5	5	27, 26	14	Momentos de inércia	$I_{st}$	191.83	191.83	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
					Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
CC5 - Mz-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm									
1	1	1	3, 1	1	Largura	$b_{e,1}$	13.26	13.26	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	33.73	33.73	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	278.22	278.22	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
2	2	2	7, 6, 9	4	Largura	$b_{e,1}$	18.19	18.19	mm
						$b_{e,2}$	27.82	27.82	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	82.87	82.87	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	191.83	191.83	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
3	3	3	13, 12, 14, 15, 17	7,8	Largura	$b_{e,1}$	12.80	12.80	mm
						$b_{e,2}$	15.05	15.05	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	55.87	55.87	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	19.71	19.71	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
4	4	4	21, 20, 23	11	Largura	$b_{e,1}$	26.13	26.13	mm
						$b_{e,2}$	18.79	18.79	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	81.23	81.23	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	190.01	190.01	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm
5	5	5	27, 26	14	Largura	$b_{e,1}$	12.23	12.23	mm
						$b_{e,2}$	0.00	0.00	mm
					Área de subsecção	$A_{st}$	32.19	32.19	mm <sup>2</sup>
					Momentos de inércia	$I_{st}$	270.08	270.08	mm <sup>4</sup>
					Centro de gravidade do reforço	$e_1$	0.00	0.00	mm
					Centro de gravidade da subsecção	$e_2$	0.00	0.00	mm



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.6 LARGURA EFETIVAS DOS PAINÉIS REFORÇADOS SEGUNDO A EN 1993-1-5

Painel nº	Elementos	Zonas c/t	Reforços	Subs. nº	Comprim. subtr. [m]		Largura c [mm]	Espessura t [mm]	Designação	Símbolo	Valor	Unidade
					$\Delta_{início}$	$\Delta_{fim}$						
CC1 - Esforço Axial   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm												
1	1, 3, 2, 5	1,2	1	1	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
2	11, 8, 9, 6, 7, 4, 5	5-3	2	2	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
3	19, 16, 17, 14, 15, 12, 13, 10, 11	9-6	3	3	0.00	0.00	63.76	1.50	Sem compressão			
4	25, 22, 23, 20, 21, 18, 19	12-10	4	4	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
5	26, 27, 24, 25	14,13	5	5	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
CC2 - My+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm												
1	1, 3, 2, 5	1,2	1	1	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
2	11, 8, 9, 6, 7, 4, 5	5-3	2	2	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
3	19, 16, 17, 14, 15, 12, 13, 10, 11	9-6	3	3	0.00	0.00	63.76	1.50	Sem compressão			
4	25, 22, 23, 20, 21, 18, 19	12-10	4	4	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
5	26, 27, 24, 25	14,13	5	5	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
CC3 - My-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm												
1	1, 3, 2, 5	1,2	1	1	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
2	11, 8, 9, 6, 7, 4, 5	5-3	2	2	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
3	19, 16, 17, 14, 15, 12, 13, 10, 11	9-6	3	3	0.00	0.00	63.76	1.50	Sem compressão			
4	25, 22, 23, 20, 21, 18, 19	12-10	4	4	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
5	26, 27, 24, 25	14,13	5	5	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
CC4 - Mz+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm												
1	1, 3, 2, 5	1,2	1	1	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
2	11, 8, 9, 6, 7, 4, 5	5-3	2	2	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
3	19, 16, 17, 14, 15, 12, 13, 10, 11	9-6	3	3	0.00	0.00	63.76	1.50	Sem compressão			
4	25, 22, 23, 20, 21, 18, 19	12-10	4	4	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
5	26, 27, 24, 25	14,13	5	5	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
CC5 - Mz-   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm												
1	1, 3, 2, 5	1,2	1	1	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			
2	11, 8, 9, 6, 7, 4, 5	5-3	2	2	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
3	19, 16, 17, 14, 15, 12, 13, 10, 11	9-6	3	3	0.00	0.00	63.76	1.50	Sem compressão			
4	25, 22, 23, 20, 21, 18, 19	12-10	4	4	0.00	0.00	104.60	1.50	Sem compressão			
5	26, 27, 24, 25	14,13	5	5	0.00	0.00	30.40	1.50	Sem compressão			

■ 5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
CC1 - Esforço Axial   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm				
Área da secção	A	464.43	mm <sup>2</sup>	
Áreas de corte	A <sub>geom</sub>	464.43	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)
	A <sub>y</sub>	88.91	mm <sup>2</sup>	



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

**5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA**

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
	A <sub>z</sub>	231.03	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>u</sub>	88.91	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>v</sub>	231.03	mm <sup>2</sup>	
Posição do centro de gravidade	Y <sub>C,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	Z <sub>C,0</sub>	-47.45	mm	
Momentos de inércia	I <sub>y</sub>	700972.63	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z
	I <sub>z</sub>	1.018E+06	mm <sup>4</sup>	
	I <sub>yz</sub>	-0.18	mm <sup>4</sup>	
Inclinação dos eixos principais	α	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio
Momentos principais de inércia	I <sub>u</sub>	700972.63	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C
	I <sub>v</sub>	1.018E+06	mm <sup>4</sup>	
Momentos polares de inércia	I <sub>p</sub>	1.719E+06	mm <sup>4</sup>	
	I <sub>p,M</sub>	4.478E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M
Raios de giração	i <sub>y</sub>	38.85	mm	em relação ao centro de gravidade C
	i <sub>z</sub>	46.82	mm	
	i <sub>yz</sub>	0.02	mm	
Raios de giração principais	i <sub>u</sub>	38.85	mm	sobre os eixos principais u, v em C
	i <sub>v</sub>	46.82	mm	
Raios de giração polares	i <sub>p</sub>	60.84	mm	
	i <sub>p,M</sub>	98.20	mm	sobre o centro de corte M
Raio de giração de empenamento	i <sub>em,M</sub>	9.70	mm	
Momento de inércia de torção	I <sub>t</sub>	275.92	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico
Constante de torção secundária	I <sub>ts</sub>	629652.47	mm <sup>4</sup>	
Posição do centro de corte	Y <sub>M,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	Z <sub>M,0</sub>	-124.53	mm	
	Y <sub>M</sub>	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	Z <sub>M</sub>	-77.08	mm	
Constantes de empenamento	I <sub>em,C</sub>	6.471E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C
	I <sub>em,M</sub>	4.216E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M
Valor auxiliar para rotação de empenamento	r <sub>em,M</sub>	-0.073		
Módulos de secção	W <sub>u,máx</sub>	14459.23	mm <sup>3</sup>	
	W <sub>u,min</sub>	-13220.72	mm <sup>3</sup>	à distância -53.02 mm
	W <sub>v,máx</sub>	12452.41	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm
	W <sub>v,min</sub>	-12452.42	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
	W <sub>y,máx</sub>	14459.23	mm <sup>3</sup>	à distância 48.48 mm
	W <sub>y,min</sub>	-13220.72	mm <sup>3</sup>	à distância -53.02 mm
	W <sub>z,máx</sub>	12452.41	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm
	W <sub>z,min</sub>	-12452.42	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
Módulos de secção de empenamento	W <sub>em,M,máx</sub>	154965.03	mm <sup>4</sup>	no nó 38
	W <sub>em,M,min</sub>	-1.558E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	W <sub>t</sub>	183.95	mm <sup>3</sup>	
Parâmetros de estabilidade	r <sub>u</sub>	33.33	mm	
	r <sub>M,v</sub>	187.49	mm	
Fator de redução	λ <sub>M</sub>	0.00	1/mm	
Momentos fletores plásticos máx.	M <sub>pl,y,d</sub>	4.597	kNm	
	M <sub>pl,z,d</sub>	5.576	kNm	
	M <sub>pl,u,d</sub>	4.597	kNm	
	M <sub>pl,v,d</sub>	5.576	kNm	
Módulos de secção plásticos máx.	W <sub>pl,y</sub>	16417.71	mm <sup>3</sup>	α <sub>pl,y</sub> : 1.24
	W <sub>pl,z</sub>	19912.60	mm <sup>3</sup>	α <sub>pl,z</sub> : 1.60
	W <sub>pl,u</sub>	16417.71	mm <sup>3</sup>	α <sub>pl,u</sub> : 1.24
	W <sub>pl,v</sub>	19912.60	mm <sup>3</sup>	α <sub>pl,v</sub> : 1.60
Áreas de corte plásticas	A <sub>pl,y</sub>	230.08	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>pl,z</sub>	307.81	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>pl,u</sub>	230.08	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>pl,v</sub>	307.81	mm <sup>2</sup>	
Posição dos eixos bissetrizes da área	f <sub>y,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	f <sub>z,0</sub>	-44.59	mm	
	f <sub>u</sub>	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	f <sub>v</sub>	2.86	mm	
Forças de corte plásticas	V <sub>pl,y,d</sub>	37.19	kN	
	V <sub>pl,z,d</sub>	49.76	kN	
	V <sub>pl,u,d</sub>	37.19	kN	
	V <sub>pl,v,d</sub>	49.76	kN	
Força axial plástica	N <sub>pl,d</sub>	130.48	kN	
Modos de encurvadura	ME <sub>yu</sub>		c	definido pelo utilizador
	ME <sub>zv</sub>		c	

Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
Área da secção	A	497.03	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>geom</sub>	497.03	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)
Áreas de corte	A <sub>y</sub>	93.42	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>z</sub>	256.82	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>u</sub>	93.42	mm <sup>2</sup>	
	A <sub>v</sub>	256.82	mm <sup>2</sup>	
Posição do centro de gravidade	Y <sub>C,0</sub>	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	Z <sub>C,0</sub>	-47.67	mm	
Momentos de inércia	I <sub>y</sub>	713508.53	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z
	I <sub>z</sub>	1.070E+06	mm <sup>4</sup>	
	I <sub>yz</sub>	-0.12	mm <sup>4</sup>	
Inclinação dos eixos principais	α	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio
Momentos principais de inércia	I <sub>u</sub>	713508.53	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C
	I <sub>v</sub>	1.070E+06	mm <sup>4</sup>	
Momentos polares de inércia	I <sub>p</sub>	1.784E+06	mm <sup>4</sup>	
	I <sub>p,M</sub>	4.766E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M
Raios de giração	i <sub>y</sub>	37.89	mm	em relação ao centro de gravidade C
	i <sub>z</sub>	46.40	mm	



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

■ 5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
Raios de giração principais	$i_{yz}$	0.02	mm	
	$i_u$	37.89	mm	sobre os eixos principais u, v em C
	$i_v$	46.40	mm	
Raios de giração polares	$i_p$	59.91	mm	
	$r_{p,M}$	97.92	mm	sobre o centro de corte M
Raio de giração de empenamento	$i_{e,M}$	9.53	mm	
Momento de inércia de torção	$I_t$	327.17	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico
Constante de torção secundária	$I_{t,s}$	661797.83	mm <sup>4</sup>	
Posição do centro de corte	$Y_{M,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$Z_{M,0}$	-125.13	mm	
	$Y_M$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$Z_M$	-77.46	mm	
Constantes de empenamento	$I_{e,C}$	6.855E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C
	$I_{e,M}$	4.324E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M
Valor auxiliar para rotação de empenamento	$r_{e,M}$	-0.059		
Módulos de secção	$W_{u,máx}$	14649.78	mm <sup>3</sup>	
	$W_{u,min}$	-13514.54	mm <sup>3</sup>	à distância -52.80 mm
	$W_{v,máx}$	13090.49	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm
	$W_{v,min}$	-13090.49	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
	$W_{y,máx}$	14649.78	mm <sup>3</sup>	à distância 48.70 mm
	$W_{y,min}$	-13514.54	mm <sup>3</sup>	à distância -52.80 mm
	$W_{z,máx}$	13090.49	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm
	$W_{z,min}$	-13090.49	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
Módulos de secção de empenamento	$W_{e,M,máx}$	156228.82	mm <sup>4</sup>	no nó 38
	$W_{e,M,min}$	-1.568E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	$W_t$	218.11	mm <sup>3</sup>	
Parâmetros de estabilidade	$r_u$	33.62	mm	
	$r_{M,v}$	188.54	mm	
Fator de redução	$\lambda_M$	0.00	1/mm	
Momentos fletores plásticos máx.	$M_{pl,y,d}$	4.749	kNm	
	$M_{pl,z,d}$	5.933	kNm	
	$M_{pl,u,d}$	4.749	kNm	
	$M_{pl,v,d}$	5.933	kNm	
Módulos de secção plásticos máx.	$W_{pl,y}$	16958.93	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,y}$ : 1.25
	$W_{pl,z}$	21188.34	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,z}$ : 1.62
	$W_{pl,u}$	16958.93	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,u}$ : 1.25
	$W_{pl,v}$	21188.34	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,v}$ : 1.62
Áreas de corte plásticas	$A_{pl,y}$	237.31	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,z}$	332.97	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,u}$	237.31	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,v}$	332.97	mm <sup>2</sup>	
Posição dos eixos bissetrizes da área	$f_{y,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$f_{z,0}$	-45.54	mm	
	$f_u$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$f_v$	2.14	mm	
Forças de corte plásticas	$V_{pl,y,d}$	38.36	kN	
	$V_{pl,z,d}$	53.83	kN	
	$V_{pl,u,d}$	38.36	kN	
	$V_{pl,v,d}$	53.83	kN	
Força axial plástica	$N_{pl,d}$	139.52	kN	
Modos de encurvadura	$ME_{y u}$	c		definido pelo utilizador
	$ME_{z v}$	c		
<b>CC3 - My - Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm</b>				
Área da secção	A	504.24	mm <sup>2</sup>	
Áreas de corte	$A_{geom}$	504.24	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)
	$A_y$	96.08	mm <sup>2</sup>	
	$A_z$	256.71	mm <sup>2</sup>	
	$A_u$	96.08	mm <sup>2</sup>	
	$A_v$	256.71	mm <sup>2</sup>	
Posição do centro de gravidade	$Y_{C,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$Z_{C,0}$	-48.28	mm	
Momentos de inércia	$I_y$	729133.52	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z
	$I_z$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>	
	$I_{yz}$	-0.16	mm <sup>4</sup>	
Inclinação dos eixos principais	$\alpha$	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio
Momentos principais de inércia	$I_u$	729133.52	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C
	$I_v$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>	
Momentos polares de inércia	$I_p$	1.800E+06	mm <sup>4</sup>	
	$I_{p,M}$	4.777E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M
Raios de giração	$i_y$	38.03	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$i_z$	46.09	mm	
	$i_{yz}$	0.02	mm	
Raios de giração principais	$i_u$	38.03	mm	sobre os eixos principais u, v em C
	$i_v$	46.09	mm	
Raios de giração polares	$i_p$	59.75	mm	
	$r_{p,M}$	97.34	mm	sobre o centro de corte M
	$i_{e,M}$	9.52	mm	
Raio de giração de empenamento	$I_t$	336.15	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico
Momento de inércia de torção	$I_{t,s}$	685574.65	mm <sup>4</sup>	
Constante de torção secundária	$Y_{M,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
Posição do centro de corte	$Z_{M,0}$	-125.12	mm	
	$Y_M$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$Z_M$	-76.84	mm	
Constantes de empenamento	$I_{e,C}$	6.757E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C
	$I_{e,M}$	4.329E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M
Valor auxiliar para rotação de empenamento	$r_{e,M}$	0.003		



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

## ■ 5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
Módulos de secção	$W_{u,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>	
	$W_{u,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm
	$W_{v,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm
	$W_{v,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
	$W_{y,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>	à distância 49.31 mm
	$W_{y,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm
	$W_{z,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm
	$W_{z,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
Módulos de secção de empenamento	$W_{ex,M,max}$	156787.51	mm <sup>4</sup>	no nó 39
	$W_{ex,M,min}$	-1.568E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	$W_t$	224.10	mm <sup>3</sup>	
Parâmetros de estabilidade	$r_u$	34.43	mm	
	$r_{M,v}$	188.10	mm	
Fator de redução	$\lambda_M$	0.00	1/mm	
Momentos fletores plásticos máx.	$M_{pl,y,d}$	4.836	kNm	
	$M_{pl,z,d}$	5.949	kNm	
	$M_{pl,u,d}$	4.836	kNm	
	$M_{pl,v,d}$	5.949	kNm	
Módulos de secção plásticos máx.	$W_{pl,y}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,y}$ : 1.24
	$W_{pl,z}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,z}$ : 1.62
	$W_{pl,u}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,u}$ : 1.24
	$W_{pl,v}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,v}$ : 1.62
Áreas de corte plásticas	$A_{pl,y}$	243.07	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,z}$	333.39	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,u}$	243.07	mm <sup>2</sup>	
	$A_{pl,v}$	333.39	mm <sup>2</sup>	
Posição dos eixos bissetrizes da área	$f_{y,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$f_{z,0}$	-46.50	mm	
	$f_u$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$f_v$	1.78	mm	
Forças de corte plásticas	$V_{pl,y,d}$	39.29	kN	
	$V_{pl,z,d}$	53.89	kN	
	$V_{pl,u,d}$	39.29	kN	
	$V_{pl,v,d}$	53.89	kN	
Força axial plástica	$N_{pl,d}$	141.17	kN	
Modos de encurvadura	$ME_{y/u}$	c		definido pelo utilizador
	$ME_{z/v}$	c		
CC4 - Mz+   Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm				
Área da secção	A	504.24	mm <sup>2</sup>	
	$A_{geom}$	504.24	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)
Áreas de corte	$A_y$	96.08	mm <sup>2</sup>	
	$A_z$	256.71	mm <sup>2</sup>	
	$A_u$	96.08	mm <sup>2</sup>	
	$A_v$	256.71	mm <sup>2</sup>	
Posição do centro de gravidade	$Y_{C,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$Z_{C,0}$	-48.28	mm	
Momentos de inércia	$I_y$	729133.52	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z
	$I_z$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>	
	$I_{yz}$	-0.16	mm <sup>4</sup>	
Inclinação dos eixos principais	$\alpha$	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio
Momentos principais de inércia	$I_u$	729133.52	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C
	$I_v$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>	
Momentos polares de inércia	$I_p$	1.800E+06	mm <sup>4</sup>	
	$I_{p,M}$	4.777E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M
Raios de giração	$i_y$	38.03	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$i_z$	46.09	mm	
	$i_{yz}$	0.02	mm	
Raios de giração principais	$i_u$	38.03	mm	sobre os eixos principais u, v em C
	$i_v$	46.09	mm	
Raios de giração polares	$i_p$	59.75	mm	
	$r_{p,M}$	97.34	mm	sobre o centro de corte M
Raio de giração de empenamento	$i_{ex,M}$	9.52	mm	
Momento de inércia de torção	$I_t$	338.00	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico
Constante de torção secundária	$I_{ts}$	685574.68	mm <sup>4</sup>	
Posição do centro de corte	$Y_{M,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero
	$Z_{M,0}$	-125.12	mm	
	$Y_M$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C
	$Z_M$	-76.84	mm	
Constantes de empenamento	$I_{ex,C}$	6.757E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C
	$I_{ex,M}$	4.329E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M
Valor auxiliar para rotação de empenamento	$r_{ex,M}$	0.003		
Módulos de secção	$W_{u,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>	
	$W_{u,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm
	$W_{v,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm
	$W_{v,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
	$W_{y,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>	à distância 49.31 mm
	$W_{y,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm
	$W_{z,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm
	$W_{z,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm
Módulos de secção de empenamento	$W_{ex,M,max}$	156787.51	mm <sup>4</sup>	no nó 38
	$W_{ex,M,min}$	-1.568E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	$W_t$	225.33	mm <sup>3</sup>	
Parâmetros de estabilidade	$r_u$	34.43	mm	
	$r_{M,v}$	188.10	mm	
Fator de redução	$\lambda_M$	0.00	1/mm	
Momentos fletores plásticos máx.	$M_{pl,y,d}$	4.836	kNm	



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

## ■ 5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário	
Módulos de secção plásticos máx.	$M_{pl,z,d}$	5.949	kNm		
	$M_{pl,u,d}$	4.836	kNm		
	$M_{pl,v,d}$	5.949	kNm		
	$W_{pl,y}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,y}$ : 1.24	
	$W_{pl,z}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,z}$ : 1.62	
Áreas de corte plásticas	$W_{pl,u}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,u}$ : 1.24	
	$W_{pl,v}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,v}$ : 1.62	
	$A_{pl,y}$	243.07	mm <sup>2</sup>		
	$A_{pl,z}$	333.39	mm <sup>2</sup>		
	$A_{pl,u}$	243.07	mm <sup>2</sup>		
Posição dos eixos bissetrizes da área	$A_{pl,v}$	333.39	mm <sup>2</sup>		
	$f_{y,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	$f_{z,0}$	-46.50	mm		
	$f_u$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	$f_v$	1.78	mm		
Forças de corte plásticas	$V_{pl,y,d}$	39.29	kN		
	$V_{pl,z,d}$	53.89	kN		
	$V_{pl,u,d}$	39.29	kN		
	$V_{pl,v,d}$	53.89	kN		
	$N_{pl,d}$	141.17	kN		
Força axial plástica					
Modos de encurvadura	$ME_{y u}$	c		definido pelo utilizador	
	$ME_{z v}$	c			
CC5 - Mz - Barra nº: 1   Posição x: 0.00 mm					
Área da secção	A	504.24	mm <sup>2</sup>		
Áreas de corte	$A_{geom}$	504.24	mm <sup>2</sup>	área da secção geométrica (não ideal)	
	$A_y$	96.08	mm <sup>2</sup>		
	$A_z$	256.71	mm <sup>2</sup>		
	$A_u$	96.08	mm <sup>2</sup>		
Posição do centro de gravidade	$A_v$	256.71	mm <sup>2</sup>		
	$Y_{C,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	$Z_{C,0}$	-48.28	mm		
Momentos de inércia	$I_y$	729133.52	mm <sup>4</sup>	em torno dos eixos do centro de gravidade y, z	
	$I_z$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>		
	$I_{yz}$	-0.17	mm <sup>4</sup>		
Inclinação dos eixos principais	$\alpha$	0.00	°	no sentido oposto dos ponteiros do relógio	
Momentos principais de inércia	$I_u$	729133.52	mm <sup>4</sup>	sobre os eixos principais u, v em C	
	$I_v$	1.071E+06	mm <sup>4</sup>		
Momentos polares de inércia	$I_p$	1.800E+06	mm <sup>4</sup>		
	$I_{p,M}$	4.777E+06	mm <sup>4</sup>	sobre o centro de corte M	
Raios de giração	$i_y$	38.03	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	$i_z$	46.09	mm		
Raios de giração principais	$i_{yz}$	0.02	mm		
	$i_u$	38.03	mm	sobre os eixos principais u, v em C	
Raios de giração polares	$i_v$	46.09	mm		
	$i_p$	59.75	mm		
Raio de giração de empenamento	$r_{p,M}$	97.34	mm	sobre o centro de corte M	
Momento de inércia de torção	$i_{e,M}$	9.52	mm		
Constante de torção secundária	$I_t$	338.63	mm <sup>4</sup>	cálculo analítico	
Posição do centro de corte	$I_{ts}$	685574.67	mm <sup>4</sup>		
	$Y_{M,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	$Z_{M,0}$	-125.12	mm		
	$Y_M$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C	
Constantes de empenamento	$Z_M$	-76.84	mm		
	$I_{e,C}$	6.757E+09	mm <sup>6</sup>	em relação ao centro de gravidade C	
	$I_{e,M}$	4.329E+08	mm <sup>6</sup>	sobre o centro de corte M	
Valor auxiliar para rotação de empenamento	$r_{e,M}$	0.003			
Módulos de secção	$W_{u,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>		
	$W_{u,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm	
	$W_{v,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 0.00 mm	
	$W_{v,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm	
	$W_{y,max}$	14787.22	mm <sup>3</sup>	à distância 49.31 mm	
	$W_{y,min}$	-13970.31	mm <sup>3</sup>	à distância -52.19 mm	
	$W_{z,max}$	13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância 81.76 mm	
	$W_{z,min}$	-13098.76	mm <sup>3</sup>	à distância -81.76 mm	
	Módulos de secção de empenamento	$W_{e,M,max}$	156787.51	mm <sup>4</sup>	no nó 37
		$W_{e,M,min}$	-1.568E+05	mm <sup>4</sup>	no nó 1
Módulo de secção de torção	$W_t$	225.76	mm <sup>3</sup>		
Parâmetros de estabilidade	$r_u$	34.43	mm		
	$r_{M,v}$	188.10	mm		
Fator de redução	$\lambda_M$	0.00	1/mm		
Momentos fletores plásticos máx.	$M_{pl,y,d}$	4.836	kNm		
	$M_{pl,z,d}$	5.949	kNm		
	$M_{pl,u,d}$	4.836	kNm		
	$M_{pl,v,d}$	5.949	kNm		
	$W_{pl,y}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,y}$ : 1.24	
Módulos de secção plásticos máx.	$W_{pl,z}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,z}$ : 1.62	
	$W_{pl,u}$	17273.14	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,u}$ : 1.24	
	$W_{pl,v}$	21245.63	mm <sup>3</sup>	$\alpha_{pl,v}$ : 1.62	
	$A_{pl,y}$	243.07	mm <sup>2</sup>		
	$A_{pl,z}$	333.39	mm <sup>2</sup>		
Áreas de corte plásticas	$A_{pl,u}$	243.07	mm <sup>2</sup>		
	$A_{pl,v}$	333.39	mm <sup>2</sup>		
	$f_{y,0}$	79.74	mm	em relação ao ponto zero	
	$f_{z,0}$	-46.50	mm		
	$f_u$	0.00	mm	em relação ao centro de gravidade C	
	$f_v$	1.78	mm		



Projeto: omega 100

Modelo: Ómega 100-1.5mm

Data: 28/11/2021

### ■ 5.7 PROPRIEDADES DE SECÇÃO EFETIVA

Designação	Símbolo	Valor	Unidade	Comentário
Forças de corte plásticas	$V_{pl,y,d}$	39.29	kN	
	$V_{pl,z,d}$	53.89	kN	
	$V_{pl,u,d}$	39.29	kN	
	$V_{pl,v,d}$	53.89	kN	
Força axial plástica	$N_{pl,d}$	141.17	kN	
Modos de encurvadura	$ME_{y/u}$	c		definido pelo utilizador
	$ME_{z/v}$	c		

## ***Anexo B***

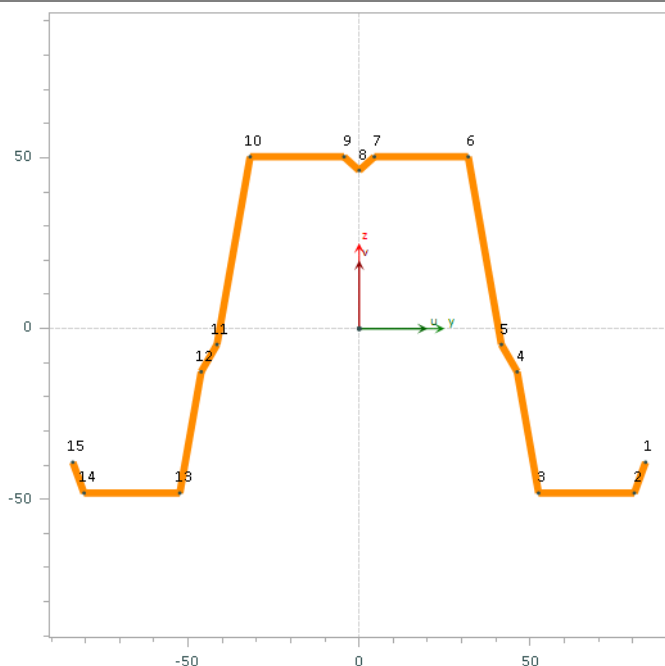
---

# **Relatório do Programa CLASS4SECTION**

## 1. Relatório de cálculo de secções

### 1.1 Propriedades geométricas da secção Omega ref2A1rB1r

#### 1.1.1 Discretização



Dimensões	Valor Un.
h	101,5 mm
h1	37,52 mm
he	8 mm
b1	62,52 mm
b2	29,16 mm
b3	31,26 mm
c1	10,15 mm
c4	8,29 mm
d4	3,75 mm
alfa	80 °
alfa1	110 °
alfa2	60 °
t_nom	1,5 mm
r_int	3,5 mm
t_calc	1,5 mm
r_med	4,25 mm

#### Material

Nome	$f_{yb}$	$f_{ya}$	$f_u$	E	$\nu$	G	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$
S280GD+Z	280 MPa	320 MPa	360 MPa	210 GPa	0,3	81 GPa	1,00	1,00	1,25

Opções gerais de cálculo		Iterações na secção			
Galvanizado:	Não	Global	Não	Reforços	Não
Correção de propriedades:	Sim	Máx	20	Máx	20
Fabrico	enformagem	Min	2	Min	2

#### 1.1.2 Pontos característicos e tensões normais

Ponto	Coordenadas(mm)			Tensão normal (-f <sub>yb</sub> )(MPa)				
	Y <sub>cg</sub>	Z <sub>cg</sub>	r <sub>interno</sub>	N	M <sub>y</sub> <sup>+</sup>	M <sub>y</sub> <sup>-</sup>	M <sub>z</sub> <sup>+</sup>	M <sub>z</sub> <sup>-</sup>
1	83,75	-39,13	-	-	0,76	-	-	0,93
2	80,46	-48,17	4,25	-1,00	0,94	-1,00	-0,97	0,88
3	52,46	-48,17	4,25	-1,00	0,94	-1,00	-0,64	0,56
4	46,20	-12,64	4,25	-1,00	0,24	-0,30	-0,55	0,51
5	41,58	-4,64	4,25	-1,00	0,08	-0,14	-0,50	0,46
6	31,89	50,33	4,25	-1,00	-1,00	0,94	-0,36	0,38
7	4,43	50,33	4,25	-1,00	-1,00	0,94	-0,04	0,06
8	0,00	46,32	4,25	-1,00	-0,92	0,87	0,01	0,01
9	-4,43	50,33	4,25	-1,00	-1,00	0,94	0,06	-0,04
10	-31,89	50,33	4,25	-1,00	-1,00	0,94	0,38	-0,36
11	-41,58	-4,64	4,25	-1,00	0,08	-0,14	0,46	-0,50
12	-46,20	-12,64	4,25	-1,00	0,24	-0,30	0,51	-0,55
13	-52,46	-48,17	4,25	-1,00	0,94	-1,00	0,56	-0,64
14	-80,46	-48,17	4,25	-1,00	0,94	-1,00	0,88	-0,97
15	-83,75	-39,13	-	-	0,76	-	0,93	-

#### 1.1.3 Limites geométricos

##### Limite da espessura

$0.45 \text{ mm} \leq t_{\text{calc}} \leq 15 \text{ mm}$	Sim	✓	EC3-1-3 3.2.4(1)
t <sub>calc</sub> : espessura de cálculo	t <sub>calc</sub> : 1,50	mm	

**Verificação geométrica de reforços**

$0.2 \leq \frac{c}{b} \leq 0.6$	<b>0,16</b>	✓	EC3-1-3 5.2(2)
c: comprimento reforço simples ou interno do reforço duplo	c1: 10,15 mm		
b: comprimento elemento interno com reforço simples ou duplo	b1: 62,52 mm		

**Verificação do raio das dobras**

$r \leq \frac{0,04 \cdot t \cdot E}{f_y}$	<b>Sim</b>	✓	EC3-1-3 5.1(6)
r: maior raio numa dobra da secção	r: 3,50 mm		
t: espessura de cálculo	t_nom: 1,50 mm		
E: módulo de elasticidade	E: 210 GPa		
f <sub>y</sub> : tensão de cedência	f <sub>yb</sub> : 280 MPa		

**Verificação de proporções geométricas**

$\frac{b}{t} \leq 500$	<b>Sim</b>	✓	EC3-1-3 5.2
b: comprimento elemento interior	h: 101,50 mm		
t: espessura de cálculo	t_calc: 1,50 mm		

$\frac{b}{t} \leq 60$	<b>Sim</b>	✓	EC3-1-3 5.2
b: comprimento elemento interno com reforço simples	b1: 62,52 mm		
t: espessura de cálculo	t_calc: 1,50 mm		

$\frac{b}{t} \leq 60$	<b>Sim</b>	✓	EC3-1-3 5.2
b: comprimento elemento interno com reforço simples	b2: 29,16 mm		
t: espessura de cálculo	t_calc: 1,50 mm		

$\frac{c}{t} \leq 50$	<b>Sim</b>	✓	EC3-1-3 5.2
c: comprimento reforço simples	c1: 10,15 mm		
t: espessura de cálculo	t_calc: 1,50 mm		

**1.1.4 Cálculo de larguras efetivas e espessuras reduzidas**

**1.1.4.1 Larguras efetivas – estabilidade local (EC3-1-3 5.5.2; EC3-1-5)**

**Resultados - Compressão Axial**

Nº	$\sigma_1$ f <sub>td</sub>	$\sigma_2$ f <sub>td</sub>	$\psi$	k <sub>o</sub>	$\lambda$	$\rho$	b <sub>eff</sub> mm	l <sub>iter</sub> . <sup>L</sup>	$\sigma_{ed}$ MPa	$\lambda_{red}$	$\rho_{red}$	b <sub>eff,red</sub> mm	$\sigma_{ed,i}$ MPa	$\lambda_{red,i}$	$\rho_{red,i}$	b <sub>eff,red,i</sub> mm	$\sigma_{ed,f}$ MPa	$\lambda_{red,f}$	$\rho_{red,f}$	b <sub>eff,red,f</sub> mm
1.1	-1,00	-1,00	1,00	0,43	0,38	1,00	-	1	234	0,34	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,36	1,00	-	1	234	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,46	1,00	-	1	-	-	-	-	234	0,42	1,00	-	280	0,46	1,00	-
3	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,12	1,00	-	1	280	0,12	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,72	0,97	54,0	1	-	-	-	-	280	0,72	0,97	54,04	-	-	-	-
5	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,35	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	259	0,34	1,00	-
6.1	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,08	1,00	-	1	259	0,07	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,08	1,00	-	1	259	0,07	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,35	1,00	-	1	-	-	-	-	259	0,34	1,00	-	-	-	-	-
8	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,72	0,97	54,0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	280	0,72	0,97	54,04
9	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,12	1,00	-	1	280	0,12	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,46	1,00	-	1	-	-	-	-	280	0,46	1,00	-	234	0,42	1,00	-
11.2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,36	1,00	-	1	234	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	-1,00	-1,00	1,00	0,43	0,38	1,00	-	1	234	0,34	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Resultados - Momento Positivo em torno Y**

Nº	$\sigma_1$ f <sub>td</sub>	$\sigma_2$ f <sub>td</sub>	$\psi$	k <sub>o</sub>	$\lambda$	$\rho$	b <sub>eff</sub> mm	l <sub>iter</sub> . <sup>L</sup>	$\sigma_{ed}$ MPa	$\lambda_{red}$	$\rho_{red}$	b <sub>eff,red</sub> mm	$\sigma_{ed,i}$ MPa	$\lambda_{red,i}$	$\rho_{red,i}$	b <sub>eff,red,i</sub> mm	$\sigma_{ed,f}$ MPa	$\lambda_{red,f}$	$\rho_{red,f}$	b <sub>eff,red,f</sub> mm
1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-1,00	0,08	-0,09	8,47	0,49	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,35	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	259	0,34	1,00	-
6.1	-1,00	-0,92	0,92	4,16	0,08	1,00	-	1	259	0,07	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
6.2	-1,00	-0,92	0,92	4,16	0,08	1,00	-	1	259	0,07	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,35	1,00	-	1	-	-	-	-	259	0,34	1,00	-	-	-	-
8	-1,00	0,08	-0,09	8,47	0,49	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Resultados - Momento Negativo em torno Y**

Nº	$\sigma_1$ $f_{\rho}$	$\sigma_2$ $f_{\rho}$	$\psi$	$k_{\sigma}$	$\lambda$	$\rho$	$b_{eff}$ mm	Iter. <sup>L</sup>	$\sigma_{ed}$ MPa	$\lambda_{red}$	$\rho_{red}$	$b_{eff,red}$ mm	$\sigma_{ed,i}$ MPa	$\lambda_{red,i}$	$\rho_{red,i}$	$b_{eff,red,i}$ mm	$\sigma_{ed,f}$ MPa	$\lambda_{red,f}$	$\rho_{red,f}$	$b_{eff,red,f}$ mm
1.1	-1,00	-0,82	0,81	0,50	0,35	1,00	-	1	234	0,32	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,36	1,00	-	1	234	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-1,00	-0,30	0,26	6,25	0,37	1,00	-	1	-	-	-	-	234	0,34	1,00	-	280	0,37	1,00	-
3	-0,30	-0,14	0,37	5,79	0,10	1,00	-	1	280	0,10	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-0,14	0,94	-10,83	837,4 9	0,05	1,00	-	1	-	-	-	-	280	0,05	1,00	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-0,14	0,94	-10,83	837,4 9	0,05	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	280	0,05	1,00	-
9	-0,30	-0,14	0,37	5,79	0,10	1,00	-	1	280	0,10	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-1,00	-0,30	0,26	6,25	0,37	1,00	-	1	-	-	-	-	280	0,37	1,00	-	234	0,34	1,00	-
11.2	-1,00	-1,00	1,00	4,00	0,36	1,00	-	1	234	0,33	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	-1,00	-0,82	0,81	0,50	0,35	1,00	-	1	234	0,32	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Resultados - Momento Positivo em torno Z**

Nº	$\sigma_1$ $f_{\rho}$	$\sigma_2$ $f_{\rho}$	$\psi$	$k_{\sigma}$	$\lambda$	$\rho$	$b_{eff}$ mm	Iter. <sup>L</sup>	$\sigma_{ed}$ MPa	$\lambda_{red}$	$\rho_{red}$	$b_{eff,red}$ mm	$\sigma_{ed,i}$ MPa	$\lambda_{red,i}$	$\rho_{red,i}$	$b_{eff,red,i}$ mm	$\sigma_{ed,f}$ MPa	$\lambda_{red,f}$	$\rho_{red,f}$	$b_{eff,red,f}$ mm
1.1	-1,02	-0,97	0,96	0,43	0,37	1,00	-	1	242	0,35	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-0,97	-0,64	0,65	4,82	0,33	1,00	-	1	242	0,30	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-0,64	-0,55	0,88	4,25	0,45	1,00	-	1	-	-	-	-	242	0,42	1,00	-	280	0,45	1,00	-
3	-0,55	-0,50	0,90	4,20	0,12	1,00	-	1	280	0,12	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-0,50	-0,36	0,77	4,51	0,67	1,00	-	1	-	-	-	-	280	0,67	1,00	-	-	-	-	-
5	-0,36	-0,04	0,14	6,90	0,27	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	259	0,26	1,00	-
6.1	-0,04	0,01	0,00	7,81	0,05	1,00	-	1	259	0,05	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Resultados - Momento Negativo em torno Z**

Nº	$\sigma_1$ $f_{\rho}$	$\sigma_2$ $f_{\rho}$	$\psi$	$k_{\sigma}$	$\lambda$	$\rho$	$b_{eff}$ mm	Iter. <sup>L</sup>	$\sigma_{ed}$ MPa	$\lambda_{red}$	$\rho_{red}$	$b_{eff,red}$ mm	$\sigma_{ed,i}$ MPa	$\lambda_{red,i}$	$\rho_{red,i}$	$b_{eff,red,i}$ mm	$\sigma_{ed,f}$ MPa	$\lambda_{red,f}$	$\rho_{red,f}$	$b_{eff,red,f}$ mm
1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.2	-0,04	0,01	0,00	7,81	0,05	1,00	-	1	259	0,05	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-0,36	-0,04	0,14	6,90	0,27	1,00	-	1	-	-	-	-	259	0,26	1,00	-	-	-	-	-
8	-0,50	-0,36	0,77	4,51	0,67	1,00	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	280	0,67	1,00	-
9	-0,55	-0,50	0,90	4,20	0,12	1,00	-	1	280	0,12	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-0,64	-0,55	0,88	4,25	0,45	1,00	-	1	-	-	-	-	280	0,45	1,00	-	242	0,42	1,00	-
11.2	-0,97	-0,64	0,65	4,82	0,33	1,00	-	1	242	0,30	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.1	-1,02	-0,97	0,96	0,43	0,37	1,00	-	1	242	0,35	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**1.1.4.2 Espessuras reduzidas em reforços – estabilidade distorcional (EC3-1-3 5.5.3)**

**Resultados - Compressão Axial**

Nº	A <sub>ref</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>θ,ref</sub> mm <sup>4</sup>	CG <sub>y,ref</sub> mm	CG <sub>z,ref</sub> mm	k N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>crit</sub> MPa	λ <sub>d</sub>	χ <sub>d</sub>	t <sub>red</sub> mm	σ <sub>comp,ed</sub> MPa	Iter. <sup>D</sup>
1	83,5	11151	64,1	-44,5	0,0991	365	0,876	0,837	1,25	234	1
3	81,4	1395	42,9	-4,3	3,129348	744	0,614	1,0	-	-	-
6	59,1	84	-0,0	49,7	12,00110 9	492	0,755	0,924	1,39	259	1
9	81,5	1399	-42,9	-4,3	3,129489	744	0,613	1,0	-	-	-
11	83,5	11151	-64,1	-44,5	0,099087	365	0,876	0,837	1,26	234	1

**Resultados - Momento Positivo em torno Y**

Nº	A <sub>ref</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>θ,ref</sub> mm <sup>4</sup>	CG <sub>y,ref</sub> mm	CG <sub>z,ref</sub> mm	k N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>crit</sub> MPa	λ <sub>d</sub>	χ <sub>d</sub>	t <sub>red</sub> mm	σ <sub>comp,ed</sub> MPa	Iter. <sup>D</sup>
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	59,1	84	-0,0	49,7	12,00110 9	492	0,755	0,924	1,39	259	1
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Resultados - Momento Negativo em torno Y**

Nº	A <sub>ref</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>θ,ref</sub> mm <sup>4</sup>	CG <sub>y,ref</sub> mm	CG <sub>z,ref</sub> mm	k N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>crit</sub> MPa	λ <sub>d</sub>	χ <sub>d</sub>	t <sub>red</sub> mm	σ <sub>comp,ed</sub> MPa	Iter. <sup>D</sup>
1	83,5	11151	64,1	-44,5	0,0991	365	0,876	0,837	1,25	234	1
3	82,8	1482	42,8	-3,9	3,11797	753	0,61	1,0	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	82,8	1483	-42,8	-3,9	3,11809	753	0,61	1,0	-	-	-
11	83,5	11151	-64,1	-44,5	0,099087	365	0,876	0,837	1,26	234	1

**Resultados - Momento Positivo em torno Z**

Nº	A <sub>ref</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>θ,ref</sub> mm <sup>4</sup>	CG <sub>y,ref</sub> mm	CG <sub>z,ref</sub> mm	k N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>crit</sub> MPa	λ <sub>d</sub>	χ <sub>d</sub>	t <sub>red</sub> mm	σ <sub>comp,ed</sub> MPa	Iter. <sup>D</sup>
1	83,5	11151	64,1	-44,5	0,118373	399	0,838	0,864	1,30	242	1
3	82,8	1482	42,8	-3,9	3,11797	753	0,61	1,0	-	-	-
6	59,1	84	-0,0	49,7	12,00111 7	491	0,755	0,924	1,39	259	1
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

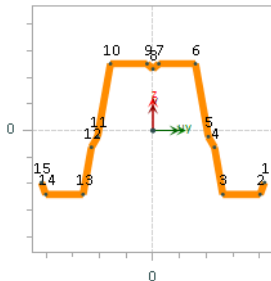
**Resultados - Momento Negativo em torno Z**

Nº	A <sub>ref</sub> mm <sup>2</sup>	I <sub>θ,ref</sub> mm <sup>4</sup>	CG <sub>y,ref</sub> mm	CG <sub>z,ref</sub> mm	k N/mm <sup>2</sup>	σ <sub>crit</sub> MPa	λ <sub>d</sub>	χ <sub>d</sub>	t <sub>red</sub> mm	σ <sub>comp,ed</sub> MPa	Iter. <sup>D</sup>
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6	59,1	84	-0,0	49,7	$\frac{12,00110}{2}$	492	0,755	0,924	1,39	259	1
9	82,8	1483	-42,8	-3,9	3,11809	753	0,61	1,0	-	-	-
11	83,5	11151	-64,1	-44,5	0,118364	399	0,838	0,864	1,30	242	1

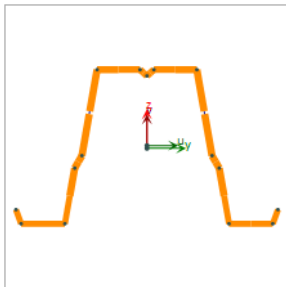
### 1.1.5 Propriedades Geométricas da Secção

#### Secção Bruta



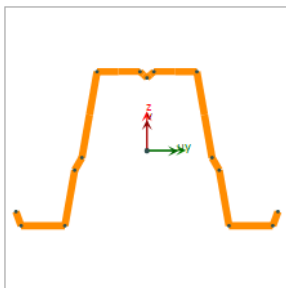
Designação	Un.	Designação	Valor	Un.
$A_{br}$	498,806 mm <sup>2</sup>	$r_z$	46,2964	mm
$S$	344,377 mm	$I_t$	360,785462	mm <sup>4</sup>
$I_y$	692762,27 mm <sup>4</sup>	$I_w$	406831656,224	mm <sup>6</sup>
$I_z$	1069120,87 mm <sup>4</sup>	$y_{sc}$	0,004113	mm
$I_{yz}$	2,16821672E-10 mm <sup>4</sup>	$z_{sc}$	75,627	mm
$\beta$	0,00 °	$W_{el,y}$	13563,1477	mm <sup>3</sup>
$I_u$	1069120,87 mm <sup>4</sup>	$W_{el,z}$	12659,0929	mm <sup>3</sup>
$I_v$	692762,27 mm <sup>4</sup>	$y_j$	0,004113	mm
$r_y$	37,2671 mm	$z_j$	94,135	mm

#### Secção Efectiva – Compressão Axial



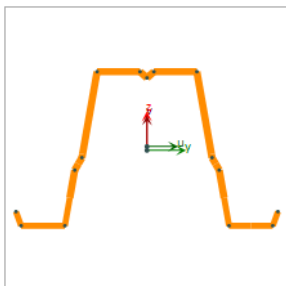
Designação	Valor	Un.
$A_{eff}$	463,008	mm <sup>2</sup>
$I_{eff,y}$	627430,297	mm <sup>4</sup>
$I_{eff,z}$	953818,338	mm <sup>4</sup>
$\beta$	-0,00	°
$e_y$	-0,001	mm
$e_z$	1,814	mm

#### Secção Efectiva – Momento Positivo em torno Y



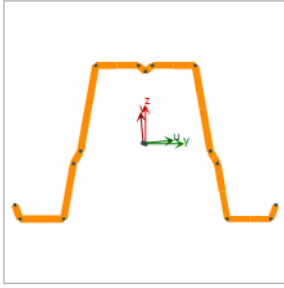
Designação	Valor	Un.
$A_{eff,M}$	494,489	mm <sup>2</sup>
$I_{eff,y}$	682369,506	mm <sup>4</sup>
$I_{eff,z}$	1068663,97	mm <sup>4</sup>
$\beta$	-0,00	°
$W_{eff,y,c}$	13247	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,y,t}$	14072,7	mm <sup>3</sup>
$e_y$	-0	mm
$e_z$	-0,434	mm

#### Secção Efectiva – Momento Negativo em torno Y



Designação	Valor	Un.
$A_{eff,M}$	472,471	mm <sup>2</sup>
$I_{eff,y}$	638985,543	mm <sup>4</sup>
$I_{eff,z}$	960936,817	mm <sup>4</sup>
$\beta$	-0,00	°
$W_{eff,y,c}$	12460,3	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,y,t}$	13149	mm <sup>3</sup>
$e_y$	0	mm
$e_z$	2,481	mm

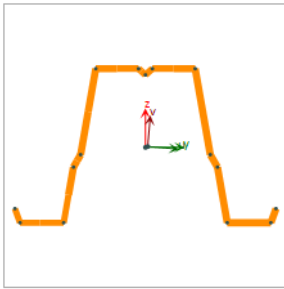
#### Secção Efectiva – Momento Positivo em torno Z



**Designação**

Designação	Valor	Un.
$A_{eff,M}$	483,535	mm <sup>2</sup>
$I_{eff,y}$	661111,127	mm <sup>4</sup>
$I_{eff,z}$	1022723,55	mm <sup>4</sup>
$\beta$	4,83	°
$W_{eff,z,c}$	11920	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,z,t}$	12318,8	mm <sup>3</sup>
$e_y$	-1,452	mm
$e_z$	0,563	mm

**Secção Efectiva – Momento Negativo em torno Y**



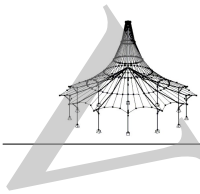
**Designação**

Designação	Valor	Un.
$A_{eff,M}$	483,547	mm <sup>2</sup>
$I_{eff,y}$	661135,264	mm <sup>4</sup>
$I_{eff,z}$	1022723,71	mm <sup>4</sup>
$\beta$	-4,83	°
$W_{eff,z,c}$	11920	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,z,t}$	12318,7	mm <sup>3</sup>
$e_y$	1,452	mm
$e_z$	0,564	mm

## ***Anexo C***

---

### **Relatório do Programa RFEM**



Projeto: Vigas Omega

Modelo: Viga Omega 100-1.5 real

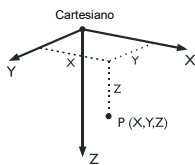
Data: 28/11/2021

■ MODELO - DADOS GERAIS

Geral	Nome do modelo	: Viga Omega 100-1.5 real
	Nome do projeto	: Vigas Omega
	Tipo de modelo	: 3D
	Direção positiva do eixo global Z	: Para baixo
	Classificação de casos de carga e combinações	: Segundo a norma: EN 1990 Anexo nacional: NP - Portugal
Opções	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Determinação de formas de equilíbrio inicial de estruturas de membranas e cabos	
	<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN	
	<input type="checkbox"/> Análise de condutas	
	<input type="checkbox"/> Usar regra CQC	
	<input type="checkbox"/> Ativar modelo CAD/BIM	
	Gravidade padrão g	: 10.00 m/s <sup>2</sup>

■ CONFIGURAÇÃO DA MALHA DE EF

Geral	Comprimento de destino dos elementos finitos	$l_{FE}$	: 0.500 m
	Distância máxima entre um nó e uma linha para integrar na linha	$\epsilon$	: 0.001 m
	Número máximo de nós da malha (vezes mil)		: 500
Barras	Número de divisões de barras com cabo, fundação, secção variável ou característica plástica		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Ativar divisões de barras para grandes deformações ou análise pós-crítica		
	<input checked="" type="checkbox"/> Divisão de barras com um nó localizado nelas		
Superfícies	Relação máxima de diagonais de retângulos de EF	$\Delta_D$	: 1.800
	Inclinação máxima de dois elementos finitos fora do plano	$\alpha$	: 0.50 °
	Forma dos elementos finitos		: Triângulos e quadrângulos <input checked="" type="checkbox"/> Gerar os mesmos quadrados onde for possível



■ 1.1 NÓS

Nó nº	Tipo de nó	Nó de referência:	Sistema de coordenadas	Coordenadas do nó			Comentário
				X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	Padrão	-	Cartesiano	0.000	0.000	0.000	
2	Padrão	-	Cartesiano	4.000	0.000	0.000	

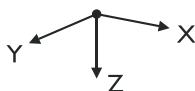
■ 1.2 LINHAS

Linha nº	Tipo de linha	Nós nº	Comprim. linha L [m]		Comentário
1	Linha poligonal	1,2	4.000	X	

■ 1.3 MATERIAIS

Mater. nº	Módulo E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Módulo G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Coef. Poisson $\nu$ [-]	Peso esp. $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Coef. de dil. tér. $\alpha$ [1/°C]	Coef. parcial $\gamma_M$ [-]	Material material
1	1.0244 S280GD   EN 10346:2009-03 21000.00	8076.92	0.300	78.50	1.20E-05	1.00	Isotrópico linear elástico

■ 1.7 APOIOS NODAIS



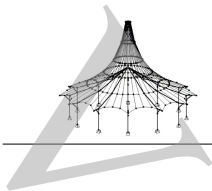
Apoio nº	Nó nº	Sistema de eixos	Pilar em Z	Condições de apoio					
				$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\phi_x$	$\phi_y$	$\phi_z$
1	1,2	Global X,Y,Z	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

■ 1.13 SECÇÕES

SHAPE-THIN ÓM.



Secç. nº	Mater. nº	J [cm <sup>4</sup> ] A [cm <sup>2</sup> ]	$I_y$ [cm <sup>4</sup> ] $A_y$ [cm <sup>2</sup> ]	$I_z$ [cm <sup>4</sup> ] $A_z$ [cm <sup>2</sup> ]	Eixos princ. $\alpha$ [°]	Rotação $\alpha'$ [°]	Dimensões totais [mm]	
							Largura b	Altura h
1	SHAPE-THIN ÓMEGA 100-1.5MM 1	0.03 5.04	72.91 0.96	107.10 2.57	0.00	0.00	163.5	101.5

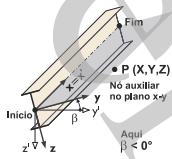


Projeto: Vigas Omega

Modelo: Viga Omega 100-1.5 real

Data: 28/11/2021

1.17 BARRAS



Bar. nº	Linha nº	Tipo barra	Tipo de rotação		Secção		Articul. nº		Exc. nº	Div. nº	Compri. L [m]	X
			Ângulo	$\beta$ [°]	Início	Fim	Início	Fim				
1	1	Viga		0.00	1	1	-	-	-	-	4.000	X

2.1 CASO DE CARGA

Cas. de carga	Desig. do caso de carga	EN 1990   NP Categoria de ações	Peso próprio - fator na direção			
			Ativo	X	Y	Z
CC1	Carga Uniforme	Permanente	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000

2.1.1 CASOS DE CARGA - PARÂMETROS DE CÁLCULO

Cas. de carga	Desig. do caso de carga	Parâmetros de cálculo	
		Método de análise	Método para resolver sistemas de equações algébricas não-lineares
CC1	Carga Uniforme	Método de análise	<input checked="" type="checkbox"/> Análise geométrica linear
		Método para resolver sistemas de equações algébricas não-lineares	<input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson
		Ativar fatores de rigidez de:	<input checked="" type="checkbox"/> Secções (fator para J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )
			<input checked="" type="checkbox"/> Barras (fator para GJ, E <sub>I<sub>y</sub></sub> , E <sub>I<sub>z</sub></sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> )

CC1  
Carga Uniforme

3.2 CARGAS DE BARRAS

CC1: Carga Uniforme

nº	Referir a	Nas barras nº	Tipo de carga	Distribuição de carga	Dir. da carga	Compri. de referência	Parâmetros de carga		
							Símbolo	Valor	Unid.
1	Barras	1	Força	Constante	ZL	Comprim. real	p	1.000	kN/m

3.2/1 CARGAS DE BARRA - EXCENRICIDADE DE CARGA

CC1: Carga Uniforme

nº	Referir a	Nas barras nº	Desvio absoluto		Desvio absoluto		Desvio relativo		Desvio relativo	
			Início barra	Início barra	Fim barra	Fim barra	Início barra	Início barra	Fim barra	Fim barra
			e <sub>y</sub> [mm]	e <sub>z</sub> [mm]	e <sub>y</sub> [mm]	e <sub>z</sub> [mm]	Eixo y	Eixo z	Eixo y	Eixo z
1	Barras	1	0.0	0.0	0.0	0.0	Meio	Meio	Meio	Meio



Projeto: Vigas Omega

Modelo: Viga Omega 100-1.5 real

Data: 28/11/2021

#### 4.0 RESULTADOS - RESUMO

Descrição	Valor	Unida	Comentário
<b>Caso de carga CC1 - Carga Uniforme</b>			
Soma das cargas em X	0.00	kN	
Soma das reações de apoio em X	0.00	kN	
Soma das cargas em Y	0.00	kN	
Soma das reações de apoio em Y	0.00	kN	
Soma das cargas em Z	4.16	kN	
Soma das reações de apoio em Z	4.16	kN	Desvio 0.00%
Resultante das reações sobre X	0.000	kNm	No centro de gravidade do modelo (X:2.000, Y:0.000, Z:0.000 m)
Resultante das reações sobre Y	0.000	kNm	No centro de gravidade do modelo
Resultante das reações sobre Z	0.000	kNm	No centro de gravidade do modelo
Deslocamento máx. em X	0.0	mm	
Deslocamento máx. em Y	0.0	mm	
Deslocamento máx. em Z	22.7	mm	Barra nº 1, x: 2.000 m
Deslocamento vetorial máx.	22.7	mm	Barra nº 1, x: 2.000 m
Rotação máx. sobre X	0.0	mrad	
Rotação máx. sobre Y	-18.1	mrad	Barra nº 1, x: 0.000 m
Rotação máx. sobre Z	0.0	mrad	
Deformação máxima de barra	0.000	%	Barra nº 0, x: 0.000 m
Método de cálculo	Linear		Análise geométrica linear
Redução da rigidez			Secções, Barras, Superfícies
Número dos incrementos de carga	1		
Número de iterações	1		
Valor máximo de elemento de matriz de rigidez na diagonal	1.525E+05		
Valor mínimo de elemento de matriz de rigidez na diagonal	1.525E+05		
Matriz de rigidez determinante	1.749E+10		
Norma infinita	3.426E+05		

Total			
<b>Outra configuração:</b>			
Número de elementos finitos em 1D	1		
Número de elementos finitos em 2D	0		
Número de elementos finitos em 3D	0		
Número de nós da malha de EF	2		
Número de equações	12		
Número máx. de iterações	100		
Número de divisões para resultados da barra	10		
Divisão de cabos/fundações/barras de secção variável	10		
Número de divisões de barras para procurar valores máximos	10		
Subdivisões da malha de EF para resultados gráficos	3		
Porcentagem de iterações segundo o método de Picard em combinação com o método Newton-Raphson	5	%	
<b>Opções:</b>			
Ativar rigidez ao corte de barras (Ay, Az)	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ativar divisões de barras para grandes deformações ou análise pós-crítica	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ativar alterações da rigidez introduzidas	<input checked="" type="checkbox"/>		
Ignorar graus de liberdade rotacionais	<input type="checkbox"/>		
Verificação dos esforços críticos das barras	<input checked="" type="checkbox"/>		
Solucionador direto assimétrico caso pedido pelo modelo não-linear	<input type="checkbox"/>		
Método para o sistema de equações	Direto		
Teoria da flexão de lajes	Mindlin		
Versão do solucionador	64-bit		
<b>Precisão e tolerância:</b>			
Alterar configuração padrão	<input type="checkbox"/>		

#### 4.1 NÓS - FORÇAS NOS APOIOS

Nó nº	CC/CO	Forças nos apoios [kN]			Momentos nos apoios [kNm]			Comentário
		P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	
1	CC1	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	Carga Uniforme
2	CC1	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00	Carga Uniforme
Σ Apoi.	CC1	0.00	0.00	4.16				
Σ Cargas	CC1	0.00	0.00	4.16				

#### 4.12 SECÇÕES - ESFORÇOS INTERNOS

Barra nº	CC/CO	Nó nº	Posição x [m]	Forças [kN]			Momentos [kNm]		
				N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
<b>Secção nº 1: SHAPE-THIN ÔMEGA 100-1.5MM</b>									
1	CC1	1	0.000	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00	0.00
		2	4.000	0.00	0.00	-2.08	0.00	0.00	0.00

RF-STEEL EC3

CA1

Dimensionamento segundo o Eurocódigo 3

#### 1.1 DADOS GERAIS

Barras a dimensionar: 1

Conjuntos de barras a dimensionar:



Projeto: Vigas Omega

Modelo: Viga Omega 100-1.5 real

Data: 28/11/2021

## 1.1 DADOS GERAIS

Anexo nacional: NP  
 Dimensionamento do estado de limite último  
 Casos de carga a dimensionar: CC1 Carga Uniforme

## 1.2 MATERIAIS

Mater. nº	Designação do material	Módulo E E [kN/cm <sup>2</sup> ]	Módulo de rigid. G [kN/cm <sup>2</sup> ]	Coef. de Poisson $\nu$ [-]	Limite elástico $f_{yk}$ [kN/cm <sup>2</sup> ]	Espessura máx. t [mm]
1	1.0244 S280GD   EN 10346:2009-03	21000.00	8076.92	0.300	28.00	

## 1.3 SECCOES

SHAPE-THIN ÓM...



Secç. nº	Mater. nº	Designação da secção	Tipo de secção	Verificação máx. Relação	Comentário
1	1	SHAPE-THIN ÓMEGA 100-1.5MM Tipo geral - só as classe 3 e 4 são possíveis	Geral	0.55	

## 1.5 COMPRIMENTOS EFETIVOS - BARRAS

Barra nº	Encurvadu possível	Encurvadura em torno do eixo y		Encurvadura em torno do eixo z		Encurvadura lateral por flexão-torção						
		possível	$k_{cr,y}$	$L_{cr,y}$ [m]	possível	$k_{cr,z}$	$L_{cr,z}$ [m]	Possível	$k_z$	$k_w$	$L_w$ [m]	$L_T$ [m]
1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.00	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	4.000	4.000

## 1.12 PARÂMETROS - BARRAS

Barra nº	Designação	Parâmetro
1	Secção	1 - SHAPE-THIN ÓMEGA 100-1.5MM
	Painel de corte	<input type="checkbox"/>
	Restrição à rotação	<input type="checkbox"/>
	Área da secção para o dimensionamento à tração	<input type="checkbox"/>

## 2.4 VERIFICAÇÃO POR BARRA

Barra nº	Posição x [m]	CC/CO/CR	Relação	Equação nº	do material
1	Secção nº 1 - SHAPE-THIN ÓMEGA 100-1.5MM				
	2.000	CC1	0.51	$\leq 1$ CS351)	Verificação da secção - dimensionamento elástico segundo EN 1993-1-3, 6.1.6
	2.000	CC1	0.55	$\leq 1$ ST332)	Análise de estabilidade - encurvadura por flexão-torção segundo 6.3.2.1 e 6.3.2.2(4) - secção geral