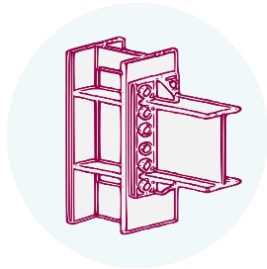




EQUALJOINTS PLUS

Valorisation of knowledge for European preQUALified
steel JOINTS





Equaljoints Plus

Valorisation of knowledge for European
preQUALified steel JOINTS

APP MANUAL

Versão 1.0.0 (17)

28/11/2018

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
1. EQUALJOINTS Plus	1
1.1 Sobre	1
1.2 Disseminação	2
1.2.1 Aplicativo móvel	2
1.2.2 Canal de YouTube	2
1.2.3 Base de dados	2
2. SOBRE O ECCS	3
2.1 Missão e objectivos	3
2.2 Membros do ECCS	3
2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research	3
2.4 Orientação técnica na aplicação dos Eurocódigos	4
3. UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO	5
3.1 Âmbito	5
3.2 Configurações	6
3.3 Catálogo e fornecedores.....	7
3.4 Exemplos e Relatórios – Calculadora	10
3.4.1 Introdução	10
3.4.2 Juntas	10
4. BASE TÉCNICA.....	13
4.1 Juntas com chapa de extremidade saliente não reforçadas	13
4.1.1 Descrição da configuração da junta	13
4.1.2 Lista de valores limite para a pré-qualificação	14
4.1.3 Procedimento de dimensionamento	15
4.1.4 Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta	16
4.1.5 Procedimento de montagem e verificações.....	16
4.1.6 Caracterização das componentes (junta em flexão)	17
4.1.7 Rigidez das componentes (junta em flexão)	24
4.1.8 Resistência das componentes (junta solicitada ao corte)	25
4.2 Juntas com chapa de extremidade saliente reforçadas	27
4.2.1 Descrição da configuração da junta	27
4.2.2 Lista de valores limite para a pré-qualificação	28
4.2.3 Procedimento de dimensionamento	29
4.2.4 Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta	30

4.2.5	Procedimento de assemblage e verificações.....	30
4.2.6	Caracterização das componentes (junta em flexão)	31
4.2.7	Rigidez das componentes (junta em flexão).....	36
4.2.8	Resistência das componentes (junta solicitada ao corte).....	37
4.3	Juntas com esquadro	39
4.3.1	Descrição da configuração da junta.....	39
4.3.2	Lista de valores limite para a pré-qualificação	40
4.3.3	Processo de dimensionamento	41
4.3.4	Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta	43
4.3.5	Procedimento de montagem e verificações.....	44
4.3.6	Caracterização das componentes	47
4.3.7	Classificação da rigidez	48
4.3.8	Classificação da ductilidade	48
4.4	Juntas dog-bone	49
4.4.1	Descrição da configuração da junta.....	49
4.4.2	Procedimento de dimensionamento	49
5.	REFERÊNCIAS	52

1. EQUALJOINTS Plus

1.1 Sobre

Este projecto tem como objectivo a valorização e disseminação dos resultados obtidos no âmbito do projecto **EQUALJOINTS**, recentemente concluído, em que foi desenvolvido a pré-qualificação sísmica de juntas metálicas.

De modo a explorar plenamente o potencial de quadros de pré-qualificação Europeus, documentos orientados para o dimensionamento (linhas orientadoras, manual, ferramentas e exemplos de dimensionamento) serão produzidos em 12 idiomas diferentes, e distribuído entre os parceiros do sector de construção metálica, incluindo instituições académicas, engenheiros e empresas de construção.

Irá ser desenvolvido um *software* e uma aplicação para dispositivos móveis com a finalidade de prever a reposta inelástica de juntas metálicas.

As organizações que participaram no projecto EQUALJOINTS Plus são:

Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)

Corso Umberto I 40 – 80138 Napoli, Italia

www.unina.it

Imperial College (IC)

London SW7 2AZ, UK

www.imperial.ac.uk

Universidade de Coimbra (UC)

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal

www.uc.pt

Université de Liège (ULg)

Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique

www.uliege.be

Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)

Piața Victoriei Nr. 2, 300006 Timișoara, jud. Timiș, România

www.upt.ro

European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)

Anenue des Ombrages 32, bte 20, 1200 Brussels, Belgique

www.steelconstruct.com

ArcelorMittal Belval & Differdange S.A. (AMBD)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg

www.arcelormittal.com

Università degli Studi di Salerno (UNISA)

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia

www.unisa.it

České vysoké učení technické v Praze (CVUT)

Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6, Česká republika

www.cvut.cz

National Technical University of Athens (NTUA)

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece
www.ntua.gr

Reinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany
www.rwth-aachen.de

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France
www.cticm.com

Technische Universiteit Delft (TUD)

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland
www.tudelft.nl

Univerza V Ljubljani (UL)

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija
www.uni-lj.si

Universitet Po Architektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)

Blvd. Hristo Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria
www.uacg.bg

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España
www.upc.edu

OneSource Consultoria Informática

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dto Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal
www.onesource.pt

1.2 Disseminação

1.2.1 Aplicativo móvel

O aplicativo móvel com uma interface acessível e intuitiva, implementado para os sistemas operativos Android e iOS, oferece uma extensão das ferramentas de cálculo do EQUALJOINTS para o cálculo rápido e fiável e verificação da resposta sísmica de juntas.

1.2.2 Canal de YouTube

O canal de YouTube foi criado para partilhar os vídeos dos testes laboratoriais e simulações para mostrar a evolução do padrão de dano. Pode encontrar os vídeos [aqui](#).

1.2.3 Base de dados

Esta aplicação também permite o acesso à base de dados experimentais desenvolvida no projecto EQUALJOINTS.

Para aceder à base de dados experimental do EQUALJOINTS clique [aqui](#) e introduza os seus dados de acesso.

2. SOBRE O ECCS

2.1 Missão e objectivos

O **European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)**, fundado em 1995, trata-se de uma organização internacional composta por várias associações de construção metálica e mista nacionais.

A missão do **ECCS** é estimular a utilização do aço no sector da construção através do desenvolvimento de meios de normalização, informação e divulgação. O **ECCS** ajuda na tomada de decisões através da organização de comités de trabalho, publicações, conferências, congressos europeus e internacionais relacionados com a normalização, investigação, desenvolvimento e educação.

O **ECCS** permite aproximar todas as entidades envolvidas no setor da construção metálica e mista: produtoras de aço, metalomecânicas, fornecedores, projetistas (arquitetos e engenheiros) e entidades de investigação académicas. A sede do **ECCS** funciona na cidade de Bruxelas, na Bélgica.

2.2 Membros do ECCS

Existem várias categorias de membros no ECCS, abaixo descritas:

- **Membros Ativos**, definidos pelas associações nacionais europeias com participação ativa na construção metálica;
- **Membros Internacionais**, definidos pelas organizações não europeias com participação ativa na construção metálica;
- **Patrocinadores**, definidos pelas associações e organizações envolvidas na produção ou utilização do aço estrutural, ou outros materiais relacionados;
- **Membros Associados**, definidos pelas organizações europeias técnicas ou de promoção, com interesse no setor da construção metálica;
- **Membros Individuais**, definidos por qualquer pessoa interessada em tópicos relacionados com a construção metálica e em cooperar com os objectivos da organização;
- **Membros Empresariais**, definidos pelas empresas com interesse em desenvolver competências no âmbito da construção metálica e cooperar com os objectivos da organização.

A inscrição como **Membro Individual** é aberta a todos os arquitetos, engenheiros ou outros interessados na construção metálica e na promoção dos objetivos do ECCS. Os membros individuais representam uma parte significativa da organização e têm direito a várias regalias. Encontre informações adicionais em www.steelconstruct.com.

Nota: Para subscrever a ECCS *newsletter*, clique [aqui](#).

2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research

A revista "Steel Construction, Design and Research" é a revista trimestral oficial do ECCS, publicada em parceria com a Ernest & Sohn (a Wiley Company).

A **Steel Construction** compila numa só publicação vários aspectos relacionados com a construção metálica. Com interesse na “construção sem esgotamento dos recursos”, esta publicação, combina a construção com aço com outras formas de construção (usando betão e vidro), bem como cabos e membranas formando sistemas construtivos

interligados. As publicações visam corresponder ao interesse de engenheiros estruturais, arquitetos ou quaisquer outros profissionais que trabalhem no setor da construção metálica, seja a nível prático ou académico.

2.4 Orientação técnica na aplicação dos Eurocódigos

ECCS publica frequentemente guias de orientação para as boas práticas de aplicação dos Eurocódigos estruturais. Os Manuais de Dimensionamento pelos Eurocódigos do ECCS (**ECCS Eurocode Design Manuals**) disponibilizam a informação necessária para a aplicação dos Eurocódigos 3 (estruturas metálicas), 4 (estruturas mistas aço-betão) e 8 (dimensionamento sísmico de estruturas metálicas e mista), através da exposição das metodologias de cálculo a adotar e exemplos de aplicação.

Neste momento, estão disponíveis ou em fase de preparação o seguinte conjunto de manuais (**ECCS Eurocode Design Manuals**):

- Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-1 – 2nd Edition,
- Design of Steel Structures – UK Edition;
- Fire Design of Steel Structures – Eurocode 1, part 1.2 and Eurocode 3, part 1.2 – 2nd Edition,
- Design of Plated Structures – Eurocode 3, part 1-5,
- Fatigue Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-9 and part 1-10,
- Design of Cold-Formed Steel Structures – Eurocode 3, part 1-3,
- Design of Connections in Steel and Composite Structures – Eurocode 3, part 1.8 and Eurocode 4, part 1-1,
- Design of Joints in Steel Structures – UK Edition
- Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1-1,
- Fire Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1.2,
- Design of Steel Structures for Buildings in Seismic Areas, Eurocode 8, part 1.

A plataforma [ECCS Online Bookstore](#), por sua vez, disponibiliza informação diversificada para as boas práticas para a construção metálica.

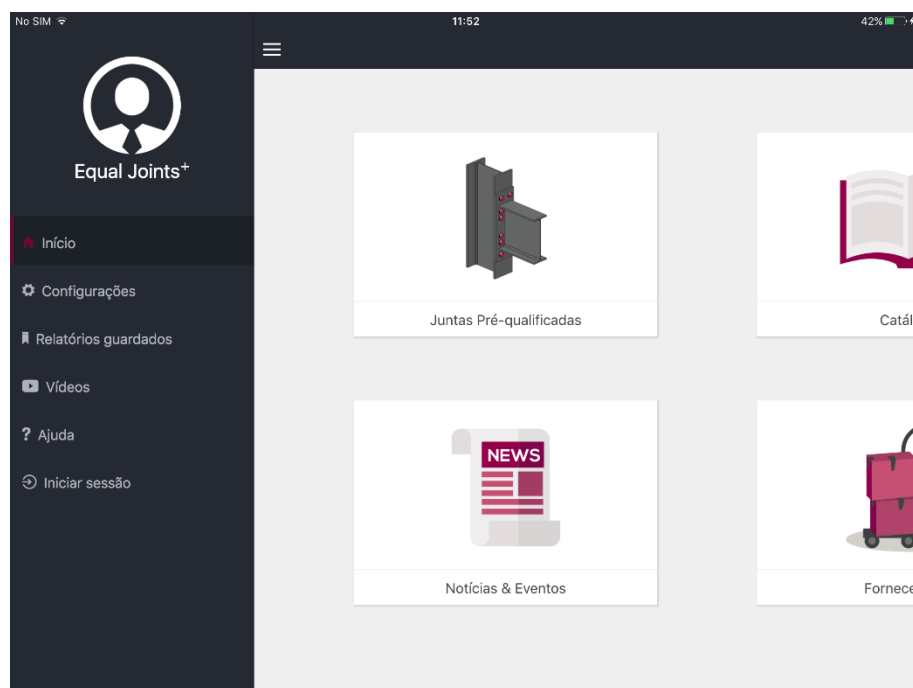
3. UTILIZAÇÃO DA APLICAÇÃO

3.1 Âmbito

A aplicação **EQUALJOINTS** fornece uma base de dados de juntas viga-coluna metálicas pré-qualificadas quanto ao sismo de acordo com o EC3-1-8 [1].

Foram consideradas as seguintes verificações:

- Resistência à flexão
- Rigidez à flexão
- Resistência ao corte
- Ductilidade



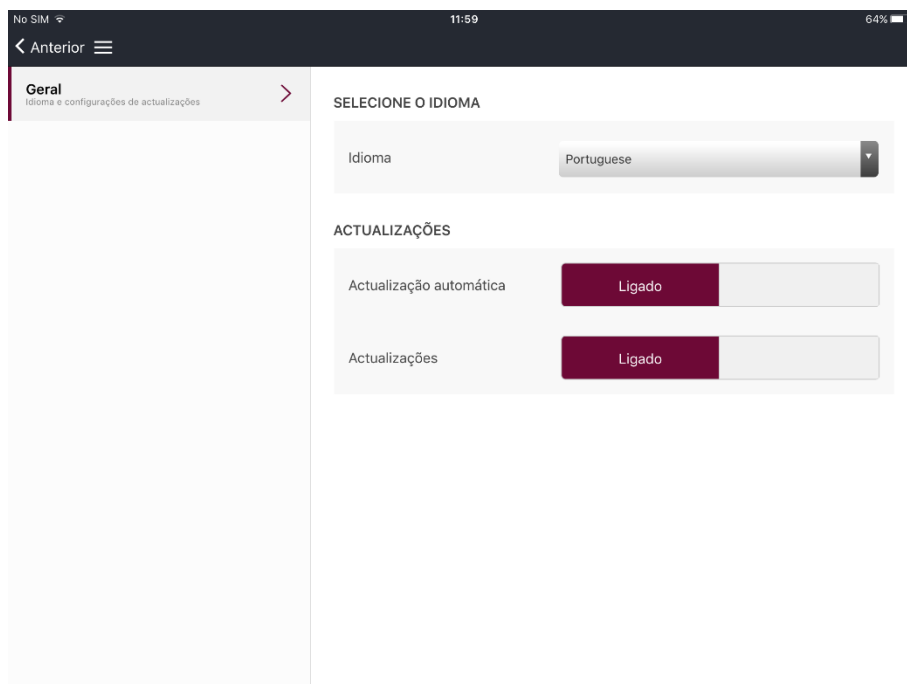
A base de dados de produtos de aço e respectivos fornecedores são descritos na **Secção 3.3**.

Os exemplos e instruções de como utilizar a aplicação para o cálculo da resistência são apresentados na **Secção 3.4**. A descrição da base técnica é apresentada na **Secção 4**. O Manual de Dimensionamento para juntas metálicas pré-qualificadas quanto ao sismo [2] apresenta a descrição detalhada dos procedimentos. A aplicação **EQUALJOINTS** abrange juntas aparafusadas de chapa saliente não reforçadas, juntas aparafusadas de chapa saliente reforçadas, juntas aparafusadas com esquadro e juntas soldadas dog-bone. A aplicação é grátis.

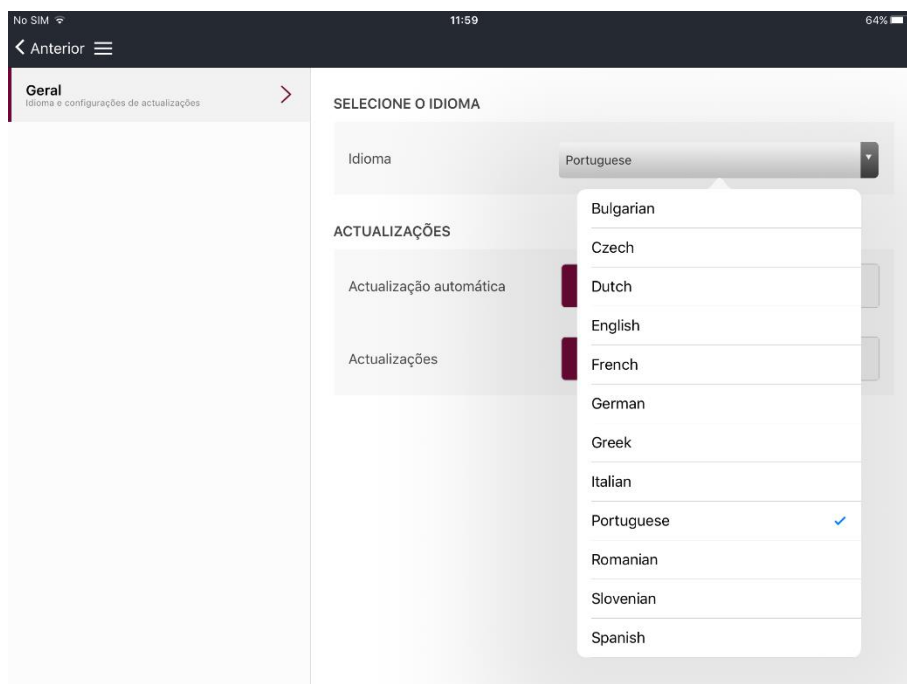
Na Secção das Configurações, ver **Secção 3.2**, o utilizador pode alterar os valores por defeito para valores mais convenientes.

Para sugestões e/ou comentários relativos à aplicação, por favor clique [aqui](#).

3.2 Configurações Geral



Idioma

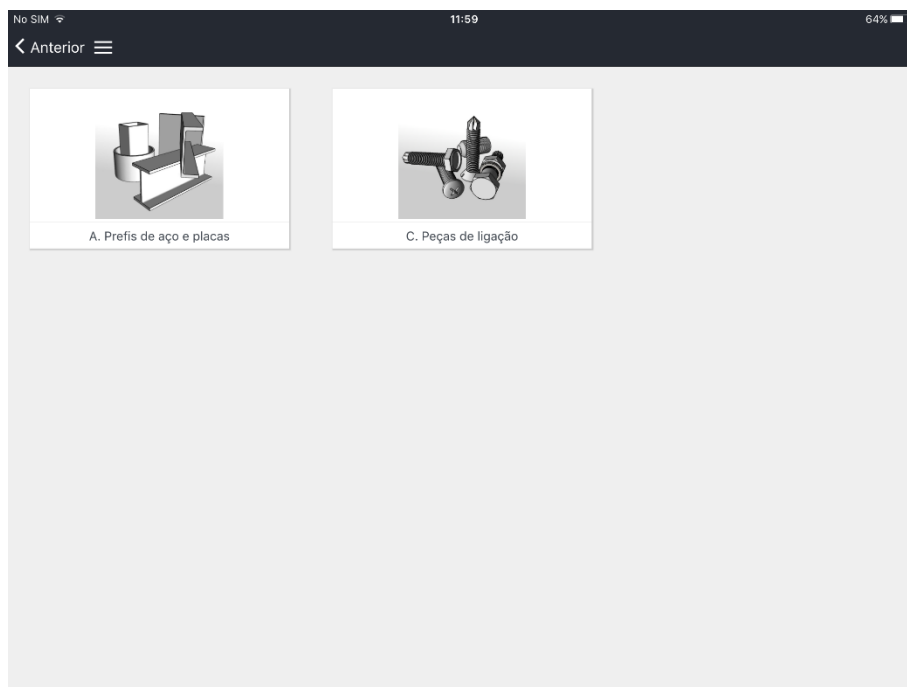


3.3 Catálogo e fornecedores

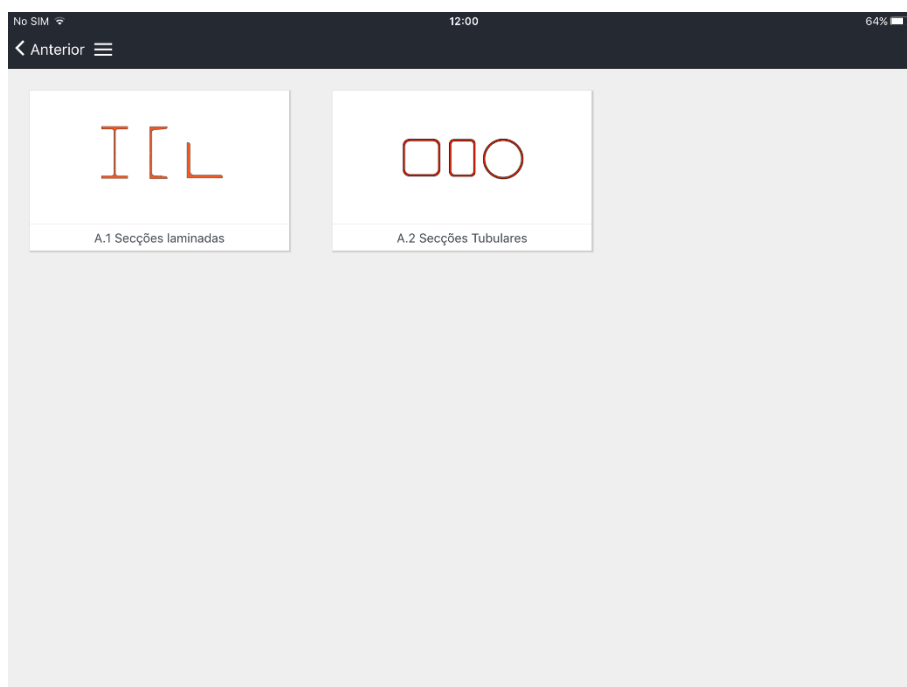
O catálogo está organizado em diversas categorias e sub-categorias, até que o item requerido seja alcançado. Caso o item esteja presente na secção “Calculadora” da aplicação – e.g. secções I.

Os passos para obter a informação sobre secções em I são apresentados de seguida.

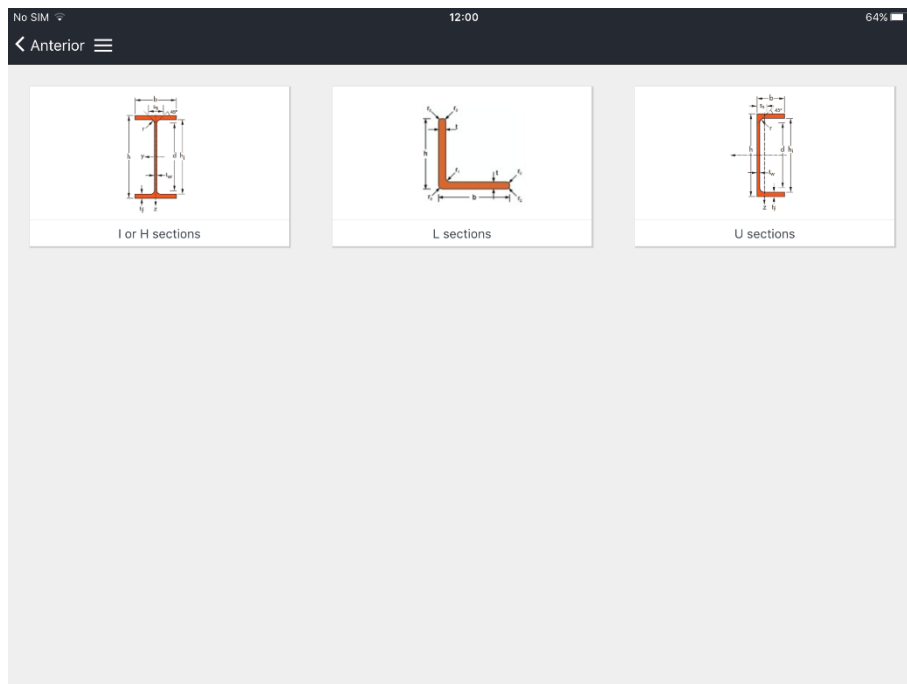
A. Perfis de aço e placas



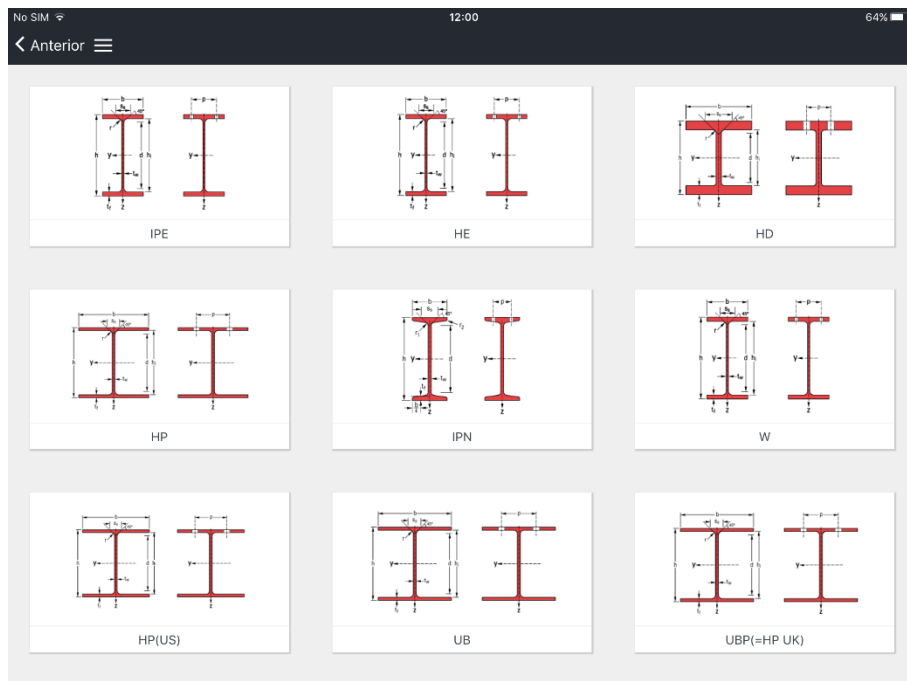
A.1 Secções laminadas



Secções I ou H



IPE



IPE 100

No SIM

12:00

64%

< Anterior

IPE A 100

IPE 100

IPE A 120

IPE 120

IPE A 140

IPE 140

IPE A 160

IPE 160

IPE A 180

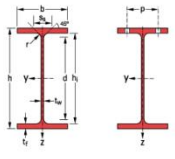
IPE 180

IPE O 180

IPE A 200

IPE 200

IPE 100



h

100.00 mm

b

55.00 mm

t.w

4.10 mm

t.f

5.70 mm

r

7.00 mm



Na “Lista de Fornecedores” apresenta-se a lista de empresas e a respectiva informação.

No SIM

12:04

62%

< Anterior



CMM



ArcelorMittal

3.4 Exemplos e Relatórios – Calculadora

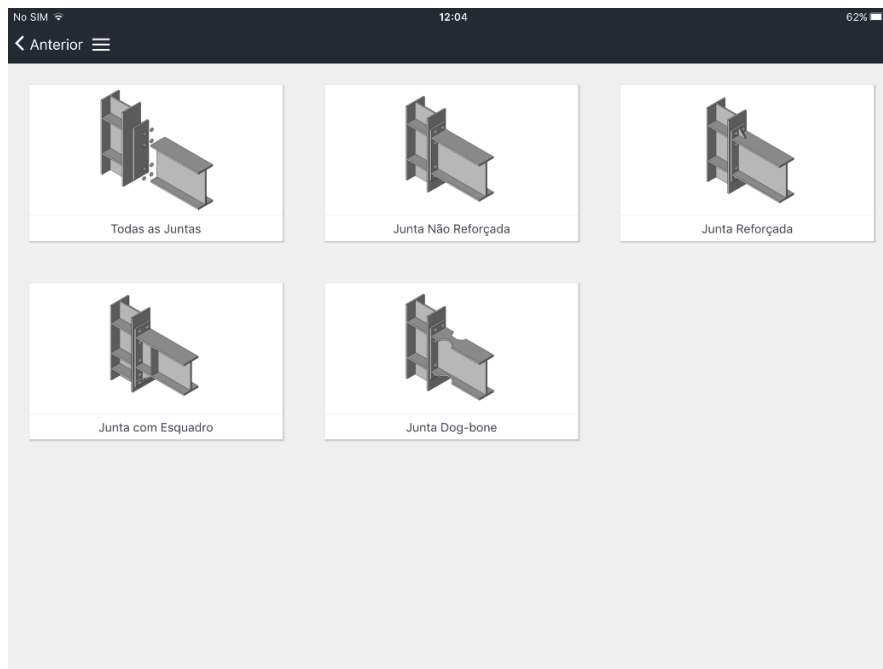
3.4.1 Introdução

Essencialmente, são necessários 3 passos para obter resultados

- Escolher a secção transversal das secções;
- Introduzir os valores dos parametros requeridos de acordo com o caso em análise (comprimento do element e clsse do aço);
- Os resultados são obtidos na secção de resultados. Um relatório de cálculo é automaticamente gerado e pode ser enviado por e-mail ou guardado localmente.

3.4.2 Juntas

Interface



Calculadora

Resultados

No SIM12:0562%

<Anterior

Todas as soluções disponíveis para a viga e coluna selecionadas [IPE 360 - HE 280 B]

	Nome do provete	Critério de dimensionamento	M _{0,Rd} [kNm]	M _{con,Rd} [kNm]	M _{1,Rd} [kNm]	S _{plm} [kNm/rad]
☐	E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
☐	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☐	ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
☐	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

Por favor seleccione uma ou mais soluções para analisar

Comparação de resultados

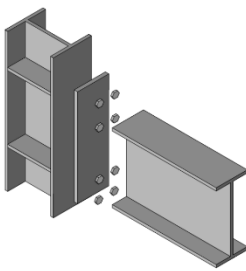
No SIM12:0562%

<Anterior

Todas as soluções disponíveis para a viga e coluna selecionadas [IPE 360 - HE 280 B]

	Nome do provete	Critério de dimensionamento	M _{0,Rd} [kNm]	M _{con,Rd} [kNm]	M _{1,Rd} [kNm]	S _{plm} [kNm/rad]
☒	E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
☒	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☒	ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
☒	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

GEOMETRIA DA JUNTA

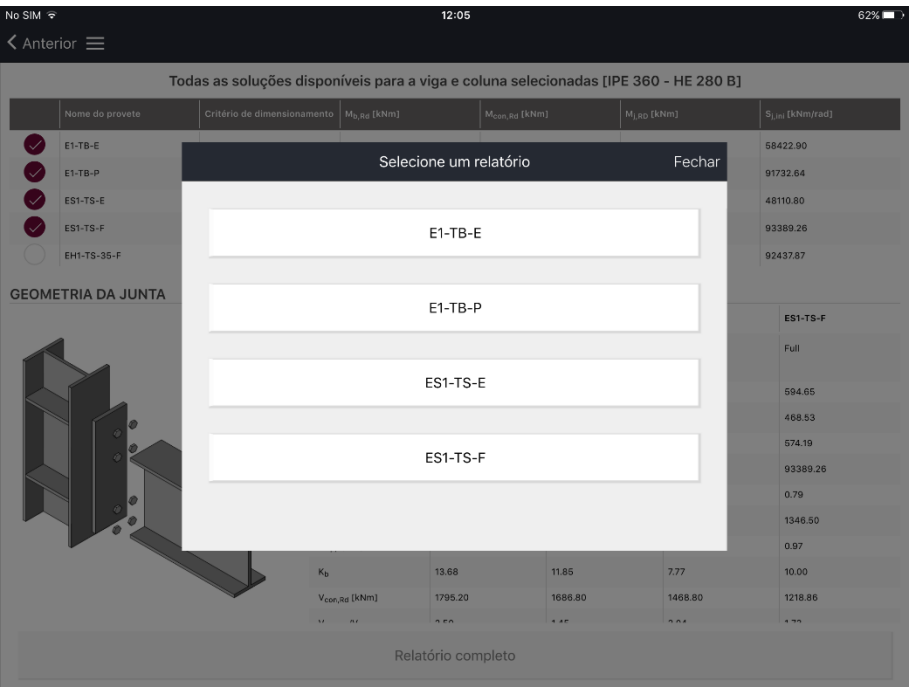


PROPRIEDADES DE DIMENSIONAMENTO

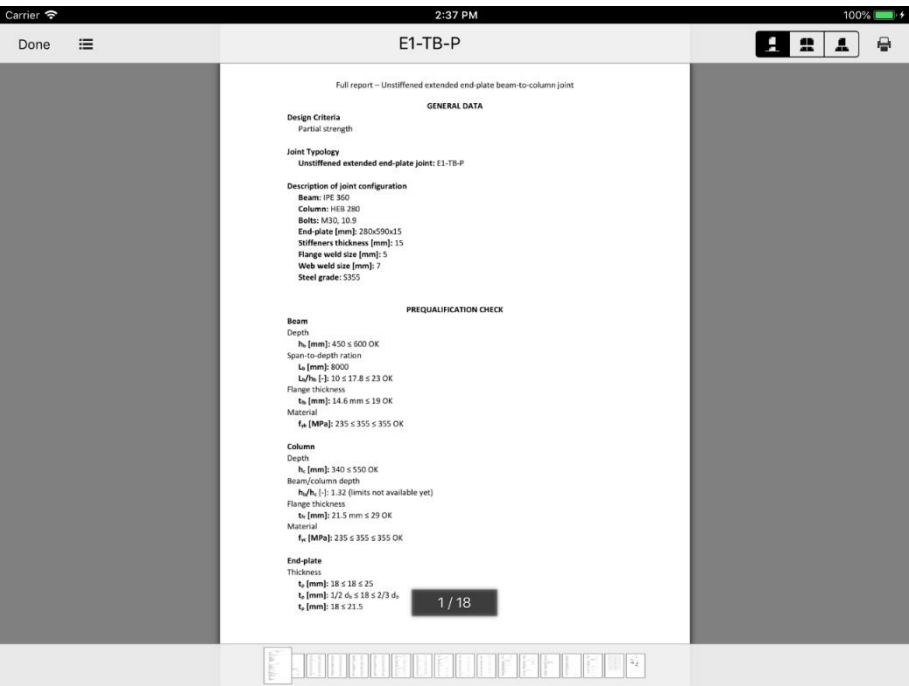
	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E	ES1-TS-F
Critério de dimensionamento	Partial	Partial	Partial	Full
M _{0,Rd} [kNm]	361.75	621.84	361.75	594.65
M _{d,con,Rd}	283.90	627.60	277.90	468.53
M _{1,Rd} [kNm]	283.90	449.27	277.90	574.19
S _{plm} [kNm/rad]	58422.90	91732.64	48110.80	93389.26
M _{con,Rd} /M _{0,Rd}	0.79	1.01	0.77	0.79
V _{ed,Rd} [kN]	832.06	1360.16	817.56	1346.50
V _{ed,Rd} /F _{ed}	1.00	0.75	0.90	0.97
K _b	13.68	11.85	7.77	10.00
V _{con,Rd} [kNm]	1795.20	1686.80	1468.80	1218.86
M _{0,Rd} / V _{ed,Rd}	0.43	0.45	0.45	0.43

Relatório completo

Selecione um relatório



Relatório completo

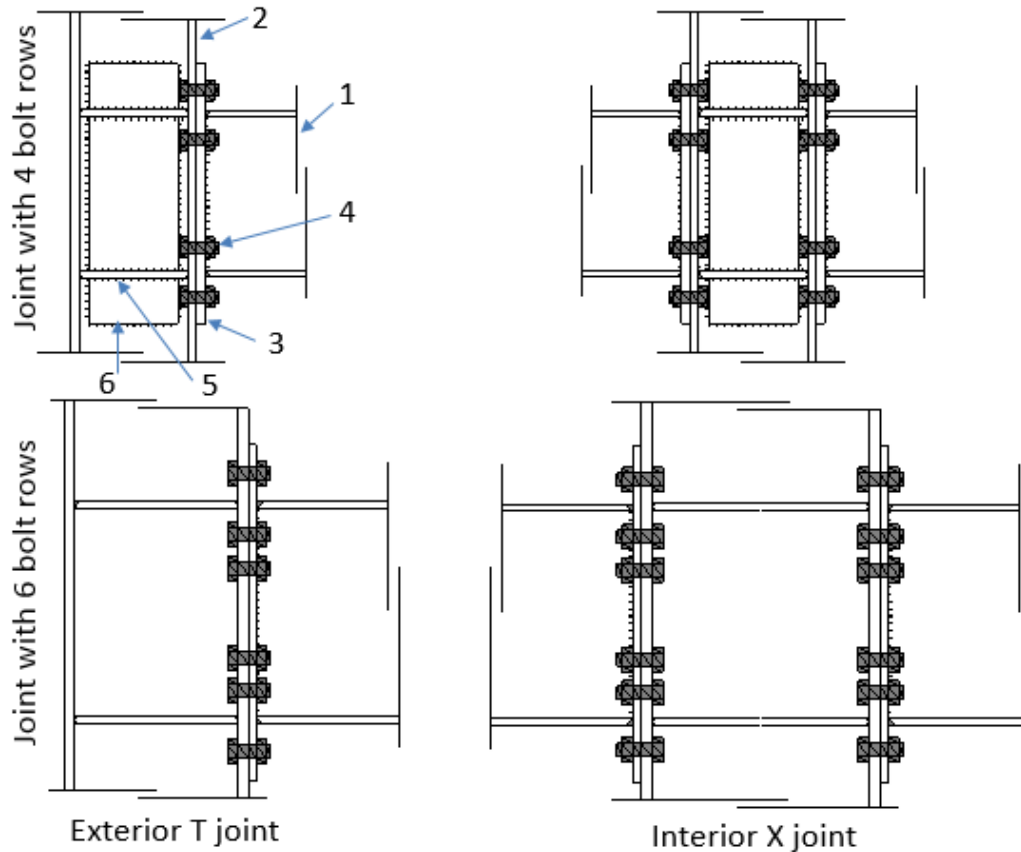


4. BASE TÉCNICA

4.1 Juntas com chapa de extremidade saliente não reforçadas

4.1.1 Descrição da configuração da junta

Descrição de juntas com chapa de extremidade saliente não reforçadas



1: viga

3: chapa de extremidade

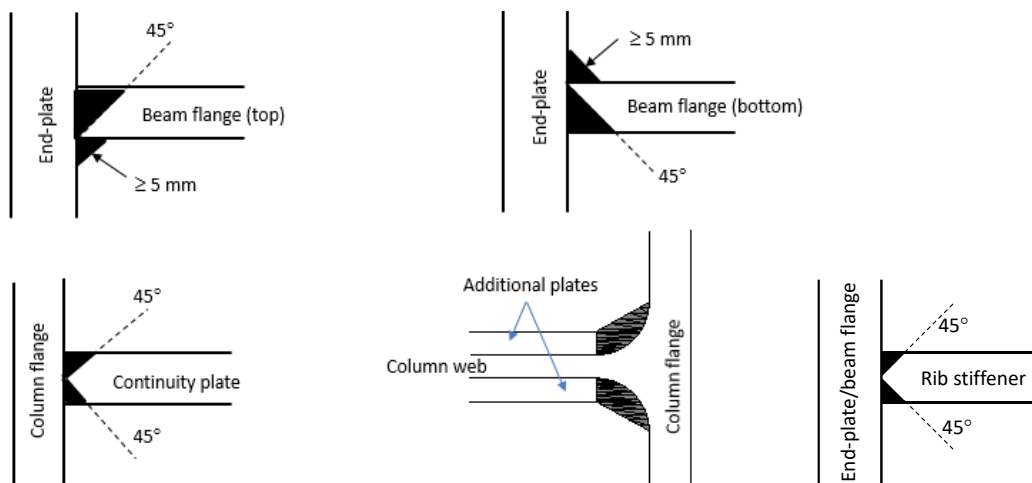
5: chapas de continuidade

2: coluna

4: parafusos

6: chapas adicionais

Detalhe das juntas com soldaduras em bordos arredondados com penetração total



4.1.2 Lista de valores limite para a pré-qualificação

Quadro 4.1 – Valores limite para a pré-qualificação

Elementos	Parâmetros	Campo de aplicação
Viga	Altura	Máximo = 600mm
	Rácio vão-altura	Máximo = 23, Mínimo = 10
	Espessura do banzo	Máximo = 19mm
	Material	De S235 to S355
Coluna	Altura	Máximo = 550mm
	Espessura do banzo	Máximo = 31mm
	Material	De S235 a S355
Altura da viga/coluna		0.65-2.15
Chapa de extremidade	Espessura	18-25mm
	Material	De S235 a S355
Chapas de continuidade	Espessura	Espessura igual ou maior do que o banzo da viga ligada
	Material	De S235 a S355
Chapas adicionais	Espessura	Quadro 4.2
	Material	De S235 a S355
Parafusos		HV ou HR
	Tamanho	Quadro 4.2
	Classe	10.9
	Número de linhas de parafusos	Quadro 4.2
	Anilha	
	Furos	
Soldaduras	Chapa de extremidade e banzos da viga	Soldaduras reforçadas em bordos arredondados com penetração total
	Chapas de continuidade e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
	Chapas adicionais e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
	Outras soldaduras	Soldaduras de ângulo: espessura do cordão maior que 0.55 vezes a espessura das chapas ligadas.

4.1.3 Procedimento de dimensionamento

Os três principais passos de dimensionamento das componentes são:

- Caracterização das componentes
- Procedimento de montagem
- Classificação da ligação e verificações de segurança

Procedimento global

Passo 1: Escolha inicial da geometria e materiais da ligação

- Classe do parafuso, tamanho do parafusos e número de fiadas de parafusos
- Espessura e dimensões da chapa de extremidade
- Espessura e dimensões das chapas de continuidade
- Espessura e dimensões de chapas adicionais (se for o caso)
- Especificações das soldaduras

Passo 2: Caracterização das componentes

- Resistência das componentes (junta em flexão)
- Rigidez das componentes (junta em flexão)
- Resistência das componentes (junta solicitada ao corte)

Passo 3: Procedimento de montagem

- Resistência da junta em flexão
- Rigidez da junta em flexão
- Resistência da ligação solicitada ao corte
- Grau de ductilidade da ligação

Passo 4: Classificação da junta e verificações de segurança

- Resistência à flexão
- Rigidez à flexão
- Resistência ao corte
- Ductilidade
- Verificação

4.1.4 Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

Quadro 4.2 – Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

Elementos da ligação	da	Dimensões da viga		
		Pequena ($\approx$ IPE360)	Médio ($\approx$ IPE450)	Grande ($\approx$ IPE600)
Classe do Parafuso		10.9		
Dimensão do parafuso		M27	M30	M36
Número de linhas de parafusos		4	4	6
Chapa de extremidade	de	<i>Espessura:</i> $t_p=(1/2\div 2/3)d$ para juntas de resistência parcial; $t_p=(2/3\div 5/6)d$ para juntas de resistência equivalente; mas deverá ser inferior à espessura dos banzos da coluna. <i>Dimensões:</i> A largura deve ser igual à largura do banzo da coluna. A parte saliente deve ser suficiente para posicionar uma linha de parafusos respeitando as regras dadas em EC3-1-8 (3.5).		
Chapas adicionais		Com colunas HEB e vigas IPE, as chapas adicionais são apenas consideradas quando é necessário ter painel da alma forte. A espessura e as dimensões das chapas adicionais devem respeitadas as regras dadas em EC3-1.8 (6.2.6.1).		
Chapas de continuidade	de	Quadro 4.1		
Detalhes de soldadura	de			

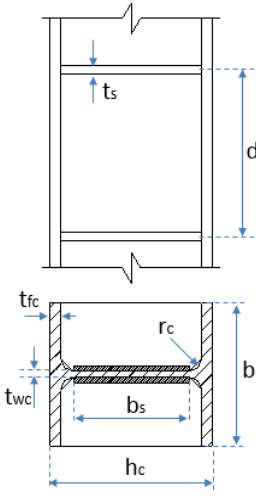
Nota: t_p é a espessura da chapa de extremidade e d é o diâmetro nominal do parafuso.

4.1.5 Procedimento de montagem e verificações

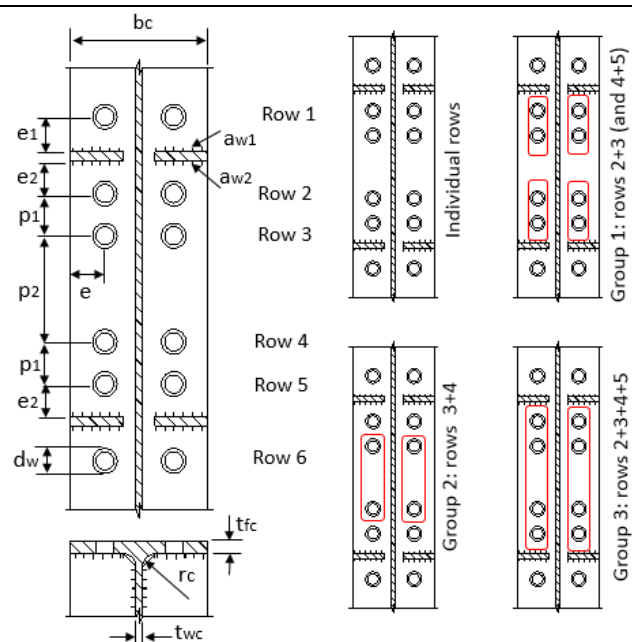
Classificação	Critério	Referências
Resistência à flexão	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: ligação de resistência parcial $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: ligação de resistência total $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: ligação de resistência total $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: painel de alma fraco $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: painel de alma balanceada $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: painel de alma forte com: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ ($i = 1$ to 5 para juntas com 6 fiadas de parafusos e $i = 1$ to 3 para juntas com 4 fiadas de parafusos), é a força de corte na ligação devido às fiadas de parafusos em tração. $F_{fbc,Rd}$ é a resistência dos banzos da viga e alma à compressão.	Equaljoints

Classificação de rigidez	<i>Classificação</i>	Contraventado	Não contraventado	EC3-1-8
	Juntas semi-rígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	5.2.2
	Juntas rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	
	$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$			
Resistência ao corte	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: resistência parcial em corte $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: resistência equivalente em corte $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: resistência total em corte			
Classificação de ductilidade	$\beta_{max} \leq 1.0$: grau de ductilidade 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$: grau de ductilidade 2 com: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$			Equaljoints

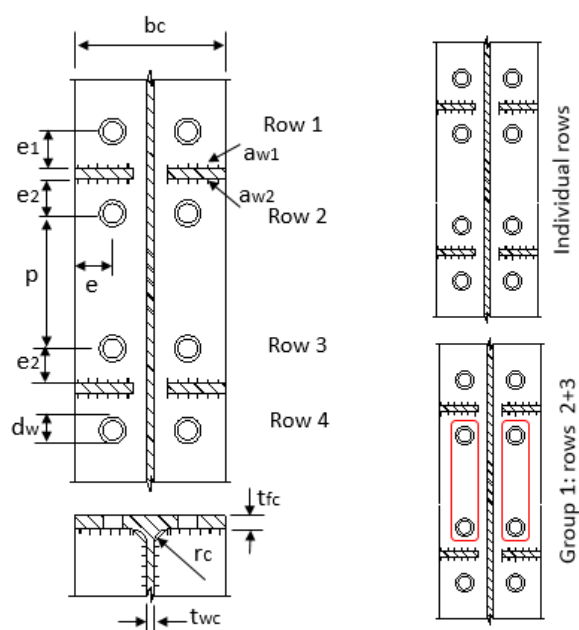
4.1.6 Carcaterização das components (junta em flexão)

Componente	Regras detalhadas	Referências
Painel de alma de coluna solicitado ao corte	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_s^2 f_{y,s}) (b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$  - Painel de alma de coluna solicitado ao corte com reforços de alma transversais e sem placa adicional: $d_s A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}$ - Painel de alma de coluna solicitado ao corte com reforços de alma transversais e com placa adicional: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s$	EC3-1-8 6.2.6.1
Secção transversal da viga em flexão	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ $W_{b,p}$ é o módulo de flexão plástico da secção transversal da viga. $f_{y,b}$ tensão de cedência da viga.	

Banzo de
coluna em
flexão



Casos com 6 fiadas de parafusos



Casos com 4 fiadas de parafusos

Para cada fiada de parafusos ou um grupo de fiadas de parafusos, a resistência é obtida através da seguinte fórmula:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ com}$$

- $F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m + n)}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$

EC3-1-8
6.2.6.4

	em que: $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{Mo}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{Mo}$ $m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$ $n = \min[e, 1.25m] \text{ , com troços circulares pode ser utilizado } n=\infty.$ $e_w = 0.25d_w \text{ (com } d_w \text{ é o diâmetro da anilha)}$ Comprimentos efetivos ❖ <i>Ligação com 6 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fiada 2 (ou fiada 5):</u> <i>Fiada individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Primeira fiada do grupo 1 ou grupo 3</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5 p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fiada 3 (ou fiada 4):</u> <i>Individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$ <i>Última fiada do grupo 1:</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5 p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5 p_1$ <i>Uma fiada do grupo 2:</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5 p_2 + 0.5 \alpha m$ <i>Fiada intermédia de um grupo de 3:</i> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependente de:	
--	---	--

	$\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ Em que: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para a fiada 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para a fiada 2 ou 5}$ ❖ <i>Ligação com 4 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fiada 2:</u> <i>Individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Uma fiada do grupo 2+3</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Fiada 3: semelhante à fiada 2</u> α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependente de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ em que: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para a fiada 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para a fiada 2 ou 3}$	
Chapa de extremidade e em flexão	Row 1 Row 2 Row 3 Row 4 Row 5 Row 6 Individual rows Group 2: 3+4 Group 3: 2+3 (and 4+5)	EC3-1-8 6.2.6.5

	$l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <u>Fiada 2 (ou fiada 5):</u> <i>Fiada individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Primeira fiada do grupo 1 (fiadas 2+3 ou 4+5)</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fiada3 (ou a fiada 4):</u> <i>Fiada individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$ <i>Última fiada do grupo 1 (fiadas 2+3 ou 4+5):</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ <i>Primeira fiada (ou última fiada) do grupo 2 (fiadas 3+4):</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$ <i>Fiada intermédia do grupo 3 (fiadas 2+3+4+5):</i> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ em que: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ a a fiada 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para a fiada 2 ou 5}$ ❖ <i>Ligação com 4 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <u>Fiada 2:</u> <i>Fiada individual:</i>	
--	--	--

	$l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Uma fiada do grupo 2+3</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Fiada 3: semelhante à fiada 2:</u> α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para a fiada 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para a fiada 2 ou 3}$	
Banzo e alma de viga ou de coluna em compressão	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ em que: • h é a altura da viga ligada; • $M_{c,Rd}$ é o valor de cálculo do momento resistente da viga mais a secção transversal do esquadro, reduzido se necessário para permitir para o corte, ver EN 1993-1-1. • t_{fb} é a espessura do banzo da viga ligada.	EC3-1-8 6.2.6.7
Alma da coluna e chapas de continuidade de em compressão	A resistência da alma da coluna e das chapas de continuidade pode ser calculadas por: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ em que: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} é a área das chapas de continuidade (ambos os lados); O fator de redução k_{wc} tem em conta as tensões axiais na alma da coluna, definido em 6.2.6.2(2) do EC3-1-8. O fator de redução ω é dado pelo quadro Quadro 6.3 do EC3-1-8; NB: quando as chapas de continuidade são utilizadas, o fator de redução devido à encurvadura da alma da coluna sob compressão transversal pode ser desprezado. As geometrias (a esbelteza) das chapas de continuidade para satisfazerem esta condição serão apresentadas no Quadro 4.3.1.	EC3-1-8 6.2.6.2

Alma de viga à tração	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ A largura efetiva $b_{eff,t,wb}$ da alma de viga à tração deve ser tida em conta como igual ao comprimento efetivo da peça em T equivalente para a chapa de extremidade em flexão para uma fiada de +parafusos individual ou em grupo.	EC3-1-8 6.2.6.8
Alma de coluna em tração transversal	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ A largura efetiva $b_{eff,t,wc}$ da alma da viga em tração deve ser tomada igual à largura da peça em T equivalente para a chapa de extremidade à flexão para uma fiada de parafusos ou grupo de parafusos. O fator de redução ω é dado pelo Quadro 6.3 do EC3-1-8.	EC3-1-8 6.2.6.3
Parafusos à tração	A resistência de uma fiada de parafusos (dois parafusos) à tração é dada por: $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ em que: • f_{ub} é a tensão de rotura à tração; • A_s é a área útil na rosca.	EC3-1-8 3.6.1

4.1.7 Rigidez das compoennetes (junta em flexão)

Componente	Regras detalhadas	Referências
Painel de alma de coluna solicitado ao corte	$k_1 = \frac{0.38 A_{wc}}{\beta z}$ em que: β é o parâmetro de transformação definido na EN1993-1-8 cl. 5.3(7), e z é o braço do binário.	EC3-1-8 6.3.2
Banzo de coluna em flexão	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_4 = \frac{0.9 b_{eff,cf} t_{fc}^3}{m^3}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos).	EC3-1-8 6.3.2
Chapa de extremidade em flexão	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_5 = \frac{0.9 b_{eff,ep} t_{ep}^3}{m^3}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos).	EC3-1-8 6.3.2

Alma de coluna em tração transversal	Para ligações soldadas reforçadas, k_3 é igual a infinito, enquanto que para ligações não reforçadas é: $k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos) do banzo de coluna em flexão.	EC3-1-8 6.3.2
Parafusos à tração	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_{t0} = 1.6 A_s / L_b$	EC3-1-8 6.3.2

4.1.8 Resistência das componentes (junta solicitada ao corte)

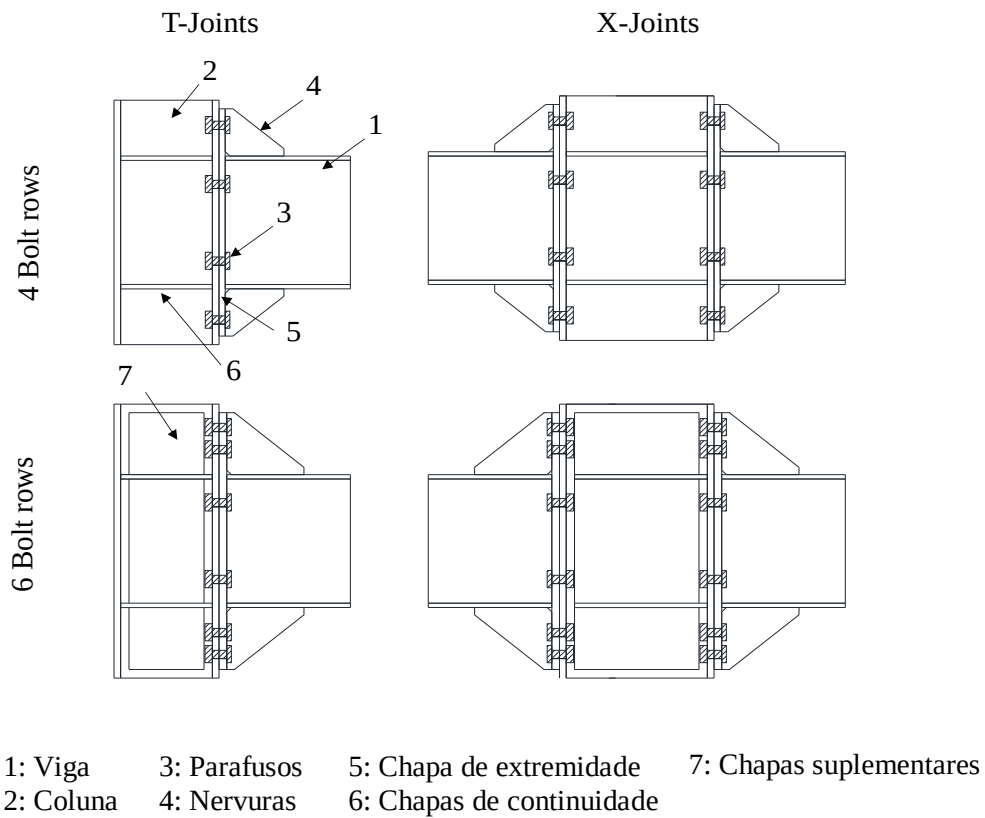
Componente	Regras detalhadas	Referências										
Alma da viga solicitada ao corte	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ em que: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ se } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ se } \bar{\lambda}_w < 0.83$ com $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EC3-1-5 5.3										
Banzo da coluna em esmagamento	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ em que: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b dependendo da direção da transmissão esforços e da posição dos parafusos: <table><tr><td><i>Esforço transversal descendente</i></td><td><i>Esforço transversal ascendente</i></td></tr><tr><td>Fiadas 1, 5 e 6 (ou ^(*) fiadas 1, 3 e 4):</td><td>Fiadas 1, 2 e 6 (ou^(*) fiadas 1, 2 e 4)</td></tr><tr><td>$\alpha_b = 1.0$</td><td>$\alpha_b = 1.0$</td></tr><tr><td>Fiadas 2 e 4 (ou^(*): fiada 2):</td><td>Fiadas 3 e 5 (ou^(*) fiada 3)</td></tr><tr><td>$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$</td><td>$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table>	<i>Esforço transversal descendente</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>	Fiadas 1, 5 e 6 (ou ^(*) fiadas 1, 3 e 4):	Fiadas 1, 2 e 6 (ou ^(*) fiadas 1, 2 e 4)	$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$	Fiadas 2 e 4 (ou ^(*) : fiada 2):	Fiadas 3 e 5 (ou ^(*) fiada 3)	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1
<i>Esforço transversal descendente</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>											
Fiadas 1, 5 e 6 (ou ^(*) fiadas 1, 3 e 4):	Fiadas 1, 2 e 6 (ou ^(*) fiadas 1, 2 e 4)											
$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$											
Fiadas 2 e 4 (ou ^(*) : fiada 2):	Fiadas 3 e 5 (ou ^(*) fiada 3)											
$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$											

	Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$ (*) para juntas com 4 fiadas de parafusos (p₁ deve ser substituído por p)	Fiada 4: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$	
Chapa de extremidade em esmagamento	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u dt_{fc}}{\gamma_{M2}}$ $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ <i>Esforço transversal descendente</i> Fiadas 2 e 6 (ou(*) fiadas 2 e 4): $\alpha_b = 1.0$ Fiadas 1 (ou(*) fiada 1): $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Fiadas 3 e 5 (ou(*) fiada 3): $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Fiada 4: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$ (*) para juntas com 4 fiadas de parafusos (p₁ deve ser substituído por p) <i>Esforço transversal ascendente</i> Fiadas 1 e 5 (ou(*) fiadas 1 e 3): $\alpha_b = 1.0$ Fiada 6 (ou(*) fiada 4): $\alpha_b = \min[1.0, \quad e_x / 3d_0]$ Fiadas 2 e 4 (ou(*) fiada 2): $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$ Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1	
Parafusos ao corte	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.6 \text{ para parafusos 8.8 e } \alpha_v = 0.5 \text{ para parafusos 10.9.}$		EC3-1-8 3.6.1

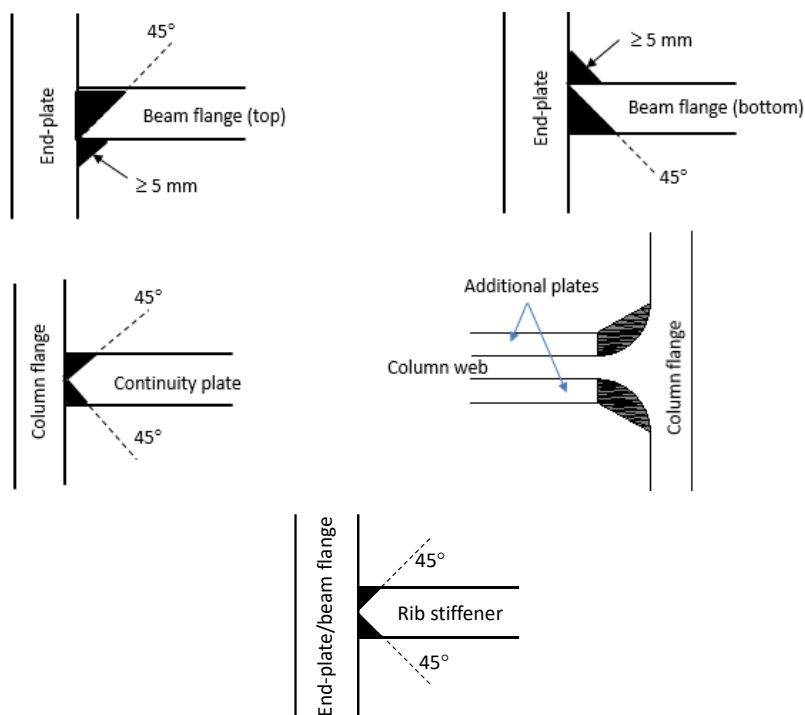
4.2 Juntas com chapa de extremidade saliente reforçada

4.2.1 Descrição da configuração da junta

Descrição de junta com chapa de extremidade saliente reforçada



Detalhe das juntas com soldaduras em bordos arredondados com penetração total



4.2.2 Lista de valores limite para a pré-qualificação

Quadro 4.3 – Valores limite para a pré-qualificação

Elementos	Paramerets	Área de aplicação
Viga	Altura	Máximo=600mm
	Razão vão-altura	Máximo=23, Mínimo=10
	Espessura do banzo	Máximo=19mm
	Material	De S235 a S355
Coluna	Altura	Máximo=550mm
	Espessura do banzo	Máximo=29mm
	Material	De S235 to S355
Altura viga/coluna		0.65-2.15
Chapa de extremidade	Espessura	18-30mm
	Material	De S235 to S355
Chapas de continuidade	Espessura	Igual ou maior do que a espessura do banzo da viga ligada
	Material	De S235 to S355
Chapas adicionais	Espessura	Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta Quadro 4.4
	Material	De S235 to S355
Parafusos		HV ou HR
	Tamanho	Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta Quadro 4.4
	Classe	10.9
	Número de fiadas de parafusos	Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta Quadro 4.4
	Anilha	De acordo com EN 14399-4
	Furos	De acordo com EN1993-1-8
Soldaduras	Chapa de extremidade e banzos da viga	Soldaduras reforçadas em bordos arredondados com penetração total
	Chapas de continuidade e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
	Chapas adicionais e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
	Outras soldaduras	Soldaduras de ângulo: espessura do cordão maior que 0.55 vezes a espessura das chapas ligadas.

4.2.3 Procedimento de dimensionamento

Os três principais passos de dimensionamento das componentes são:

- Caracterização das componentes
- Procedimento de montagem
- Classificação da ligação e verificações de segurança

Procedimento global

Passo 1: Escolha inicial da geometria e materiais da ligação

- Classe do parafuso, tamanho do parafusos e número de fiadas de parafusos
- Espessura e dimensões da chapa de extremidade
- Espessura e dimensões das chapas de continuidade
- Espessura e dimensões de chapas adicionais (se for o caso)
- Especificações das soldaduras

Passo 2: Caracterização das componentes

- Resistência das componentes (junta em flexão)
- Rigidez das componentes (junta em flexão)
- Resistência das componentes (junta solicitada ao corte)

Passo 3: Procedimento de montagem

- Resistência da junta em flexão
- Rigidez da junta em flexão
- Resistência da ligação solicitada ao corte
- Grau de ductilidade da ligação

Passo 4: Classificação da junta e verificações de segurança

- Resistência à flexão
- Rigidez à flexão
- Resistência ao corte
- Ductilidade
- Verificação

4.2.4 Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

Quadro 4.4 – Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

Elementos da ligação	Dimensões da viga		
	Pequena ($\approx$ IPE360)	Média ($\approx$ IPE450)	Alta ($\approx$ IPE600)
Classe do parafuso	10.9		
Classe do parafuso	M27	M30	M36
Tamanho do parafuso	4/6	4/6	6
Número de linhas de parafusos	<i>Espessura:</i> $t_{ep}=(2/3\div5/6) d_b$ para ligações de resistência total poderá ser ligeiramente superior que os banzos da coluna; $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ para juntas equivalentes; mas deverá ser menor que a espessura dos banzos da coluna. <i>Dimensões:</i> A largura deve ser menor ou igual ao banzo da coluna. A parte saliente deve ser suficiente para posicionar uma ou duas linhas de parafusos respeitando as regras dadas em EC3-1-8 (§3.5).		
Chapa de extremidade	A espessura e as dimensões das chapas adicionais devem respeitar as regras dadas em EC3-1.8 (6.2.6.1), caso contrário, devem ser usadas soldaduras de bujão para garantir a resistência necessária das chapas suplementares.		
Chapas adicionais			
Chapas de continuidade			
Nota: t_{ep} é a espessura da chapa de extremidade e d_b é o diâmetro nominal do parafuso.			

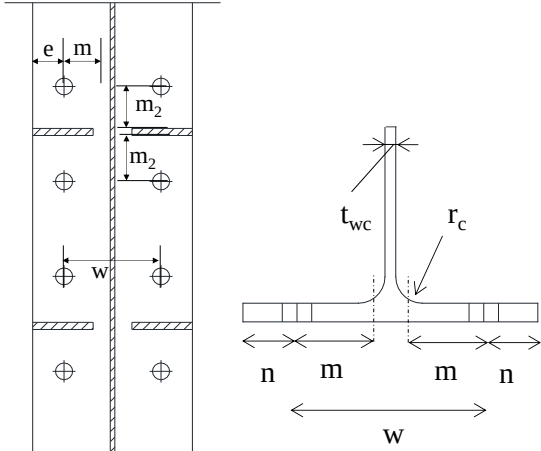
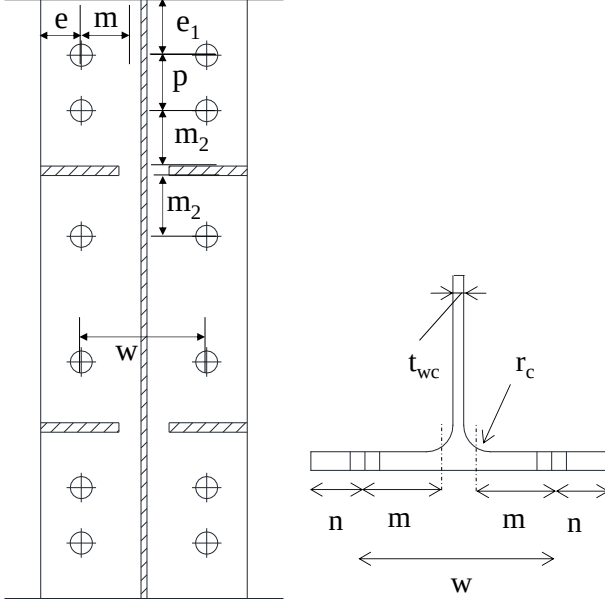
Quadro 4.3

Quadro 4.3

4.2.5 Procedimento de assemblage e verificações

Classificação	Critério			Referências
Resistência à flexão	$M_{con,Rd} \approx M_{Ed}$: ligação de resistência equivalente $M_{con,Rd} > M_{Ed}$: ligação de resistência total $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: painel de alma forte em que: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (I = 1 to 5 para juntas com 6 fiadas de parafusos e i= 1 to 3 para juntas com 4 fiadas de parafusos), é a força de corte na ligação devido às fiadas de parafusos em tração. $V_{fbc,Rd}$ é a resistência do banzo da viga e da alma em compressão.			Equaljoints
Classificação de rigidez	Classificação	Contraventado	Não contraventado	EC3-1-8 5.2.2
	Juntas semi-rígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	
	Juntas rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	
	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$			
Resistência ao corte	$V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: resistência equivalente em corte $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: resistência total em corte			
Classificação de ductilidade	$\beta_{max} \leq 1.0$: grau de ductilidade 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$: grau de ductilidade 2 em que: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$			Equaljoints

4.2.6 Carcaterização das componentes (junta em flexão)

Compone nte	Regras detalhadas	Referências
Banzo de coluna em flexão	Casos com 4 fiadas de parafusos  Casos com 6 fiadas de parafusos 	EC3-1-8 6.2.6.4

Compon ente	Regras detalhadas	Referências
	Para cada fiada de parafusos ou um grupo de fiadas de parafusos, a resistência é obtida através da seguinte fórmula: $F_{c/b,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{ou}$ $F_{c/b,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$ em que: • $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ • $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$ • $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ • $F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$ no qual: $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0.8 r_c)$ $n = \min[e, 1.25m], \text{ com troços circulares pode ser utilizado } n = \infty.$ $e_w = d_w / 4$ d_w é o diâmetro da anilha, ou da largura através dos pontos da cabeça do parafuso ou da porca. *Se se desenvolverem forças de alavanca **se não se desenvolverem força de alavanca NB EC1993-1-8 permite a consideração de forças de alavanca em qualquer caso para ligações aparafusadas. À luz dos resultados descritos no âmbito do projeto EQUALJOINT, esta afirmação não é conservativa e a ativação da força de alavanca deve ser verificada caso a caso.	

Componente	Regras detalhadas	Referências
	Comprimentos efetivos ❖ <i>Ligação com 4 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fiada 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ N.B. Entre a primeira e a segunda fiada de parafusos, nenhum grupo pode ser ativado uma vez que as placas de continuidade foram introduzidas. ❖ <i>Ligação com 6 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ <i>Primeira fiada do grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min[2p; p]$ $l_{eff,nc} = p$ <u>Fiada 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Segunda fiada do grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fiada 3:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α é dado pela Figura 6.11 da EC3-1-8, dependendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ N.B. Entre a primeira e a segunda fiada de parafusos o efeito de grupo pode influencia a resistência da fiada, por outro lado, nenhum efeito de grupo na terceira fiada de parafuso pode ser ativado, uma vez que a chapa de continuidade foi introduzida .	Quadro 6.5 (EC3-1-8)

Componente	Regras detalhadas	Referências
	Comprimentos efetivos ❖ <i>Ligação com 4 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ <u>Fiada 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α é dado pela Figura 6.11 do EC1993-1-8, dependente de: $\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$ ❖ <i>Ligação com 6 fiadas de parafusos</i> <u>Fiada 1:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ <i>Primeira fiada do grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + p \\ 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ <u>Fiada 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Segunda fiada do grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fiada 3:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α é dado pela Figura 6.11 do EC3-1-8.	

Componente	Regras detalhadas	Referências
Banzo e alma de viga ou de coluna em compressão	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} f_{y,b} / (h + \xi b - 0.5 t_{fb})$ • h é a altura da viga ligada; • $M_{c,Rd}$ é o valor de cálculo do momento resistente da viga mais a secção transversal da nervura, reduzido se necessário para permitir para o corte, ver EN 1993-1-1. • t_{fb} é a espessura do banzo da viga ligada. • ξ_b é a posição do centro de compressão; • b é a altura da nervura.	EC3-1-8 6.2.6.7
Alma da coluna e chapas de continuidade em compressão	A resistência da alma da coluna e das chapas de continuidade pode ser calculadas por : $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ em que: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} é a área das chapas de continuidade (ambos os lados); O fator de redução k_{wc} tem em conta as tensões axiais na alma da coluna, definido em 6.2.6.2(2) do EC3-1-8. O fator de redução ω é dado pelo quadro Quadro 6.3 do EC3-1-8; NB: quando as chapas de continuidade são utilizadas, o fator de redução devido à encurvadura da alma da coluna sob compressão transversal pode ser desprezado.	EC3-1-8 6.2.6.2
Alma de viga à tração	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ A largura efetiva $b_{eff,t,wb}$ da alma de viga à tração deve ser tida em conta como igual ao comprimento efetivo da peça em T equivalente para a chapa de extremidade em flexão para uma fiada de +parafusos individual ou em grupo.	EC3-1-8 6.2.6.8
Alma de coluna em tração transversal	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ A largura efetiva $b_{eff,t,wc}$ da alma da viga em tração deve ser tomada igual à largura da peça em T equivalente para a chapa de extremidade À flexão para uma fiada de parafusos ou grupo de parafusos. O fator de redução ω é dado pelo Quadro 6.3 do EC3-1-8.	EC3-1-8 6.2.6.3

Componente	Regras detalhadas	Referências
Parafusos à tração	A resistência de uma fiada de parafusos (dois parafusos) à tração é dada por: $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ em que: f_{ub} é a tensão de rotura à tração; A_s é a área útil na rosca.	EC3-1-8 3.6.1

4.2.7 Rigidez das componentes (junta em flexão)

Componente	Regras detalhadas	Referências
Painel de alma de coluna solicitada ao corte	Para juntas reforçadas, k_1 é igual a infinito, enquanto que para juntas não reforçadas é: $k_1 = \frac{0,38 \cdot A_{vc}}{\beta z}$ em que: β é o parâmetro de transformação definido na EN1993-1-8 cl. 5.3(7), e z é o braço do binário.	EC3-1-8 6.3.2
Banzo de coluna em flexão	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_4 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos).	EC3-1-8 6.3.2
Chapa de extremidade em flexão	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_5 = \frac{0,9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos).	EC3-1-8 6.3.2
Alma de coluna em tração transversal	Para ligações soldadas reforçadas, k_3 é igual a infinito, enquanto que para ligações não reforçadas é: $k_3 = \frac{0,7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ A largura efetiva b_{eff} é o menor valor das larguras efetivas de uma fiada de parafusos (individual ou como parte de um grupo de parafusos) do banzo de coluna em flexão.	EC3-1-8 6.3.2
Parafusos à tração	Para uma fiada de parafusos à tração: $k_{10} = \frac{1,6 \cdot A_s}{L_b}$	EC3-1-8 6.3.2
Nervura no lado	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{L_{Strut}} \cdot \cos(\alpha)$	Equaljoints

comprimido	em que (tal como definido por Lee): $A_e = \frac{\eta(ab - c^2)}{\sqrt{(a - c)^2 + (b - c)^2}}$ $L_e = (0.6)\sqrt{(a^2 + b^2)}$ α á a inclinação da nervura.	
------------	--	--

4.2.8 Resistência das componentes (junta solicitada ao corte)

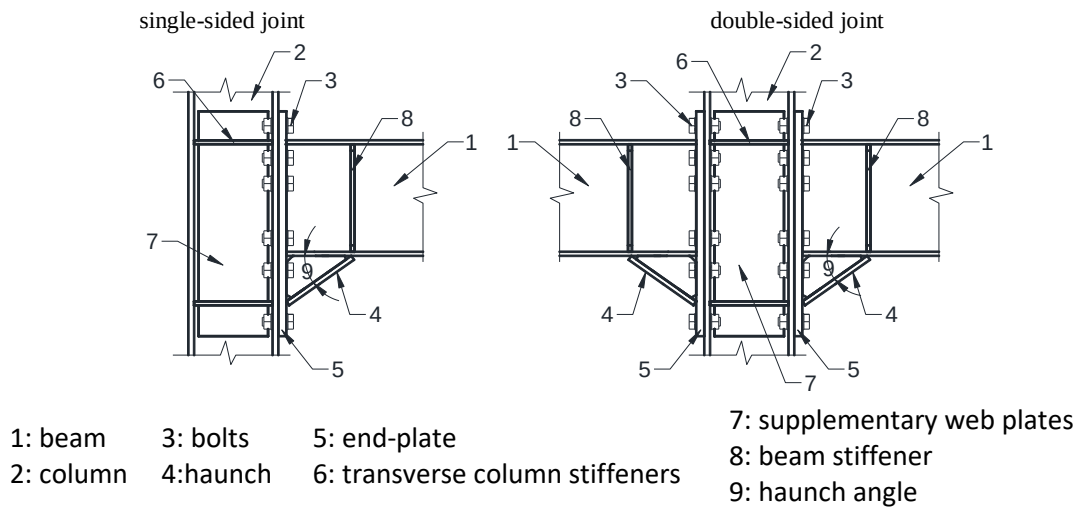
Componente	Regras detalhadas	Referências												
Alma da viga solicitada ao corte	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ em que: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w$ se $\bar{\lambda}_w \geq 0.83$; $\chi_w = 1.0$ se $\bar{\lambda}_w < 0.83$ com $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EC3-1-5 5.3												
Banzo da coluna em esmagamento	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d_{fc}}{\gamma_{M2}}$ em que: para parafusos de extremidade: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ para parafusos interiores: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b dependendo da direção da transmissão esforços e da posição dos parafusos: Ligação com 4 fiadas de parafusos <table><tr><td><i>Esforço transverso descendente</i></td><td><i>Esforço transverso ascendente</i></td></tr><tr><td>Fiadas 1, 3 e 4: $\alpha_b = 1.0$</td><td>Fiadas 1, 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$</td></tr><tr><td>Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td><td>Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table> Ligação com 6 fiadas de parafusos <table><tr><td><i>Esforço transverso descendente</i></td><td><i>Esforço transverso ascendente</i></td></tr><tr><td>Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td><td>Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$</td></tr><tr><td>Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = 1.0$</td><td>Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table>	<i>Esforço transverso descendente</i>	<i>Esforço transverso ascendente</i>	Fiadas 1, 3 e 4: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 1, 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$	Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Esforço transverso descendente</i>	<i>Esforço transverso ascendente</i>	Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1
<i>Esforço transverso descendente</i>	<i>Esforço transverso ascendente</i>													
Fiadas 1, 3 e 4: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 1, 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$													
Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$													
<i>Esforço transverso descendente</i>	<i>Esforço transverso ascendente</i>													
Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$													
Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$													
Chapa de extremidade em	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d_{fc}}{\gamma_{M2}}$	EC3-1-8 3.6.1												

esmagamento	para parafusos de extremidade: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ para parafusos interiores: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$ α_b dependendo da direção da transmissão esforços e da posição dos parafusos: Ligação com 4 fiadas de parafusos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Esforço descendente</i></th><th style="text-align: left;"><i>transverso</i></th><th style="text-align: left;"><i>Esforço transversal ascendente</i></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td><td></td><td>Fiada 1 e 3: $\alpha_b = 1.0$</td></tr> <tr> <td>Fiada 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$</td><td></td><td>Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr> <tr> <td>Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td><td></td><td>Fiada 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td></tr> </tbody> </table> Ligação com 6 fiadas de parafusos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Esforço descendente</i></th><th style="text-align: left;"><i>transverso</i></th><th style="text-align: left;"><i>Esforço transversal ascendente</i></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td><td></td><td>Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr> <tr> <td>Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td><td></td><td>Fiadas 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$</td></tr> <tr> <td>Fiadas 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$</td><td></td><td>Fiada 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td></tr> </tbody> </table>	<i>Esforço descendente</i>	<i>transverso</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>	Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Fiada 1 e 3: $\alpha_b = 1.0$	Fiada 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$		Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$	Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fiada 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$	<i>Esforço descendente</i>	<i>transverso</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>	Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$	Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fiadas 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$	Fiadas 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$		Fiada 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$	
<i>Esforço descendente</i>	<i>transverso</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>																								
Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Fiada 1 e 3: $\alpha_b = 1.0$																								
Fiada 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$		Fiada 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$																								
Fiada 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fiada 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$																								
<i>Esforço descendente</i>	<i>transverso</i>	<i>Esforço transversal ascendente</i>																								
Fiada 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Fiadas 1, 3 e 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$																								
Fiadas 2, 4 e 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fiadas 2 e 4: $\alpha_b = 1.0$																								
Fiadas 3 e 5: $\alpha_b = 1.0$		Fiada 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$																								
Parafusos ao corte	Para uma fiada de parafusos (dois parafusos) ao corte: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.5$ para parafusos 10.9.	EC3-1-8 3.6.1																								

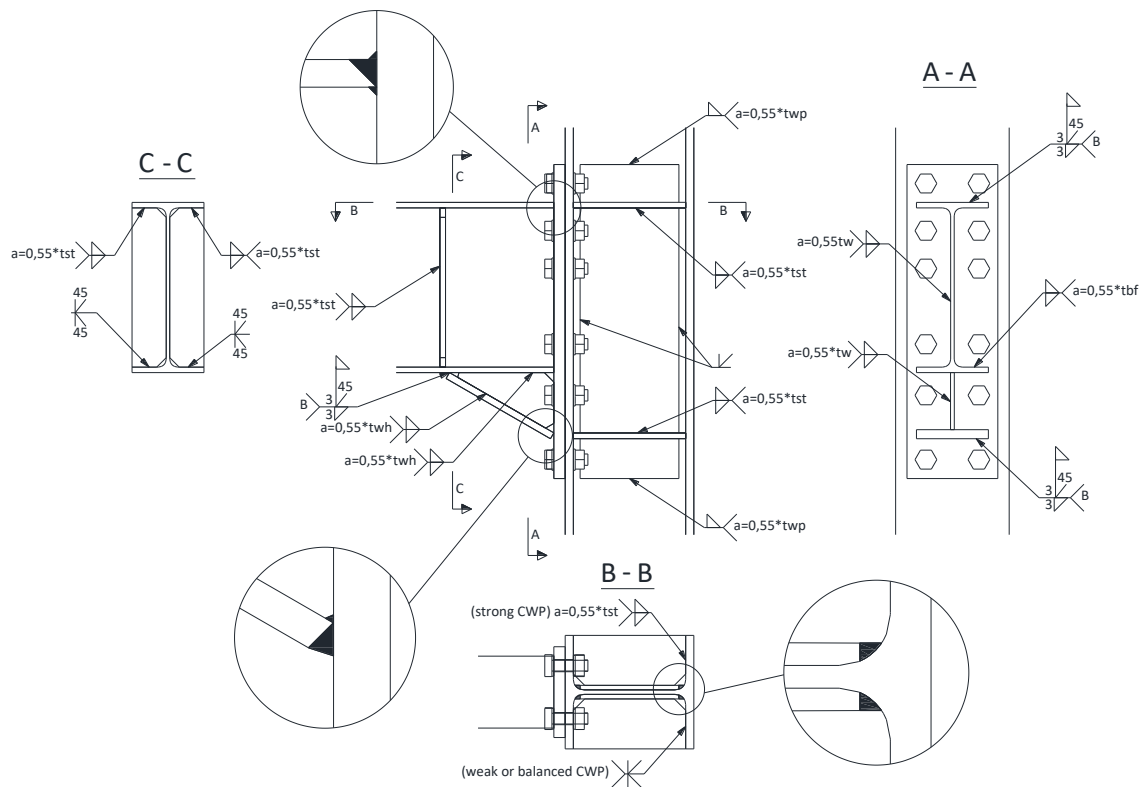
4.3 Juntas com esquadro

4.3.1 Descrição da configuração da junta

Descrição de juntas com esquadro



Detalhe de soldaduras para juntas com esquadro



4.3.2 Lista de valores limite para a pré-qualificação

Quadro 4.5 - Valores limite para a pré-qualificação

Elementos	Intervalo de aplicação
<i>Viga</i>	Vigas de banzo largo laminadas a quente desde IPE330 até IPE600. As secções transversais devem ser de Classe 1 de acordo com a EN 1993-1-1. Vigas compostas com secções transversais semelhantes podem ser utilizadas, desde que as soldaduras entre a alma e os banzos sejam em bordos arredondados de penetração total.
Altura	De 330 a 600 mm
Razão entre o vão livre e a altura (entre a localização das rótulas plásticas assumida)	Mínimo 7
Espessura do banzo	Mínimo: 11 mm Máximo: 21 mm* (10% extrapolação com respeito ao máximo testado)
Material	De S235 a S355
<i>Coluna</i>	Vigas de banzo largo laminadas a quente desde HEB260/HEM260 até HEB550/HEM550. As secções transversais devem ser de Classe 1 de acordo com a EN 1993-1-1. Vigas compostas com secções transversais semelhantes podem ser utilizadas, desde que as soldaduras entre a alma e os banzos sejam em bordos arredondados de penetração total.
Altura	De 260 a 550 mm
Espessura do banzo	Mínimo: 17.5 mm Máximo: 40 mm
Material	De S235 a S355
Altura viga/coluna	0.60-2.00
<i>Chapa de extremidade</i>	20-40
Espessura	Mínimo: 20 mm Máximo: 40 mm
Largura	Mínimo: largura do banzo da viga + 30 mm Máximo: largura do banzo da coluna
Material	De S235 a S355
<i>Reforços transversais da coluna e reforços da viga</i>	De acordo com o especificado na EN 193-1-8 e na EN 1998-1.
Material	De S235 a S355
<i>Chapas suplementares da alma</i>	De acordo com o especificado na EN 1993-1-8 e na EN 1998-1. É permitida a consideração da área total das chapas suplementares da alma no cálculo da resistência ao esforço transversal do painel da alma da coluna.
Altura	Pelo menos igual à altura da chapa de extremidade.
Material	De S235 a S355
<i>Parafusos</i>	Parafusos estruturais de alta resistência assemblados para pré-esforço, e acordo com EN 14399-3 (sistema HR) e a EN 14399-

	4 (sistema HV). Os parafusos devem ser esforçados de acordo com a EN 1090-2.
Tamanho	M24 a M36
Grade	8.8 ou 10.9
Furos	De acordo com a EN 1993-1-8
<i>Esquadro</i>	
Ângulo	O angulo entre o banzo do esquadro e o banzo inferior da viga pode variar entre 30° e 45°.
<i>Soldaduras</i>	
Chapa de extremidade e o banzo superior da viga e o banzo do esquadro	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total reforçadas
Chapas de continuidade e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
Chapas suplementares da alma e banzos da coluna	Soldaduras em bordos arredondados com penetração total
Outras soldaduras	Cordões de soldadura em ambos os lados com espessura maior do que 0.55 vezes a espessura das chapas ligadas

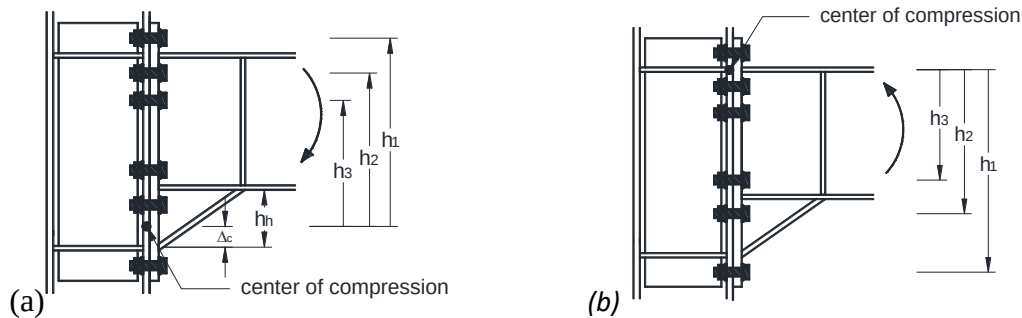
4.3.3 Processo de dimensionamento

As simulações numéricas realizadas no projeto EQUALJOINTS mostram que para momento fletor negativo o centro de compressão localiza-se à distancia Δ_c acima do banzo do esquadro. Com base nos resultados obtidos até ao momento, pode-se assumir que o centro de compressão desloca-se para cima cerca e 50% da altura do esquadro ($\Delta_c = 0.45 h_h$). Para momento fletor positivo, a usualmente considera-se que o centro de compressão localiza-se no meio do banzo compri. Por outro lado, as fiadas de parafusos localizadas perto do centro de compressão desenvolvem forças de tração desprezáveis, devido à flexibilidade da chapa de extremidade e da ductilidade limitada das fiadas de parafusos no banzo tracionado.

Consequentemente, foi assumido que apenas as fiadas de parafusos que estão acima da meia altura da secção transversal da viga (sem considerar o esquadro) estão ativas sob momento negativo. Quando sujeitas a momento positivo, apenas as fiadas de parafusos localizadas além da meia altura da secção transversal da viga incluindo o esquadro são consideradas com ativas.

O painel da alma da coluna pode ser dimensionado para ser balanceada com a viga, partilhando com as posteriores exigências deformações plásticas, ou para serem mais resistentes do que a viga.

Centro de compressão das fiadas de parafusos ativas em compressão para momento fletor (a) negativo e (b) positivo.



Procediemnto global

Passo 1: Escolha inicial da geometria da ligação e materiais

- Classe do parafuso, dimensão do parafusos e número de fiadas de parafusos
- Espessura e dimensão da chapa de extremidade
- Espessura e dimensões do esquadro
- Espessura e dimensões dos reforços transversais
- Espessura e dimensões das chapas suplementares da alma
- Especificação das soldaduras

Passo 2: Caracterização das componentes

- Resistência das componentes (junta sujeita a momento)
- Rigidez das componentes (junta sujeita a momento)
- Resistência das componentes (junta sujeita a corte)

Passo 3: Procedimento de assemblagem

- Resistência da ligação sujeita a momento
- Resistência da ligação sujeita a corte
- Resistência do painel da alma da coluna
- Rigidez da junta sujeita a momento

Passo 4: Classificação da ligação e verificações

4.3.4 Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

Quadro 4.6 – Escolha inicial da geometria e dos materiais da junta

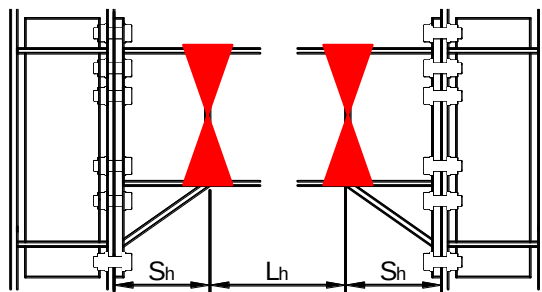
Elementos a ligar	Dimensões da viga		
	Pequeno ($\approx$ IPE360)	Médio ($\approx$ IPE450)	Grande ($\approx$ IPE600)
Classe do parafusos	10.9		
Tamanho do parafuso	M27	M30	M36
Número de fiadas de parafusos	6	6	6
Chapa de extremidade	<i>Espessura:</i> $t_{ep}=d_b$. <i>Dimensões:</i> A largura deve ser maior que a largura do banzo da viga (pelo menos 30 mm, de modo a acomodar a soldadura) e menor do que o banzo da coluna. A parte saliente deve ser suficiente para permitir uma fiada de parafusos, respeitando as regras preconizadas na EN 1993-1-8 (§3.5).		
Esquadro	A largura do banzo do esquadro deve ser igual à largura do banzo da viga A espessura do banzo do esquadro deve ser maior do que γ_{ov} vezes a espessura do banzo da viga. A espessura da alma do esquadro deve ser igual ou maior do que a espessura da alma da viga. Altura do esquadro: • $h_h = 0.4 \cdot h_b$ para ângulo do esquadro de $30^\circ \leq \alpha < 40^\circ$; • $h_h = 0.5 \cdot h_b$ para ângulo do esquadro de $40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$.		
Chapa suplementares da alma	A espessura e as dimensões das chapas suplementares da alma devem respeitar as regras presentes na EN 1993-1-8 (§ 6.2.6.1), caso contrário soldaduras de bujão deverão ser utilizadas para garantir a resistência de estabilidade das chapas suplementares.		
Reforços transversais	Quadro 4.5		
Detalhes da soldadura			

Nota: t_{ep} é a espessura da chapa de extremidade e d_b é o diâmetro nominal do parafuso.

4.3.5 Procedimento de montagem e verificações

Tipo de classificação	Critério	Referência															
Resistência da ligação em flexão	Ligações de resistência total: $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$	Equaljoints															
Resistência da ligação solicitada ao corte	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$	Equaljoints															
Resistência do painel de alma de coluna solicitado ao corte	Painel da alma forte: $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ com $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$	Equaljoints															
Classificação segundo a rigidez	<table> <tr> <td>Classificação</td><td>Contraventad</td><td>Não contraventado</td></tr> <tr> <td></td><td>0</td><td></td></tr> <tr> <td>Juntas semi-rígidas</td><td>$0.5 \leq k_b < 8$</td><td>$0.5 \leq k_b < 25$</td></tr> <tr> <td>Juntas rígidas</td><td>$k_b \geq 8$</td><td>$k_b \geq 25$</td></tr> <tr> <td colspan="3">$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$</td></tr> </table>	Classificação	Contraventad	Não contraventado		0		Juntas semi-rígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Juntas rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$			EC3-1-8 5.2.2
Classificação	Contraventad	Não contraventado															
	0																
Juntas semi-rígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$															
Juntas rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$															
$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$																	

Determinação do valor de cálculo do momento resistente na face da coluna e correspondente força de corte.



O valor de cálculo do momento resistente na face da coluna corresponde à cedência e a endurecimento da rotula plástica na extremidade do esquadro, dado por:

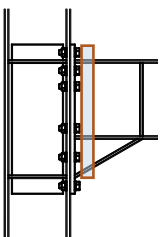
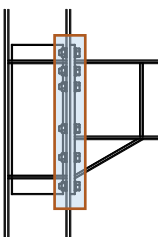
$$M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$$

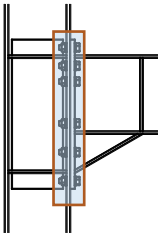
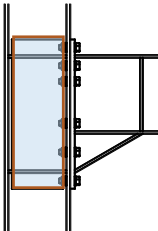
O valor de cálculo da resistência ao esforço transversal da ligação $V_{con,Ed}$ é determinado com base no pressuposto de rotulas plásticas totalmente plastificadas e endurecidas em ambas as extremidades da viga:

$$V_{con,Ed} \cong V_{b,Ed} = V_{Ed,M} + V_{Ed,G}$$

em que:

$M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$ é o momento plástico esperado no local das rotulas plásticas;

$W_{pl,beam}$ é o módulo de flexão plástico da viga; $f_{y,beam}$ é tensão de cedência mínima especificada do elemento; γ_{sh} é o coeficiente de endurecimento para ter em conta o pico de resistência da ligação; γ_{ov} é o fator de sobre resistência do material; $V_{Ed,M}$ é o valor de cálculo do esforço transversal devido à aplicação dos momentos plásticos; $V_{Ed,G}$ é o valor de cálculo do esforço transversal devido às cargas não sísmicas; s_h é a distância desde a face da coluna à rótula plástica; L_h é a distância entre rótulas plásticas. Nota: os testes experimentais mostram que as rótulas plásticas formam-se a uma distância da extremidade da viga. Uma localização mais exata pode ser utilizada se necessário.	
<u>Verificação da extremidade da viga incluindo o esquadro</u> A verificação de segurança da extremidade da viga incluindo o esquadro é feita segundo a EN 1993-1-1 para o valor de cálculo do momento fletor expectável na face da coluna: $\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$ em que: $M_{bh,Rd}$ é o momento plástico resistente da peça em T composta pelo banzo superior da viga, banzo do esquadro e alma da viga-esquadro, desprezando o banzo inferior da viga, ver subcláusula 6.2.6.7 da EN 1993-1-8; $M_{con,Ed}$ é o momento máximo expectável na face da coluna. De modo a ter em conta a possível sobre resistência do material na viga considerando o esquadro, a espessura do banzo do esquadro deve ser aumentada por γ_{ov}.	
<u>Verificação da resistência da chapa de extremidade à flexão.</u> Verificação da resistência da ligação em flexão sujeita a momento negativo/positivo: $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ em que $M_{con,Rd}$ é o valor de cálculo do momento fletor da ligação. As componentes seguintes são utilizadas para obter o momento fletor resistente da ligação: • Banzo da coluna em flexão; • Chapa de extremidade em flexão;	

• Alma da viga à tração; • Alma da coluna em tração transversal; • Alma da coluna em compressão transversal. $M_{con,Rd}$ é determinado de acordo com a EN 1993-1-8, com as seguintes modificações: • Quando sujeita a momento negativo apenas as fiadas de parafusos acima da meia-altura da secção transversal da viga (excluindo o esquadro) são consideradas como ativas; • Quando sujeita a momento positivo, apenas as fiadas de parafusos abaixo da meia-altura da secção transversal da viga incluindo o esquadro são consideradas como ativas; • Para momento negativo, o centro de compressão é deslocado para cima certa de 0.50% da altura do esquadro ($\Delta_c = 0.5 h_h$); • As componentes seguintes não são tidas em conta: painel de alma de coluna solicitado ao corte, banzo de viga e alma (e esquadro) em compressão.	
<u>Verificação da resistência da ligação ao corte</u> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ em que $V_{con,Rd}$ é a resistência da ligação ao corte. As seguintes componentes são consideradas para obter a resistência ao esforço transversal da ligação: • Alma da viga solicitada ao corte; • Parafusos em esmagamento no banzo da coluna; • Parafusos em esmagamento na chapa de extremidade; • Parafusos ao corte. Apenas os parafusos não contabilizados para a resistência à flexão da ligação devem ser verificados.	
<u>Verificação do painel de alma de coluna</u> O valor de cálculo do esforço transversal no painel de alma de coluna é determinado com base no momento fletor e nas forças de corte que atuam no painel de alma. $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$ em que $V_{wp,Ed}$ é o valor de cálculo do esforço transversal; $V_{c,Ed}$ é o esforço transversal na coluna; z é o braço do binário. Para um painel de alma forte, o valor de cálculo do esforço transversal deve ser obtido tendo em conta o desenvolvimento da plastificação total e endurecimento das rótulas plásticas na viga: $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ A resistência do painel de alma de coluna é verificada pela seguinte relação:	

$\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$ $V_{wp,Rd}$ é determinado de acordo com a EN 1993-1-8. As seguintes limitações aplicam-se: • É permitido considerar a área total das chapas suplementares de alma no cálculo da resistência adicional ao esforço transversal do painel de alma de coluna. • A resistência ao esforço transversal adicional $V_{wp,add,Rd}$ devido aos banzos da coluna e aos reforços transversais pode ser desprezada.	
--	--

4.3.6 Caracterização das componentes

Componente	Regras detalhadas	Referências
Painel de alma de coluna solicitado ao corte	Regras da EN 1993-1-8, 6.2.6.1 aplicam-se, com as seguintes observações: • É permitido considerar a área total das chapas suplementares de alma no cálculo da resistência ao esforço transversal adicional o painel de alma de coluna; • A resistência ao esforço transversal adicional $V_{wp,add,Rd}$ devido aos banzos da coluna e aos reforços transversais pode ser desprezada.	EN 1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Banzo de coluna em flexão	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Chapa de extremidade em flexão	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Alma de coluna em compressão	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Alma de viga à tração	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2
Alma de coluna em tração transversal	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2
Alma de viga solicitada ao corte	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-1 6.2.6
Parafusos em esmagamento	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se..	EN 1993-1-8 3.6.1

Componente	Regras detalhadas	Referências
to no banzo da coluna		
Parafusos em esmagamento na chapa de extremidade	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 3.6.1
Parafusos ao corte	Regras da EN 1993-1-8 aplicam-se.	EN 1993-1-8 3.6.1

4.3.7 Classificação da rigidez

Juntas com chapa de extremidade estendida e esquadro podem ser consideradas como rígidas,

- resistência do painel de alma de coluna é obtida através da equação (6.7) da EN 1993-1-8, desprezando a resistência ao esforço transversal adicional $V_{wp,add,Rd}$ devido aos banzos da coluna e aos reforços transversais;
- modelo da linha média é utilizado para a análise estrutural global;
- parafusos da categoria E (totalmente pré-esforçados) de acordo com a EN 1993-1-8.

As regras da EN 1993-1-8 podem ser utilizadas para quantificar rigidez da ligação e do painel de alma de coluna. Modelação avançada da ligação e do painel de alma de coluna pode ser utilizado para a análise global estrutural, se necessário.

4.3.8 Classificação da ductilidade

Juntas viga-coluna com chapa de extremidade estendida e com esquadro dimensionadas de acordo com as especificações abaixo são consideradas habilitadas para aplicação em sistemas estruturais DCH e DCM (pórticos simples, pórticos com contraventamento centrado e pórticos com contraventamento excêntrico).

É baseado no facto de que todas as ligações testadas satisfazem os seguintes requisitos (ANSI/AISC 341-16):

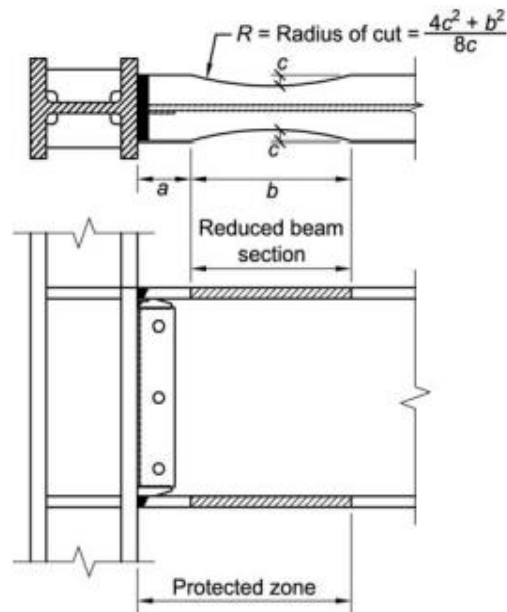
- A ligação foi capaz de acomodar um ângulo de deslocamento do piso de pelo menos 0.04 rad;
- A resistência à flexão da ligação medida, determinada na face da coluna, foi igual a pelo menos 0.80Mp da viga ligada no piso com um ângulo de 0.04 rad.

O utilizador é advertido embora o deslocamento do piso corresponde a uma descida de 20% do momento máximo era menor do que 0.04 rad (mas maior do que 0.03 rad) para esquadros.

4.4 Juntas dog-bone

4.4.1 Descrição da configuração da junta

Configuração e dimensões de junta com Viga de Secção Reduzida



4.4.2 Procedimento de dimensionamento

O dimensionamento segue os requisitos da AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) and AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings).

O dimensionamento segue os seguintes procedimentos:

1. Verificação da encurvadura local da viga para compacidade sísmica
$$b_{bf}/(2t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{E/f_y}$$
2. Verificação da encurvadura local da coluna para compacidade sísmica
$$b_{cf}/(2t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{E/f_y}$$
3. Verificação dos limites da viga segundo AISC 358 Sect 5.3.1
De modo algum se baseia nos testes realizados no projeto *Equaljoints*, o tamanho das vigas pode ser estendido até à altura de W36 a W44 o que demonstra o comportamento adequado sob os requisitos de pré-qualificação.
4. Verificação dos limites da coluna segundo AISC 358 Sect 5.3.2
De modo algum se baseia nos testes realizados no projeto *Equaljoints*, o tamanho das vigas pode ser estendido até à altura de W36 a W40 o que demonstra o comportamento adequado sob os requisitos de pré-qualificação.
5. Cálculo do modulo plástico no centro da secção da viga reduzida (AISC 358 Sect 5.8, Step 2)

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

em que:

Z_{RBS} é o módulo plástico da secção no centro da viga reduzida

$Z_{pl.x}$ é o modulo plástico da secção segundo o eixo x-x para a secção da viga

t_{fb} é a espessura do banzo da viga

h_b é a altura da viga

c é a altura de um corte no centro da secção da viga reduzida

6. Cálculo do momento máximo provável na secção da viga reduzida (AISC 358 Sect 5.8 Step 3)

$$M_{pr} = M_{RBS} = C_{pr} R_y f_y Z_e$$

em que:

C_{pr} é o fator que tem em conta o pico de resistência, incluindo o endurecimento, restrição local, reforço adicional, e outras condições da ligação, determinado por:

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2 f_y} \leq 1.2$$

R_y razão entre a tensão de cedência expectável e o mínimo especificado, f_y

7. Cálculo do esforço transversal no centro da RBS (AISC 358 Sect 5.8 Step 4)

$$V_p = V_{RBS} = 2 M_{pr} / L_h + V_g$$

8. Cálculo do esforço de corte correspondente na coluna

$$V_c = N_b V_e L_b / (N_c h_c)$$

9. Cálculo do momento máximo provável na face da coluna (AISC 358 Sect 5.8 Step 5)

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h + M_g$$

Where:

$$M_g = \frac{1}{2} W_{ub} S_h^2$$

10. Cálculo do momento plástico espectável na viga (AISC 358 Sect 5.8 Step 6)

$$M_{pe} = R_y f_y Z_{bx}$$

11. Verificação se a resistência à flexão não excede $\Phi_d M_{pe}$ (AISC 358 Sect 5.8 Step 7)

$$M_f < \Phi_d M_{pe}$$

12. Cálculo e verificação da força concentrada na coluna

$$P_b \leq \Phi f_y w_{tw} (5k + l_b)$$

$$\leq \Phi 0.8 t_w^2 [1 + 3 (l_b / d) (t_w / t_f)^{1.5}] (E f_{yw} t_f / t_w)^{1/2}$$

$$\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_f^2$$

em que:

$$P_b = M_f b_{fb} t_{fb} / Z_x$$

13. Verificação da razão momento coluna-viga (AISC 341 Sect. 9.6)

$$\Sigma M_{pc}^* / \Sigma M_{pb}^* > 1.0$$

em que:

ΣM_{pc}^* é a soma dos momentos na coluna acima e abaixo da junta na interseção do eixo da viga com o eixo da coluna

$$= \Sigma [Z_c (f_{yc} - P_{uc} / A_g) + V_c d_b / 2]$$

ΣM_{pb}^* é a soma dos momentos nas vigas na interseção do eixo da viga com o eixo da coluna

$$= N_b M_{RBS} + \Sigma M_v$$

ΣM_v é o momento adicional devido à amplificação do corte devido à localização da rótula plástica no eixo da coluna

$$= (V_{RBS} + V'_{RBS}) (a + b / 2 + d_c / 2)$$

14. Verificação da resistência do painel de alma de coluna (AISC341 Sect 9.3)

$$0.75 P_c > P_r$$

$$\phi_v R_n > \Sigma M_f / (d_b - t_{fb}) - V_c$$

15. Cálculo da espessura requerida para a chapa dupla

$$R_u \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ndp}$$

$$t_{dp} \geq (R_u - \phi R_{ncol}) / (0.6 f_y d_c)$$

16. Verificação da espessura requerida da alma da coluna e das chapas duplas providenciadas

$$t \geq (d_z + w_z) / 90$$

17. Verificação se é requerida chapas de continuidade (AISC 358 Step 10)

$$t_{fc} \geq 0.4 [1.8 b_b f_t b_f (F_{yb} R_{yb}) / (F_{yc} R_{yc})] 0.5$$

$$t_{fc} \geq b_{fb} / 6 \text{ or } 12$$

18. Cálculo da espessura requerida para as chapas de continuidade

$$\text{Check 1: } t_s \geq 0.5 t_{bf}$$

$$\text{Check 2: } P_b \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ncp}$$

$$t_s \geq (P_b - \phi R_{ncol}) / (0.9 f_y b_{bf})$$

O dimensionamento segue as especificações da AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) and AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings). O que é em consistência com os testes propostos realizados no âmbito do projeto que não examinam o dimensionamento Europeu de secções Europeias, mas em vez disso se foca em validar o uso de aços superiores Europeus dimensionados de acordo com as especificações Americanas e adotadas na prática Americana de construção.

5. REFERÊNCIAS

- [1] CEN (2005). “EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints”, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- [2] ECCS (2018). “Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints”, 1st edition.

Disclaimer

This software enables the user to access a database of seismically prequalified steel joints and also calculates the resistance of beam-to-column joints according to EC3-1-8 and EQUALJOINTS project specifications.

No warranty is given to the user of the software. The user agrees to indemnify and hold harmless from any claim and any direct and/or indirect loss or damage, including but not limited to those resulting from an incorrect use and/or a use made for an inadequate or inappropriate purpose.

Copyright

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE)
Department of Civil Engineering, University of Coimbra

WARNING

This program is protected by copyright law. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any parts of it, may result in severe civil and criminal penalties.