





TEORIA

da pág. **5**

O parafuso certo de acordo com o contexto

Para garantir a vida útil esperada das ligações e assegurar uma resistência e durabilidade adequadas, a escolha do parafuso deve ter em conta a sua resistência à corrosão, a incidência das deformações da madeira na sua resistência mecânica, o seu comportamento em condições de incêndio e o suporte em que é instalado.

CORROSÃO	da pág. 6
RETRAÇÃO e DILATAÇÃO	da pág. 24
FOGO	da pág. 32
APLICAÇÕES e CONECTORES	da pág. 46
MATERIAIS	da pág. 55





PRÁTICA

da pág. **57**

Como instalar corretamente?

Após a escolha do parafuso, é necessário instalá-lo corretamente, de acordo com o tipo de ligação em que será utilizado, tendo em conta os materiais presentes e utilizando equipamento adequado para o tipo de aplicação.

DISTÂNCIAS MÍNIMAS e PRÉ-FURO	da pág. 58
MOMENTO DE INTRODUÇÃO	da pág. 60
MADEIRA-MADEIRA	da pág. 62
METAL-MADEIRA	da pág. 63
APARAFUSADORES	da pág. 70





CORROSÃO

CLASSES DE CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA



FATORES DE INFLUÊNCIA

A corrosão causada pela atmosfera depende da humidade relativa, da poluição atmosférica, do teor de cloretos e se a ligação é interna, externa protegida ou externa. A exposição é descrita pela categoria C_F que se baseia na categoria C, tal como definida na norma EN ISO 9223. A corrosividade atmosférica afeta apenas a parte exposta do conector.





presença de cloretos



poluição

CLASSES DE SERVIÇO



FATORES DE INFLUÊNCIA

As classes de serviço estão relacionadas com as condições termo-higrométricas do ambiente em que um elemento estrutural de madeira está inserido. Ligam a temperatura e humidade do ambiente circundante com o teor de água dentro do material.





exposição



nível de humidade

CLASSES DE CORROSIVIDADE DA MADEIRA



FATORES DE INFLUÊNCIA

A corrosão causada pela madeira depende da espécie lenhosa, do tratamento da madeira e do teor de humidade. A exposição é definida pela categoria T_F, tal como indicado.

A corrosividade da madeira afeta apenas a parte do conector inserida no elemento de madeira.







CLASSES DE SERVIÇO - SC

[Definidas de acordo com a nova geração do Eurocódigo 5 (prEN 1995-1-1)⁽⁶⁾]



HUMIDADE ATMOSFÉRICA E HUMIDADE DA MADEIRA

Média anual(2)

humidade atmosférica relativa do ar circundante		50%	75%	85%	(3)
humidade da madeira correspondente ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	8	(10%)	(16%)	(18%)	saturado
Máximo ⁽¹⁾					
humidade atmosférica relativa do ar circundante		65%	85%	95%	(3)
humidade da madeira correspondente ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	3	(12%)	(20%)	(24%)	saturado

⁽¹⁾ O limite superior de humidade relativa não deve ser ultrapassado durante mais do que algumas semanas consecutivas por ano.

⁽²⁾ A humidade relativa média anual durante um período de dez anos é utilizada para atribuir elementos de madeira às categorias de corrosividade para elementos de haste cilíndrica de aço.

⁽³⁾O teor de humidade dos elementos em SC4 (na sua maioria completamente saturados) é influenciado pelo elemento circundante (por exemplo, solo ou água).

⁽⁴⁾ O teor de humidade pode não se aplicar a LVL ou aos produtos em painéis à base de madeira.

⁽⁵⁾ Humidade representativa correspondente de SWB (Solid Wood Based - elementos à base de madeira macica).

⁽⁶⁾ prEN 1995-1-1 (n.d.) Basis of design and materials - Final draft (22.01.2021) - Project team SC5.T3 & SC5/WG10, CEN.

CLASSES DE CORROSIVIDADE ATMOSFÉRICA - C

[Definidas de acordo com a EN 14592:2022 com base na EN ISO 9223]



AMBIENTE

HUMIDADE

condensação rara

condensação rara

EXPOSIÇÃO AOS CLORETOS

taxa de deposição de cloreto [mg/m²d] > 10 km

≤ 3

9000000

EXPOSIÇÃO AOS AGENTES POLUENTES

nível de poluição teor de dióxido de enxofre [μg/m³] muito baixa

baixa

< 5







desertos, ártico central/antártica zonas rurais pouco poluídas, pequenas cidades



condensação ocasional condensação frequente condensação permanente de 10 a 3 km de 3 a 0,25 km < 0,25 km da costa da costa da costa de 3 a 60 de 60 a 300 de 300 a 1500 10 to 100 m 0 to 10 m de 10 a 100 m de 0 a 10 m da estrada com sais anticongelantes



poluição média

poluída

muito elevada

CLASSES DE CORROSIVIDADE DA MADEIRA - T

[Definidas de acordo com a EN 14592:2022]





VALOR pH ESPÉCIES LENHOSAS

A madeira contém um éster de ácido acético que atua como agente corrosivo de vários metais em contacto com a madeira. A presenca de ácido acético determina o pH da espécie lenhosa





qualquer

qualquer

TRATAMENTO DA MADEIRA

O tratamento da madeira inclui o tratamento com cloretos, cobre e retardadores de chamas. No caso da madeira tratada termicamente, o nível de pH é crucial



madeira não tratada e tratada



madeira não tratada e tratada

TEOR DE HUMIDADE

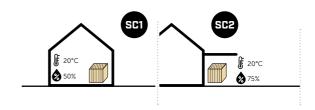
Cada categoria de exposição da madeira corresponde, para a madeira maciça, ao teor médio anual de humidade na classe de servico indicada (como definido na pág. 7)





CLASSE DE SERVIÇO

Do ambiente em que o elemento de madeira está inserido











 $pH \le 4$ madeiras "agressivas" acidez alta





qualquer



apenas madeira não tratada



madeira não tratada e tratada

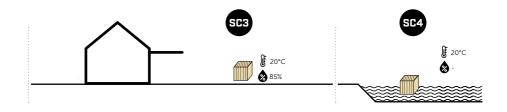




madeira não tratada e tratada



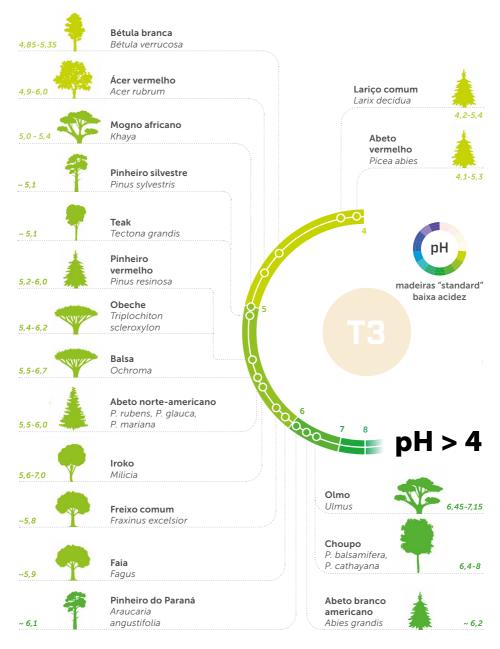


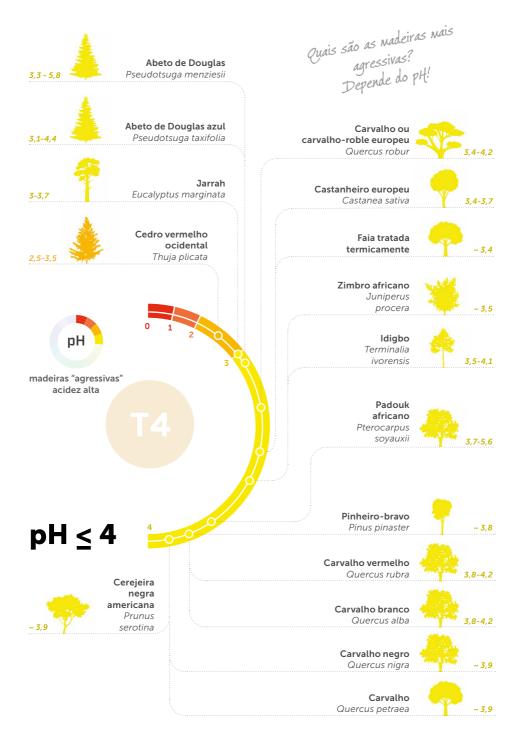


ESPÉCIES LENHOSAS e pH para T3 e T4

[Definidas de acordo com Wagenführ R; Wagenführ A. 2022. Holzatlas e Coatings for Display and Storage in Museums January 1999 Publisher: Canadian Conservation Institute Jean Tetreault]

A presença de ácido acético é particularmente crucial quando o elemento está no estado exposto (SC3). Saber que espécie lenhosa é mais ácida é, portanto, crucial.





TANINOS e pH



Os taninos são uma substância química presente em extratos vegetais, pertencente à família dos polifenóis, comum em plantas e árvores.

O seu papel biológico é o de defesa, são moléculas com propriedades antioxidantes.

O seu efeito no metal, porém, é contrário ao que se esperaria. De facto, assim que o processo corrosivo começa, os taninos aderem à superfície do conector e formam uma camada protetora que o torna mais lento. Basicamente, quanto mais taninos estiverem presentes numa madeira, mais lenta será a corrosão do conector uma vez desencadeada.

EFEITO DOS TANINOS

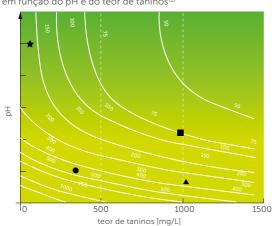


Os testes realizados pela I&D Rothoblaas mostraram que em apenas dois meses o efeito dos taninos é evidente:

- (1) Na parte do conector inserida profundamente no elemento de madeira, pode ser vista uma camada protetora preta consistente.
- (2) Na zona de interface, o conector está corroído (ferrugem vermelha) porque a camada protetora foi lavada pela água.

VELOCIDADE DE CORROSÃO

Taxa de corrosão em extratos de madeira [µm/ano] em função do pH e do teor de taninos⁽¹⁾



O fator mais importante a considerar no processo corrosivo é a classe de corrosividade da madeira (T) relacionada com o pH e a humidade da madeira.

Ao mesmo nível de pH, a presenca de taninos abranda o fenómeno corrosivo.

Normalmente tendemos a associar os taninos à corrosão porque muitas madeiras ricas em taninos são também ácidas (pH < 4). No entanto, existem exceções, como o pinheiro-bravo e o abeto de Douglas que são classificados como T4, embora não sejam taninos.

- ▲ carvalho
- acácia
- pinheiro
- → olmo

⁽¹⁾ Com base na investigação de S. Zelinka, Corrosion in Wood Products. 2014. (Ed.), ISBN: 978-953-51-1223-5, InTech, DOI: 10.5772/57296.

CAMPANHA EXPERIMENTAL

Foi realizada uma campanha experimental no nosso laboratório para avaliar a evolução da corrosão dos conectores ao longo do tempo.

Durante os testes foram analisados:

- cerca de 350 configurações
- obtidas pela combinação de 6 tipos diferentes de parafusos
- ao longo de um período de 1 ano

As amostras foram colocadas em ambientes com diferentes classes de serviço.

Os parafusos foram analisados numa base mensal para avaliar a taxa de corrosão e a influência das diferentes variáveis envolvidas.



CONFIGURAÇÃO

madeira:	carvalho	
tempo de exposição:	12 meses	
classe de serviço [SC]:		SC3
classe de corrosividade atmosférica [C]:		C2
classe de corrosividade da madeira [T]:		T4









taninos

fortes sinais de ferrugem

vermelha

forte presença de

após 10 meses



sem presença de ferrugem



sem presença de ferrugem



sem presença de ferrugem



presença de taninos, sem presença de ferrugem



taninos sinais de ferrugem



sem presença de ferrugem

REVESTIMENTO ANTICORROSIVO C5 EVO



Revestimento multicamadas capaz de resistir a ambientes exteriores classificados C5 de acordo com a ISO 9223. SST com tempo de exposição superior a 3000 h conduzido em parafusos previamente aparafusados e desaparafusados em abeto de Douglas.



REVESTIMENTO ANTICORROSIVO C4 EVO

Revestimento multicamadas de base inorgânica com uma camada funcional externa de cerca de 15-20 µm de matriz epoxídica com cargas de flakes de alumínio. Adequação à classe de corrosividade atmosférica C4 comprovada pela RISE.

REVESTIMENTO ANTICORROSIVO ORGÂNICO

Revestimento colorido de base orgânica que confere uma excelente resistência aos agentes corrosivos atmosféricos e de madeira em aplicações no exterior

Zn

GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA

Revestimento composto por uma camada de 5 a 12 mícrones de galvanização eletrolítica com passivação Cr; padrão para a maioria dos conectores.

RESISTÊNCIA À CORROSÃO

HIGH CORROSION RESISTANT



Aco inoxidável austenítico. Caracteriza-se pelo seu elevado teor de molibdénio e baixo teor de carbono. Oferece uma resistência muito elevada à corrosão generalizada, rachaduras por corrosão sob tensão, corrosão intergranular e corrosão por picadas.



AÇO INOX A4 | AISI316

Aço inoxidável austenítico. A presença de molibdénio confere uma elevada resistência à corrosão generalizada e à corrosão intersticial

A2

ACO INOXA2 | AISI304

Aço inoxidável austenítico. É a mais comum dos austeníticos. Oferece um excelente nível de proteção contra a corrosão generalizada.



ACO INOXA2 | AISI305

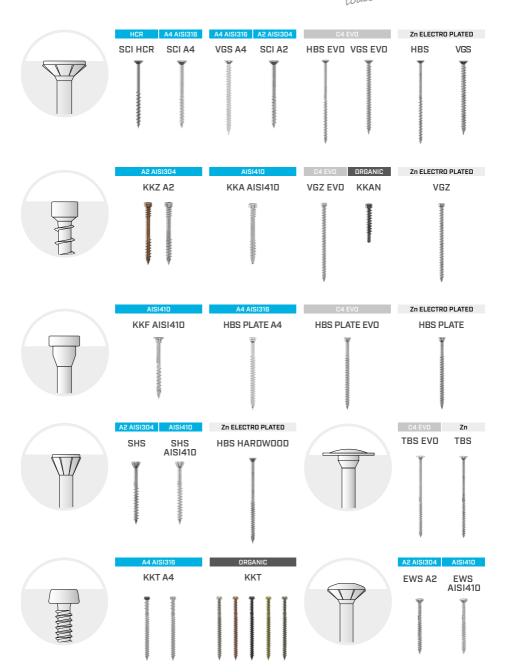
Aço inoxidável austenítico semelhante ao A2 | AISI304. A liga contém um pouco mais de carbono do que o 304, o que o torna mais manuseável na produção.

AÇO INOXIDÁVEL AISI410



Aço inoxidável martensítico. Caracterizado pelo elevado teor de carbono. Adequado para aplicações no exterior (SC3). Dos aços inoxidáveis, é o que oferece o mais alto desempenho mecânico

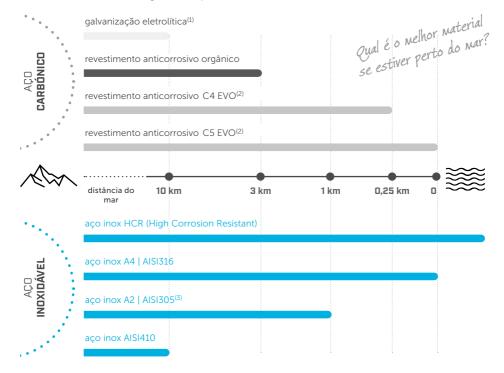
Exigências estéticas e projetuais: todos os conectores da gana



DISTÂNCIA DO MAR

RESISTÊNCIA A EXPOSIÇÃO AOS CLORETOS

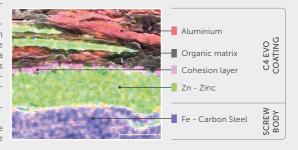
Comparação da resistência à corrosão atmosférica entre diferentes tipos de revestimentos à base de zinco e diferentes tipos de aços inoxidáveis utilizados em parafusos de madeira, considerando apenas a influência dos cloretos (sal) e sem um regime de limpeza (com base na EN 14592:2022 e EN 1993-1-4:2014).



⁽¹⁾ Apenas para condições de exposição ao ar livre protegidas.

C4 EVO é um revestimento de múltiplas camadas composto por:

- · Uma camada funcional externa de cerca de 15-20 µm de matriz epóxidica com cargas de flakes de alumínio, que confere ao revestimento uma excelente resistência aos stress mecânicos e térmicos. Os flakes de alumínio, além disso, funcionam se necessário como elemento sacrificial catódico para o metal base do parafuso.
- Uma camada de adesão central para a camada funcional externa.
- Uma camada interna de cerca de 4 μm de zinco com função de ulterior camada de resistência à corrosão.



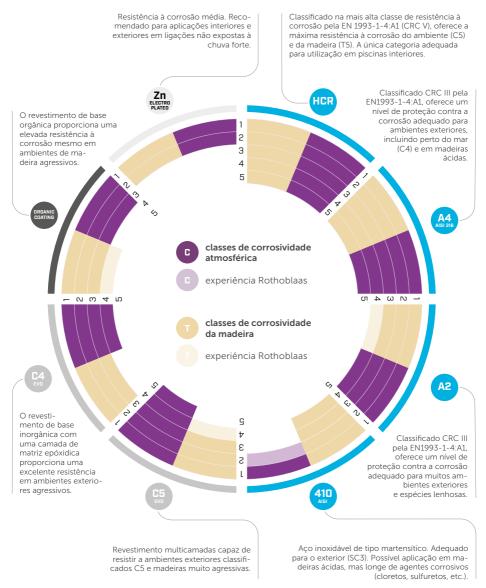
⁽²⁾ EN 14592:2022 limita atualmente a vida útil dos revestimentos alternativos a 15 anos.

⁽³⁾ A2 AISI304: considerando o metal completamente exposto à chuva.

ESCOLHA DO MATERIAL E DO REVESTIMENTO

RESISTÊNCIA À CORROSÃO T-C.

Avaliação do comportamento à corrosão do material e dos revestimentos em função da classe de corrosividade do ambiente⁽¹⁾ e da classe de corrosividade da madeira (com base na EN 14592:2022 e EN 1993-1-4:2014).

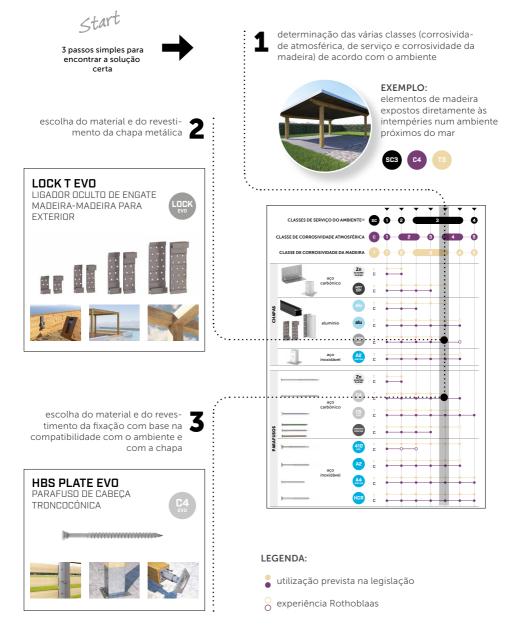


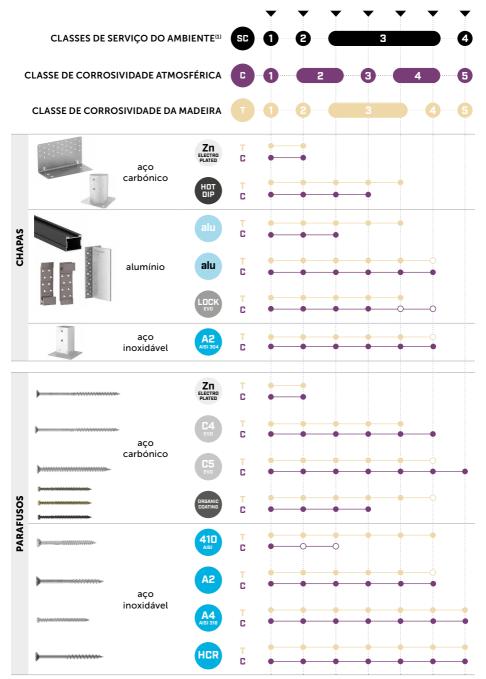
⁽¹⁾ Para o aço inoxidável, foi determinada uma classe de corrosividade atmosférica equivalente considerando apenas a influência dos cloretos (sal) e sem um regime de limpeza.

COMBINAÇÃO COM CHAPAS

COMO fazer a escolha certa?

Os parafusos são frequentemente utilizados em combinação com chapas metálicas. Nesses casos, deve assegurar-se que ambos os componentes da ligação são suficientemente resistentes ao ambiente atmosférico e à corrosividade do elemento de madeira.





A combinação de metais diferentes em ambientes exteriores também requer uma avaliação do risco de corrosão por acoplamento galvânico.

 $^{^{(1)}}$ A correspondência das classes de corrosividade C e T com as classes de serviço SC é uma representação aproximada de casos comuns. Pode haver casos particulares que não estão refletidos nesta tabela.

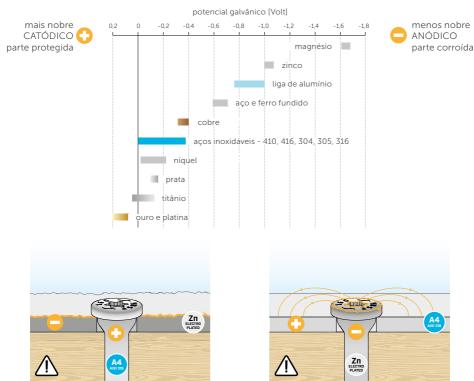
LIGAÇÃO GALVÂNICA

A combinação de metais diferentes em ambientes exteriores ou húmidos requer uma avaliação do risco de corrosão por acoplamento galvânico. Para que ocorra corrosão no acoplamento galvânico, as 3 condições seguintes devem ser preenchidas simultaneamente:



Quanto mais dissimilares forem os metais (maior diferenca potencial), maior será o risco de corrosão. O potencial de corrosão galvânica entre metais é ditado pela distância entre eles na "série galvânica de metais". Grosso modo, uma diferença de potencial superior a 0,4-0,5 V pode ser considerada significativa/crítica.

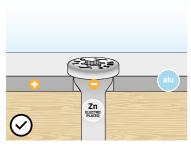
Série galvânica dos metais: potencial de corrosão de vários metais em água do mar



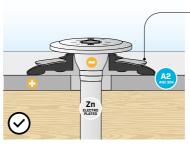
Nestes casos, o metal menos nobre (Zn) é dissolvido (dissolução anódica), enquanto que a parte mais nobre (A4) não é atacada pela corrosão (atuando como cátodo).

PREVENCÃO

Para prevenir ou minimizar o risco de corrosão galvânica podem ser tomadas as seguintes medidas:

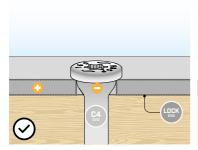


Utilizar materiais semelhantes ou com uma pequena diferença de potencial.

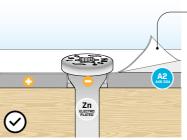


Desligar o acoplamento galvânico entre os dois





Revestir o ânodo ou cátodo para impedir a ligação elétrica.



Impedir que a humidade entre em contacto com ambos os metais.



METAIS DISSIMILARES

Por vezes não podemos evitar a utilização de metais dissimilares. Neste caso, devemos assegurar que os elementos de fixação (por ex., parafusos ou pregos) são de um material mais nobre do que o material da ligação, como é o caso dos conectores LOCK (alumínio) quando utilizados com parafusos KKF (aço inoxidável AISI410) num contexto exterior.



MADEIRA E ACOPLAMENTO GALVÂNICO

Quando falamos de madeira e acoplamento galvânico, devemos considerar a distinção entre água livre e água ligada.

Potencialmente, a áqua livre poderia atuar como eletrólito, mas o risco associado de acoplamento galvânico é muito baixo e só ocorre se o eletrólito tocar em ambos os materiais dissimilares. Mesmo neste caso, a água livre não flui abundantemente das células de madeira.

A água ligada não pode atuar como eletrólito porque está ligada dentro das células de madeira. Uma vez que o teor de humidade de equilíbrio da madeira é de aproximadamente 12% e não há água livre na madeira com um teor de humidade inferior a 20%, a madeira que envolve a ligação pode proteger a ligação da corrosão galvânica absorvendo o excesso de humidade e evitando a acumulação de áqua.

RETRAÇÃO E DILATAÇÃO

comportamento do naterial de madeira



HIGROSCÓPIO

A madeira é um material vivo. poroso e higroscópico, o que significa que, pela sua natureza, pode adquirir ou perder humidade dependendo das condições ambientais em que se encontra.



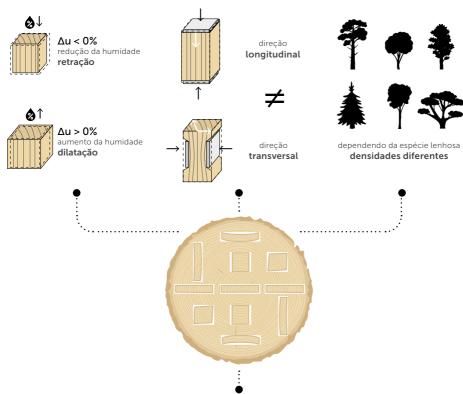
ANISÓTROPO

O desempenho mecânico e as deformações no elemento de madeira são diferentes dependendo da direção anatómica (longitudinal e radial/tangencial).



NÃO UNIFORME

Existem muitas espécies lenhosas no mundo com características e densidades diferentes e específicas.



VARIAÇÕES DIMENSIONAIS DIFERENTES

dependendo da variação de humidade, da direção em relação ao grão e da espécie lenhosa

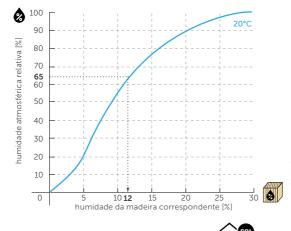
HIGROSCOPIA

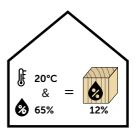
HUMIDADE RESIDUAL

A madeira coloca-se em equilíbrio higroscópico com o ambiente em que é colocada: liberta ou absorve humidade até encontrar um ponto de equilíbrio.

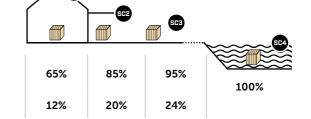
Com base nas condições climáticas do ambiente (temperatura e humidade relativa do ar), é possível determinar o teor de humidade correspondente no interior da madeira.

huvidade influencia o comportamento da nadeira





Um elemento de madeira colocado num ambiente com humidade relativa de 65% e com uma temperatura de 20 °C terá, em equilíbrio, um valor de humidade correspondente de 12%.



Em regra, a madeira deve ser fornecida com um teor de humidade tão próximo quanto possível do adequado às condições ambientais em que estará na obra acabada, para que não esteja sujeita às correspondentes variações de humidade e, consequentemente, a fenómenos de retração ou dilatação.

REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA

humidade atmosférica relativa

do ar circundante

humidade da madeira

(limite superior)

correspondente

A presença de humidade no elemento de madeira influência o seu desempenho estático: com a mesma tensão, um elemento colocado num ambiente com elevada humidade (por exemplo SC3) apresenta uma resistência mecânica mais baixa do que em SC1. Ao nível de projeto, devem ser aplicados coeficientes de correção apropriados (\mathbf{k}_{mod}) para ter em conta este fenómeno.

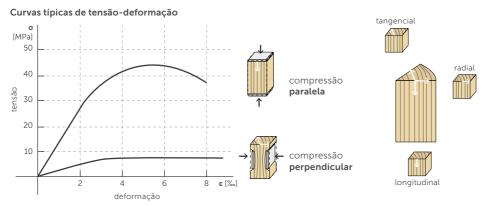
Coeficientes de correção para a duração da carga e para a humidade $k_{mod}^{(1)}$

	Classe de duração da carga	SCI	SC2	SD3	SC4	
ro Ch	Permanente	0,60	0,60	0,55	0,50	
maciça 081-1	Longa	0,70	0,70	0,60	0,55	
a m 1408	Média	0,80	0,80	0,70	0,65	
Madeira I EN 140	Breve	0,90	0,90	0,80	0,70	
Ma	Instantânea	1,10	1,10	1,00	0,90	

⁽¹⁾ Nova geração de Eurocódigos EN 1995-1-2:2025 (n.d.)

ANISOTROPIA E ESPÉCIES LENHOSAS

A organização celular da madeira influencia o seu desempenho mecânico e determina uma diferença significativa em termos de resistência e rigidez, dependendo da direção em relação ao fio ou à fibra. No projeto são considerados dois casos: paralelo ou perpendicular (radial/tangencial).



VARIAÇÕES DIMENSIONAIS EM FUNÇÃO DA DIREÇÃO

Os fenómenos de retração e dilatação também diferem em função da direção anatómica considerada no elemento de madeira.

As variações dimensionais lineares da madeira são proporcionais à variação da humidade:

$$L_{final} = L_{initial} [1 + k_{sh/sw} (u_{final} - u_{initial})]$$

onde:

- L_{final} é a dimensão relativa ao teor de humidade final
- L_{initial} é a dimensão relativa ao teor de humidade inicial
- $k_{sh/sw}$ é o coeficiente de retração/dilatação na direção anatómica considerada (ver quadro abaixo)
- **u**_{initial} é o teor de humidade residual inicial da madeira [%]
- **u**final é o teor de humidade residual final da madeira [%]

Coeficientes k_{sh/sw} de retração/dilatação⁽¹⁾

para uma variação de 1% do teor de humidade residual na direção:

	direção longitudinal	direção radial	direção tangencial
coníferas, carvalho, castanheiro, choupo	0,0001	0,0012	0,0024
carvalho da Turquia	0,0001	0,0020	0,0040
madeira de coníferas lamelada colada	0,0001	0,0025	0,0025

As variações dimensionais higroscópicas (retração e dilatação) ocorrem devido à humidade residual abaixo do ponto de saturação das fibras (Fibre Saturation Point - FSP), o que corresponde convencionalmente a uma humidade residual de 30%.

Para humidades acima do FPS, há variações de massa, mas não de volume.

⁽¹⁾ CNR-DT 206 R1/2018

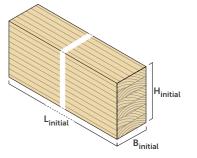
DILATAÇÃO: VARIAÇÕES DIMENSIONAIS

VIGAS DE MADEIRA LAMELADA

L _{initial}	comprimento inicial	4000 mm
B _{initial}	base inicial	120 mm
H _{initial}	altura inicial	200 mm
V _{initial}	volume inicial	0,096 m ³
material	madeira GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)	

u _{initial}	humidade inicial	10%
u _{final}	humidade final	20%
Δu	diferença de humidade	10%

	paralela	perpendicular
k _{sh/sw} ⁽¹⁾	0,0001	0,0025

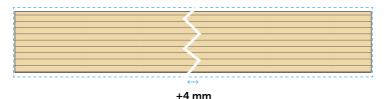


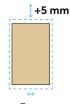
VARIAÇÕES DIMENSIONAIS

L_{final}	comprimento final	4004 mm
B _{final}	base final	123 mm
H _{final}	altura final	205 mm
V_{final}	volume final	0,101 m ³

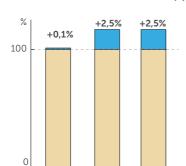
+4 mm	+0,1%
+3 mm	+2,5%
+5 mm	+2,5%
+0,005 m ³	+5,2%

∆u=10%





+3 mm



В

Н

As variações dimensionais encontradas, embora semelhantes em valor absoluto, são muito mais acentuadas na direção transversal do que na direção longitudinal.

Normalmente, nas estruturas de madeira, a tolerância de construção é na ordem dos milímetros; as dilatações ou retrações que não são tidas em conta e suportadas geram aumentos de tensão e fenómenos de ruturas ou fissuras localizadas.

⁽¹⁾ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

DILATAÇÃO: AUMENTOS DE TENSÃO

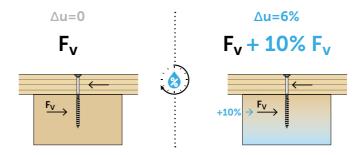
MADEIRA-MADEIRA

Uma variação de humidade no interior do elemento de madeira provoca uma tensão adicional no conector⁽¹⁾.



PARAFUSOS CARREGADOS LATERALMENTE

O conector representa uma limitação da deformação livre da madeira: a dilatação está associada a um aumento do esforço de apoio no eixo do conector, o que se traduz numa carga de corte adicional.

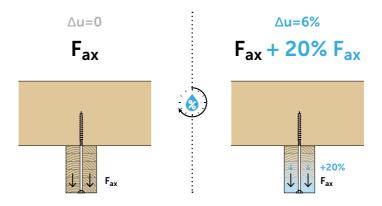




PARAFUSOS SOB TENSÃO AXIAL

A dilatação impedida resulta numa carga concentrada na cabeça do parafuso, que tende a penetrar no elemento de madeira.

O conector é sujeito a uma carga mesmo na ausência de tensões que atuem na ligação.



⁽¹⁾ DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08 e DIN EN 1995-1-1:2010-12

AÇO-MADEIRA

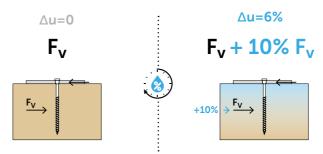
O elemento metálico representa uma limitação rígida do confinamento da madeira e evita a sua deformação induzida pela variação da humidade.



PARAFUSOS CARREGADOS LATERALMENTE

Em ligação com uma placa metálica, o conector tem menos capacidade para acompanhar as deformações do material.

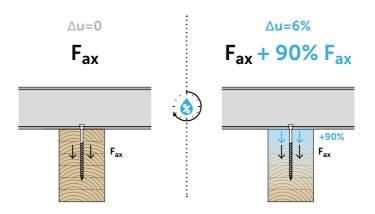
O conector é sujeito a uma carga mesmo na ausência de tensões que atuem na ligação.



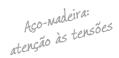


PARAFUSOS SOB TENSÃO AXIAL

O conector é significativamente tensionado no sentido axial, se for posicionado de forma a que não possa acompanhar o movimento da madeira.



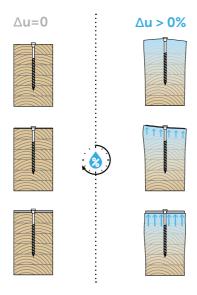
DILATAÇÃO: ELEMENTOS CONFINADOS



O elemento metálico representa uma limitação rígida de confinamento da madeira: na presença de variação da humidade, o elemento não tem liberdade para dilatar.

A dilatação impedida gera força de compressão na madeira.

O elemento de madeira mantém a sua geometria e dimensão inicial, mas não o seu estado de tensão. Quando se tem um elemento confinado, o conector é sujeito a uma carga mesmo na ausência de tensões que atuem na ligação se houver uma variação de humidade.



FLEMENTO LIVRE

Se o elemento não estiver confinado, pode deformar-se livremente. Contudo, os conectores no seu interior

estarão sujeitos a tensão adicional.

CHAPA FINA

A limitação não é suficientemente rígida para impedir a dilatação da madeira; a chapa deforma-se para suportar o seu movimento, mas é limitada pelo conector.

CHAPA ESPESSA

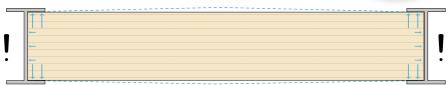
O elemento metálico não deforma: a variação dimensional da madeira ocorre de forma desigual e gera tensões adicionais significativas no conector.

BOAS REGRAS PROJETUAIS

Deve ser assegurado que os fenómenos de dilatação e retração não provocam danos na própria estrutura e não geram tensões que não sejam compatíveis com o material e o seu desempenho em termos de resistência e deformação.

A conceção e instalação de parafusos auto-roscantes parcial ou totalmente roscados deve ter em conta as condições de humidade dos elementos de madeira e as flutuações que podem ocorrer durante o transporte, montagem, estaleiro e operação. A conceção deve ter em conta eventuais tensões adicionais relacionadas com condições temporárias.





Para mais informações sobre a instalação METAL-MADEIRA, ver pág.63.

CAMPANHA EXPERIMENTAL

Foi realizada uma campanha experimental no nosso laboratório para avaliar o aumento da tensão nos conectores na sequência da variação de humidade na madeira.

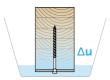
Durante os testes, foram analisadas cerca de 20 configurações combinando 3 tipos diferentes de parafusos com condições de instalação diferentes em ligações aço-madeira.

As amostras foram colocadas em ambientes definidos em que a humidade dos elementos de madeira podia variar de forma controlada.

Os parafusos foram analisados numa **base diária** para avaliar a influência das diferentes variáveis envolvidas.

CONFIGURAÇÃO







madeira:	madeira lamelada (softwood)
tempo de exposição:	6 semanas
parafusos:	HBS PLATE
humidade inicial:	11%
humidade final:	40%



RESULTADOS:



configuração inicial









chapa espessa + XYLOFON 35







após 6 semanas





chapa espessa



chapa espessa + XYLOFON 35



FOGO

Quão diferente é o comportamento da madeira comportamento com o aço? em comparação com o aço?

COMPORTAMENTO AO FOGO

As estruturas de madeira, corretamente projectadas, garantem elevadas prestações também em caso de incêndio.



MADEIRA

A madeira é um material combustível que queima lentamente: em caso de incêndio, verifica-se uma redução da secção resistente, enquanto a parte não afetada pela carbonização mantém as suas características mecânicas (rigidez e resistência).

Velocidade de carbonização unidimensional Bo≈0.65 mm/min



METAL

O aço, e as ligações metálicas em geral, são o ponto fraco das estruturas de madeira em condições de incêndio.

As partes metálicas conduzem de facto as altas temperaturas para o interior da secção. Além disso, à medida que a temperatura aumenta, as suas propriedades mecânicas diminuem rapidamente.

Se não for considerado, pode causar um colapso imprevisto da ligação.

PORQUE É QUE A MADEIRA RESISTE AO FOGO?



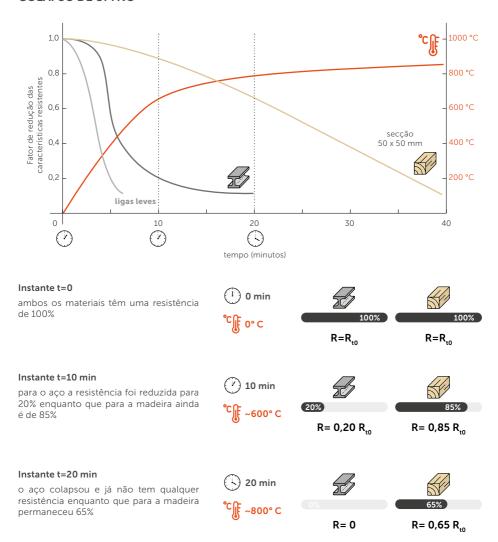
A madeira é um material combustível que pode ser completamente destruído se for exposto a fontes externas de calor de elevada duração e intensidade. Contudo:

- a madeira é um material higroscópico que contém água, elemento que retarda consideravelmente a penetração do calor no interior da secção, mesmo a temperaturas exteriores muito elevadas:
- a camada carbonizada atua como um escudo contra a penetração de calor no interior da secção, uma vez que os gases quentes produzidos durante a pirólise abrandam o aumento da temperatura na própria camada.

Se se olhar para a secção transversal de um elemento de madeira após ter sido submetido a uma carga de incêndio, podem ser identificadas três camadas:

- uma zona carbonizada que corresponde à camada de madeira agora completamente afetada pelo processo de combustão;
- uma zona alterada ainda não carbonizada, mas que sofreu aumentos de temperatura acima dos 100 °C, que se presume ter zero resistência residual:
- uma secção residual que mantém as suas propriedades iniciais de resistência e rigidez.

COLAPSO DE UM NÓ





AÇO e LIGAS LEVES:

evolução das características de resistência dos elementos metálicos sujeitos a incêndio normalizado (independentemente das dimensões da secção).



MADEIRA: evolução das características de resistência dos elementos de madeira sujeitos a incêndio normalizado (a curva varia com as dimensões da secção).

curva de incêndio padrão ISO 834

CONECTORES METÁLICOS

o que influencia o comportamento de un conportamento de un conector ao fogo?

O aço tem uma condutividade térmica muito maior do que a madeira: se exposto à mesma fonte de calor, aquecerá muito mais rapidamente do que a madeira e também transmitirá o calor para o interior da secção, gerando uma camada carbonizada interna.

DIÂMETRO

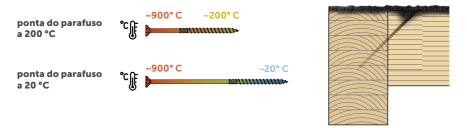
Quanto maior for o diâmetro do conector, mais calor transmitirá para o interior da madeira

parafuso Ø20 exposto a uma fonte de calor parafuso Ø12 com a cabeça exposta a uma fonte de calor

COMPRIMENTO

O comprimento, assim como o diâmetro, material e tipo de cabeça de parafuso também afetam a transmissão de calor.

Quanto mais comprido for o parafuso, mais baixas serão as temperaturas porque a ponta do conector está afastada da fonte de calor e numa zona mais fria de madeira.



MATERIAL

Com a mesma geometria, o aço inoxidável tem um melhor desempenho do que o aço carbónico. Com um coeficiente de condutividade mais baixo, as temperaturas ao longo do parafuso de aço inoxidável são mais baixas e a zona carbonizada à sua volta é menor.

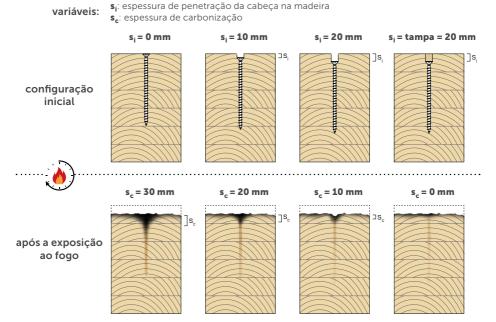


parâmetro	influência no comportamento ao fofo	pior comportamento	melhor comportamento
COMPRIMENTO	significativo		L
DIÂMETRO	média		> ⊐d₁
MATERIAL	média	SMIIIIIIIIII Zn	SSSIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
TIPO DE CABEÇA	baixa		

A IMPORTÂNCIA DA PROTEÇÃO

Cobrir a cabeça do parafuso ou proteger o metal da exposição direta ao fogo traz benefícios significativos em termos de propagação do calor e profundidade da carbonização.

De facto, a profundidade de carbonização pode ser reduzida variando a profundidade de penetração da cabeça na madeira: quanto maior for a profundidade de penetração na madeira, menor será a profundidade de carbonização. Cobrindo então a cabeça com uma tampa de madeira, a carbonização ao longo do parafuso será nula.



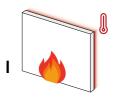
Rif. N. Werther, M. Gräfe, V. Hofmann, S. Winter "Untersuchungen zum Brandverhalten von querkraft- beanspruchten Verbindungen bei Holzbaukonstruktionen, Neuentwicklung und Optimierung von Verbindungssystemen und allgemeinen Konstruktionsregeln, 2015"

RESISTÊNCIA AO FOGO

A resistência ao fogo indica a capacidade de um elemento construtivo manter a estabilidade estrutural durante um incêndio durante um determinado período, mantendo a capacidade de compartimentação dos fumos e gases quentes gerados pela combustão. O principal objetivo da resistência ao fogo é assegurar a capacidade portante da estrutura em condições de incêndio. As características que devem ser mantidas durante a ação do fogo são indicadas por três letras:







R capacidade portante

capacidade do elemento construtivo de manter a resistência mecânica sob a acão do fogo

estanquidade

capacidade do elemento construtivo de impedir a passagem de chamas, vapores e gases quentes para o lado não exposto ao fogo

isolamento térmico capacidade do elemento construtivo de limitar a transmissão do calor para o lado não exposto ao fogo

A sigla de resistência ao fogo é seguida por números que indicam os minutos de estabilidade em caso de incêndio.



a **resistência mecânica**, a **estanquidade aos fumos** e o **isolamento térmico** do elemento são mantidos durante 120 minutos (2h) após a deflagração do incêndio



a **resistência mecânica** do elemento é mantida durante 60 minutos após a deflagração do incêndio

Para elementos estruturais com desenvolvimento linear, como pilares e vigas, só é exigida a capacidade portante (R); para lajes e paredes que delimitam um compartimento, são exigidas as três características (REI).

TESTES À ESCALA REAL

Em colaboração com a RISE - Research Institutes of Sweden, realizámos testes à escala real para determinar o valor El de alguns dos nós mais comuns na construção em madeira.



PROJETOS DE PESQUISA

Os nossos próximos projetos de investigação centrar-se-ão no estudo do comportamento ao fogo dos nós mais comuns no mundo das construções de madeira. O nosso objetivo, de facto, é estudá-los de todos os pontos de vista, considerando tanto os aspetos estáticos, como so de estanquidade e isolamento térmico para compreender como a resposta do nó muda durante um incêndio em relação aos elementos presentes.

A MELHOR DEFESA? É PASSIVA!



FIRE FOAM

POLYURETHANE SEALING FOAM

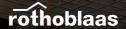
NÃO É TÁTICA, É PREVENÇÃO.

ROTHOBLASS SE

Jogue pelo seguro e resolva os problemas resultantes do fogo com soluções de proteção passiva: projete o seu edifício integrando fitas, selantes e membranas Rothoblaas.



Solicite informações ao seu agente de confiança ou descarregue o catálogo de produtos no nosso sítio web. **www.rothoblaas.pt**



Solutions for Building Technology

PROTECÇÃO CONTRA O FOGO

Protegenos as estruturas de nadeira

 $\bar{t}_{fi,min} = 28 + 70 \text{ mm}$

LIGAÇÕES NÃO PROTEGIDAS(1)

parafusos

R15 parafusos t_{fi,min} ≥ 28 mm pregos t_{fi,min} ≥ 28 mm

Para as ligações com parafusos ou pregos é possível aumentar a resistência ao fogo (R_{td}) até 60 minutos, aumentando as dimensões dos elementos de madeira.

pregos

 $t_{fi,min} = 28 + 70 \text{ mm}$

MADEIRA-AÇO R15 pinos t_{fi,min} ≥ 55 mm parafusos t_{fi,min} ≥ 60 mm

A resistência ao fogo até 120 minutos pode ser implementada aumentando as dimensões dos elementos de madeira $(t_{\rm f})$ e as distâncias das bordas dos elementos metálicos.

Para ligações AÇO-MADEIRA com chapa exposta: aplicam-se as regras válidas para estruturas de aço (EN 1993-1-2).

⁽¹⁾ Nova geração de Eurocódigos EN 1995-1-2:2025 (n.d.)

LIGAÇÕES PROTEGIDAS

A resistência ao fogo pode ser aumentada através da conceção de sistemas de proteção contra incêndios parciais ou totais. Estes sistemas de proteção podem ser revestimentos de madeira (por exemplo, tampas de madeira), painéis de madeira ou placas de gesso cartonado (tipo A, H ou F).



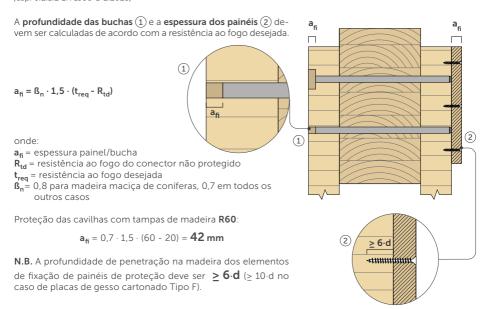
PARCIAIS

O sistema parcial protege a ligação apenas durante uma parte do tempo de resistência ao fogo necessário (por exemplo, 60 minutos de resistência necessária, o painel resistirá ao fogo durante 45 minutos, os outros 15 minutos devem ser assegurados pela junção não protegida).



O sistema total protege a ligação durante o tempo necessário (por exemplo, 60 minutos de proteção necessária, o painel resistirá ao fogo durante 60 minutos).

EXEMPLO DE CÁLCULO DA ESPESSURA DA TAMPA DE MADEIRA - PROTEÇÃO PARCIAL [cap. 6.2.1.2 EN 1995-1-2:2025]



CARGAS EM CASO DE INCÊNDIO

Durante um evento excecional como um incêndio, as cargas que atuam sobre elementos estruturais são inferiores às cargas utilizadas para a conceção dos elementos estruturais nos estados limites últimos (que são aumentadas através de coeficientes)⁽¹⁾.

EXEMPLO

A neve sobre um telhado durante um incêndio tende a derreter e, portanto, o peso sobre a estrutura é menor; da mesma forma, durante um incêndio, as pessoas abandonam o local, através das vias de evacuação, diminuindo a carga acidental de categoria que atua sobre os elementos estruturais.

SLU (ESTADO LIMITE ÚLTIMO)



carga da neve menor em condições de incêndio

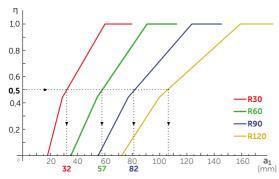
sobrecarga acidental de categoria menor em condições de incêndio

⁽¹⁾ Na conceção anti-incêndio, esta diferença é considerada utilizando coeficientes de combinação de cargas (estatisticamente determinadas) inferiores às da conceção de SLU.

PARAFUSOS SOB TENSÃO AXIAL

COEFICIENTE DE REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA

Uma vez que estão sujeitos a uma carga inferior à utilizada para projetar as ligações em condições normais, é aceitável que a resistência da ligação em condições de incêndio também seja inferior:



$$\eta_{kfi} = R_{kfi}/R_{k}$$

- $\eta_{\mathbf{k},\mathbf{f}}$ coeficiente de redução da resistência em condições de incêndio
- R_L resistência característica da ligação em condições normais
- $\mathbf{R}_{\mathbf{k}.\mathbf{fi}}$ resistência da ligação em condições de incêndio
- a₁ distância mínima entre o eixo do parafuso e a borda da viga

Determinação de a₁ a partir do coeficiente η escolhido e da resistência ao fogo desejada.

Para $\eta_{k,fi} = 0,5$

R30 $a_1 = 32 \text{ mm}$

R60 $a_1 = 57 \text{ mm}$

R90 a₁ = 82 mm

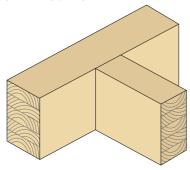
DETERMINAÇÃO DA SECÇÃO EM CONDIÇÕES DE INCÊNDIO(1)

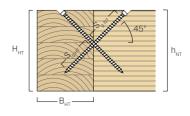
Após determinar a₁, é possível calcular a secção mínima em condições de incêndio. $a_1 = a_{2,CG}$ $a_3 \ge a_1$ **R30 R60** R90

(1) Nova geração de Eurocódigos EN 1995-1-2:2025 (n.d.)

EXEMPLO DE CÁLCULO

DADOS DE PROJETO





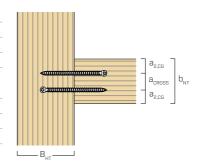
VIGA PRINCIPAL

Внт	base da viga principal	126 mm
H _{HT}	altura da viga principal	245 mm
	madeira GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)	

VIGA SECUNDÁRIA

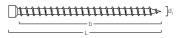
b _{NT}	base da viga secundária	105 mm
h _{NT}	altura da viga secundária	245 mm
	madeira GL24h ($\rho_k = 385 \text{ kg/m}^3$)	

Ângulo no plano vertical α =0 ° Ângulo no plano horizontal β =0 °



CONECTOR TODO-ROSCA DE CABEÇA CILÍNDRICA

L	comprimento do parafuso	300 mm	
b	comprimento da rosca	290 mm	
d_1	diâmetro nominal	11 mm	



VERIFICAÇÃO

Comprimento roscado do lado da cabeça: S $_{\rm g,HT}$ = 135 mm; Comprimento roscado do lado da ponta: S $_{\rm g,NT}$ =135 mm;

ESCOLHA DO COEFICIENTE DE REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA

 $\eta_{K,FI}$ escolhido de 0,5

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO CONECTOR EM CONDIÇÕES PADRÃO:

 $F_{V,RK} = 26,52 \text{ kN}$

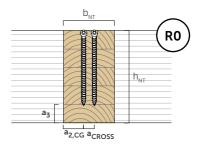
RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA DO CONECTOR EM CONDIÇÕES DE INCÊNDIO:

 $F_{V,RK,FI} = \eta_{k,fi} \cdot F_{V,RK} = 0.5 \cdot 26,52 \text{ kN} = 13,26 \text{ kN}$

GEOMETRIA "FRIA" RO

b _{NT}	base da viga secundária	105 mm
h _{NT}	altura da viga secundária	245 mm

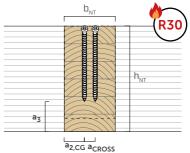
a _{CROSS}	17 mm
a _{2,CG}	44 mm
a ₃	33 mm



RESISTÊNCIA AO FOGO R30

b _{NT}	base da viga secundária	+0 mm	105 mm
h _{NT}	altura da viga secundária	+11 mm	256 mm

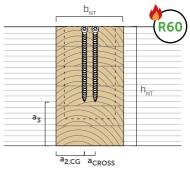
a _{CROSS}		17 mm
a _{2,CG}	= a ₁	44 mm
a ₃	≥ a ₁	44 mm



RESISTÊNCIA AO FOGO R60

b _{NT}	base da viga secundária	+26 mm	131 mm
h _{NT}	altura da viga secundária	+24 mm	269 mm

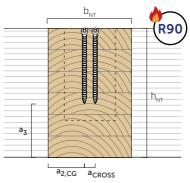
a _{CROSS}		17 mm
a _{2,CG}	= a ₁	57 mm
a ₃	≥ a ₁	57 mm



RESISTÊNCIA AO FOGO R90

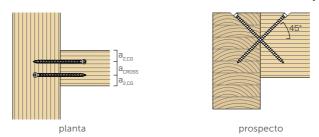
b _{NT}	base da viga secundária	+76 mm	181 mm
h _{NT}	altura da viga secundária	+49 mm	294 mm

a _{CROSS}		17 mm
a _{2,CG}	= a ₁	82 mm
a ₃	≥ a ₁	82 mm



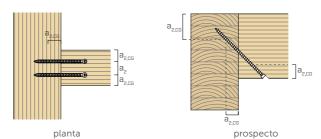
DISTÂNCIAS MÍNIMAS EM CASO DE INCÊNDIO

PARAFUSOS CRUZADOS INSERIDOS COM UM ÂNGULO A EM RELAÇÃO À FIBRA(1)



	PARAFUSOS INSERIDOS COM E SEM PRÉ-FURO					
	d_1	[mm]		7	9	11
ВО.	a _{2,CG}	[mm]	4·d	21(2)	36	44
R0	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	11	14	17
R30	a _{2,CG}	[mm]	-	32	36	44
KSU	a _{CROSS}	[mm]	1,5·d	11	14	17
R60	a _{2,CG}	[mm]	-	57	57	57
KOU	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	11	14	17
DOO	a _{2,CG}	[mm]	-	82	82	82
R90	a_{CROSS}	[mm]	1,5·d	11	14	17

PARAFUSOS EM TRAÇÃO INSERIDOS COM UM ÂNGULO A EM RELAÇÃO À FIBRA⁽¹⁾



	PARAFUSOS INSERIDOS COM E SEM PRÉ-FURO						
	d_1	[mm]		7	9	11	
RO	a _{2,CG}	[mm]	4·d	21(2)	36	44	
	a ₂	[mm]	5·d	35	45	55	
R30	a _{2,CG}	[mm]	-	32	36	44	
	a_2	[mm]	5·d	35	45	55	
R60	a _{2,CG}	[mm]	-	57	57	57	
	a ₂	[mm]	5·d	35	45	55	
R90	a _{2,CG}	[mm]	-	82	82	82	
	a ₂	[mm]	5·d	35	45	55	

Valores calculados utilizando $\eta_{k fi} = 0.5 \mid a_{2 CG} = a_{1}$ de acordo com EN 1995-1-2:2025

⁽¹⁾ Nova geração de Eurocódigos EN 1995-1-2:2025 (n.d.)

⁽²⁾ Para ligações viga secundária-viga principal VGZ d = 7 mm inclinados ou cruzados, inseridos com um ângulo de 45° em relação à cabeça da viga secundária, com uma altura mínima da viga secundária de 18·d, a distância mínima a _{2,CG} pode ser considerada equivalente a 3·d₁



Quer construir em madeira?

Podemos dar-lhe a formação mais atualizada, os guias mais inteligentes e os produtos certos.

www.rothoblaas.pt





Solutions for Building Technology

APLICAÇÕES E CONECTORES

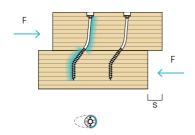
CONECTORES DE ROSCA PARCIAL

RESISTÊNCIA

Concentração das tensões na área localizada em direcção da carga. Resistências ligadas ao esforço de apoio das paredes do furo feito na madeira e à dobradura do parafuso.

PARAFUSOS SOB TENSÃO AO CORTE





RIGIDEZ

- altas deformações
 - baixa rigidez
 - alta ductilidade



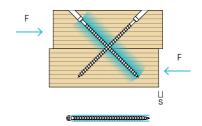
CONECTORES DE ROSCA TOTAL

RESISTÊNCIA

Tensões distribuídas ao longo de toda a superfície roscada. Altas resistências ligadas ao cilindro de madeira visado pelas tensões tangenciais.

CONECTORES SOB TENSÃO AXIAL

RESISTÊNCIA PROPORCIONAL **AO COMPRIMENTO ROSCADO**



RIGIDEZ

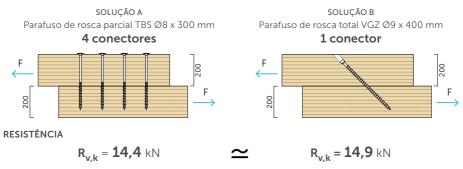
- · deslocações limitadas
 - alta rigidez
- ductilidade reduzida



CONECTORES EM COMPARAÇÃO

LIGAÇÃO VIGA-VIGA

Ligação de duas vigas de madeira lamelada (GL24h) de altura H = 200 mm tensionadas por uma carga paralela à fibra. Dimensionamento de acordo com a EN 1995-1-1:2004/A2:2014.



São necessários 4 conectores de rosca parcial para igualar a resistência ao deslizamento de 1 parafuso de rosca total inclinado a 45°.

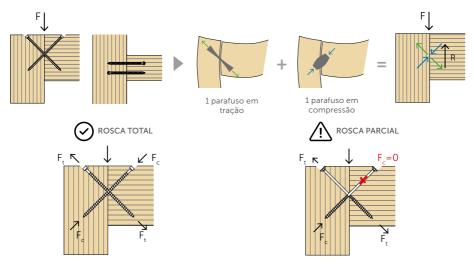
RIGIDEZ

$$K_{ser} = 6.1 \text{ kN/mm}$$
 << $K_{ser} = 29.4 \text{ kN/mm}$

A ligação realizada com conectores de rosca total é muito rígida: sob a mesma tensão, haverá menos deformações do que com conectores de rosca parcial.

LIGAÇÃO COM CONECTORES CRUZADOS

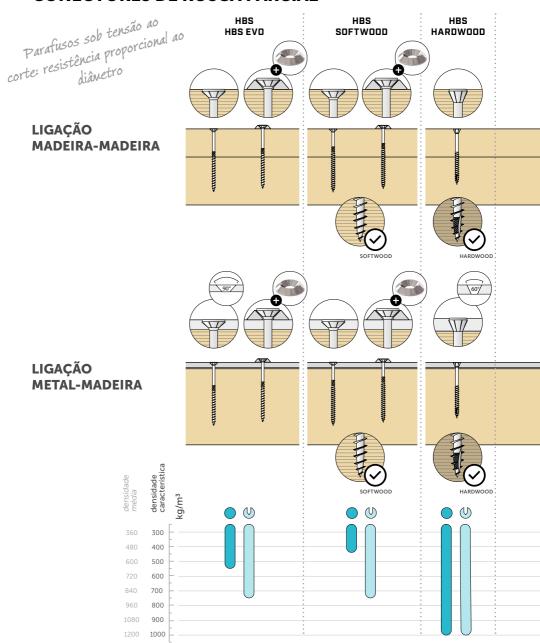
A força de corte vertical F é distribuída sobre os conectores instalados a 45°, tensionando-os axialmente.



A parte roscada proporciona um excelente desempenho tanto em tração, como em compressão e permite alcançar uma elevada resistência global.

A cabeça do parafuso não resiste à compressão (sai da madeira) e oferece uma resistência à tração limitada (penetração < extração da rosca).

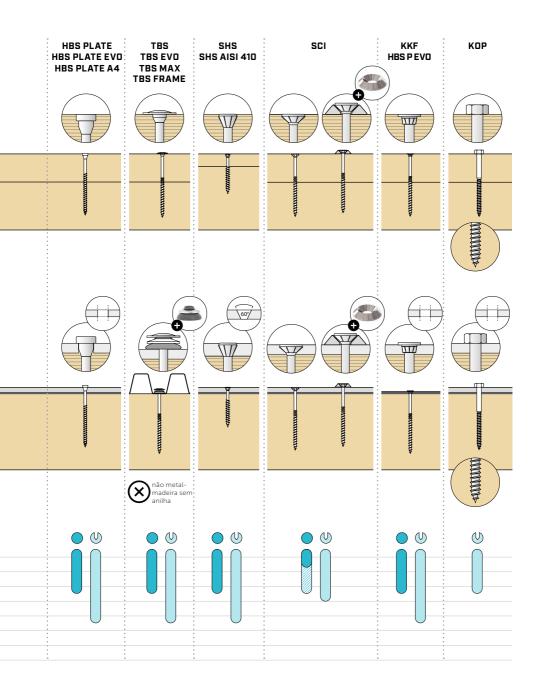
CONECTORES DE ROSCA PARCIAL



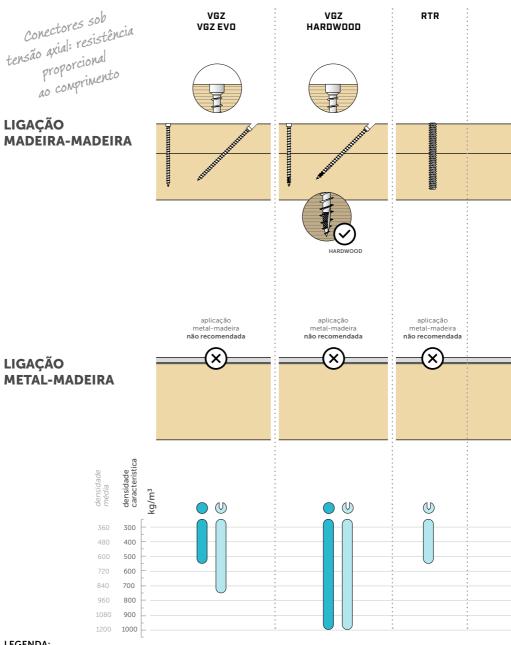
LEGENDA:

inserção sem pré-furo (U) inserção com pré-furo

aplicação desaconselhada, mas possível se feita com cuidados especiais

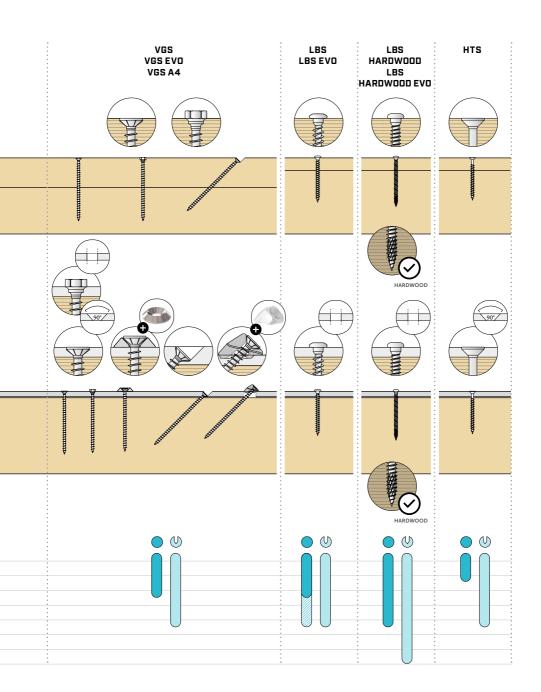


CONECTORES DE ROSCA TOTAL

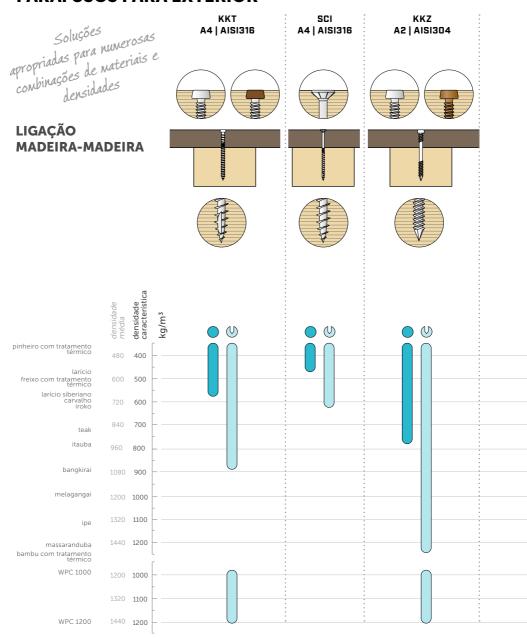


LEGENDA:

inserção sem pré-furo (U) inserção com pré-furo aplicação desaconselhada, mas possível se feita com cuidados especiais



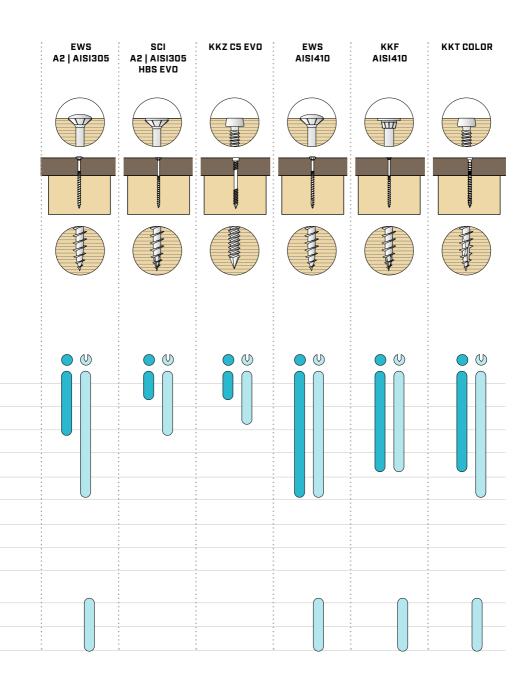
PARAFUSOS PARA EXTERIOR



LEGENDA:

inserção sem pré-furo

(V) inserção com pré-furo



CONECTORES PARA LIGAÇÕES HÍBRIDAS

ANILHA E METAL-MADEIRA



HUS **VGU**



Anilhas certificadas para aplicação com parafuso de embeber.

BETÃO-MADEIRA



CTC

Conector certificado, software de cálculo disponível.

SOFTWOOD-HARDWOOD



HBS HARDWOOD



Parafuso certificado para ligações híbridas entre elementos de softwood e BeechLVL.

SOFTWOOD-HARDWOOD



VGZ HARDWOOD

D.....

Parafuso certificado para ligações híbridas entre elementos de softwood e BeechLVL.

MADEIRA-METAL



SBS-SPP



Permitem a fixação de elementos de madeira em subestruturas metálicas

MADEIRA-ISOLANTE-MADEIRA



NG7

Permite a fixação de isolante rígido e macio.

MADEIRA-METAL-MADEIRA



SBD - SBD EVO



Cavilha auto-perfurante - permite furar chapas até 10 mm de espessura.



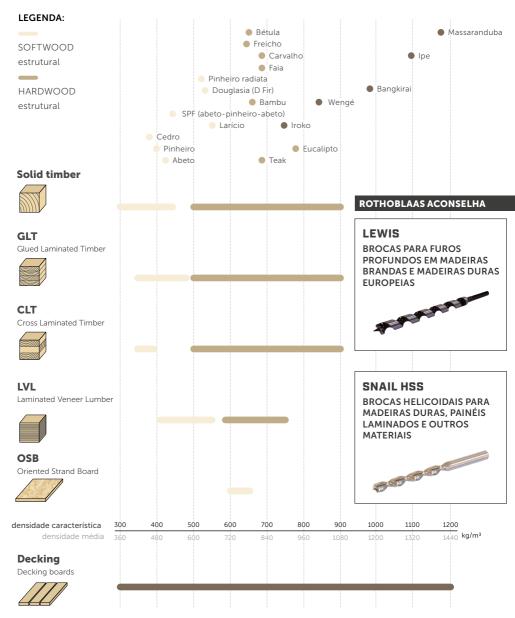
SBS-SPP

Ideais para fixação de sistemas de lajes compostas madeira-metal--madeira com chapa nervurada.

MATERIAIS

Há 200 anos, a madeira era o material mais utilizado na construção; mais tarde foi substituída pelo aço e betão. A madeira como "material de construção" tem evoluído nos últimos 100 anos com a introdução de materiais colados (GLT, CLT e LVL).

Podem ser distinguidas duas macrocategorias; madeiras de coníferas (softwood) e madeiras de folhosas (hardwood).



Como instalar corretamente?



PRÁTICA

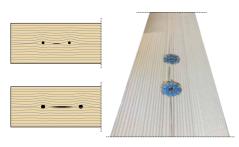
DISTÂNCIAS MÍNIMAS E PRÉ-FURO

DISTÂNCIAS E ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS

O posicionamento dos parafusos dentro do elemento de madeira deve ter em conta a interação entre os dois elementos.

A utilização de distâncias e espaçamentos mínimos adequados entre os parafusos evita fissuras no elemento de madeira e mecanismos frágeis de rutura da ligação.

espacamento insuficiente entre os parafusos



distâncias não adequadas de bordas e extremidades





INDICAÇÕES SOBRE DISTÂNCIAS E ESPAÇAMENTOS MÍNIMOS para parafu-"Parafusos e conectores para madeira" www.rothoblaas.pt



PRÉ-FURO E FURO PILOTO

O pré-furo permite inserir o parafuso com menos esforço e minimizar os danos na madeira. O pré-furo é feito ao longo de todo o comprimento do parafuso.

A inserção com pré-furo permite geralmente a adoção de espaçamentos e distâncias mínimas reduzidas

inserção sem pré-furo



A porção de madeira afetada pela inserção do parafuso é maior se não for feito pré-furo.

inserção com pré-furo



Os parafusos podem ser posicionados a uma distância reduzida porque não são afetados pela interação mútua.

Os furos piloto ou os furos quia são utilizados para facilitar a inserção dos parafusos.

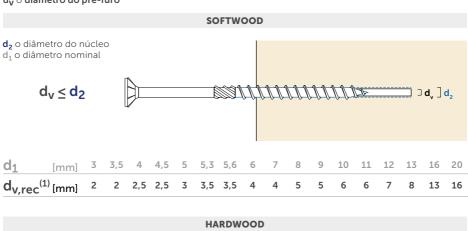
Têm um comprimento limitado (geralmente 40-80 mm).

São recomendados na instalação de parafusos longos ou quando é necessário garantir uma inclinação de inserção muito precisa.

DIÂMETRO DO PRÉ-FURO

A dimensão do pré-furo depende da geometria do parafuso e do tipo de madeira em que é instalado (para informações mais específicas sobre materiais, ver pág. 55).

d_{v.rec} o diâmetro recomendado do pré-furo d_v ⊙ diâmetro do pré-furo



d, o diâmetro da haste d₁ o diâmetro nominal







A IMPORTÂNCIA DO PRÉ-FURO CORRETO



 $d_v < d_{v,rec}$



O esforço sobre o parafuso durante a inserção excede a resistência à torção do parafuso.

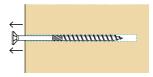




 $d_v > d_{v,rec}$



Uma parte da rosca não está em contacto com a madeira; a resistência à extração diminui.



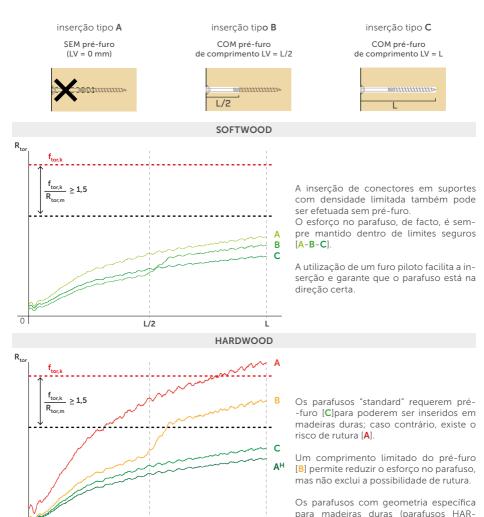
⁽¹⁾ ETA-11/0030.

MOMENTO DE INTRODUÇÃO

Para penetrar na madeira, o parafuso deve superar a sua força de resistência.

O esforço durante o aparafusamento (momento de inserção - R_{tor}) está relacionado com a geometria do conector e o material do suporte. Para evitar ruturas, o esforço no parafuso não deve ser igual ou superior à sua resistência intrínseca à torção (f_{tor}). De acordo com a norma⁽¹⁾ deve ser assegurada uma relação de torção mínima de aparafusamento de 1,50 ($f_{tor,k}$ / $R_{tor,mean} \ge 1,5$).

Os gráficos abaixo mostram a evolução do momento de inserção dos parafusos aplicados em diferentes condições, tanto em termos da madeira utilizada, como do tipo de pré-furo.



DWOOD) podem ser aplicados sem pré-

-furo [AH].

(1) EN 14592:2022 | EAD 130118-01-0603

L/2

IMPULS e IMPACT: YES or NO?



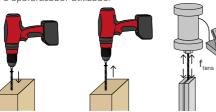
A Rothoblaas conduziu uma campanha experimental em colaboração com a Universidade de Innsbruck para avaliar a influência da utilização de diferentes aparafusadores nas propriedades mecânicas dos parafusos (por exemplo, resistência à tração) e no momento de inserção.

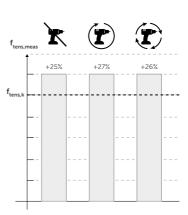


RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

As resistências à tração dos parafusos nunca utilizados (amostras de referência) foram comparadas com as dos parafusos instalados em elementos de madeira (inseridos e depois extraídos com diferentes parafusadores).

A resistência à tração não está relacionada com o tipo de instalação: como mostra o gráfico ao lado, as divergências, inferiores a 2%, estão presumivelmente relacionadas com a variabilidade intrínseca dos elementos de madeira utilizados e não com o aparafusador utilizado.

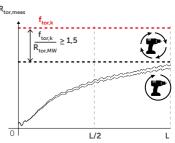




MOMENTO DE INTRODUÇÃO

A utilização de um aparafusador por impulsos/de percussão não provoca variações substanciais na resistência à inserção em comparação com a instalação com um aparafusador "standard". A relação característica de torção (f_{tor k} / R_{tor MW}) está sempre dentro dos limites estabelecidos pela norma.





ACCREDITED TEST REPORT (202011-0088) "Influence on the tension strendevices" disponível no sítio www.rothoblaas.pt



LIGAÇÃO MADEIRA-MADEIRA



No caso de parafusos utilizados em ligações estruturais madeira-madeira (softwood), também pode ser utilizada um aparafusador por impulsos/de percussão para a instalação.



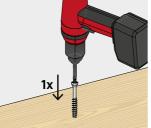


A instalação adequada assegura o desempenho estrutural e a resistência dos parafusos auto-perfurantes parcial ou totalmente roscados nas ligações madeira-madeira e metal-madeira.

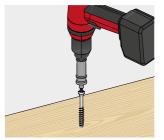


Não martelar os parafusos para inserir a Em geral, recomenda-se a inserção do broca na madeira.

O parafuso não pode ser reutilizado.



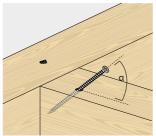
conector numa única operação, sem efetuar paragens e recomeços que possam criar estados de sobretensão no parafuso.

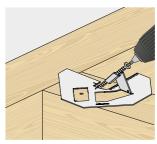


Selecionar a dimensão e o tipo de ponteira apropriados. O suporte para o parafuso CATCH ou CATCHL da Rothoblaas pode ser utilizado para garantir que a ponteira permanece na ranhura da cabeça do parafuso durante a instalação.



É recomendado o furo piloto para as- Respeitar o ângulo de inserção. segurar a direção correta da instalação.





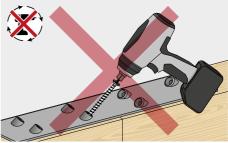
É recomendada a utilização do gabarito de instalação JIG VGZ 45°.

LIGAÇÃO **METAL-MADEIRA**

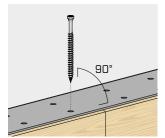


O parafuso não deve ser submetido a tensão extrema e, portanto, não deve entrar em contacto com a chapa de forma violenta. Ocorrem estados de sobretensão que podem levar à rutura mesmo após a instalação.

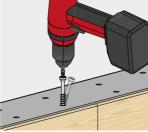




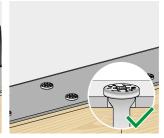
Com o aparafusador por impulsos/de percussão, determinar o ponto de paragem preciso é complexo. O parafuso é tensionado de forma não contínua, razão pela qual não é recomendada a utilização do aparafusador por impulsos/de percussão.



Respeitar o ângulo de inserção.

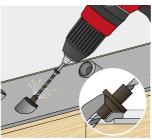


Evitar flexão.



Assegurar o contacto completo entre toda a superfície da cabeça do parafuso e o elemento metálico.





segurar a direção correta da instalação. rito JIG VGU em combinação com a de instalação JIG VGZ 45°. anilha VGU.



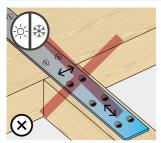
É recomendado o furo piloto para as- Recomendamos a utilização do gaba- É recomendada a utilização do gabarito

LIGAÇÃO **METAL-MADEIRA**

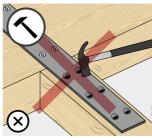


PRESCRIÇÕES DE INSTALAÇÃO

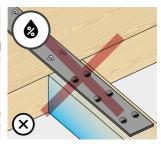
CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO



por exemplo, devido a grandes amplitu- instalação. des térmicas.

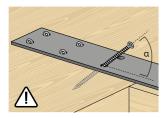


Evitar alterações dimensionais no metal, Evitar tensões acidentais em fase de

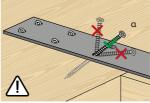


Evitar fenómenos de retração e dilatacão dos elementos de madeira devido a variações de humidade.

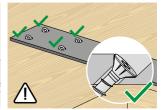
INSERÇÃO



Respeitar o ângulo de inserção.



Evitar flexão.



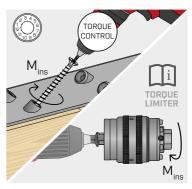
A montagem deve ser de tal maneira para garantir que as tensões sejam uniformemente distribuídas sobre todos os parafusos instalados.

APERTO

Recomenda-se a utilização de aparafusadores "standard" e assegurar um aperto correto utilizando uma chave dinamométrica ou de aparafusadores "de binário controlado", a fim de evitar tensões pontuais e concentradas.

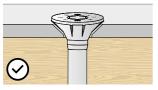
Valores do binário de aperto recomendados:

	VGS Ø9	VGS Ø11 L < 400 mi	VGS Ø m L ≥ 400	
M _{ins} [Nm]	20	30	40	50
	HBS PL	. Ø8 HE	S PL Ø10	HBS PL Ø12
M _{ins} [Nm]	25		35	50

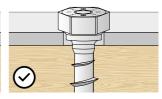


ACABAMENTOS

Assegurar o contacto total entre toda a superfície da cabeça do parafuso e o elemento metálico é uma boa regra de construção.



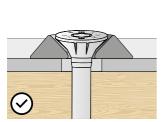


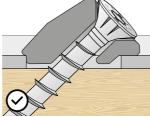


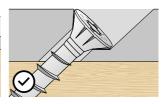
Furo escareado.

Furo cilíndrico

Furo cilíndrico.







Anilha escareada

Anilha VGU inclinada

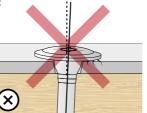
Furo escareado inclinado

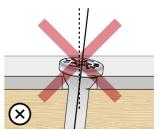


ONDE PRESTAR PARTICULAR **ATENÇÃO**

A cabeça larga é um elemento crítico na aplicação metal-madeira e, portanto, a sua utilização não é recomendada.

Uma coplanaridade imperfeita entre a sede metálica e a cabeça do parafuso pode levar a concentrações de esforço pontuais resultando em fenómenos de rutura localizados.

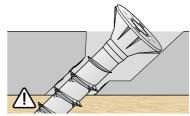




FURO NA CHAPA

O diâmetro do furo na chapa deve ser sempre maior que o diâmetro externo do parafuso, para evitar que a rosca seja danificada durante a inserção e que o conector não exerça a resistência prevista.

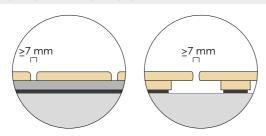
Assegurar que o parafuso não entra em contacto com o elemento metálico durante a inserção.



PRESCRIÇÕES DE CONSTRUÇÃO: DECKING

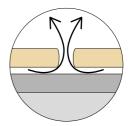
A atenção dispensada às particularidades garante a durabilidade, a estética e a estabilidade da estrutura do revestimento. Também evita problemáticas de marcescência, fissurações e deformações.

DISTÂNCIA ENTRE AS TÁBUAS



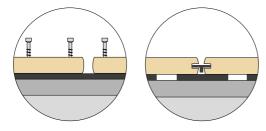
- · consentir os movimentos da madeira
- evitar acúmulo de áqua e marcescência sobre o topo das tábuas consentir os movimentos da madeira
- evitar acumulação de sujidade

VENTILAÇÃO SOB AS TÁBUAS



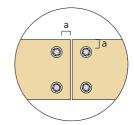
- evitar acumulação de água e humidade
- · evitar o contacto directo entre os elementos

ESCOLHA DAS FIXAÇÕES



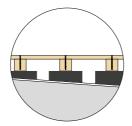
- garantir a estética
- fixação aparente ou oculta

POSICIONAMENTO DAS FIXAÇÕES



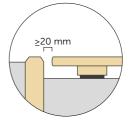
- evitar fissurações das tábuas
- garantir uma vedação estática

RESISTÊNCIA ESTÁTICA DO REVESTIMENTO



- garantir segurança e estabilidade
- prever a devida distância entre os elementos da subestrutura
 evitar estagnação de água (40÷60 cm)
- certificar-se de que haja um adequado nivelamento da subestrutura
- adoptar o mesmo material para o revestimento e a subestrutura

DISTÂNCIA LATERAL



- · consentir os movimentos da madeira
- evitar aumento localizado de humidade na madeira
- evitar acumulação de sujidade

A seleção correta da espécie lenhosa e a qualidade da tábua com base nas exigências projetuais, evita retrações, dilatações ou deformações diferenciais entre os elementos e empenamento. Tais fenómenos podem comprometer a correcta funcionalidade do sistema de fixação.

escolher o parafuso certo e instruções de montagem

NA CONSTRUÇÃO



3 ANOS DEPOIS



ROTHOBLAAS ACONSELHA







CRAB MAXI GRAMPO PARA DECKS

- ▶ Pega rotativa para regulações precisas
- ▶ Para esticar 5 a 7 tábuas de uma só vez
- ▶ Abertura de 200 a 770 mm



STAR ESTRELA DISTANCIADORA

- ▶ as 5 medidas mais comuns numa única ferramenta
- ▶ Criar fugas de dimensão uniforme
- ▶ Espessuras de 4 a 8 mm





DUTDOOR, tudo o que precisa para projetar e construir ambientes exteriores. Descubra o quia outdoor no nosso sítio web ou solicite o catálogo ao seu agente de confiança. www.rothoblaas.pt

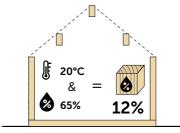


PRESCRIÇÕES DE CONSTRUÇÃO: **ESTALEIRO**

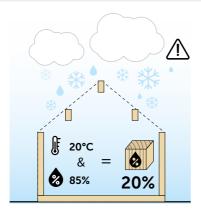
Durante o transporte, armazenamento e montagem, os elementos de madeira devem ser protegidos para minimizar as suas variações de humidade residual.

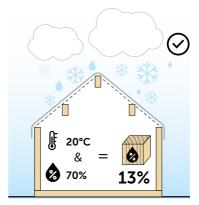
FASE DE ESTALEIRO: construção em curso

Na fase de instalação, os elementos de madeira apresentam teores de humidade compatíveis com os da fábrica em que foram produzidos.



FASE INTERMÉDIA: a construção é exposta às intempéries





sem os produtos certos

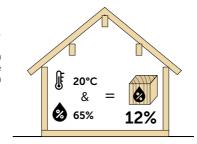
com os produtos certos

Se não for devidamente protegida, em caso de chuva, o aumento da humidade do ar leva a um aumento considerável da humidade residual nos elementos de madeira.

OBRA ACABADA: construção concluída

Os elementos estão em equilíbrio com as condições ambientais finais.

Proteger a estrutura das intempéries e assegurar a proteção, especialmente das juntas, durante a fase de construção, assegura que a resistência da obra não seja comprometida.



ROTHOBLAAS ACONSELHA

CAP TOP **TOLDO DE COBERTURA**





- ▶ Cada medida é equipada de um gancho de elevação reforçado para uma instalação mais simples.
- ▶ Graças aos olhais metálicos que fixam cada metro, o toldo pode ser facilmente fixado à cobertura.
- ▶ A elevada gramagem e o tipo de material garantem uma elevada resistência mecânica e durabilidade no tempo.
- ▶ Fixando o toldo à cobertura, é importante que todos os olhais estejam sempre ancorados de modo a que a carga do vento seja distribuída sobre o major número de olhais



TRASPIR ADHESIVE 260 MEMBRANA ALTAMENTE TRANSPIRANTE AUTOADESIVA



▶ AUTOADESIVA

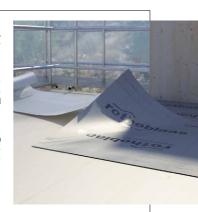
Graças ao colante de nova geração, a membrana assegura uma boa aderência mesmo em OSB rugoso.

▶ SELAGEM SEGURA

A superfície adesiva evita a formação de fluxos de ar atrás da membrana em caso de rutura acidental ou falta de selagem.

▶ TRANSPIRANTE

Graças ao adesivo patenteado, a membrana permanece perfeitamente transpirante, mesmo que totalmente adesiva.



BYTUM SLATE 3500 MEMBRANA BETUMINOSA **AUTOADESIVA COM ARDÓSIA**



► COLOCAÇÃO FÁCIL

O acabamento em ardósia torna o BYTUM SLATE 3500 utilizável em inclinações até 5° como sub-telha e compatível com argamassa e espuma.

▶ AMPLA GAMA

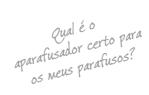
Disponível em 4 cores, para satisfazer diferentes campos de aplicação e necessidades estéticas.

▶ FLEXIBILIDADE

Flexibilidade e manufaturabilidade garantidas, mesmo a baixas temperaturas, graças ao composto betuminoso modificado com polímeros.



APARAFUSADORES



A escolha do aparafusador depende do tipo e tamanho do parafuso, da aplicação e do tipo de material do suporte.

PARAFUSOS PEQUENOS | Ø3.5-Ø10



- Utilização universal para múltiplas aplicações
- Ideal para utilização em estaleiros graças ao sistema de bateria
- Função de percussão comutável e regulação do nível da força de torsão máxima para um trabalho preciso

ROTHOBLAAS ACONSELHA

ASB 18

APARAFUSADOR COM BATERIA DE 2 VELOCIDADES



PARAFUSOS GRANDES | Ø8-Ø12



- Berbeguim-aparafusador potente para parafusos estruturais
- Na primeira velocidade, permite a inserção de conectores, mesmo longos
- Na segunda velocidade (alta velocidade) permite a perfuração de elementos em madeira e aço

ROTHOBLAAS ACONSELHA

B 13 B

RERRECUIM APARAFUSADOR DE 2 VELOCIDADES



CONECTORES | Ø11-Ø20



- Motor potente e robusto de 2000W com rotação direita/esquerda para uma potência de binário muito elevada na 1 ª velocidade (> 250 Nm)
- · Com a utilização de adaptadores adequados, permite a instalação de barras roscadas ou parafusos muito compridos na madeira

ROTHOBLAAS ACONSELHA

D 38 RLE

BERBEQUIM APARAFUSADOR DE 4 VELOCIDADES





A Rotho Blaas Srl não garante a conformidade legal e/ou com a concepção dos dados e cálculos, disponibilizando ferramentas indicativas como o serviço técnico-comercial no âmbito da atividade comercial.

A Rotho Blaas Srl segue uma política de desenvolvimento continuo dos seus produtos, reservando-se assim o direito de modificar as suas características, especificações técnicas e outra documentação sem aviso prévio.

É dever do utilizador ou do projetista responsável verificar em cada utilização a conformidade dos dados com as normas em vigor e com o projeto. A responsabilidade final pela escolha do produto adequado para uma aplicação específica cabe ao utilizador/projetista.

Os valores resultantes de "investigações experimentais" baseiam-se nos resultados reais dos testes e são válidos apenas para as condições de teste indicadas.

A Rotho Blaas Srl não garante e, em nenhum caso, pode ser responsabilizada por danos, perdas e custos ou outras consequências, a qualquer título (garantia contra defeitos, por mau funcionamento, responsabilidade do produto ou legal, etc.) decorrentes da utilização ou impossibilidade de utilização dos produtos para qualquer finalidade e utilização indevida do produto:

A Rotho Blaas Srl isenta-se de qualquer responsabilidade por eventuais erros de impressão e/ou digitação. Em caso de divergências de conteúdos entre as versões do catálogo nas diferentes línguas, o texto italiano é vinculativo e prevalece sobre as traduções.

As ilustrações são parcialmente completadas com acessórios não incluídos. As imagens são meramente ilustrativas. As quantidades dentro das embalagens podem variar.

O presente catálogo é propriedade privada da Rotho Blaas Srl e não pode ser copiado, reproduzido ou publicado, nem sequer em parte, sem o prévio consentimento por escrito. Toda e qualquer violação será perseguida por lei.

As condições gerais de compra da Rotho Blaas Srl podem ser consultadas no website www.rothoblaas.pt.

Todos os direitos reservados. Copyright © 2025 by Rotho Blaas Srl Todos os render © Rotho Blaas Srl

Rotho Blaas Srl

Via dell'Adige N.2/1 | 39040, Cortaccia (BZ) | Italia Tel: +39 0471 81 84 00 | Fax: +39 0471 81 84 84 info@rothoblaas.com | www.rothoblaas.com





