

# Avaliação Técnica Europeia

## ETA 22/0889 de 20/06/2023



Versão Portuguesa preparada pelo Itecons

### Parte Geral

**Organismo de Avaliação Técnica emissor da Avaliação Técnica Europeia:**

Itecons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade

**Designação comercial do produto de construção**

TFS (Timber-Frame System)

**Família de produtos a que pertence o produto de construção**

Kits, Unidades Modulares e elementos prefabricados para construção

Código de área de produto: 34

**Fabricante**

Rusticasa – Construções, Lda.  
Zona Industrial de Campos, Polo 1  
4920-909 Vila Nova de Cerveira  
Portugal

**Instalações de fabrico**

Zona Industrial de Campos, Polo 1  
4920-909 Vila Nova de Cerveira  
Portugal

**A presente Avaliação Técnica Europeia contém**

46 páginas incluindo 2 Anexos que formam parte integrante da presente ETA

**A presente Avaliação Técnica Europeia é emitida em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011, com base em**

EAD 340308-00-0203 - *Kits para edifícios de madeira*

**Esta versão substitui**

ETA 22/0889, versão 1 emitida em 16/01/2023

**As traduções da presente Avaliação Técnica Europeia noutras línguas devem corresponder integralmente ao documento original emitido e ser identificadas como tal.**

**A reprodução da presente Avaliação Técnica Europeia, incluindo a sua transmissão por meios eletrónicos, deve ser feita na sua totalidade (exceto quaisquer anexos confidenciais referidos anteriormente). No entanto, é possível a reprodução parcial com o consentimento escrito do Organismo de Avaliação Técnica emissor. Qualquer reprodução parcial tem de ser identificada como tal.**

## Partes Específicas

### 1. Descrição técnica do produto

O TFS (Timber-Frame System), doravante referido como TFS, é um kit de edifícios de madeira pré dimensionado preparado em fábrica individualmente para cada edifício e entregue embalado para ser montado em obra. O kit inclui as partes principais de um edifício, tais como, paredes exteriores, paredes interiores, pavimento intermédio e painéis de cobertura. Outros componentes são descritos no Anexo A. Os pormenores construtivos essenciais, incluindo as suas ligações, também se descrevem no Anexo A. O número máximo de pisos do kit é três ( piso térreo + 1º piso + 2º piso).

As paredes exteriores são resistentes com uma estrutura de madeira com espessura de 105 mm ou 145 mm. A composição dos painéis é a seguinte:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura, fixo mecanicamente às ripas e contra ripas;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* ou *Pinus radiata* com 32 mm de espessura, fixa mecanicamente aos montantes;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* ou *Pinus radiata* com 10 mm de espessura, fixa mecanicamente aos montantes (prego – 45 mm, aplicado com pistola de pregos pneumática);
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes 45 x 105 mm<sup>2</sup> no caso da estrutura de 105 mm ou 45 x 145 ± 5 mm<sup>2</sup> no caso da estrutura de madeira de 145 mm. A distância máxima entre montantes é 590 mm, a classe de resistência da *Cryptomeria japonica* é CYS II de acordo com a norma NP 4544 e a classe de resistência das outras espécies de madeira utilizadas no kit é C18 ou superior de acordo com a norma EN 14081-1 (EN 338);
- Isolamento térmico em lã mineral ou fibra de madeira, com 100 mm de espessura no caso da estrutura de madeira de 105 mm ou 140 mm de espessura no caso da estrutura de madeira de 145 mm;
- Placa OSB com 12 mm de espessura ou placa de aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura, fixa mecanicamente aos montantes;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura, fixa mecanicamente aos montantes (prego – 90 mm, aplicado com pistola de pregos pneumática);
- Acabamento interior composto por revestimento vertical ou horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura, fixo mecanicamente nas ripas e contra ripas.

As dimensões máximas possíveis de um painel prefabricado de parede, que pode ser entregue a partir da fábrica, são 3.0 m x 10.0 m.

As paredes interiores, TFS 80, são similares às paredes exteriores, contudo a secção dos montantes é de 45 x 80 mm<sup>2</sup>. O acabamento de um dos lados é composto por placas de gesso e revestimento de madeira com 20 mm de espessura. O outro lado do painel é composto por uma folha de polietileno e revestimento de madeira com 20 mm de espessura. O interior destas paredes é preenchido com 50 mm de lã mineral.

Os painéis de cobertura consistem numa estrutura de madeira com barrotes de 70 mm ou 85 mm ou 90 mm de largura e de 160 mm ou 190 mm ou 200 mm ou 220 mm de altura. A espessura da camada de isolamento térmico é de 160 mm e não varia. Por conseguinte, os painéis de cobertura são compostos da seguinte forma:

- Revestimento exterior de cobertura (ex. telhas cerâmicas) instalado no local de construção;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* (para a instalação do revestimento exterior de cobertura) com 32 mm de espessura, fixa mecanicamente à placa de substrato (prego – 75 mm, aplicado por pistola de pregos pneumática);
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 45 x 45 mm<sup>2</sup>, fixa mecanicamente com parafusos 6 x 120 mm à placa de substrato;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de substrato em OSB ou placa de Aglomerado de partículas com 12 mm de espessura para coberturas planas e com 18 mm de espessura para coberturas planas.
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* composta por barrotes de madeira. As dimensões dos barrotes de madeira podem ser as seguintes:
  - 70 mm x 160 mm;
  - 70 mm x 190 mm;
  - 70 mm x 200 mm;
  - 70 mm x 220 mm;
  - 85 mm x 160 mm;
  - 85 mm x 190 mm;
  - 85 mm x 200 mm;
  - 85 mm x 220 mm;
  - 90 mm x 160 mm;
  - 90 mm x 190 mm;
  - 90 mm x 200 mm;
  - 90 mm x 220 mm.

A classe de resistência da *Cryptomeria japonica* é CYS II de acordo com a NP 4544 e a classe de resistência das outras espécies de madeira utilizada é C14 ou superior de acordo com a EN 14081-1 (EN 338);

- Isolamento térmico com 160 mm de espessura em lã mineral ou fibra de madeira;
- Membrana de vapor;
- Ripa de madeira de *Picea abies* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Picea abies* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior vertical ou horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou em placa de gesso com 12.5 mm de espessura, fixo mecanicamente às ripas e contra ripas.

As dimensões máximas possíveis para a prefabricação dos painéis de cobertura, que podem ser entregues a partir da fábrica, são 2.5 m x 10.0 m.

Quando o edifício tem um 1º andar ou um 1º e 2º andar, a laje entre os pavimentos é formada por painéis CRIPTOLAM F210 (0.5 x 8.0 m<sup>2</sup>) construídos com madeira maciça lamelada colada com uma espessura de 210 mm, montados lado a lado com um cobre juntas na face superior, ou, alternativamente, a laje entre pavimentos é formada por painéis (2.5 x 8.0 m<sup>2</sup>) compostos por elementos estruturais lineares de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris*

ou *Picea abies* ligados entre si por uma placa à base de madeira (OSB ou aglomerado de madeira com 18 mm de espessura).

Ambos os tipos de painéis de pavimento são revestidos por lã mineral (45 mm) e pavimento de madeira e são colocados diretamente nas paredes.

O kit destina-se a ser montado numa laje térrea rígida, por exemplo uma laje de betão que é revestida por lã mineral e um pavimento de madeira.

Os produtos de isolamento que podem ser incorporados no kit TFS, como descrito, não contribuem para a capacidade resistente e para a estabilidade das obras.

Outros acessórios completam o kit TFS, tais como:

- Colunas e vigas;
- Ancoragens para montar os componentes do TFS (ex. Painéis de fachada e paredes divisórias interiores na laje de betão);
- Cobre-juntas exteriores;
- Tábuas para sanca exteriores;
- Tábuas para beiral da cobertura;
- Janelas e portas.

O kit é fabricado de acordo com as disposições estabelecidas na presente Avaliação Técnica Europeia e conforme estabelecido na documentação técnica arquivada no Itecons.

## **2. Especificação da utilização prevista, em conformidade com o respetivo Documento de Avaliação Europeu (a seguir referido como EAD)**

### **2.1. Utilização pretendida**

O kit de edifícios de madeira TFS destina-se a ser utilizado como edifício residencial ou como edifício de serviços. Pode ser produzido como edifícios de piso térreo ou pode ter dois pisos adicionais.

A envolvente exterior é avaliada como suficientemente estanque à água sob condições climáticas normais.

Respeitante à permeabilidade ao vapor e resistência à humidade, o kit de edifícios de madeira destina-se a ser utilizado em edifícios com o fluxo de humidade (difusão) do interior para o exterior.

A permeabilidade ao vapor do kit de edifícios de madeira foi avaliada para condições climáticas específicas. O kit deve ser reavaliado no caso de uma aplicação sob diferentes condições climáticas.

A utilização do kit em áreas onde o ataque de térmitas pode ocorrer é extremamente desaconselhado sem tratamento químico adicional. Estes tipos de tratamentos não fazem parte da presente avaliação.

As disposições estabelecidas na presente Avaliação Técnica Europeia baseiam-se num período vida-útil do kit assumida de 50 anos para os elementos estruturais, elementos não acessíveis e materiais, e de 25 anos para elementos e materiais reparáveis ou substituíveis tais como, revestimentos, materiais da cobertura, guarnições exteriores, componentes integrados como janelas e portas, no mínimo de acordo com o EAD, desde que sejam cumpridas as condições estabelecidas para a instalação, embalagem, transporte e armazenamento, bem como uso adequado, manutenção e reparação. As indicações fornecidas relativamente à vida útil não podem ser interpretadas como garantia dada pelo fabricante, apenas devem ser consideradas como um meio de expressar a vida útil economicamente razoável esperada para o produto.

### **3. Desempenho do produto e referência aos métodos utilizados para a sua avaliação**

A avaliação do kit TFS de acordo com os requisitos básicos das obras de construção (RBO) foi realizada em conformidade com o EAD 340308-00-0203. As características dos componentes devem corresponder aos respetivos valores presentes na documentação técnica da presente ETA, verificada pelo Itecons.

#### **3.1. Resistência mecânica e estabilidade (RBO 1)**

Os componentes do kit, que são necessários para a resistência mecânica, rigidez e estabilidade, são listados no Anexo A e descritos em relação à sua composição e geometria.

Se o kit se destina a ser utilizado em áreas onde são previsíveis ações sísmicas, a resposta da estrutura deve ser estudada caso a caso, tendo em consideração os regulamentos nacionais, se necessário.

As fundações não fazem parte do kit. As cargas individuais e as condições de cada kit devem ser tidas em consideração no dimensionamento estrutural das fundações ou dimensionamento das construções em que o kit será aplicado.

##### **3.1.1. Resistência, estabilidade e rigidez de paredes, pavimentos e estruturas de cobertura e suas ligações a cargas verticais e horizontais**

São utilizados os dados geométricos dos componentes e dos elementos e suas propriedades relacionadas com a resistência mecânica e estabilidade, como expressão da resistência, estabilidade e rigidez das paredes, elementos de pavimento e de cobertura sob cargas verticais e horizontais.

No Anexo são apresentadas os elementos de parede, de pavimento e de cobertura, incluindo os parafusos relevantes para a sua montagem.

As informações fornecidas são utilizadas em cálculos feitos caso-a-caso de acordo com a EN 1990, EN 1991, EN 1995-1-1 e EN 1998-1 tendo em consideração os respetivos requisitos dos Estados Membros relativamente ao estado limite último e ao estado limite de serviço.

Adicionalmente, são apresentados no Anexo B cálculos numéricos para o CRIPTOLAM F210.

##### **3.1.2. Resistência ao corte a cargas horizontais no plano**

A resistência ao corte e a rigidez foram determinada de acordo com a EN 594. O provete de ensaio era composto por um painel de parede TFS 105. A composição do provete de ensaio era a seguinte:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* composta por montantes de madeira de 45 x 105 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em lã mineral;
- Placa de OSB com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* de com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Cryptomeria*

*japonica* com 20 mm de espessura.

As dimensões do provete de ensaio eram de 2.4 m x 2.4 m sem aberturas. O provete de ensaio foi fixado ao aro de ensaio através de grampos. O ensaio realizou-se com uma carga vertical de 5 kN. O valor médio da resistência ao corte obtido foi de 1798 N/mm e o valor médio da rigidez ao corte foi de 21.08 kN.

Desempenho não avaliado relativamente à resistência e à rigidez ao corte das seguintes soluções TFS 105 e TFS 145:

- Revestimento exterior de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus radiata* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus radiata* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira de 45 x 145 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em fibra de madeira ou com 140 mm de espessura em lã mineral ou em fibra de madeira;
- Placa de aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou revestimento vertical de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura.

### 3.1.3. Resistência à compressão – paredes em tronco

Sem relevância.

### 3.1.4. Assentamento da construção – paredes em tronco

Sem relevância.

### 3.1.5. Proteção contra a corrosão de parafusos metálicos

A proteção contra a corrosão de parafusos metálicos do kit TFS apresenta-se na Tabela 1.

**Tabela 1:** Proteção contra a corrosão de parafusos metálicos

| Proteção contra a corrosão de parafusos metálicos |  |
|---|--|
| Parafusos e varões roscados                       | Proteção contra a corrosão nas classes de serviço 1 e 2 de acordo com a ETA 11/0030    |
| Grampos conectores                                | Proteção contra a corrosão nas classes de serviço 1, 2 e 3 de acordo com a ETA 10/0189 |

## 3.2. Segurança em caso de incêndio (RBO 2)

### 3.2.1. Reação ao fogo

Desempenho não avaliado.

### 3.2.2. Resistência ao fogo

Desempenho não avaliado.

### 3.2.3. Desempenho ao fogo externo de coberturas

Desempenho não avaliado.

## 3.3. Higiene, saúde e ambiente (RBO 3)

### 3.3.1. Resistência ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor e a resistência à humidade da envolvente exterior foram avaliadas com base em cálculos de acordo com a EN ISO 13788. Os cálculos mostraram que a envolvente do edifício é adequada ao uso pretendido no caso do fluxo de humidade (difusão) ser do interior para o exterior, assumindo uma classe de humidade interior de 2 de acordo com a EN ISO 13788 para o clima avaliado.

Se o kit é utilizado sob diferentes condições, é necessário realizar uma avaliação em separado de acordo com a EN ISO 13788 utilizando as propriedades dos materiais listadas no Anexo A como parte do dimensionamento.

### 3.3.2. Estanquidade à água

#### 3.3.2.1. Envolvente exterior

A estanquidade à água da fachada foi avaliada de acordo com a EN 12865, procedimento A. O provete de ensaio era composto por um painel de parede TFS 105 com dimensões de 1200 x 2400 mm<sup>2</sup>. A composição do provete de ensaio era a seguinte:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em lã mineral;
- Placa de OSB com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura.

Os resultados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Estanquidade à água de acordo com EN 12865

| Procedimento de ensaio    |               | Procedimento A                |
|---------------------------|---------------|-------------------------------|
| Caudal total de água      |               | 7.2 l/min                     |
| Diferença de pressão [Pa] | Duração [min] | Condição do provete de ensaio |
| 0                         | 20            | Totalmente estanque           |
| 0 a 150                   | 10            | Totalmente estanque           |
| 0 a 300                   | 10            | Totalmente estanque           |

| Procedimento de ensaio |    | Procedimento A      |
|------------------------|----|---------------------|
| Caudal total de água   |    | 7.2 l/min           |
| 0 a 450                | 10 | Totalmente estanque |
| 0 a 600                | 10 | Totalmente estanque |
| 0 a 750                | 10 | Totalmente estanque |
| 0 a 900                | 10 | Totalmente estanque |
| 0 a 1050               | 10 | Totalmente estanque |
| 0 a 1200               | 10 | Totalmente estanque |

Desempenho não avaliado relativamente à estanquidade à água das seguintes soluções TFS 105 e TFS 145:

- Revestimento exterior de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus radiata* com 32 mm espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus radiata* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 145 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em fibra de madeira ou isolamento térmico com 140 mm de espessura em lã mineral ou em fibra de madeira;
- Placa de Aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou revestimento vertical de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura.

Estanquidade à água dos painéis de cobertura: Desempenho não avaliado.

### 3.3.2.2. Superfícies internas

Superfícies interiores em áreas húmidas não fazem parte do kit.

### 3.3.3. Classe de durabilidade/classe de utilização

O kit ITS é dimensionado em conformidade com os requisitos de durabilidade de acordo com a vida útil pretendida de 50 anos para os elementos resistentes da estrutura e componentes e materiais não acessíveis e 25 anos para componentes e materiais reparáveis ou substituíveis como revestimentos, materiais de cobertura, guarnições exteriores e componentes integrados que são fornecidos, como janelas e portas

As classes de risco/utilização adequadas de acordo com a EN 335 para a madeira e produtos à base de madeira utilizados no kit apresentam-se na Tabela 3.

**Tabela 3:** Classe de risco / classe de utilização de acordo com a EN 335

| Tipo de componentes    | Classes de risco/classes de utilização |
|------------------------|--|
| Componentes exteriores | 2, 3                                   |
| Componentes interiores | 1                                      |

A durabilidade natural de acordo com a EN 350 apresenta-se na Tabela 4.

**Tabela 4:** Durabilidade natural de acordo com a EN 350

| Espécie                     | Fungos | Hilotrupes | Anóbio | Térmitas |
|-----------------------------|--------|------------|--------|----------|
| <i>Cryptomeria japonica</i> | 5      | D          | n/a    | S        |
| <i>Picea abies</i>          | 4      | S          | S      | S        |
| <i>Pinus radiata</i>        | 4-5    | D          | S      | S        |
| <i>Pinus Sylvestris</i>     | 3-4    | D          | D      | S        |

A utilização do kit em regiões onde o ataque de térmitas pode ocorrer é inaceitável sem tratamento químico adicional. O tratamento químico deve ser feito de acordo com os regulamentos locais para tal utilização. Esta Avaliação Técnica Europeia não contempla métodos de tratamento químico do kit.

Devem ser adotadas medidas adicionais dos trabalhos para assegurar uma durabilidade adequada se o kit for utilizado em condições climáticas com incidência frequente de chuva forte e neve.

A avaliação da vida útil pretendida requer uma manutenção regular como especificado pelas instruções do fabricante.

A adequação das classes de serviço de acordo com a EN 1995-1-1 para os parafusos utilizados no kit é fornecida no Anexo A.

### 3.3.4. Teor, emissão e/ou libertação de substâncias perigosas

Desempenho não avaliado.

## 3.4. Segurança e acessibilidade na utilização (RBO 4)

### 3.4.1. Resistência ao impacto

A resistência mecânica a cargas de impacto (corpo de impacto duro e mole) foi avaliada de acordo com as indicações da secção 2.2.13 do EAD 340308-00-0203.

Foram ensaiados dois tipos de painéis de parede TFS. Um provete de ensaio era relativo ao TFS 105 e o outro relativo ao TFS 145. A composição dos provetes de ensaio era a seguinte:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* composta por montantes de madeira de 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou 45 x 145 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em lã mineral para o TFS 105 ou isolamento

térmico com 140 mm de espessura em fibra de madeira para o TFS 145;

- Placa de OSB com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura.

As dimensões dos provetes de ensaio eram de 1250 x 3900 mm<sup>2</sup> e a distância (distância máxima) entre montantes era de 550 mm e 560 mm, para o TFS 105 e TFS 145, respetivamente.

Os resultados apresentam-se na Tabela 5 e Tabela 6.

**Tabela 5:** Resistência ao impacto – painel TFS 105

| Ponto de impacto  | Energia de impacto  |            |   |            |
|---|---|------------|---|------------|
|   | Resistência de impacto a condições de serviço   |            | Resistência de impacto a condições de segurança |            |
|   | 6 J (H1)  | 400 J (S1) | 10 J (H2)                                       | 900 J (S1) |
| 1   | Passa   | Passa      | Passa   | Passa      |
| 2   | Passa   | Passa      | Passa   | Passa      |
| H1 – Impacto com corpo duro com massa de 514 ± 19 g<br>H2 – Impacto com corpo duro com massa de 1030 ± 40 g<br>S1 – Impacto com corpo mole com massa de 50 ± 0.5 kg |   |            |   |            |
| Passa   | Sem penetração e sem deterioração, apenas se observaram pequenas marcas de impacto          |            |   |            |
| Passa   | Sem penetração e sem deterioração   |            |   |            |
| Passa   | Sem colapso, sem penetração e sem projeção  |            |   |            |
| Passa   | Sem colapso, sem penetração e sem projeção, contudo, observou-se uma rotura no revestimento |            |   |            |

**Tabela 6:** Resistência ao impacto – painel TFS 145

| Ponto de impacto  | Energia de impacto  |            |                                 |            |
|---|---|------------|---------------------------------|------------|
|   | Resistência de impacto a condições de serviço   |            | Safety in use impact resistance |            |
|   | 6 J (H1)  | 400 J (S1) | 10 J (H2)                       | 900 J (S1) |
| 1   | Passa   | Passa      | Passa                           | Passa      |
| 2   | Passa   | Passa      | Passa                           | Passa      |
| H1 – Impacto com corpo duro com massa de 514 ± 19 g<br>H2 – Impacto com corpo duro com massa de 1030 ± 40 g<br>S1 – Impacto com corpo mole com massa de 50 ± 0.5 kg |   |            |                                 |            |
| Passa   | Sem penetração e sem deterioração, apenas se observaram pequenas marcas de impacto          |            |                                 |            |
| Passa   | Sem penetração e sem deterioração   |            |                                 |            |
| Passa   | Sem colapso, sem penetração e sem projeção  |            |                                 |            |
| Passa   | Sem colapso, sem penetração e sem projeção, contudo, observou-se uma rotura no revestimento |            |                                 |            |

Desempenho não avaliado relativamente à resistência ao impacto das soluções TFS 105 e TFS 145 seguintes:

- Revestimento exterior de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus radiata* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus radiata* com 10 mm de espessura;

- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou 45 x 145 mm<sup>2</sup>.
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em fibra de madeira ou isolamento térmico com 140 mm de espessura em lã mineral;
- Placa de aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou revestimento vertical de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura.

Resistência ao impacto das paredes interiores, painéis de cobertura e painéis de pavimento: Desempenho não avaliado.

### 3.5. Proteção contra o ruído (RBO 5)

#### 3.5.1. Isolamento a sons aéreos de estruturas de parede, pavimento e cobertura

O desempenho acústico realizou-se de acordo com a EN ISO 10140-1, EN ISO 10140-2, 3 e EN ISO 10140-4, EN ISO 717-1 e EN ISO 717-2.

Ensaiou-se a isolamento a sons aéreos de um painel TFS 105 com a seguinte composição:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* composta por montantes de madeira de 45 x 105 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em lã mineral;
- Placa OSB com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura.

As dimensões nominais do provete de ensaio eram de 3140 x 3140 mm<sup>2</sup>. O perímetro do provete de ensaio foi selado com lã mineral. A área de ensaio tinha um valor normalizado de 10 m<sup>2</sup> (3160 x 3160 mm<sup>2</sup>).

Os painéis de pavimento, CRIPTOLAM F210, também foram ensaiados. A área do provete de ensaio era de 3540 x 3540 mm<sup>2</sup> e a área de ensaio tinha aproximadamente 10 m<sup>2</sup> (3160 x 3160 mm<sup>2</sup>). O perímetro do provete de ensaio foi selado com lã mineral.

A redução do índice de redução sonora aparente ponderado dos componentes ensaiados apresenta-se na Tabela 7.

**Tabela 7:** Índice de redução sonora aparente ponderado

| Componente  | Desempenho acústico |
|---|---------------------|
| Painel ensaiado TFS 105                                     | $R_w = 36$ dB       |
| CRIPTOLAM F210 com lã mineral (45mm) e pavimento de madeira | $R_w = 53$ dB       |

Desempenho não avaliado relativamente ao índice de redução sonora aparente ponderado das soluções TFS 105 e TFS 145 seguintes:

- Revestimento exterior de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus radiata* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus radiata* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira de 45 x 145 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em fibra de madeira ou isolamento térmico com 140 mm de espessura em lã mineral ou fibra de madeira;
- Placa de aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus Radiata* com 25 mm;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus Radiata* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou revestimento vertical de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura.

O índice de redução sonora aparente ponderado das paredes interiores e dos painéis de cobertura: Desempenho não avaliado.

### 3.5.2. Isolamento a sons de percussão de pavimentos

Foi ensaiado um painel CRIPTOLAM F210 com lã mineral (45 mm) e pavimento de madeira. O provete de ensaio para o isolamento a sons de percussão foi o mesmo utilizado na determinação do isolamento a sons aéreos. O resultado apresenta-se na Tabela 8.

**Tabela 8:** Isolamento a sons de percussão para os painéis CRIPTOLAM F210

| Componente  | Desempenho acústico   |
|---|---|
| CRIPTOLAM F210 com lã mineral (45mm) e pavimento de madeira | Índice de redução sonora aparente ponderado $L_{n,w} = 59$ dB |

Desempenho não avaliado em relação ao índice de redução sonora aparente ponderado dos painéis de pavimento compostos por elementos estruturais de madeira linear de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* interligados através de uma placa à base de madeira (OSB ou placa de aglomerado de partículas com 18 mm de espessura).

### 3.5.3. Absorção sonora

Desempenho não avaliado.

### 3.6. Economia de energia e isolamento térmico (RBO 6)

#### 3.6.1. Resistência térmica e transmitância térmica

A resistência térmica,  $R_T$ , do TFS 105, TFS 145, painéis de cobertura e CRIPTOLAM F210 foi determinada de acordo com a EN ISO 6946 e EN ISO 10211.

As soluções construtivas avaliadas para os painéis TFS 105 e TFS 145 apresentam-se na Tabela 9.

**Tabela 9:** Soluções avaliadas de TFS 105 e TFS 145 com lã mineral e fibra de madeira

| Solução de parede | Revestimento exterior + Ripa de madeira 32 mm + Contra ripa de madeira 10 mm                           | Estrutura 105 mm / 145 mm              | Elemento de contraventamento    | Ripas de madeira 25 mm                | Acabamento interior         |
|-------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Solução 1         | Foi considerada uma resistência superficial de 0.13 m <sup>2</sup> .K/W de acordo com a norma ISO 6946 | <i>Cryptomeria japonica</i>            | OSB ou aglomerado de partículas | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> | <i>Cryptomeria japonica</i> |
| Solução 2         |  | <i>Cryptomeria japonica</i>            |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 3         |  | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i>  |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 4         |  | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i>  |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 5         |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 6         |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 7         |  | <i>Cryptomeria japonica</i>            | OSB ou aglomerado de partículas | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> | <i>Picea abies</i>          |
| Solução 8         |  | <i>Cryptomeria japonica</i>            |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 9         |  | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i>  |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 10        |  | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i>  |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 11        |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 12        |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 13        |  | <i>Cryptomeria japonica</i>            | OSB ou aglomerado de partículas | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> | Placa de gesso              |
| Solução 14        |  | <i>Cryptomeria japonica</i>            |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 15        |  | <i>Pinus sylvestris /Pinus radiata</i> |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 16        |  | <i>Pinus sylvestris /Pinus radiata</i> |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |
| Solução 17        |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Pinus sylvestris/Pinus radiata</i> |                             |
| Solução 18        |  | <i>Picea abies</i>                     |                                 | <i>Picea abies</i>                    |                             |

Os resultados da resistência térmica e do coeficiente de transmissão térmica dos painéis TFS 105 e TFS 145 avaliados apresentam-se na Tabela 10 e Tabela 11, respetivamente.

**Tabela 10:** Resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica do TFS 105

| Solução de parede | MW – 0.034 W/(m.K)                     |                         | WF – 0.036 W/(m.K)                     |                         | WF – 0.038 W/(m.K)                     |                         |
|-------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
|                   | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) |
| Solução 1         | 3.40                                   | 0.29                    | 3.28                                   | 0.31                    | 3.17                                   | 0.32                    |
| Solução 2         | 3.40                                   | 0.29                    | 3.28                                   | 0.30                    | 3.17                                   | 0.32                    |
| Solução 3         | 3.26                                   | 0.31                    | 3.15                                   | 0.32                    | 3.05                                   | 0.33                    |
| Solução 4         | 3.27                                   | 0.31                    | 3.15                                   | 0.32                    | 3.05                                   | 0.33                    |
| Solução 5         | 3.33                                   | 0.30                    | 3.21                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    |
| Solução 6         | 3.33                                   | 0.30                    | 3.21                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    |
| Solução 7         | 3.36                                   | 0.30                    | 3.24                                   | 0.31                    | 3.13                                   | 0.32                    |
| Solução 8         | 3.36                                   | 0.30                    | 3.24                                   | 0.31                    | 3.13                                   | 0.32                    |
| Solução 9         | 3.22                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    | 3.01                                   | 0.33                    |
| Solução 10        | 3.22                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    | 3.01                                   | 0.33                    |
| Solução 11        | 3.29                                   | 0.30                    | 3.17                                   | 0.32                    | 3.06                                   | 0.33                    |
| Solução 12        | 3.29                                   | 0.30                    | 3.17                                   | 0.31                    | 3.07                                   | 0.33                    |
| Solução 13        | 3.23                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    | 3.00                                   | 0.33                    |
| Solução 14        | 3.23                                   | 0.31                    | 3.11                                   | 0.32                    | 3.00                                   | 0.33                    |
| Solução 15        | 3.09                                   | 0.32                    | 2.98                                   | 0.34                    | 2.88                                   | 0.35                    |
| Solução 16        | 3.09                                   | 0.32                    | 2.98                                   | 0.34                    | 2.88                                   | 0.35                    |
| Solução 17        | 3.16                                   | 0.32                    | 3.04                                   | 0.33                    | 2.93                                   | 0.34                    |
| Solução 18        | 3.16                                   | 0.32                    | 3.04                                   | 0.33                    | 2.94                                   | 0.34                    |

**Tabela 11:** Resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica do TFS 145

| Solução de parede | MW – Alpharock 225 -0.034 W/(m.K)      |                         | WF – Steico flex F036 -0.036 W/(m.K)   |                         | WF – Steico flex F038 -0.038 W/(m.K)   |                         |
|-------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|
|                   | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> °C)/W | U W/(m <sup>2</sup> °C) |
| Solução 1         | 4.59                                   | 0.22                    | 4.41                                   | 0.23                    | 4.25                                   | 0.24                    |
| Solução 2         | 4.59                                   | 0.22                    | 4.41                                   | 0.23                    | 4.25                                   | 0.24                    |
| Solução 3         | 4.37                                   | 0.23                    | 4.21                                   | 0.24                    | 4.07                                   | 0.25                    |

| Solução de parede | MW – Alpharock 225 -0.034<br>W/(m.K)      |                            | WF – Steico flex F036 -0.036<br>W/(m.K)   |                            | WF – Steico flex F038 -0.038<br>W/(m.K)   |                            |
|-------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|---|----------------------------|
|                   | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> °C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> °C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> °C) | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> °C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> °C) |
| Solução 4         | 4.37                                      | 0.23                       | 4.21                                      | 0.24                       | 4.07                                      | 0.25                       |
| Solução 5         | 4.47                                      | 0.22                       | 4.30                                      | 0.23                       | 4.15                                      | 0.24                       |
| Solução 6         | 4.47                                      | 0.22                       | 4.31                                      | 0.23                       | 4.15                                      | 0.24                       |
| Solução 7         | 4.55                                      | 0.22                       | 4.37                                      | 0.23                       | 4.21                                      | 0.24                       |
| Solução 8         | 4.55                                      | 0.22                       | 4.37                                      | 0.23                       | 4.21                                      | 0.24                       |
| Solução 9         | 4.33                                      | 0.23                       | 4.17                                      | 0.24                       | 4.02                                      | 0.25                       |
| Solução 10        | 4.33                                      | 0.23                       | 4.17                                      | 0.24                       | 4.03                                      | 0.25                       |
| Solução 11        | 4.43                                      | 0.23                       | 4.26                                      | 0.23                       | 4.11                                      | 0.24                       |
| Solução 12        | 4.43                                      | 0.23                       | 4.27                                      | 0.23                       | 4.11                                      | 0.24                       |
| Solução 13        | 4.41                                      | 0.23                       | 4.24                                      | 0.24                       | 4.08                                      | 0.25                       |
| Solução 14        | 4.42                                      | 0.23                       | 4.24                                      | 0.24                       | 4.08                                      | 0.25                       |
| Solução 15        | 4.20                                      | 0.24                       | 4.04                                      | 0.25                       | 3.89                                      | 0.26                       |
| Solução 16        | 4.20                                      | 0.24                       | 4.04                                      | 0.25                       | 3.90                                      | 0.26                       |
| Solução 17        | 4.30                                      | 0.23                       | 4.13                                      | 0.24                       | 3.98                                      | 0.25                       |
| Solução 18        | 4.30                                      | 0.23                       | 4.14                                      | 0.24                       | 3.98                                      | 0.25                       |

Desempenho não avaliado relativamente à resistência térmica e ao coeficiente de transmissão térmica das soluções TFS 105 e TFS 145 com acabamento interior composto por revestimento de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura.

A resistência térmica e o coeficiente de transmissão térmica dos painéis de cobertura foram determinados para as soluções apresentadas na Tabela 12.

**Tabela 12:** Soluções avaliadas dos painéis de cobertura

| Solução de cobertura | Elemento de contraventamento 12 mm (Exterior) | Isolamento térmico 160 mm | Barrotes de madeira 70 mm/90 mm x 160 mm/190mm/200mm | Ripas de madeira 25 mm                 | Acabamento interior (Interior) |
|----------------------|---|---------------------------|--|--|--------------------------------|
| Solução 1            | OSB ou Aglomerado hidrófugo                   | Lã mineral 0.04 W/(m.K)   | <i>Cryptomeria japonica</i>                          | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> | <i>Cryptomeria japonica</i>    |
| Solução 2            |   |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> |                                |
| Solução 3            |   |                           | <i>Cryptomeria japonica</i>                          | <i>Picea Abies</i>                     |                                |
| Solução 4            |   |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Picea Abies</i>                     |                                |
| Solução 5            | OSB ou  | Lã mineral 0.04 W/(m.K)   | <i>Cryptomeria japonica</i>                          | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> | <i>Picea Abies</i>             |

| Solução de cobertura | Elemento de contraventamento 12 mm (Exterior) | Isolamento térmico 160 mm | Barrotes de madeira 70 mm/90 mm x 160 mm/190mm/200mm | Ripas de madeira 25 mm                 | Acabamento interior (Interior) |
|----------------------|---|---------------------------|--|--|--------------------------------|
| Solução 6            | Aglomerado hidrófugo                          |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> |                                |
| Solução 7            |   |                           | <i>Cryptomeria</i>                                   | <i>Picea Abies</i>                     |                                |
| Solução 8            |   |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Picea Abies</i>                     |                                |
| Solução 9            | OSB ou Alglomerado hidrófugo                  | Lã mineral 0.04 W/(m.K)   | <i>Cryptomeria japonica</i>                          | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> | Placa de gesso                 |
| Solução 10           |   |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i> |                                |
| Solução 11           |   |                           | <i>Cryptomeria japonica</i>                          | <i>Picea Abies</i>                     |                                |
| Solução 12           |   |                           | <i>Pinus Sylvestris/ Pinus radiata</i>               | <i>Picea Abies</i>                     |                                |

Os resultados de resistência térmica e o coeficiente de transmissão térmica dos painéis de cobertura apresentam-se na Tabela 13.

**Tabela 13:** Resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica dos painéis de cobertura

| Solução de cobertura | Isolamento térmico 160 mm               |                          | Isolamento térmico 160 mm + Caixa-de-ar 30 mm |                          | Isolamento térmico 160 mm + Caixa-de-ar 40 mm |                          |
|----------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|---|--------------------------|
|                      | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W | U W/(m <sup>2</sup> .°C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W       | U W/(m <sup>2</sup> .°C) | R <sub>tot</sub> (m <sup>2</sup> .°C)/W       | U W/(m <sup>2</sup> .°C) |
| Barrotes de 70 mm    |   |                          |   |                          |   |                          |
| Solução 1            | 4.27                                    | 0.23                     | 4.79  | 0.21                     | 4.81  | 0.21                     |
| Solução 2            | 4.01                                    | 0.25                     | 4.51  | 0.22                     | 4.52  | 0.22                     |
| Solução 3            | 4.31                                    | 0.23                     | 4.83  | 0.21                     | 4.85  | 0.21                     |
| Solução 4            | 4.05                                    | 0.25                     | 4.55  | 0.22                     | 4.57  | 0.22                     |
| Solução 5            | 4.23                                    | 0.24                     | 4.75  | 0.21                     | 4.77  | 0.21                     |
| Solução 6            | 3.97                                    | 0.25                     | 4.47  | 0.22                     | 4.48  | 0.22                     |
| Solução 7            | 4.27                                    | 0.23                     | 4.79  | 0.21                     | 4.81  | 0.21                     |
| Solução 8            | 4.01                                    | 0.25                     | 4.51  | 0.22                     | 4.53  | 0.22                     |
| Solução 9            | 4.41                                    | 0.23                     | 4.62  | 0.22                     | 4.64  | 0.22                     |
| Solução 10           | 4.13                                    | 0.24                     | 4.34  | 0.23                     | 4.35  | 0.23                     |
| Solução 11           | 4.44                                    | 0.23                     | 4.66  | 0.21                     | 4.68  | 0.21                     |
| Solução 12           | 4.17                                    | 0.24                     | 4.38  | 0.23                     | 4.39  | 0.23                     |
| Barrotes de 90 mm    |   |                          |   |                          |   |                          |
| Solução 1            | 4.48                                    | 0.22                     | 4.71  | 0.21                     | 4.73  | 0.21                     |
| Solução 2            | 4.17                                    | 0.24                     | 4.38  | 0.23                     | 4.40  | 0.23                     |

| Solução de cobertura | Isolamento térmico 160 mm                  |                             | Isolamento térmico 160 mm + Caixa-de-ar 30 mm |                             | Isolamento térmico 160 mm + Caixa-de-ar 40 mm |                             |
|----------------------|--|-----------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
|                      | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> .°C)/W | U<br>W/(m <sup>2</sup> .°C) | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> .°C)/W    | U<br>W/(m <sup>2</sup> .°C) | R <sub>tot</sub><br>(m <sup>2</sup> .°C)/W    | U<br>W/(m <sup>2</sup> .°C) |
| Solução 3            | 4.52                                       | 0.22                        | 4.75  | 0.21                        | 4.77  | 0.21                        |
| Solução 4            | 4.21                                       | 0.24                        | 4.43  | 0.23                        | 4.45  | 0.22                        |
| Solução 5            | 4.44                                       | 0.23                        | 4.67  | 0.21                        | 4.69  | 0.21                        |
| Solução 6            | 4.13                                       | 0.24                        | 4.34  | 0.23                        | 4.36  | 0.23                        |
| Solução 7            | 4.48                                       | 0.22                        | 4.71  | 0.21                        | 4.73  | 0.21                        |
| Solução 8            | 4.17                                       | 0.24                        | 4.39  | 0.23                        | 4.41  | 0.23                        |
| Solução 9            | 4.31                                       | 0.23                        | 4.54  | 0.22                        | 4.56  | 0.22                        |
| Solução 10           | 3.99                                       | 0.25                        | 4.21  | 0.24                        | 4.23  | 0.24                        |
| Solução 11           | 4.35                                       | 0.23                        | 4.58  | 0.22                        | 4.60  | 0.22                        |
| Solução 12           | 4.04                                       | 0.25                        | 4.25  | 0.24                        | 4.27  | 0.23                        |

Desempenho não avaliado relativamente à resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica dos painéis de cobertura com os seguintes componentes:

- Barrotes de madeira com as seguintes dimensões:
  - 70 mm x 220 mm;
  - 85 mm x 160 mm;
  - 85 mm x 190 mm;
  - 85 mm x 200 mm;
  - 85 mm x 220 mm;
  - 90 mm x 220 mm.
- Isolamento térmico com 160 mm de espessura em fibra de madeira;
- Acabamento interior composto por revestimento de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura.

Os resultados da resistência térmica e do coeficiente de transmissão térmica do CRIPTOLAM F210 revestido com lã mineral (45 mm) e soalho madeira são os seguintes:

- Fluxo ascendente: R<sub>tot</sub> = 4.15 m<sup>2</sup>.K/W; U = 0.24 W/m<sup>2</sup>.K;
- Fluxo descendente: R<sub>tot</sub> = 4.32 m<sup>2</sup>.K/W; U = 0.23 W/m<sup>2</sup>.K.

Desempenho não avaliado relativamente à resistência térmica e coeficiente de transmissão térmica dos painéis de pavimento compostos por elementos estruturais lineares de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* ligados por uma placa à base de madeira (OSB ou aglomerado de partículas com 18 mm de espessura).

### 3.6.2. Permeabilidade ao ar

A permeabilidade ao ar da fachada foi avaliada de acordo com a EN 12114. O provete de ensaio era composto por um painel de parede TFS 105 com dimensões de 1200 x 2400 mm<sup>2</sup>. A composição do provete de ensaio era a seguinte:

- Revestimento exterior de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* composta por montantes de madeira de 45 x 105 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em lã mineral;
- Placa OSB com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus sylvestris* com 25 mm de espessura;
- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Cryptomeria japonica* com 20 mm de espessura.

Os resultados apresentam-se na Tabela 14.

**Tabela 14:** Permeabilidade ao ar do painel TFS 105 ensaiado de acordo com a EN 12114

| Pressão<br>P (Pa) | Fluxo de<br>ar<br>V <sub>x</sub> (m <sup>3</sup> /h) | Fluxo de ar a<br>condições normais<br>V <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /h) | Permeabilidade ao ar em<br>função da área total<br>V <sub>A</sub> (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> ) | Permeabilidade ao ar em<br>função do comprimento da<br>junta<br>V <sub>L</sub> (m <sup>3</sup> /hm) |
|-------------------|--|--|--|---|
| 50                | 1.26   | 1.24   | 0.43   | 0.17  |
| 100               | 1.88   | 1.85   | 0.64   | 0.26  |
| 150               | 2.20   | 2.17   | 0.75   | 0.30  |
| 200               | 2.45   | 2.42   | 0.84   | 0.34  |
| 250               | 2.88   | 2.84   | 0.99   | 0.39  |
| 300               | 3.07   | 3.03   | 1.1  | 0.42  |
| 450               | 3.64   | 3.59   | 1.2  | 0.50  |
| 600               | 4.23   | 4.17   | 1.4  | 0.58  |

Desempenho não avaliado relativamente à permeabilidade ao ar das seguintes soluções TFS 105 e TFS 145:

- Revestimento exterior de madeira de *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Pinus radiata* com 32 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Pinus Radiata* com 10 mm de espessura;
- Membrana de impermeabilização;
- Placa de fibra de alta densidade com uma espessura de 3 mm;
- Estrutura de madeira de *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 105 mm<sup>2</sup> ou estrutura de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* ou *Pinus sylvestris* ou *Picea abies* composta por montantes de madeira 45 x 145 mm<sup>2</sup>;
- Isolamento térmico com 100 mm de espessura em fibra de madeira ou isolamento térmico com 140 mm de espessura em lã mineral ou fibra de madeira;
- Placa de aglomerado de partículas com 12 mm de espessura;
- Ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;
- Contra ripa de madeira de *Cryptomeria japonica* or *Pinus radiata* com 25 mm de espessura;

- Acabamento interior composto por revestimento horizontal de madeira de *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou revestimento vertical de madeira de *Cryptomeria japonica* ou *Picea abies* ou *Pinus sylvestris* com 20 mm de espessura ou placa de gesso com 12.5 mm de espessura.

Permeabilidade ao ar de painéis de cobertura: Desempenho não avaliado.

### 3.6.3. Inércia térmica

As capacidades de calor específico e densidades dos materiais são listadas no Anexo A. Estes valores foram obtidos a partir da EN ISO 10456:2007 e declarações de desempenho dos componentes do kit.

## 4. Sistema aplicável para a avaliação e verificação da regularidade do desempenho (a seguir designado AVCP), com referência à sua base jurídica

De acordo com a Decisão 1999/455/EC da Comissão Europeia da Comissão Europeia o sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (ver Anexo V do Regulamento (UE) n.º 305/2011) é o Sistema 1.

## 5. Pormenores técnicos necessários para a implementação do Sistema AVCP conforme previsto no EAD aplicável

A presente ETA é emitida com base em dados/informações na posse do Itecons, que identificam o produto que foi objeto de avaliação. É da responsabilidade do fabricante garantir que todos os que utilizem o kit são devidamente informados das condições específicas que constam da presente ETA.

Alterações ao kit ou aos seus componentes ou ao seu processo de produção devem ser notificadas ao Itecons antes de serem introduzidas. O Itecons decidirá se essas alterações afetam ou não a ETA e se haverá necessidade de proceder a nova avaliação do produto ou a alterações à presente ETA.

Emitida em Coimbra em 20.06.2023

Por

Unidade de Avaliação Técnica do

Itecons – Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico para a Construção, Energia, Ambiente e Sustentabilidade



Andreia Gil  
Técnica Superior

(Coordenadora da Unidade de Avaliação Técnica)



Documento validado

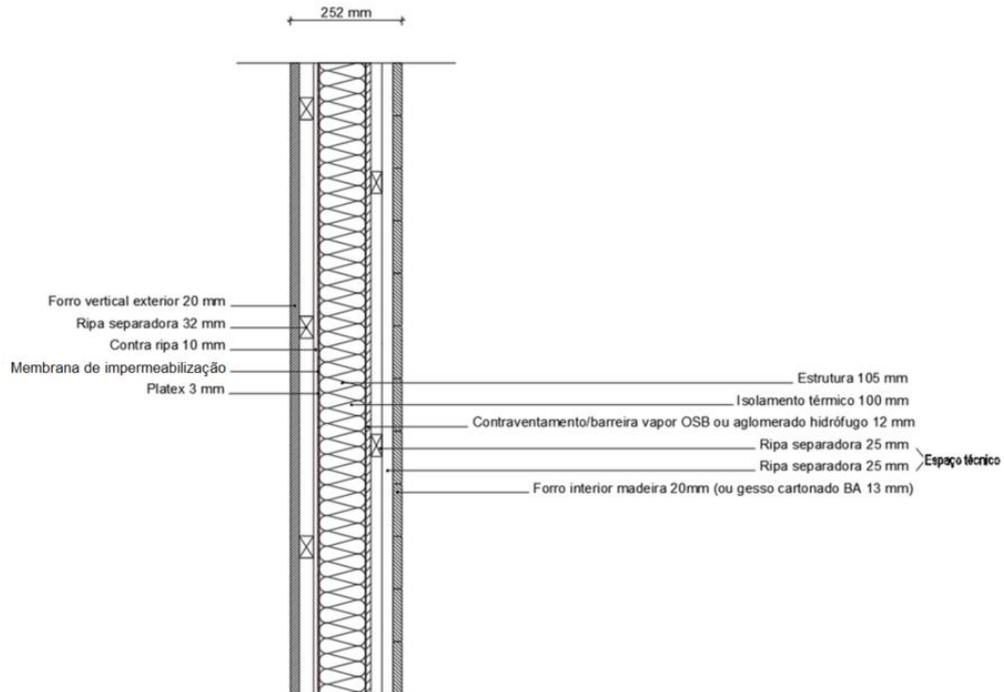
(Direção)

## Anexo A – Índice dos elementos do edifício

| <b>A lista dos desenhos relevantes do kit construtivo e dos promemores construtivos</b> |  |
|---|--|
| <b>Paredes exteriores</b>   |  |
| 1.  | TFS 105 – revestimento horizontal de madeira                                 |
| 2.  | TFS 145 – revestimento horizontal de madeira                                 |
| 3.  | TFS 105 – revestimento vertical de madeira                                   |
| 4.  | TFS 145 – revestimento vertical de madeira                                   |
| <b>Paredes internas</b>   |  |
| 5.  | TFS 80 – revestimento horizontal de madeira                                  |
| 6.  | TFS 80 – revestimento vertical de madeira                                    |
| <b>Cobertura</b>  |  |
| 7.  | Painel de cobertura com barrotes ocultos                                     |
| 8.  | Painel de cobertura com barrotes visíveis                                    |
| <b>Pavimento</b>  |  |
| 9.  | CRIPTOLAM F210   |
| 10.   | Painéis de pavimento compostos por elementos estruturais lineares de madeira |
| <b>Ligações entre os elementos do kit</b>   |  |
| 11.   | TFS 105 – pavimento térreo   |
| 12.   | TFS 145 – pavimento térreo   |
| 13.   | TFS 80 – pavimento térreo  |
| 14.   | TFS 105 – CRIPTOLAM F210   |
| 15.   | TFS 145 – CRIPTOLAM F210   |
| 16.   | TFS 105 – parede divisória   |
| 17.   | TFS 145 – parede divisória   |
| 18.   | Parede divisória – parede divisória  |
| 19.   | TFS 105 – envidraçado (corte transversal)                                    |
| 20.   | TFS 145 – envidraçado (corte transversal)                                    |
| 21.   | TFS 105 – envidraçado (corte longitudinal)                                   |
| 22.   | TFS 145 – envidraçado (corte longitudinal)                                   |
| 23.   | TFS 105 – soleira  |
| 24.   | TFS 145 – soleira  |
| 25.   | Esquina TFS 105  |
| 26.   | Esquina TFS 145  |
| 27.   | Canto interior TFS 80  |
| 28.   | TFS 105 junta longitudinal   |
| 29.   | TFS 145 junta longitudinal   |

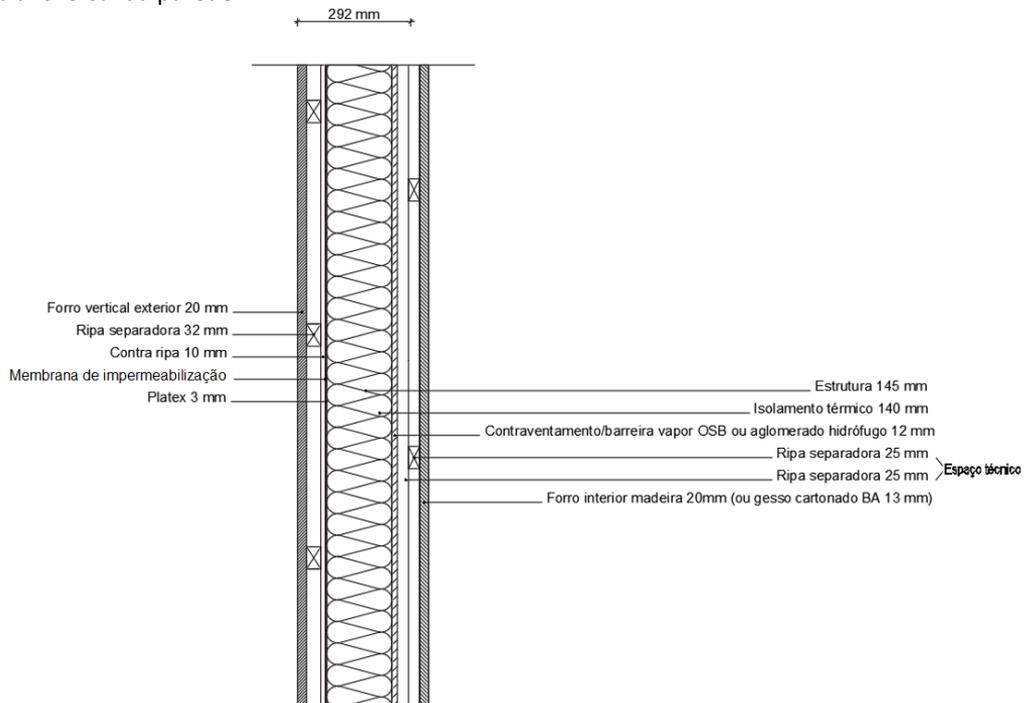
## 1 – TFS 105 – revestimento horizontal de madeira

Corte transversal da parede:



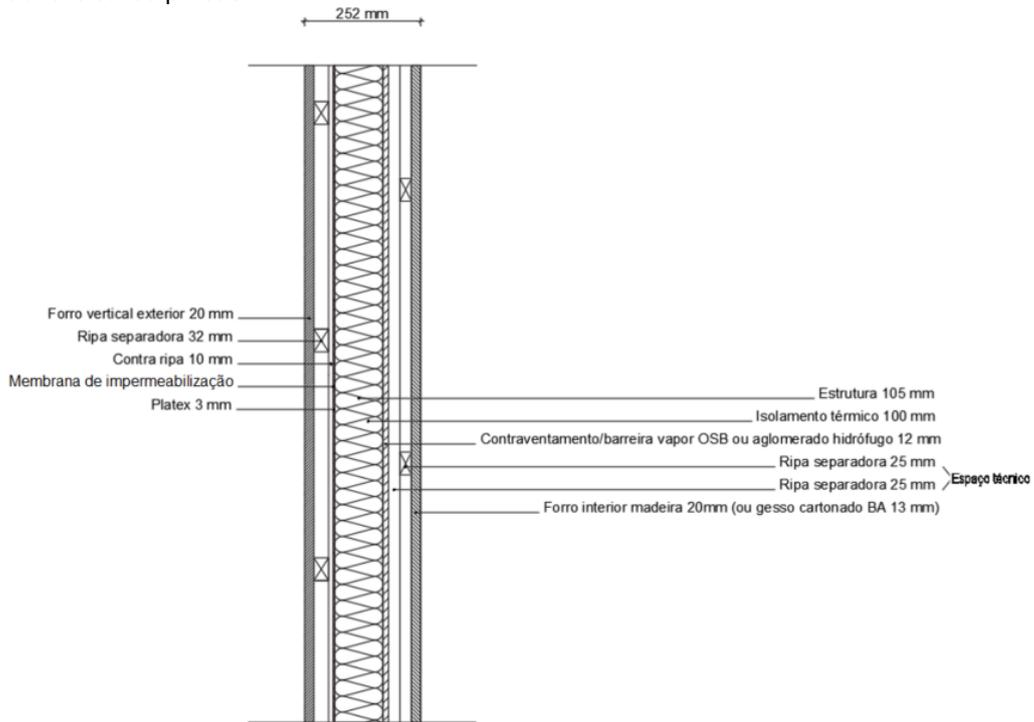
## 2 – TFS 145 – revestimento horizontal de madeira

Corte transversal da parede:



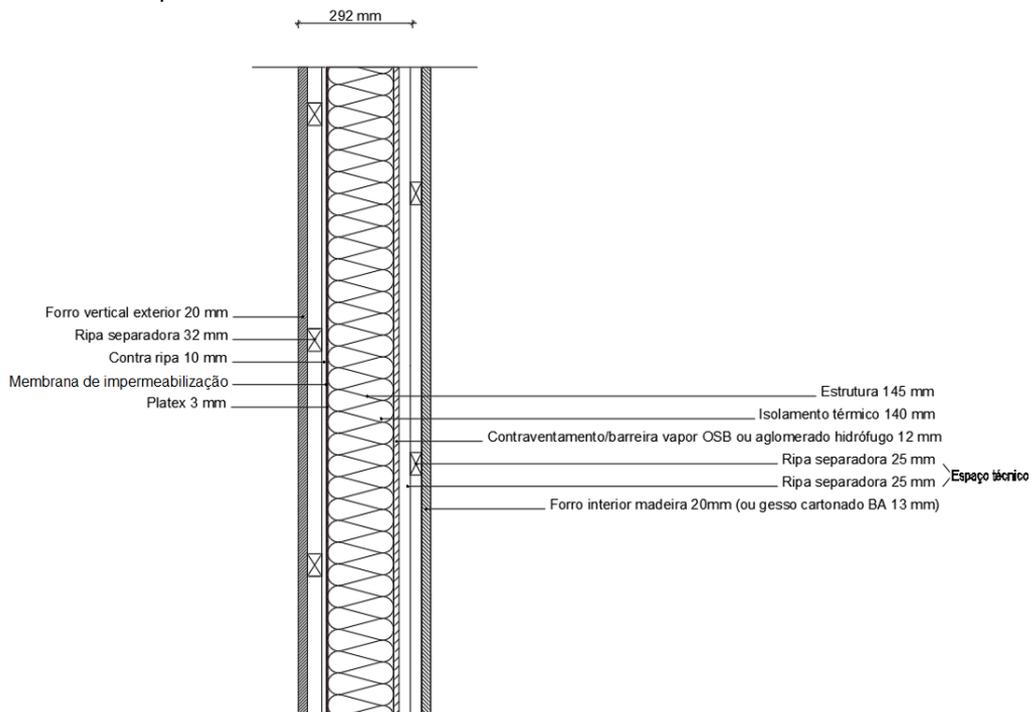
### 3 – TFS 105 – revestimento vertical de madeira

Corte transversal da parede:



### 4 – TFS 145 – revestimento vertical de madeira

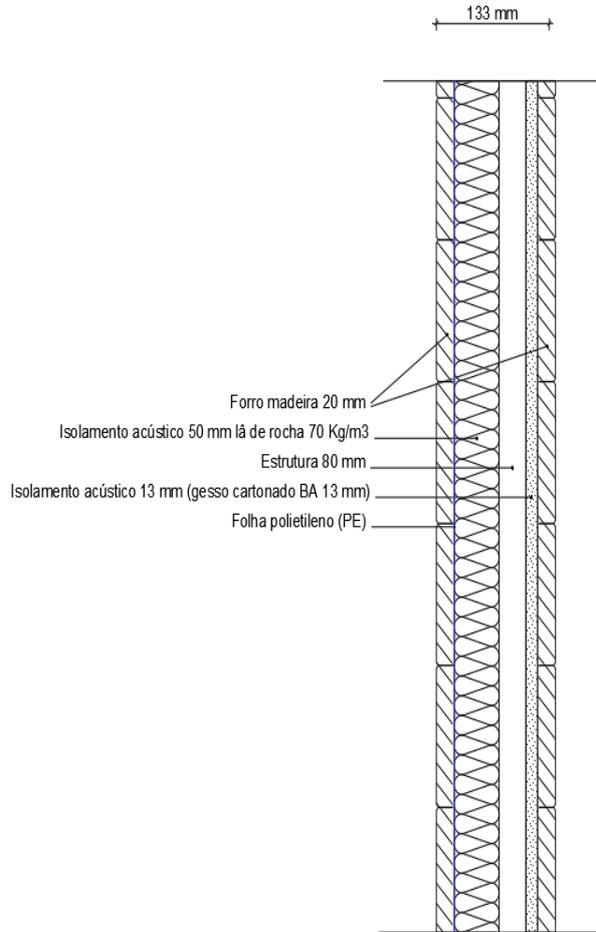
Corte transversal da parede:



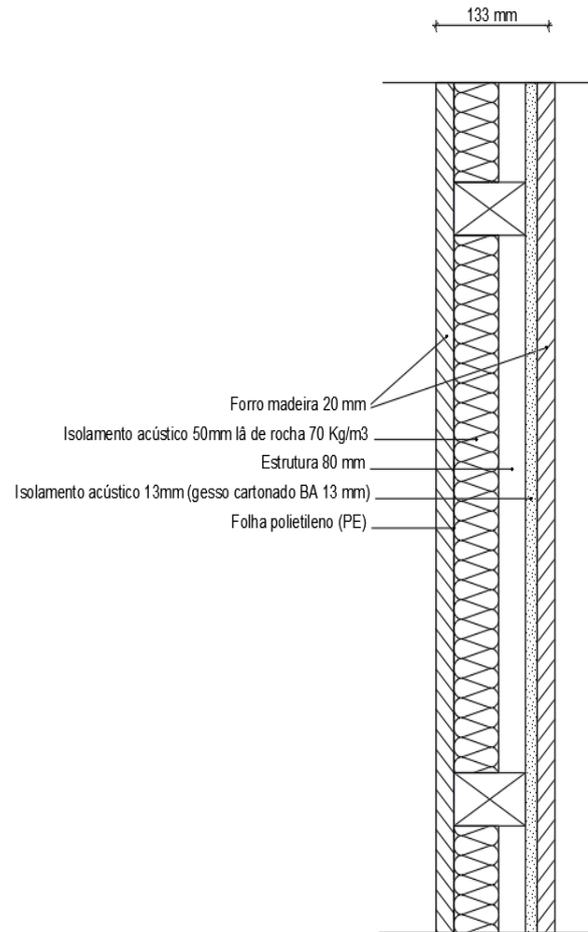
5 – TFS 80 – revestimento horizontal de madeira

6 – TFS 80 – revestimento vertical de madeira

Corte transversal da parede:

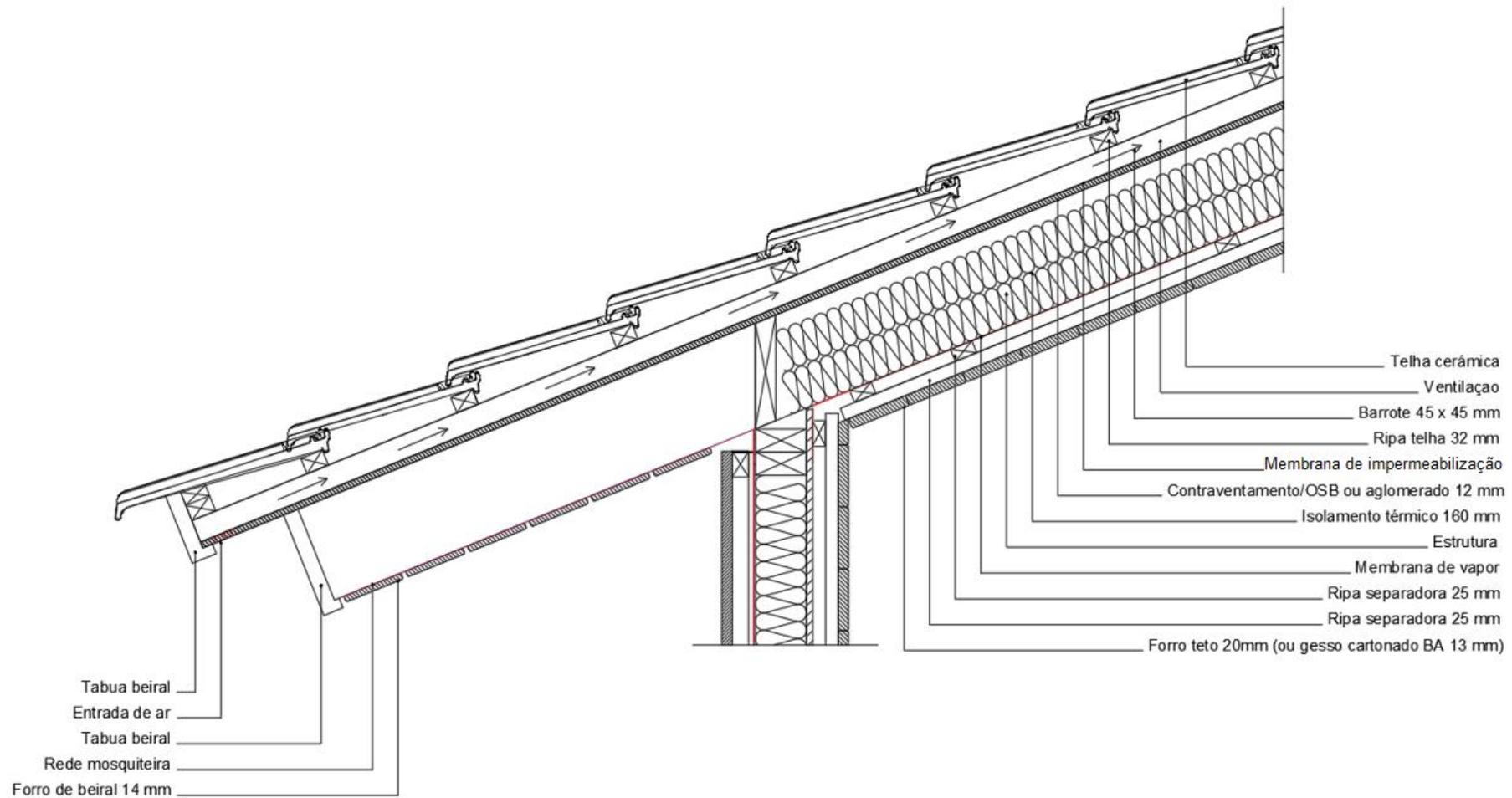


Corte transversal da parede:



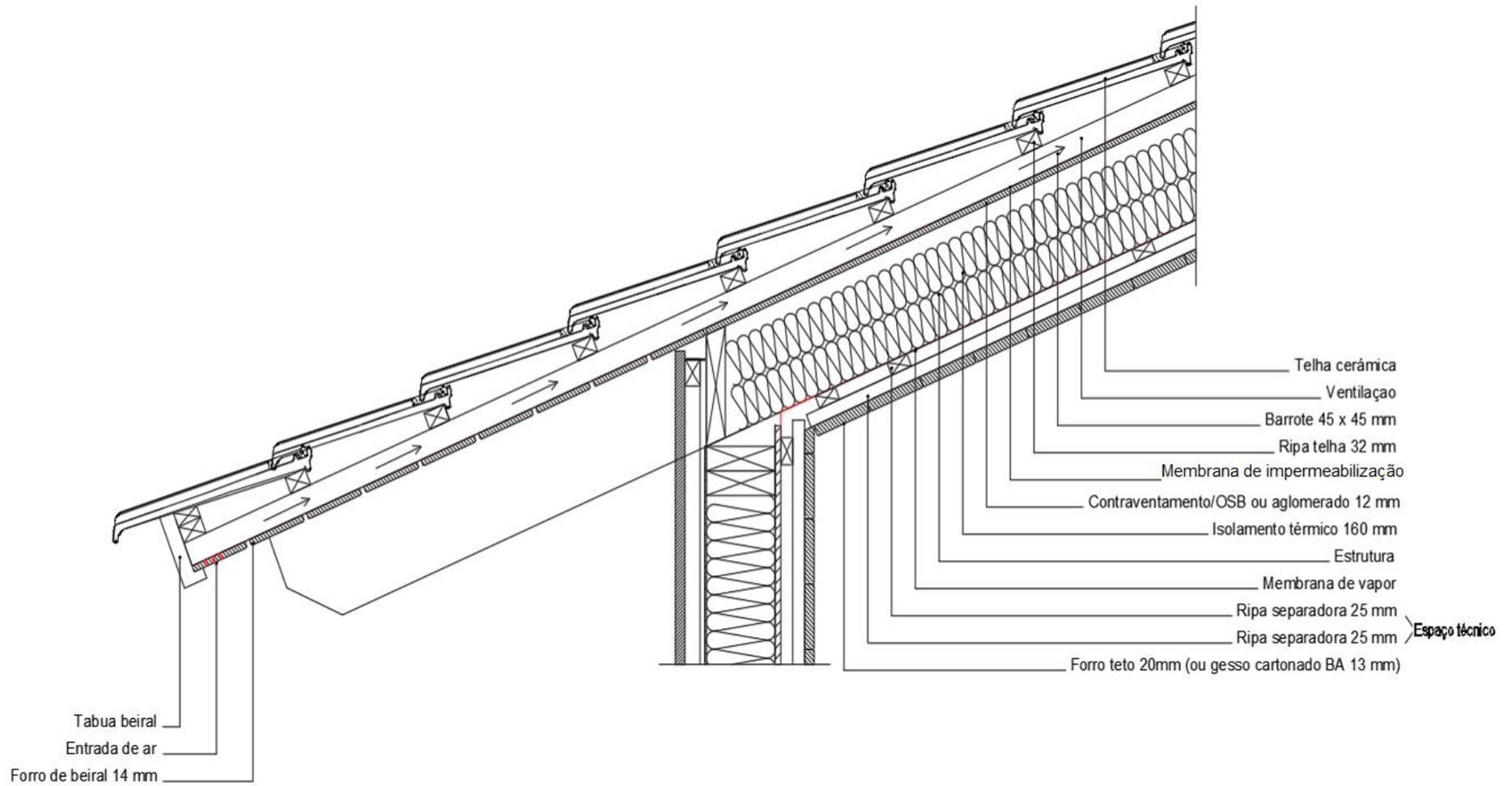
## 7 – Painel de cobertura com barrotes ocultos

Corte transversal da cobertura:



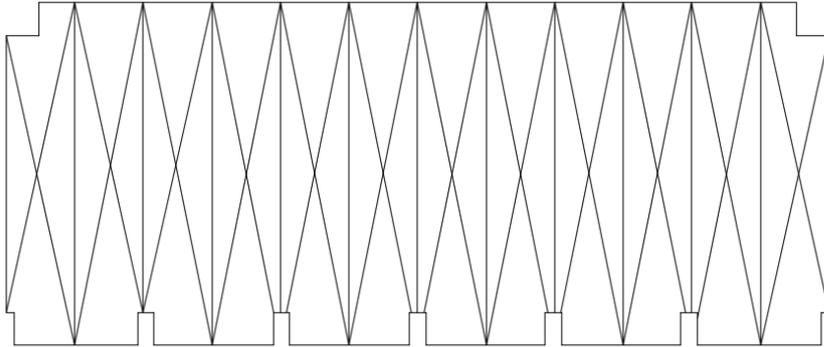
## 8 – Pannel de cobertura com barrotes à vista

Corte transversal da cobertura:

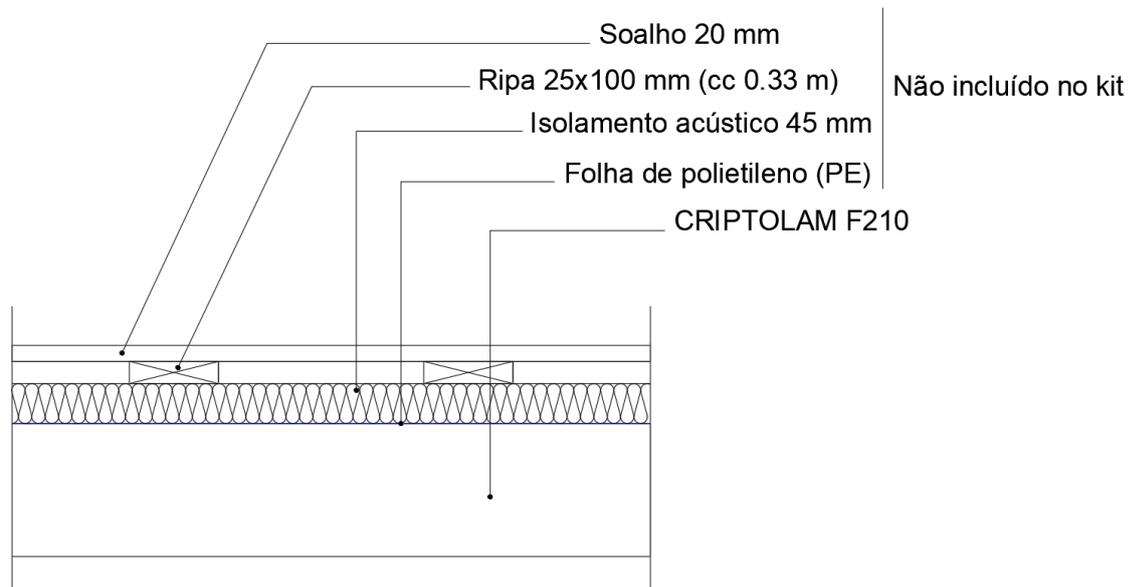


## 9 – CRIPTOLAM F210

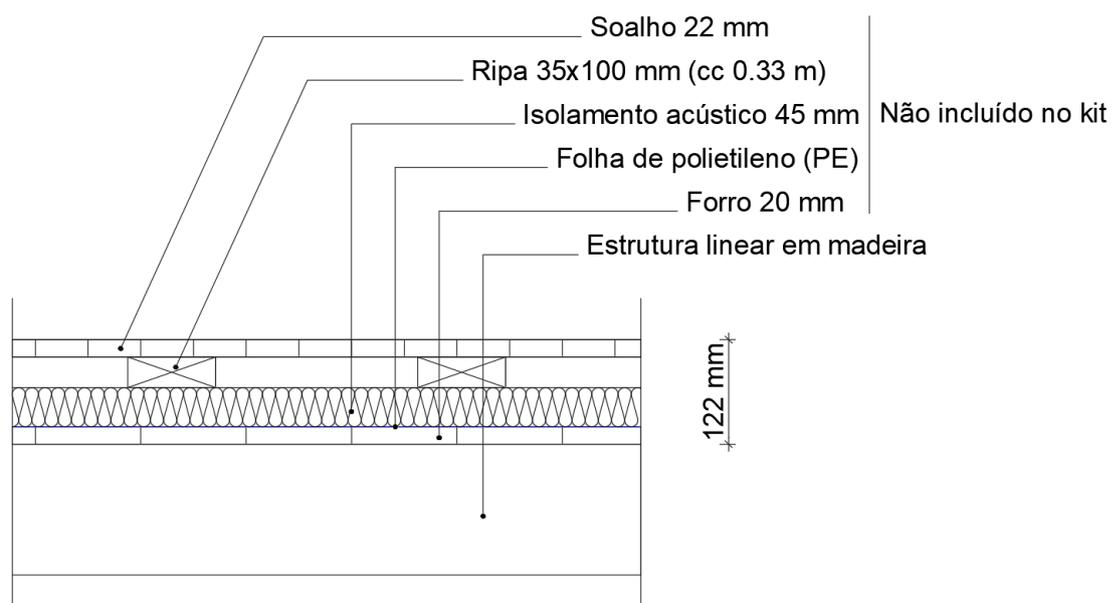
Corte transversal do pavimento (sem camadas de revestimento):



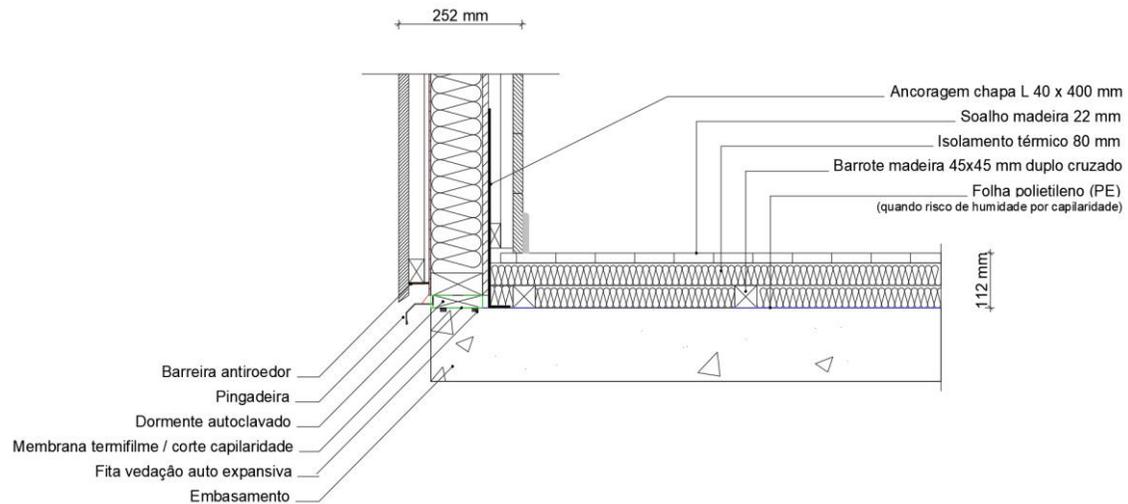
Corte longitudinal do pavimento (com camadas de revestimento):



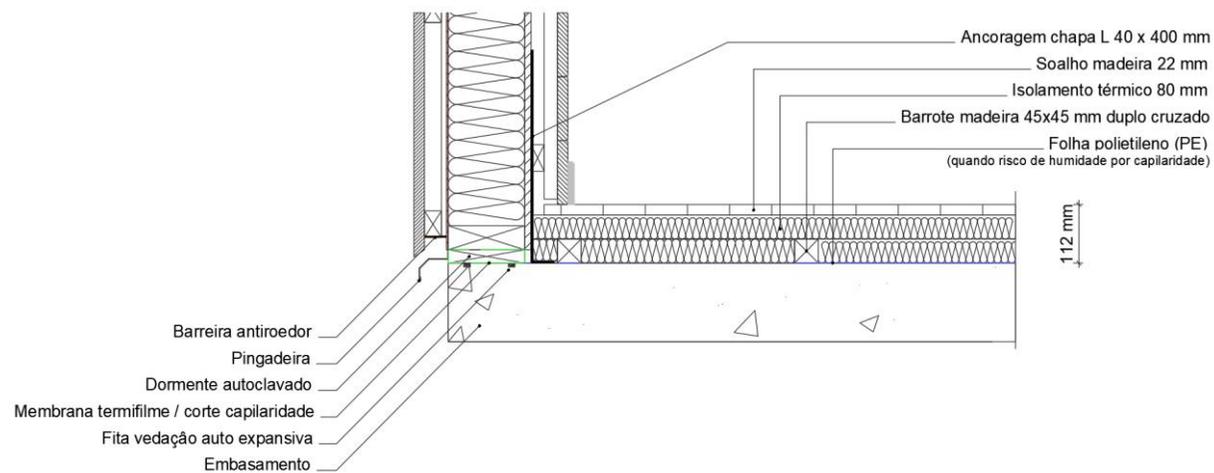
## 10 – Painéis de pavimento compostos por elementos estruturais lineares de madeira



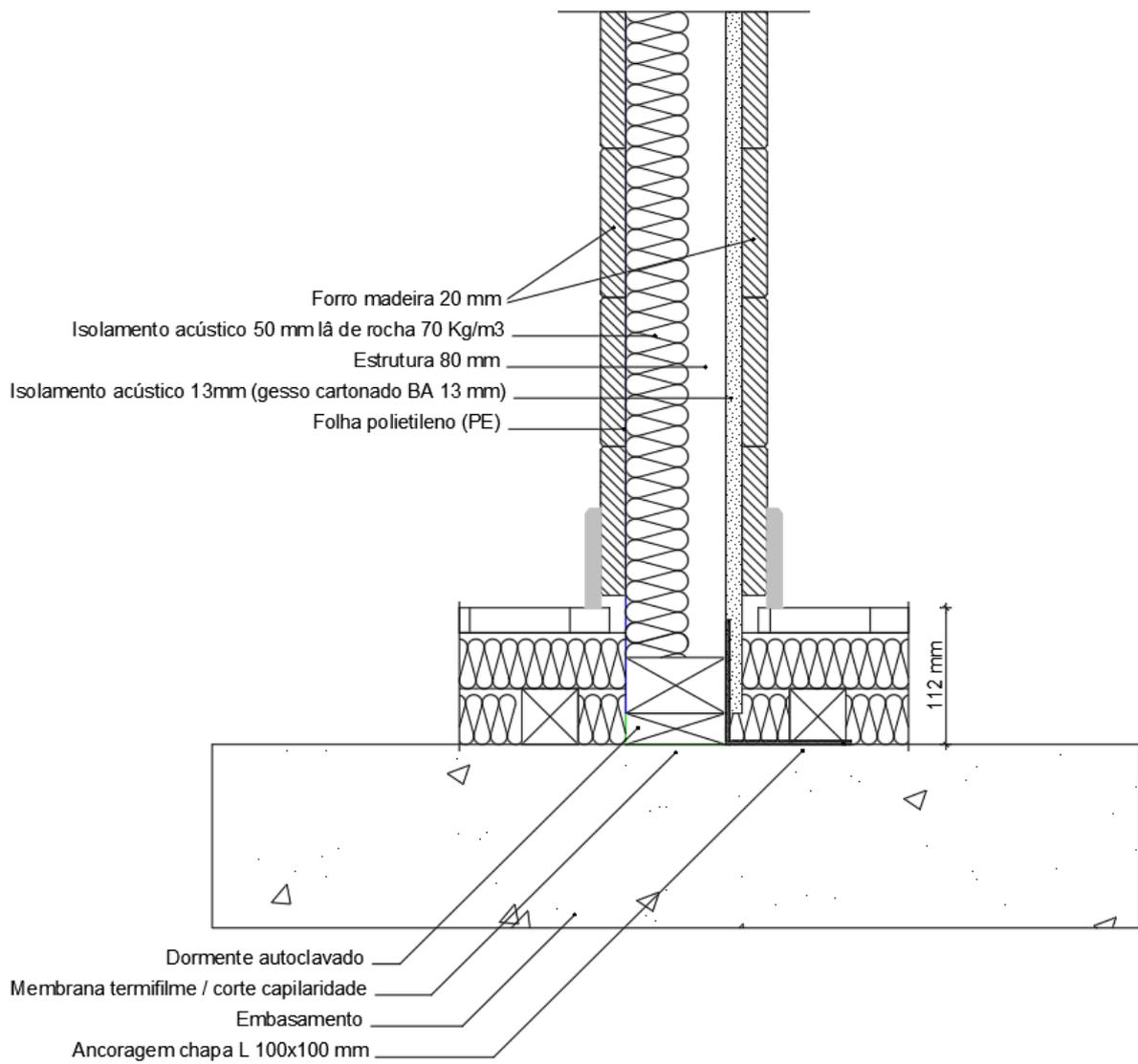
11 – TFS 105 – pavimento térreo



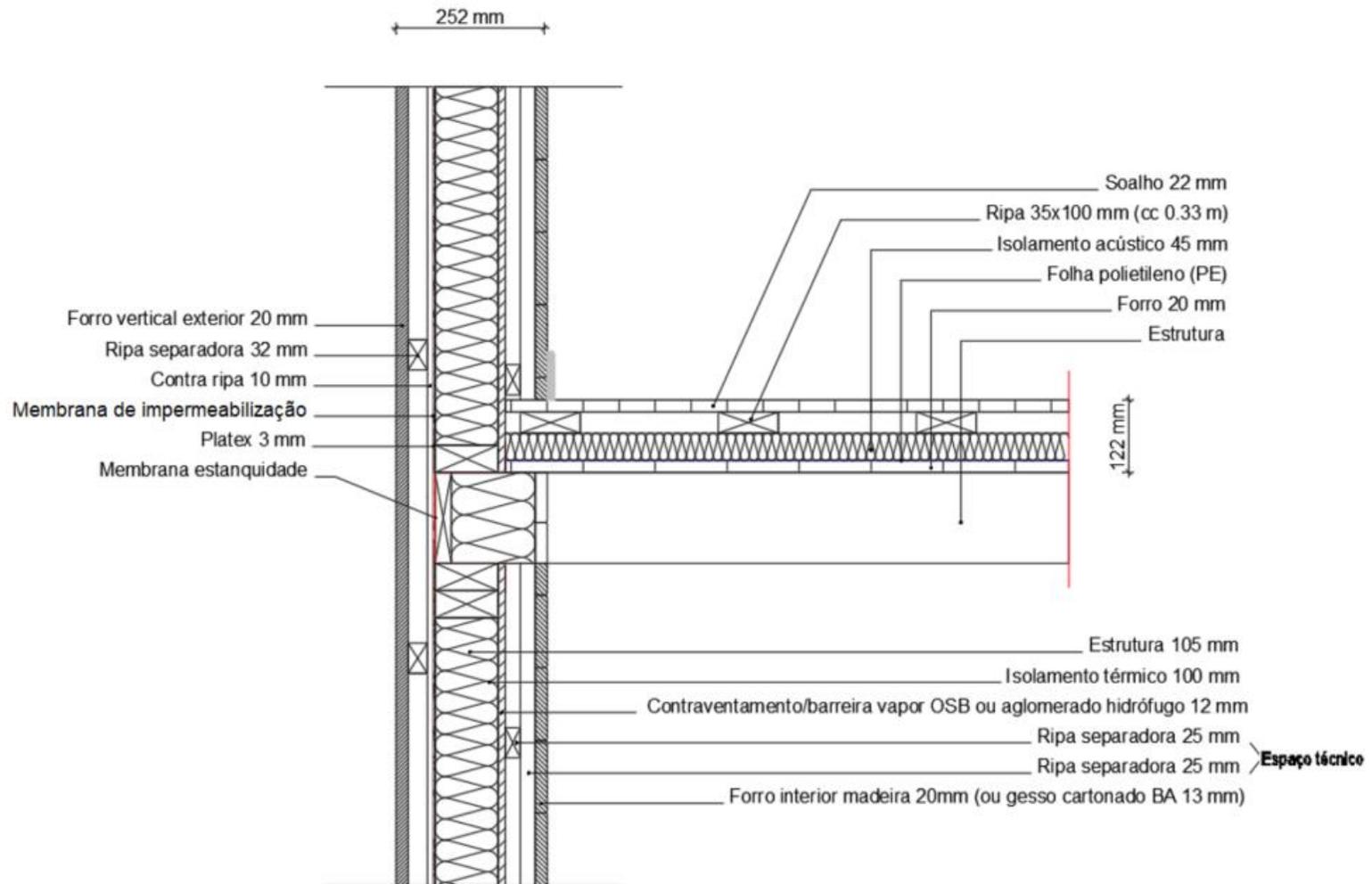
12 – TFS 145 – pavimento térreo



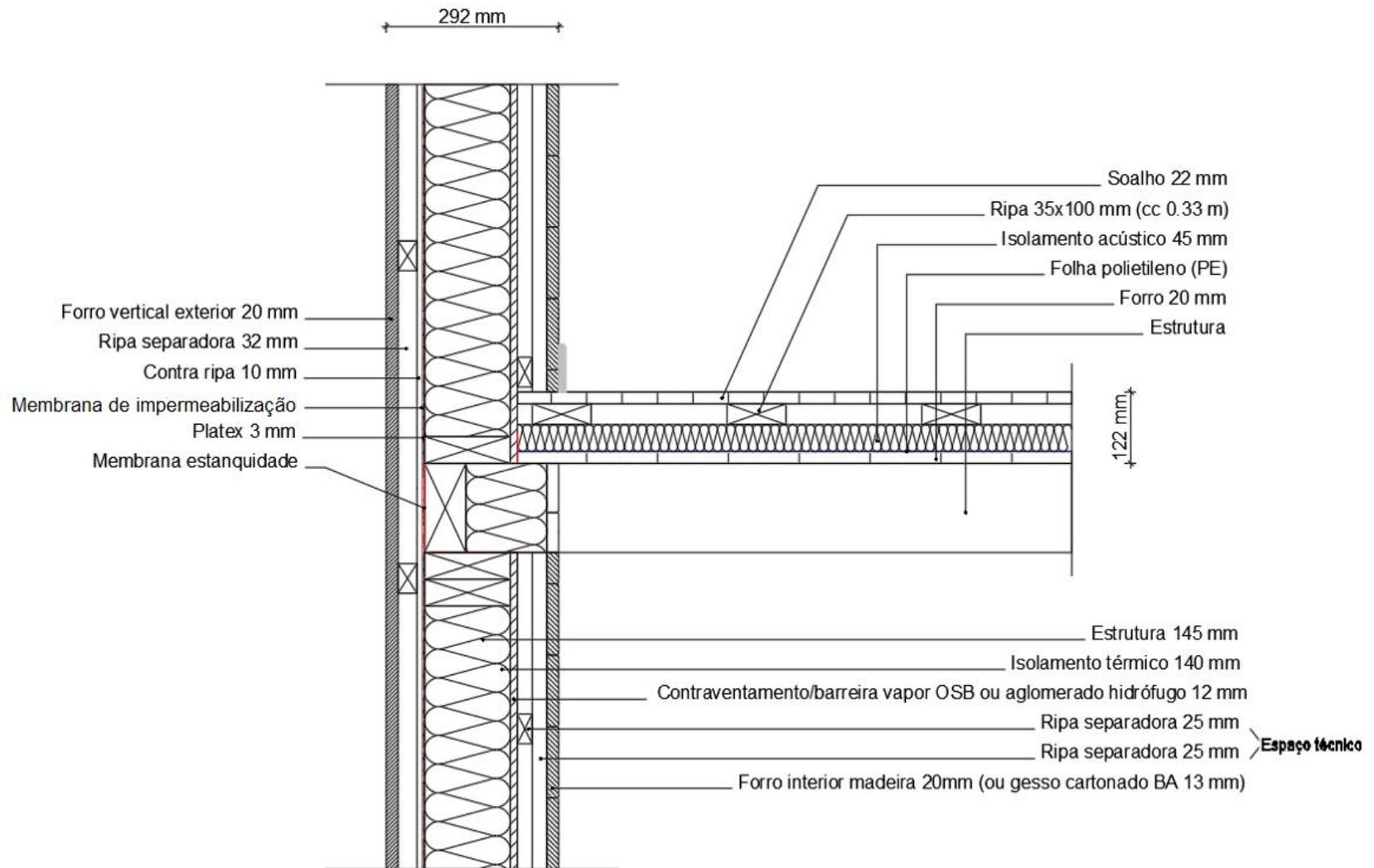
13 – TFS 80 – pavimento térreo



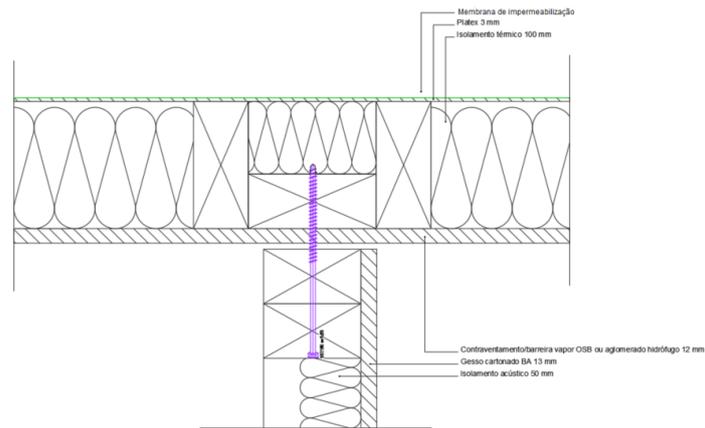
14 – TFS 105 – Painéis de pavimento compostos por estrutura linear de madeira



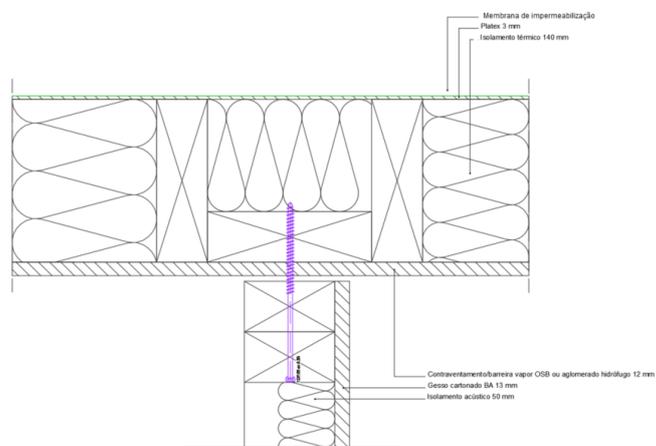
15 – TFS 145 – Painéis de pavimento compostos por estrutura linear de madeira



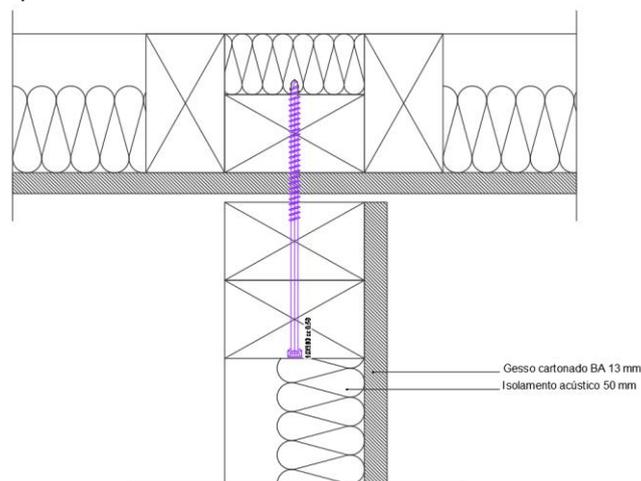
16 – TFS 105 – parede interior



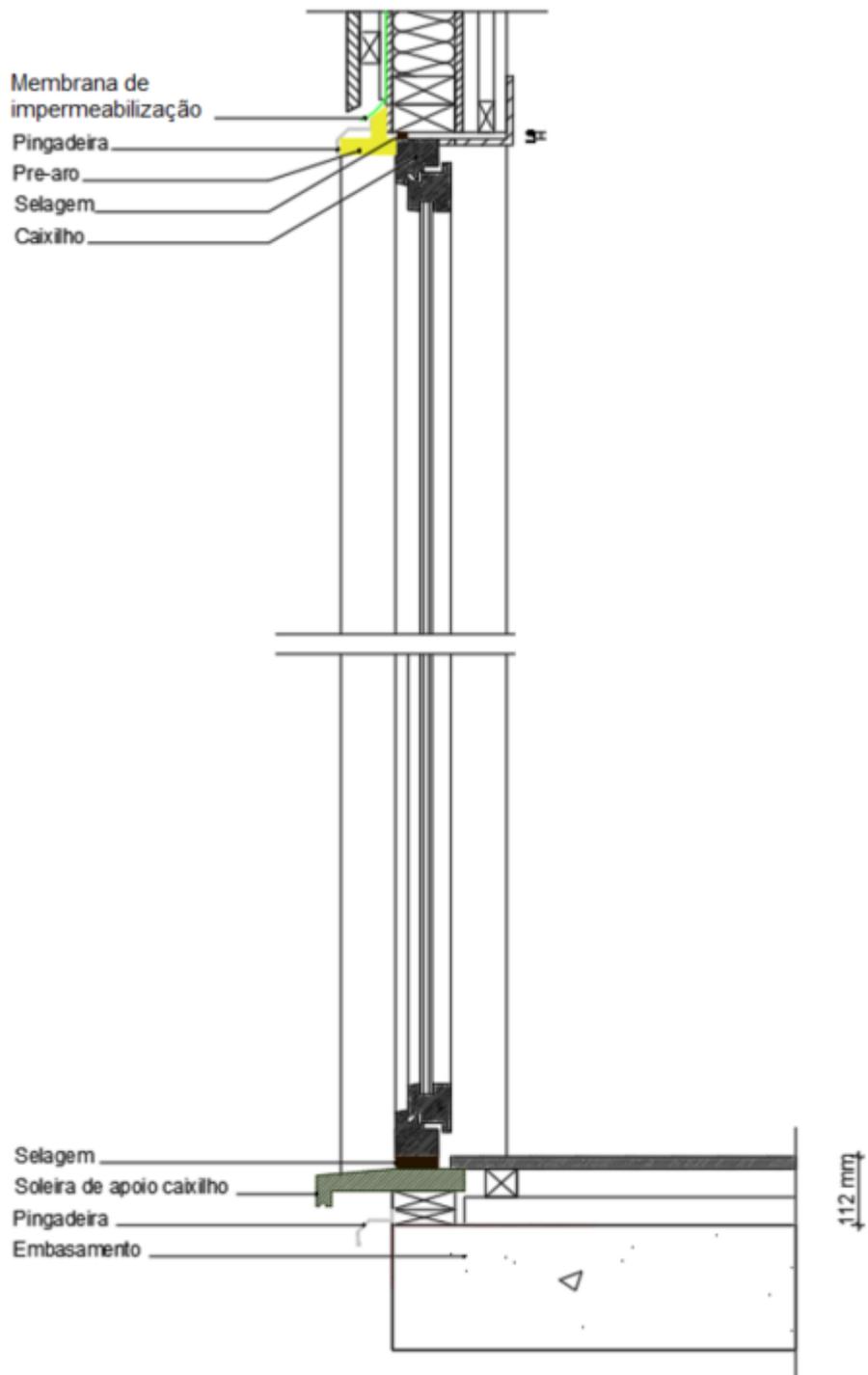
17 – TFS 145 – parede interior



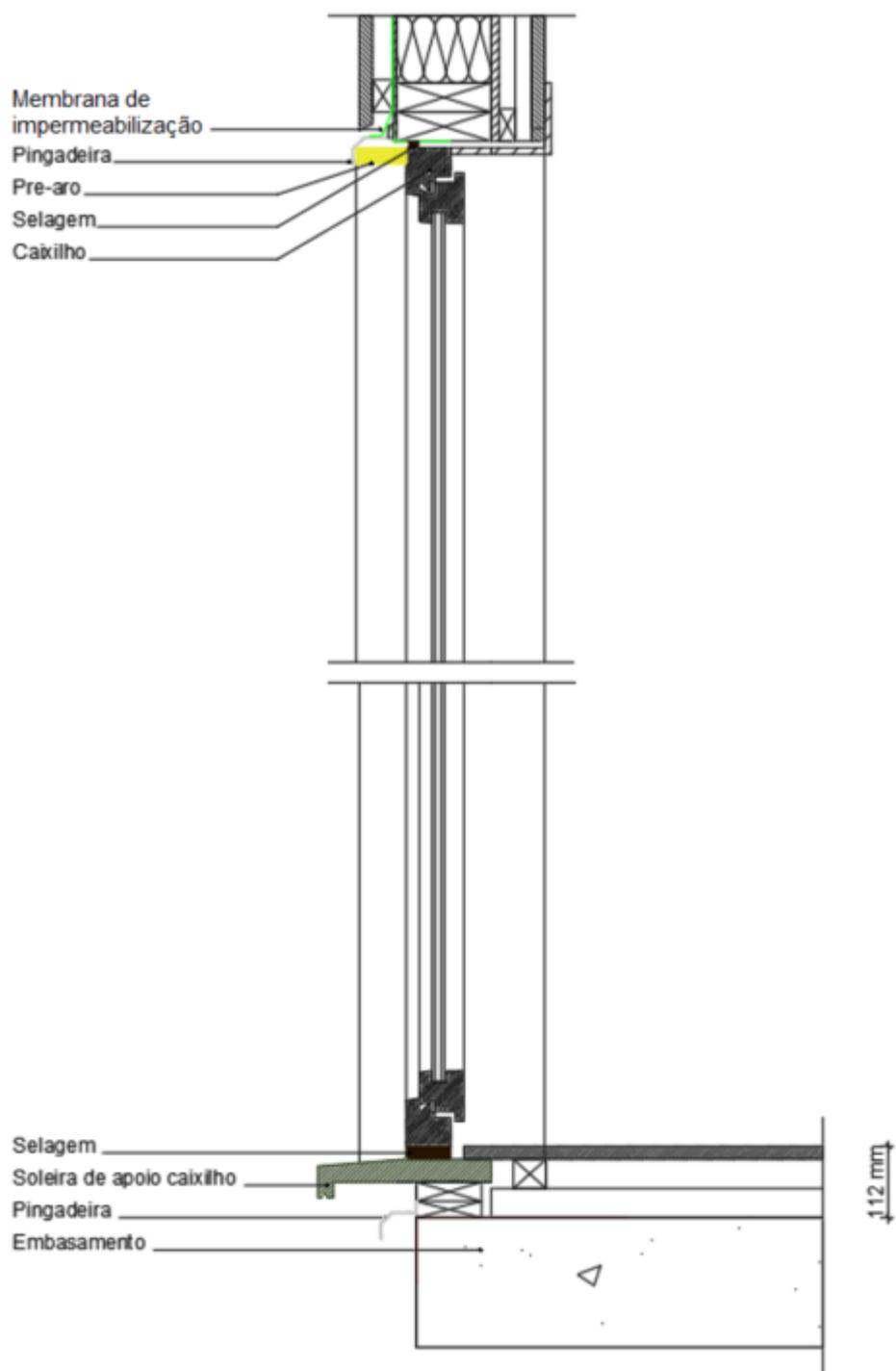
18 – Parede divisória – parede interior



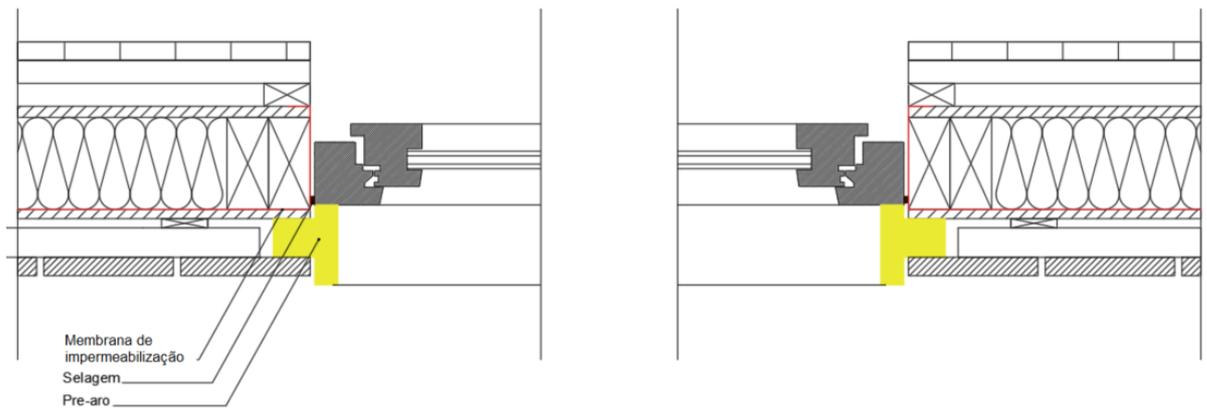
19 – TFS 105 – envidraçado (corte transversal)



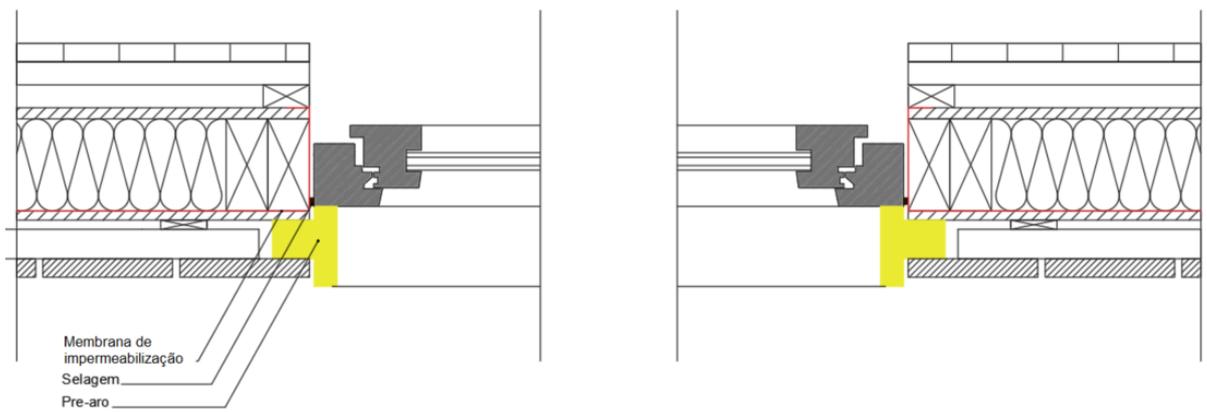
20 – TFS 145 – envidraçado (corte transversal)



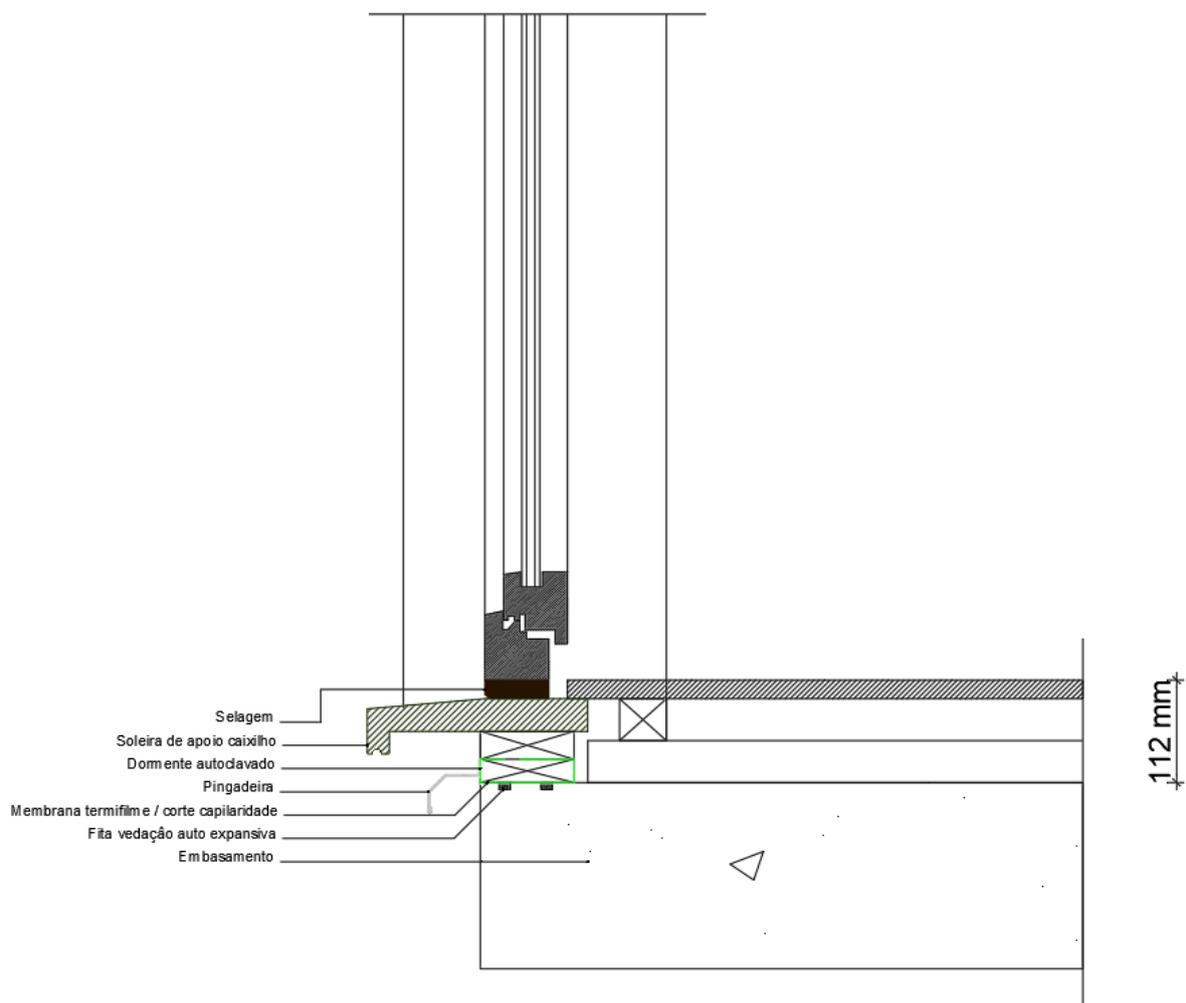
21 – TFS 105 – envidraçado (corte longitudinal)



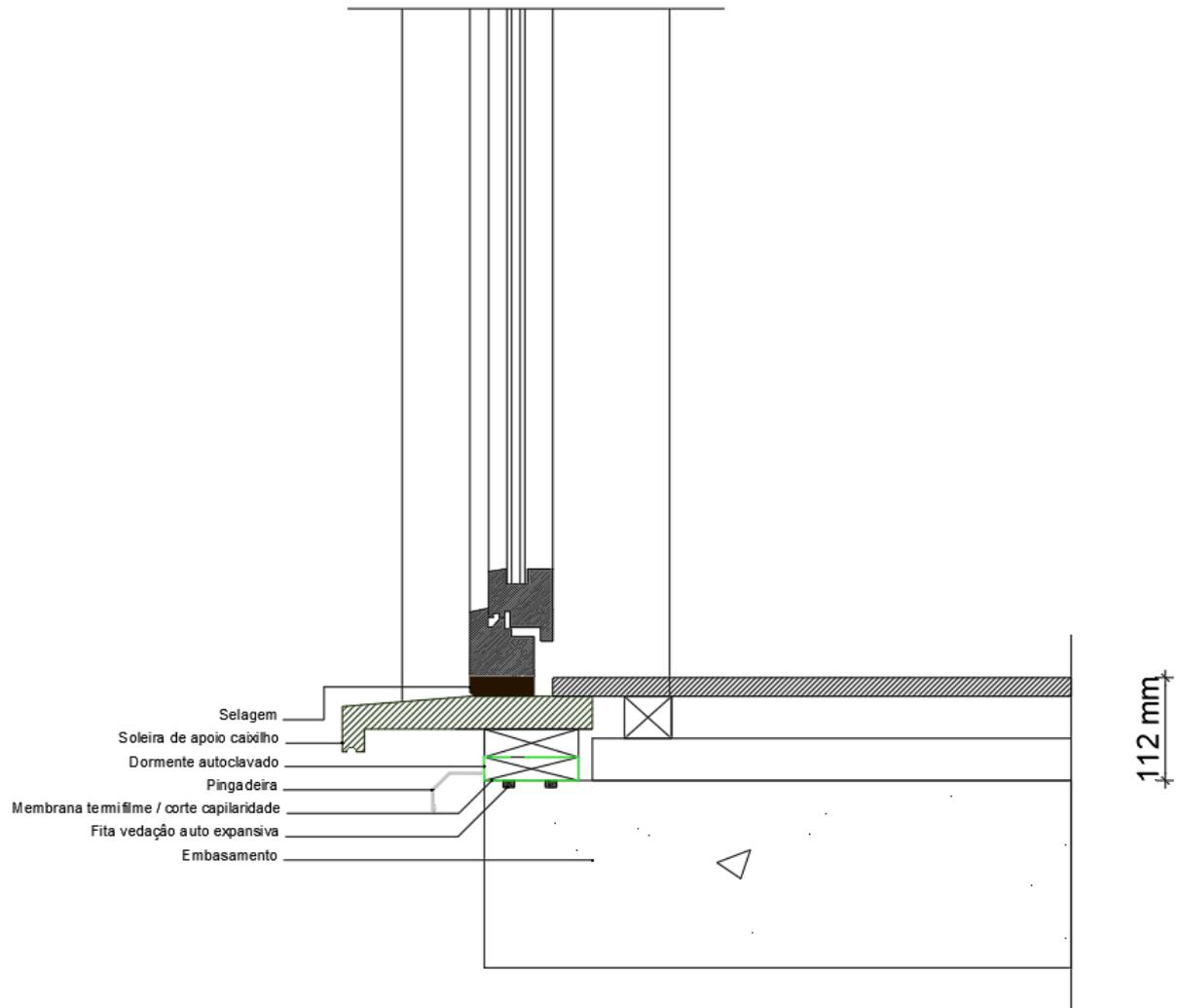
22 – TFS 145 – envidraçado (corte longitudinal)



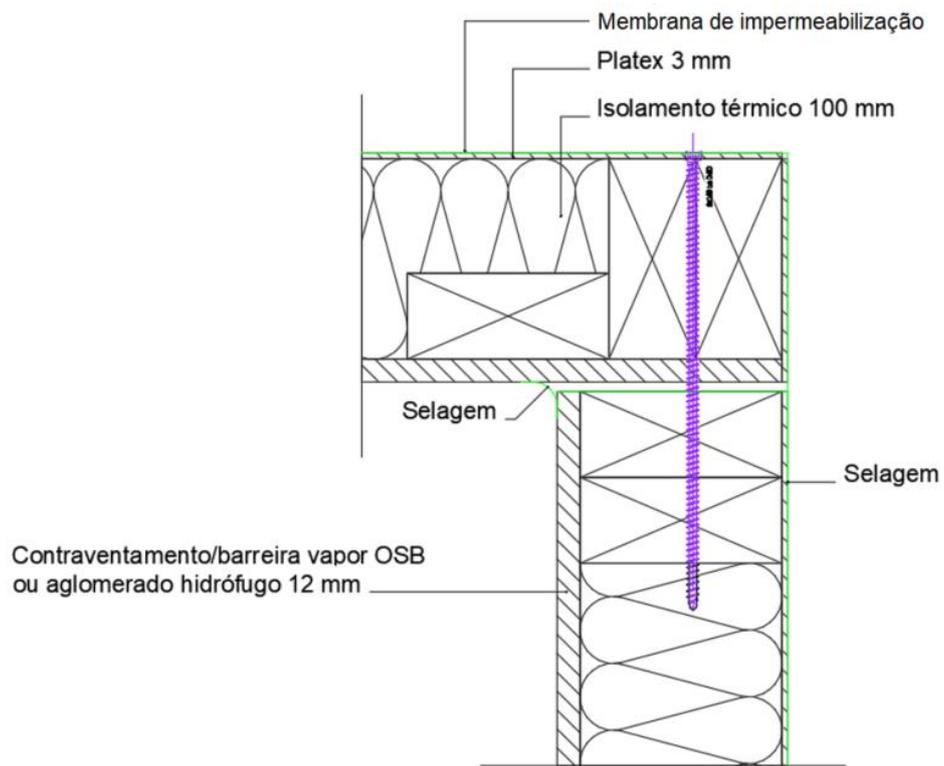
23 – TFS 105 – soleira



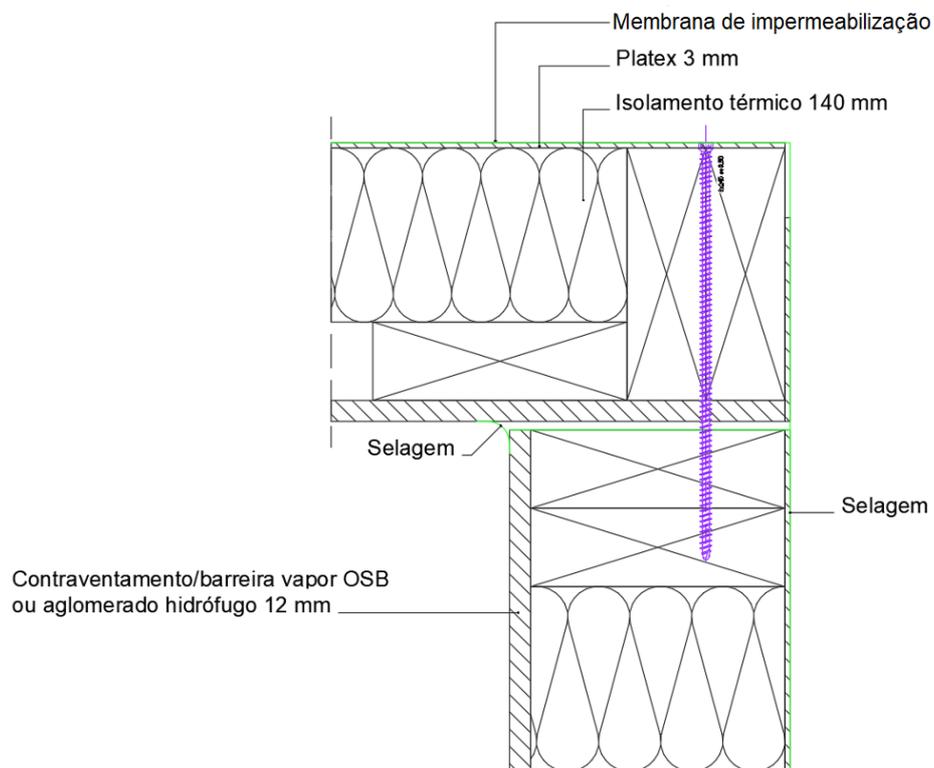
24 – TFS 145 – soleira



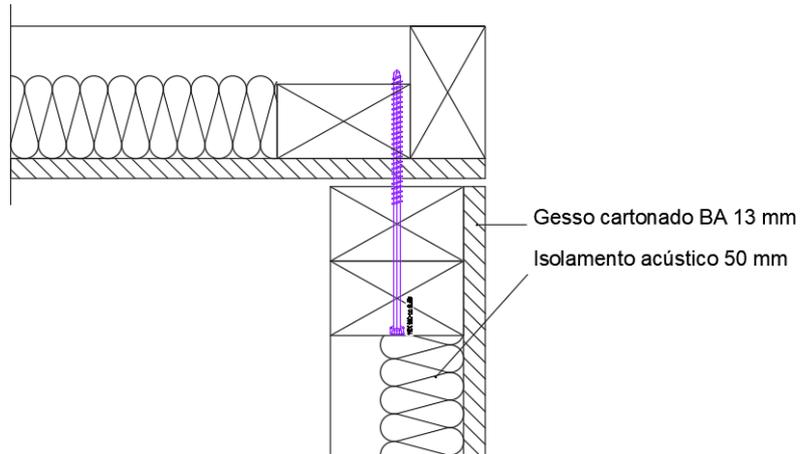
25 – Esquina TFS 105



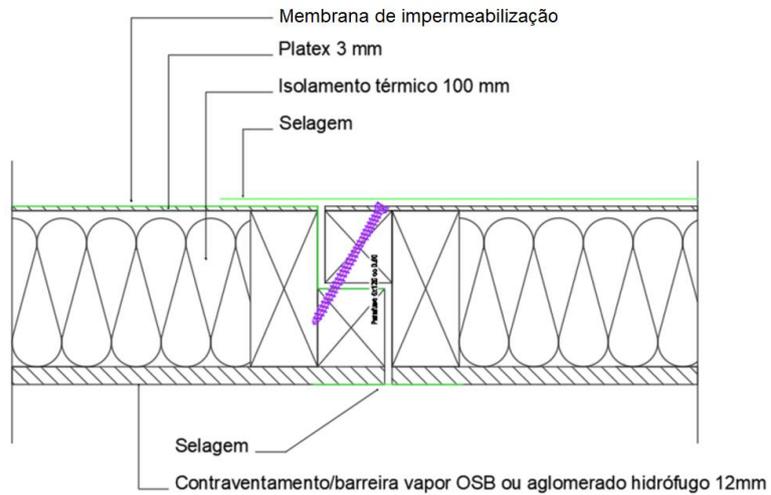
26 – Esquina TFS 145



27 – Canto interior TFS80



28 – TFS 105 junta longitudinal



29 – TFS 145 junta longitudinal

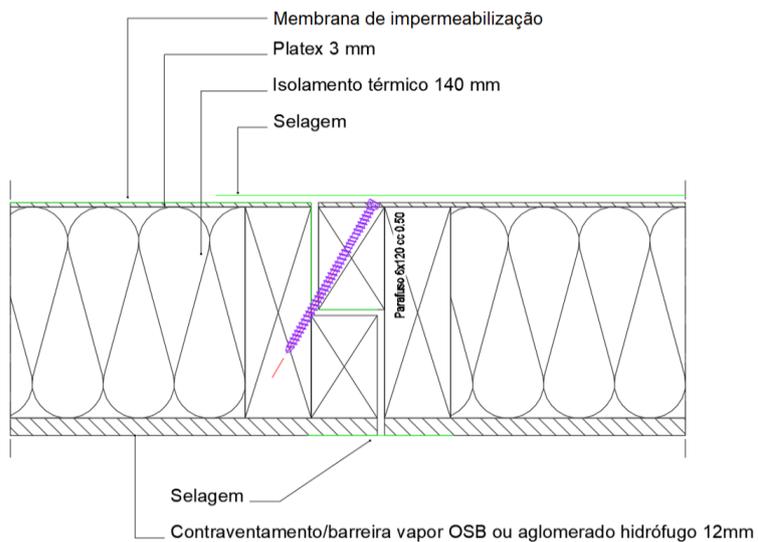


Tabela A.1 – Materiais e especificações de produto

| Produto   | Especificação técnica                             | $\rho$<br>(Kg/m <sup>3</sup> )  | $\lambda$<br>(W/mK) | $\mu$ (-) ou Sd<br>(m)  | C<br>(J/kgK) | Reação ao fogo<br>EN 13501-1+A1 |
|---|---|---|---------------------|-------------------------|--------------|---------------------------------|
| Placa de aglomerado de partículas 12 mm (ex. Durelis Vaporblock)  | Marcação CE de acordo com a EN 13986+A1:2015      | ---   | 0.14                | $\mu = 192$<br>(húmido) | ---          | D-s2,d0                         |
|   |   |   |                     | $\mu = 510$<br>(seco)   |              |                                 |
| Classe de formaldeído: E1<br>Teor de formaldeído: < 8 mg/100d DS<br>Durabilidade biológica: classe 1 e 2        |   |   |                     |                         |              |                                 |
| Placa de aglomerado hidrófugo de partículas 18 mm (ex. Durelis)   | Marcação CE de acordo com a EN 13986+A1:2015      | ---   | 0.14                | $\mu = 16$<br>(húmido)  | ---          | D-s2,d0                         |
|   |   |   |                     | $\mu = 50$<br>(seco)    |              |                                 |
| Classe de formaldeído: E1<br>Teor de formaldeído: < 8 mg/100g DS<br>Durabilidade biológica: classe 1 e 2        |   |   |                     |                         |              |                                 |
| Fita monoadesiva sem película de separação (ex. SPEEDY BAND)  | ---   | ---   | ---                 | Sd = 40 m               | ---          | ---                             |
| OSB (12 mm, ex. SWISS KRONO OSB 3)  | Marcação CE de acordo com a EN 13986:2004+A1:2015 | 650   | 0.13                | $\mu = 76$<br>(húmido)  | ---          | D-s2, d0                        |
|   |   |   |                     | $\mu = 123$<br>(seco)   |              |                                 |
| Classe de formaldeído: E1<br>Durabilidade biológica: classe 2   |   |   |                     |                         |              |                                 |
| OSB para cobertura (18 mm, ex. SWISS KRONO OSB 3)   | Marcação CE de acordo com a EN 13986:2004+A1:2015 | 605   | 0.13                | $\mu = 86$              | ---          | ---                             |
|   |   |   |                     |                         |              |                                 |
| Classe de formaldeído: E1<br>Durabilidade biológica: classe 2   |   |   |                     |                         |              |                                 |
| Painel de fibra de madeira de alta densidade (ex. Betanzos HB)  | Marcação CE de acordo com a EN 13986:2004+A1:2015 | ---   | ---                 | ---                     | ---          | ---                             |
| Placa de gesso (ex. GYPFOR AQUA)  | Marcação CE de acordo com a EN 520:2004+A1:2009   | ---   | 0.25                | $\mu = 10$              | ---          | A2-s1, d0                       |
| Fibra de madeira 1 (ex. STEICO flex F 038)  | Marcação CE de acordo com a EN 13171:2012+A1:2015 | 50  | 0.038               | $\mu = 2$               | ---          | E                               |
| Fibra de madeira 2 (ex. STEICO flex F 036)  | Marcação CE de acordo com a EN 13171:2012+A1:2015 | 55  | 0.036               | $\mu = 2$               | ---          | E                               |
| Rede anti pássaros para a abertura do espaço de ar da cobertura (e.g. Riwega)                                   | ---   | Metálica ou rede flexível em PVC anti pássaros do espaço de ventilação na cobertura |                     |                         |              |                                 |
| Lã mineral – paredes (e.g., Alpharock 225)  | Marcação CE de acordo com a EN 13162:2012+A1:2015 | 70  | 0.034               | $\mu = 1$               | ---          | A1                              |
| Lã mineral – cobertura (e.g., Roulrock Kraft 80)  | Marcação CE de acordo com a EN 13162:2012+A1:2015 | 22 a 27   | 0.040               | ---                     | ---          | A1                              |
| Membrana flexível de impermeabilização (ex. TRASPIR 135)  | Marcação CE de acordo com a EN 13859-1/2:2010     | ---   | ---                 | Sd = 0.02 m             | ---          | E-d2                            |
| Membrana flexível de impermeabilização – Camada de controlo de vapor plástica e de borrachas (ex. VAPOR IN 120) | Marcação CE de acordo com a EN 13984:2013         | 290   | 0.3                 | Sd = 25 m               | ---          | E                               |

| Produto   | Especificação técnica                          | $\rho$<br>(Kg/m <sup>3</sup> )  | $\lambda$<br>(W/mK) | $\mu$ (-) ou Sd<br>(m) | C<br>(J/kgK) | Reação ao fogo<br>EN 13501-1+A1 |
|---|--|---|---------------------|------------------------|--------------|---------------------------------|
| Perfil resiliente de isolamento acústico (ex. ALADIN STRIPE)                  | ---  | ---   | ---                 | ---                    | ---          | E                               |
| Membrana PE (ex. alberplás)   | ---  | 920 – 940   | ---                 | ---                    | ---          | ---                             |
| Cavilhas para pavimento de madeira (ex. INEMER – Cavilhas para soalho)        | ---  | Referência: 6 x 80 Zn Amr<br>Dimensões: 6 x 80 mm<br>Material: Steel 200 HV   |                     |                        |              |                                 |
| Bucha (ex. WORLDFIX BUCHA CH)   | ---  | Referência: BUCHA CH<br>Dimensões: 10 x 80 mm   |                     |                        |              |                                 |
| Banda isolante em linho (ex. ISOLINA)   | ISO 8301<br>DIN 52615<br>EN ISO 12571          | ---   | 0.038               | $\mu = 1 - 2$          | 1600         | E                               |
| Cantoneira (ex., GH Angle Bracket WBR 100)                                    | Marcação CE de acordo com a ETAG 015           | Referência: WBR 100<br>Dimensões: 100 x 100 x 90 x 3 (mm)<br>Material: Aço inoxidável<br>Reação ao fogo: A1<br>Durabilidade: Proteção contra a corrosão para classe 1 e 2<br>Caraterísticas para a capacidade resistente: ver ETA 09/0323 |                     |                        |              |                                 |
| Chapas de tração para uso estrutural (ex. WHTPLATE440)                        | Marcação CE de acordo com a EN 14545:2008      | Referência: WHTPLATE440<br>Dimensões: 60 x 440 mm <sup>2</sup><br>Espessura: 3.0 mm<br>Material: DX51D<br>Corrosão: Z275<br>Durabilidade: Classe de serviço 1 – 2 (EN 1995 – 1 – 1)   |                     |                        |              |                                 |
| Pingadeira metálica   | ---  | Material: Aço inoxidável  |                     |                        |              |                                 |
| Fita selante auto-expansiva   | Marcação CE de acordo com a EAD 320001-00-0605 | ---   | 0.043               | Sd < 0.5 m             | ---          | B1                              |
| Verniz (ex. IGUALAK IL-201)   | ---  | Copo de viscosidade de Ford Nº4 = 1000 cps<br>Densidade = 1.04 gr/cm <sup>3</sup><br>Sólidos = 33%<br>pH = 8  |                     |                        |              |                                 |
| Membrana de impermeabilização (ex. TRASPIR ZENIT UV 210)                      | Marcação CE de acordo com a EN 13859-1/2:20114 | ---   | ----                | Sd = 0.15              | ---          | E                               |
| Barreira impermeabilizante anti-térmitas para fundações                       | Marcação CE de acordo com a EN 13967 + A1:2017 | ± 1000  | 0.4                 | Sd = 232 m             | 1800         | F                               |
| Madeira estrutural lamelada colada (ex. STEICO LVL X)                         | Marcação CE de acordo com a EN 14374:2004      | 530   | ---                 | ---                    | ---          | D-s1,d0                         |
| Madeira estrutural lamelada colada para pontes e edifícios (ex. STEICO LVL R) | Marcação CE de acordo com a EN 14374:2004      | 525   | ---                 | ---                    | ---          | D-s1,d0                         |
| Cola (ex. AkzoNobel)  | ---  | Referência: Cola MUF 1247<br>Viscosidade: 10000 – 25000 mPas<br>pH: 9.5 – 10.7<br>Extrato seco: 64 – 69%<br>Densidade: ± 1270 kg/m <sup>3</sup><br>Teor de formaldeído: 0.8%  |                     |                        |              |                                 |
| Endurecedor (ex. AkzoNobel)   | ---  | Referência: Endurecedor 2526<br>Viscosidade 1700 – 2700 mPas<br>pH: 1.3 – 2.0   |                     |                        |              |                                 |

| Produto   | Especificação técnica                          | $\rho$<br>(Kg/m <sup>3</sup> )  | $\lambda$<br>(W/mK) | $\mu$ (-) ou Sd<br>(m) | C<br>(J/kgK) | Reação ao fogo<br>EN 13501-1+A1 |
|---|--|---|---------------------|------------------------|--------------|---------------------------------|
|   |  | Densidade: $\pm 1070$ kg/m <sup>3</sup><br>Sem formaldeído  |                     |                        |              |                                 |
| Cola PU (ex. Soudal Pro 45P)                                      | ---  | Referência: Pro 45P<br>Total de teor de sólidos: 95%<br>Resistência à temperatura: -30°C – 100°C<br>Pressão: 1 kg/cm <sup>2</sup> – 1.2 kg/cm <sup>2</sup><br>Resistência à água: D4<br>Resistência ao corte: > 10MPa                             |                     |                        |              |                                 |
| Espuma PU (ex. Soudafoam GUN)                                     | ---  | Densidade: 17 kg/m <sup>3</sup><br>Isolamento acústico: 58 dB<br>Resistência à compressão: Ca. 2.0 N/cm <sup>2</sup><br>Resistência ao corte: Ca. 4.0 N/cm <sup>2</sup><br>Resistência à temperatura: -40°C – 90°C<br>Absorção de água: 1% volume |                     |                        |              |                                 |
| Grampos   | Marcação CE de acordo com a ETAG 015           | Reação ao fogo: A1<br>Durabilidade: Proteção contra a corrosão para classes 1, 2 e 3<br>Resistência mecânica: ver ETA 10/0189   |                     |                        |              |                                 |
| Braçadeira para uniões madeira/betão                              | Marcação CE de acordo com a ETAG 015           | Referência: Alumidi<br>Reação ao fogo: A1<br>Durabilidade: Proteção contra a corrosão para as classes 1 e 2<br>Resistência mecânica: ver ETA 09/0361  |                     |                        |              |                                 |
| Suporte de colunas de madeira e postes como elementos resistentes | Marcação CE de acordo com a ETAG 015           | Reação ao fogo: A1<br>Durabilidade: Proteção contra a corrosão para as classes 1, 2 e 3<br>Resistência mecânica: ver ETA 10/0422  |                     |                        |              |                                 |
| <i>Cryptomeria</i>  | NP 4544<br>EN ISO 10456                        | $\rho_m = 350$<br>(Classe de qualidade CYS I)<br>$\rho_m = 290$<br>(Classe de qualidade CYS II)   | 0.09                | 50                     | 1600         | ---                             |
| <i>Pines radiata</i>  | EN 1611-1:2010<br>EN ISO 10456                 | 500   | 0.13                | 50                     | 1600         | ---                             |
| <i>Picea abies</i>  | EN 1611-1:2010<br>EN ISO 10456                 | 440 – 480   | 0.12                | 50                     | 1600         | ---                             |
| <i>Pinus Sylvestris</i>   | EN 1611-1:2010<br>EN ISO 10456                 | 500 – 540   | 0.13                | 50                     | 1600         | ---                             |
| Parafusos autorroscantes e varões roscados                        | Marcação CE de acordo com o EAD 130118-01-0603 | Reação ao fogo: A1<br>Durabilidade: Proteção contra a corrosão para classe 1 e 2<br>Resistência mecânica: ver ETA 11/0030   |                     |                        |              |                                 |
| Bainha selante  | Marcação CE de acordo com a EN 13984:2010      | ---   | ---                 | ---                    | ---          | E                               |

Tabela A.2 – Características mecânicas da madeira estrutural do kit TFS

| Caraterísticas mecânicas                                       | <i>Cryptomeria</i> acc. NP 4544 |                            | Madeira estrutural C18 acc. EN 14081-1 (EN 338) | Madeira estrutural C24 acc. EN 14081-1 (EN 338) |
|--|---------------------------------|----------------------------|---|---|
|  | Classe de qualidade CYS I       | Classe de qualidade CYS II |   |   |
| Resistência à flexão (N/mm <sup>2</sup> )                      | 19                              | 12                         | 18  | 24  |
| Resistência à tração paralela ao fio (N/mm <sup>2</sup> )      | 13                              | 9                          | 10  | 14.5  |
| Resistência à tração perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.4                             | 0.4                        | 0.4   | 0.4   |

| Caraterísticas mecânicas  | <i>Cryptomeria</i> acc. NP 4544 |                            | Madeira estrutural C18 acc. EN 14081-1 (EN 338) | Madeira estrutural C24 acc. EN 14081-1 (EN 338) |
|---|---------------------------------|----------------------------|---|---|
|   | Classe de qualidade CYS I       | Classe de qualidade CYS II |   |   |
| Resistência à compressão paralela ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                     | 20                              | 17                         | 18  | 21  |
| Resistência à compressão perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                | 2.2                             | 1.8                        | 2.2   | 2.5   |
| Resistência ao corte (N/mm <sup>2</sup> )   | 3.0                             | 3.0                        | 3.4   | 4.0   |
| Módulo de elasticidade (kN/mm <sup>2</sup> )<br>Paralelo ao fio: valor médio      | 7.0                             | 5.8                        | 9.0   | 11.0  |
| Paralelo ao fio: valor característico   | 4.7                             | 3.9                        | 6.0   | 7.4   |
| Modulo de elasticidade (kN/mm <sup>2</sup> )<br>Perpendicular ao fio: valor médio | 0.24                            | 0.19                       | 0.30  | 0.37  |
| Módulo de distorção (kN/mm <sup>2</sup> ): valor médio                            | 0.44                            | 0.36                       | 0.56  | 0.69  |

Tabela A.3 – Caraterísticas mecânicas da madeira estrutural lamelada colada do kit TFS de acordo com a norma EN 14374

| Caraterísticas mecânicas  | Madeira estrutural lamelada colada (ex. STEICO LVL X) |          | Madeira estrutural lamelada colada para pontes e edifícios (ex. STEICO LVL R) |
|---|---|----------|---|
|   | Espessura   |          |   |
|   | 21-24 mm  | 27-75 mm |   |
| Resistência à flexão – Assentamento vertical, paralelo ao fio (altura 300 mm) (N/mm <sup>2</sup> )                    | 30  | 32       | 30  |
| Resistência à flexão – Parâmetro de efeito das dimensões (N/mm <sup>2</sup> )   | 0.15  | 0.15     | 0.15  |
| Resistência à flexão – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (altura 300 mm) (N/mm <sup>2</sup> )               | 10  | 8        | NPD   |
| Resistência à flexão – Assentamento horizontal, paralelo ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                                  | 32  | 36       | 32  |
| Resistência à flexão – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                             | 7   | 8        | NPD   |
| Resistência à tração – Assentamento horizontal Face plana, paralelo ao fio (comprimento 3000 mm) (N/mm <sup>2</sup> ) | 21  | 22       | NPD   |
| Resistência à tração – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                               | 7   | 5        | NPD   |
| Resistência à compressão – Paralela ao fio (comprimento 3000 mm) (N/mm <sup>2</sup> )                                 | 26  | 30       | 38  |
| Resistência à compressão – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                           | 9   | 9        | 7.5   |
| Resistência à compressão – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                         | 4   | 4        | 3.0   |
| Resistência ao corte – Assentamento vertical, paralelo ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                                    | 4.6   | 4.6      | 3.2   |
| Resistência ao corte – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                               | 4.6   | 4.6      | NPD   |
| Resistência ao corte – Assentamento horizontal, paralelo ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                                  | 1.1   | 1.1      | 2.6   |
| Resistência ao corte – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (N/mm <sup>2</sup> )                             | 1.1   | 1.1      | NPD   |

| Caraterísticas mecânicas   | Madeira estrutural lamelada colada (ex. STEICO LVL X) |          | Madeira estrutural lamelada colada para pontes e edifícios (ex. STEICO LVL R) |
|--|---|----------|---|
|  | Espessura   |          |   |
|  | 21-24 mm  | 27-75 mm |   |
| Módulo de elasticidade – Paralelo ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )  | 10000   | 10600    | 11000   |
| Módulo de elasticidade – Paralelo ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> )                               | 9000  | 9000     | 8900  |
| Módulo de elasticidade – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )            | 3500  | 3000     | NPD   |
| Módulo de elasticidade – Assentamento vertical, perpendicular ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> )   | 2700  | 2300     | NPD   |
| Módulo de elasticidade – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )          | 1300  | 2500     | NPD   |
| Módulo de elasticidade – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> ) | 1000  | 1800     | NPD   |
| Módulo de corte – Assentamento vertical, paralelo ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )                        | 600   | 600      | 500   |
| Módulo de corte – Assentamento vertical, paralelo ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> )               | 400   | 400      | 350   |
| Módulo de corte – Assentamento horizontal, paralelo ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )                      | 150   | 150      | NPD   |
| Módulo de corte – Assentamento horizontal, paralelo ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> )             | 130   | 130      | NPD   |
| Módulo de corte – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (valor médio) (N/mm <sup>2</sup> )                 | 150   | 150      | NPD   |
| Módulo de corte – Assentamento horizontal, perpendicular ao fio (valor característico) (N/mm <sup>2</sup> )        | 130   | 130      | NPD   |

Tabela A.4 – Caraterísticas mecânicas da placa de aglomerado de partículas de acordo com a EN 13986+A1

| Caraterísticas mecânicas  | 12 mm | 18 mm |
|---|-------|-------|
| Resistência à flexão (N/mm <sup>2</sup> )                                 | 18    | 16    |
| Módulo de elasticidade em flexão (N/mm <sup>2</sup> )                     | 2550  | 2400  |
| Resistência à tração (N/mm <sup>2</sup> )                                 | 0.45  | 0.45  |
| Inchamento em espessura, 24h (%)  | 11    | 10    |
| Resistência à humidade Opção 1: resistência à tração (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.25  | 0.22  |
| Resistência à humidade Opção 1: inchamento em espessura (%)               | 12    | 12    |
| Resistência – tração $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )                           | 9.4   | 8.3   |
| Resistência – compressão $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                       | 12.7  | 11.8  |
| Resistência – flexão $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )                           | 15    | 13.3  |
| Resistência – corte $f_v$ (N/mm <sup>2</sup> )                            | 7     | 6.5   |
| Resistência – esforço cortante $f_r$ (N/mm <sup>2</sup> )                 | 1.9   | 1.7   |

| Caraterísticas mecânicas                        | 12 mm | 18 mm |
|---|-------|-------|
| Rigidez – tração $E_t$ (N/mm <sup>2</sup> )     | 2000  | 1900  |
| Rigidez – compressão $E_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 2000  | 1900  |
| Rigidez – flexão $E_m$ (N/mm <sup>2</sup> )     | 3500  | 3300  |
| Rigidez – corte $G_v$ (N/mm <sup>2</sup> )      | 960   | 930   |
| Expansão linear $\delta l_{30,85}$ (mm/m)       | <3    | <3    |

Tabela A.5 – Caraterísticas mecânicas dos painéis OSB de acordo com a norma EN 13986:2004+A1:2015

| Caraterísticas mecânicas  | 12 mm     | 18 mm |
|---|-----------|-------|
| Resistência à flexão – longitudinal/transversal (N/mm <sup>2</sup> )              | 20/10     | 18/9  |
| Módulo de elasticidade em flexão – longitudinal/transversal (N/mm <sup>2</sup> )  | 3500/1400 |       |
| Resistência à tração (N/mm <sup>2</sup> )   | 0.32      | 0.30  |
| Inchamento em espessura, 24h (%)  | ≤ 15      |       |
| Durabilidade (resistência à humidade) – Resistência à flexão (N/mm <sup>2</sup> ) | 8         | 7     |
| Resistência – flexão $f_m$ (N/mm <sup>2</sup> )                                   | 16.4      | 14.8  |
| Resistência – compressão $f_{c,0}$ (N/mm <sup>2</sup> )                           | 15.4      | 14.8  |
| Resistência – compressão $f_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )                          | 12.7      | 12.4  |
| Resistência – corte $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )                                    | 6.8       |       |
| Rigidez – flexão $E_{m,0}$ (N/mm <sup>2</sup> )                                   | 4930      |       |
| Rigidez – flexão $E_{m,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )                                  | 1980      |       |
| Rigidez – compressão $E_{c,0}$ (N/mm <sup>2</sup> )                               | 3800      |       |
| Rigidez – compressão $E_{c,90}$ (N/mm <sup>2</sup> )                              | 3000      |       |
| Rigidez – corte $G_v$ (N/mm <sup>2</sup> )  | 1080      |       |

## ANEXO B

A carga máxima admissível e deformação dos painéis CRIPTOLAM F210 foram determinadas por simulação numérica baseada em dados experimentais.

Os resultados apresentam-se na Tabela B.1.

**Tabela B.1:** Carga máxima admissível para a deformação máxima de L/300 [mm] do CRIPTOLAM F210

| Vão [m]  | 4.0   | 4.5   | 5.0   | 5.5   | 6.0   |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Valores de carga máxima [kN/m <sup>2</sup> ] além de: peso próprio + Q = 2.0 kN/m <sup>2</sup> | 6.50  | 4.00  | 2.40  | 1.30  | 0.55  |
| Flecha instantânea   S.L.S. – P <sub>sd</sub> = G+Q  |       |       |       |       |       |
| Deformação [mm]  | 7.90  | 9.14  | 10.53 | 12.33 | 13.98 |
| Flecha máxima (L/360) [mm]   | 11.11 | 12.50 | 13.89 | 15.28 | 16.67 |
| Flecha final   S.L.S. P <sub>sd</sub> = 1.8G+1.24Q   |       |       |       |       |       |
| Deformação [mm]  | 13.25 | 14.91 | 16.62 | 18.24 | 19.99 |
| Flecha máxima (L/300) [mm]   | 13.33 | 15.00 | 16.67 | 18.33 | 20.00 |

A capacidade resistente dos painéis CRIPTOLAM F210, para o estado limite de serviço, foi calculada através do método da EN 1995-1-2 (Eurocódigo 5). Os resultados apresentam-se na Tabela B.2.

**Tabela B.2:** Cargas máximas admissíveis para os painéis CRIPTOLAM F210 para além do peso próprio + Q = 200 kg/m<sup>2</sup> (P<sub>sd</sub> = 1.8G+1.24Q)

|   | Limite [mm] | Vão [m] |     |     |     |     |
|---|-------------|---------|-----|-----|-----|-----|
|   |             | 4.0     | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 |
| Cargas máximas admissíveis [kg/m <sup>2</sup> ] | L/300       | 650     | 400 | 240 | 130 | 55  |
|   | L/200       | 1000    | 640 | 400 | 235 | 120 |