

# TESIS

R. Guaipá, 486, Vila Leopoldina,  
CEP 05089-000 São Paulo/SP

Tel: (11) 2137-9666

[www.thesis.com.br](http://www.thesis.com.br)

## Sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura

Proponente

**AFAP PVC – Associação Brasileira dos Fabricantes de Perfis de PVC para Construção Civil**

Avenida Angélica, 1968, cj 54 – Higienópolis

CEP: 01228-200 – São Paulo/SP

Tel: (11) 2574-0444, Home page: <http://www.afap.org.br>



## SINAT

**Emissão**

março de 2020

*Considerando a avaliação técnica coordenada pela TESIS Tecnologia e Qualidade de Sistemas em Engenharia e a decisão dos Técnicos Especialistas, indicados conforme a Portaria nº 2.795, de 27 de novembro de 2019, do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Coordenação de Cooperação Técnica da Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao Sistema AFAP-PVC “Sistema de Cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7mm de espessura” a Ficha de Avaliação de Desempenho Nº 020, em 10/03/2020. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto.*

## FAD Nº 20

Considerações adotadas na avaliação técnica do “Sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura”:

- Esta FAD se refere ao “Sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura”.
- O sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura é predominantemente destinado às unidades térreas isoladas e geminadas e sobrados destinados a habitações.
- O desempenho térmico do sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura atende a ABNT NBR 15575-5, pelo menos com o nível mínimo com uso de cores claras nas paredes (zonas 1 a 5 e 7) para a condição de forro sem isolamento térmico. Para as zonas 6 e 8, deve-se lançar mão de ventilação e/ou sombreamento para atingir-se os níveis mínimos de desempenho ou fazer uso de isolante térmico de lã de vidro ou EPS.
- Esta FAD não apresenta a avaliação do desempenho acústico, pois não é possível realizar tal avaliação no sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura isoladamente. O desempenho acústico mínimo da edificação estabelecido pela ABNT NBR 15575 depende das características da envoltória (fachada e cobertura): no sistema de cobertura, das condições construtivas, tais como altura do ático, tipo de forro ou laje, além do tipo de telha. A avaliação deve ser realizada na edificação concluída através de dois possíveis métodos (de engenharia ou simplificado de campo), conforme ABNT NBR 15575-5.

Segurança ao fogo, os perfis de PVC para forros devem atender aos critérios especificados na ABNT NBR 15575-5. Foi selecionado um forro de 8 mm de espessura, em conformidade à NBR 14285, e com massa de 1,55 kg/m<sup>2</sup>, que corresponde a um forro de maior massa dentre os forros encontrados no mercado. Esta condição é considerada mais crítica, devido a maior massa combustível disponível para queima durante a realização do ensaio. A classificação obtida foi II-A. Este resultado pode ser extrapolado para forros com espessura e massa inferior e permite a utilização em cozinhas, inclusive.

- A telha cerâmica deve atender à ABNT NBR 15310 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.
- Os perfis de PVC para forros de 7 mm e 8 mm de espessura, atendem à ABNT NBR 14285 – Perfis de PVC rígido para forros. Parte 1: Requisitos para cores claras e Parte 2: Método de ensaio.

## 1 Descrição do objeto da FAD

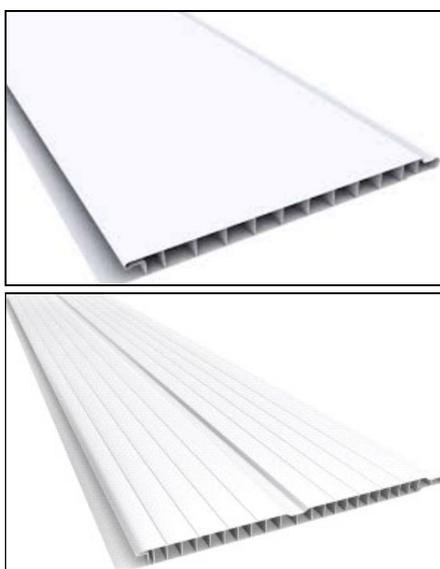
O objeto desta FAD é o Sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura. O conjunto dos demais elementos/componentes constituintes do sistema de cobertura não é objeto desta avaliação. As características da telha avaliada estão apresentadas na Figura 1 e as características dos perfis de PVC rígido para forros avaliados estão apresentadas na Figura 2 a seguir:



**Telha cerâmica – tipo francesa ou romana**

- **Largura: variável**
- **Comprimento: variável.**
- **Espessura média: 20 mm.**

**Figura 1 – Telha cerâmica, objeto desta Ficha de Avaliação de Desempenho**

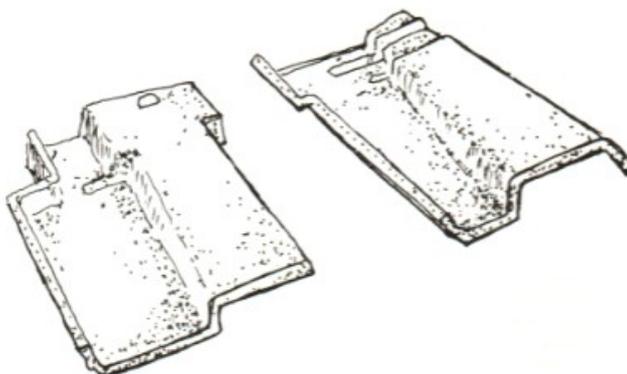


**Perfis de PVC rígido para forro de 7 mm de espessura**

- **Largura: variável;**
- **Comprimento: variável;**
- **Espessura: 7 mm.**

**Figura 2 – Perfis de PVC rígido para forro (simples e duplo) de 7 mm de espessura, objeto desta Ficha de Avaliação de Desempenho**

As telhas cerâmicas de encaixe apresentam em suas bordas saliências e reentrâncias que permitem o encaixe (acoplamento) entre elas, quando da execução do telhado. A telha romana é uma telha de encaixe conformada por prensagem, apresentando uma capa e um canal interligados conforme indicado na Figura 3 abaixo.



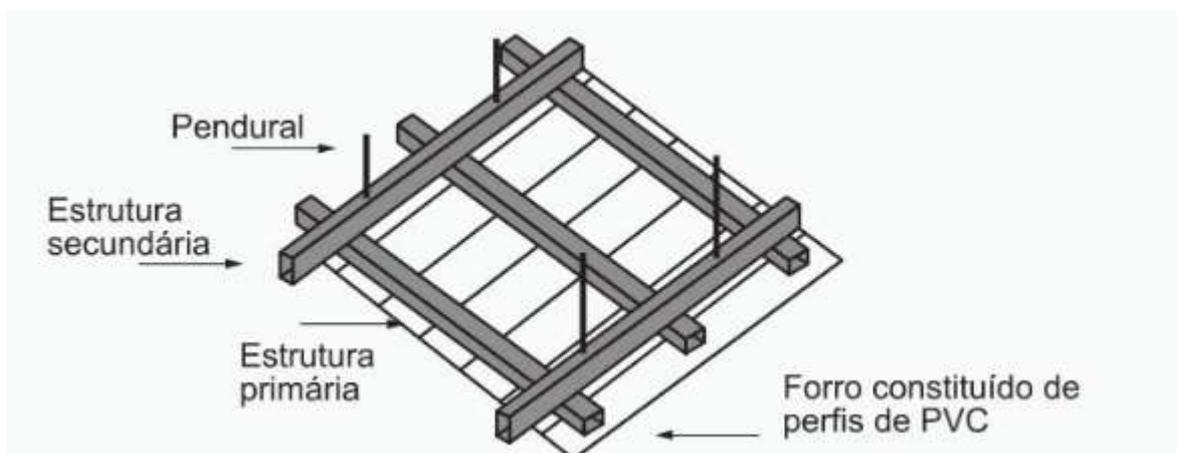
**Figura 3 – Telha cerâmica tipo ROMANA – vista superior e vista inferior (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT, 1988)**

A Figura 4 ilustra um telhado montado com telhas cerâmicas tipo romana.



**Figura 4 – Telhado constituído de telhas cerâmicas tipo romana**

Os perfis de PVC para forros são utilizados suspensos ao teto (laje, cobertura) por sistema de sustentação, conforme mostrado na Figura 5, e instalados internamente em residências pelo seu sistema de encaixe lateral dos perfis, através do mecanismo macho e fêmea, formando a superfície de delimitação do forro.



**Figura 5 – Elementos constituintes da estrutura de sustentação do forro com perfis de PVC rígido (imagem retirada da ABNT NBR 14285-3)**

## 2 Objetivo

Esta Ficha de Avaliação de Desempenho tem por objetivo apresentar os requisitos, critérios e resultados da avaliação do sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, em atendimento à norma de desempenho ABNT NBR 15575-5:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura e às normas de especificação ABNT NBR 15310:2009 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio e ABNT NBR 14285-1:2018 – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 1: Requisitos para cores claras e ABNT NBR 14285-2:2018 – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 2: Método de ensaio, quando instaladas de acordo com as recomendações da ABNT NBR 14285-3:2018 – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 3: Procedimentos para estocagem, manuseio, instalação e operação.

## 3 Referências Normativas

Segue a relação das normas utilizadas nas avaliações:

- **ABNT NBR 6123:1988 Versão Corrigida 2:2013** – Forças devidas ao vento em edificações.
- **ABNT NBR 7190: 1997** – Projeto de estruturas de madeira.

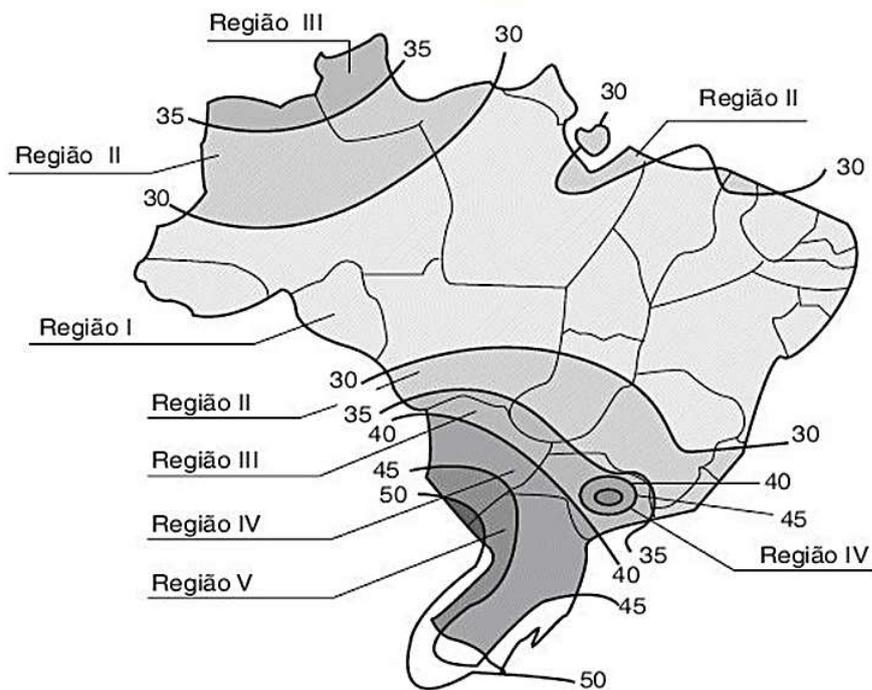
- **ABNT NBR 8039: 1983** – Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa - Procedimento
- **ABNT NBR 9442:1986** – Materiais de construção – Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante.
- **ABNT NBR 14285-1:2018** – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 1: Requisitos para cores claras.
- **ABNT NBR 14285-2:2018** – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 2: Método de ensaio.
- **ABNT NBR 14285-3:2018** – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 3: Procedimentos para estocagem, manuseio, instalação e operação.
- **ABNT NBR 14762:2010** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.
- **ABNT NBR 15220-1:2005** Ver– Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades.
- **ABNT NBR 15220-2:2005 Versão Corrigida 2008** – Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.
- **ABNT NBR 15220-3:2005** – Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.
- **ABNT NBR 15220-4:2005** – Desempenho térmico de edificações. Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.
- **ABNT NBR 15220-5:2005** – Desempenho térmico de edificações. Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.
- **ABNT NBR 15310:2009** – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.
- **ABNT NBR 15575-1:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais;
- **ABNT NBR 15575-2:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- **ABNT NBR 15575-5:2013** – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura;
- **ASTM E 662:2011** – Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials;
- **ISO 1182:2010** – Fire tests – Building materials – Non-combustibility test.

#### **4 Premissas de projeto para escolha das telhas objeto desta FAD**

O cálculo dos esforços atuantes do vento em uma determinada cobertura deve ser desenvolvido considerando as condições de exposição ao vento, incluindo as velocidades básicas máximas de vento no Brasil, o tipo e o local da edificação.

Define-se velocidade básica de vento ( $V_0$ ) como a máxima velocidade média medida sobre 3 segundos, que pode ser excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m sobre o nível do terreno em lugar aberto e plano.

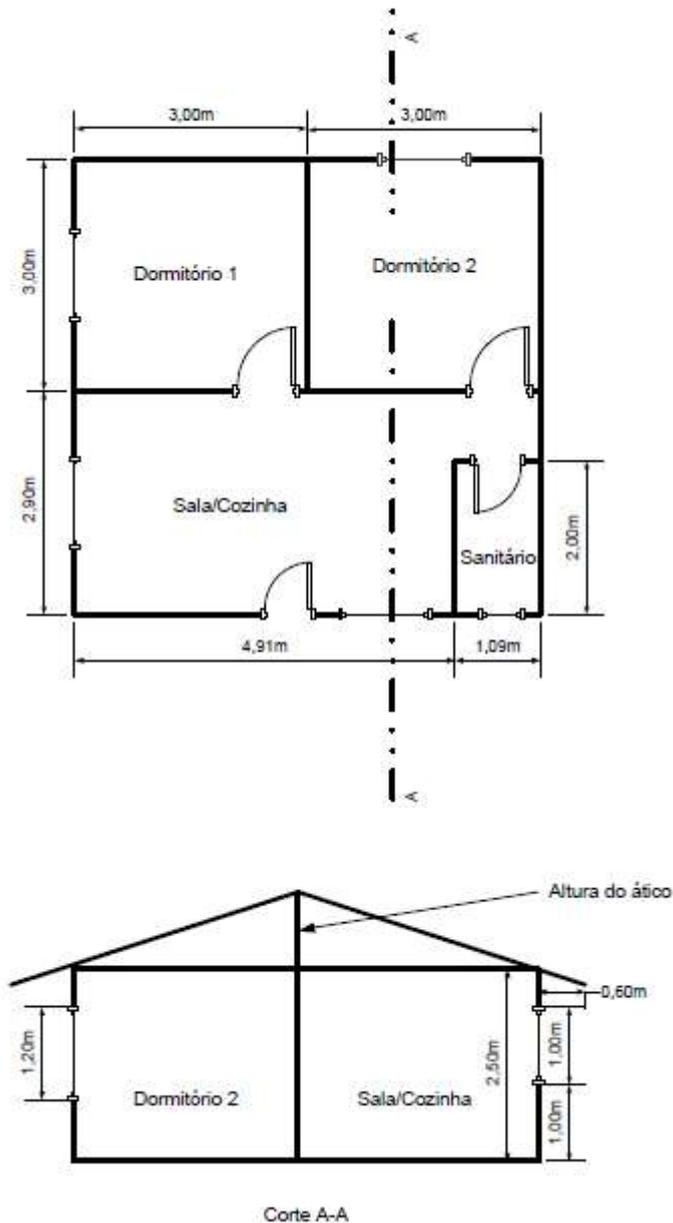
Os valores das velocidades básicas máximas de vento ( $V_0$ ) nas cinco regiões brasileiras podem ser observadas na Figura 6 abaixo, extraída da ABNT NBR 6123:



**Figura 6 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento; “ $V_0$ ”, em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123 (imagem retirada da ABNT NBR 6123)**

A partir da velocidade  $V_0$ , conhecendo-se as dimensões da edificação e a topografia da região onde esta será construída, devem-se calcular os esforços atuantes do vento na cobertura. A ABNT NBR 15575-5 – Anexo J traz o referido roteiro de cálculo, de acordo com o estabelecido na ABNT NBR 6123. Os fatores determinantes da pressão de vento no telhado são: rugosidade do terreno, cota dos obstáculos, geometria do telhado e ângulo de incidência dos ventos.

Na simulação de desempenho térmico de uma residência, para verificação do atendimento aos critérios da norma de desempenho NBR 15575-5, foram utilizados o projeto arquitetônico da residência apresentado na figura 7.



**Figura 7 – Projeto arquitetônico simplificado da edificação analisada (imagem adaptada do anexo A da Diretriz SINAT Nº 001 – Revisão 03)**

## **5 Informações e dados técnicos da telha cerâmica e dos perfis de PVC rígido para forros objetos desta FAD**

### **5.1 Características dos produtos**

As características da telha cerâmica, estão apresentadas no item 6.1 desta FAD. Os dados foram obtidos por meio da Ficha de Avaliação de Desempenho (SCOB-TCI-001-R00) - Telhado em telha cerâmica tipo francesa ou romana, estrutura pontalexada de madeira, camada de isolamento térmico (espessura de 25mm) e laje de forro em concreto maciço (espessura de 100mm), não acessível aos usuários, do catálogo de Desempenho Técnico para HIS (Habitações de Interesse Social). As características dos perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura, estão apresentadas no item 6.2 desta FAD.

## 5.2 Manual técnico de instalação do fabricante

O manual de instalação da telha cerâmica deve conter as instruções, informações e orientações necessárias para adequada instalação, uso, operação e manutenção das telhas e telhado, dentre elas:

- Instruções respectivas à instalação das telhas, com a indicação da inclinação, distâncias máximas entre apoios das telhas, tipo de fixadores e procedimentos de fixação da telha à estrutura, incluindo a distribuição dos fixadores, detalhes construtivos do beiral, e indicação das declividades do telhado;
- Especificidades de instalação das telhas associadas à estrutura ser de madeira, metálica ou de concreto;
- Informações sobre os tipos de peças complementares, incluindo detalhes de sua instalação;
- Orientações sobre as condições de caminhamento de pessoas sobre o telhado;
- Recomendações sobre o transporte e armazenamento dentro da obra.

O manual de instalação dos perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura deve conter as instruções, informações e orientações necessárias para adequada instalação, uso, operação e manutenção dos perfis, dentre elas:

- Instruções respectivas à instalação dos perfis, com a indicação dos espaçamentos entre as guias principais e entre as guias de fixação do forro.
- Especificidades de instalação dos perfis associadas à estrutura ser de madeira ou metálica;
- Informações sobre os tipos de peças complementares, incluindo detalhes de sua instalação, por exemplo, perfil “H” ou cantoneira;
- Orientações sobre as aberturas nas paredes laterais para ventilação;
- Recomendações sobre o transporte e armazenamento dentro da obra.

## 5.3 Transporte e armazenamento

Para o transporte e armazenamento das telhas devem-se realizar os procedimentos abaixo:

- O transporte e manuseio das telhas devem ser realizados em condições que não danifiquem o produto;
- As telhas devem ser armazenadas o mais próximo possível do local onde serão empregadas;
- As pilhas devem estar cobertas, isto é, protegidas das intempéries com lonas têxteis ou plásticas.

Para o transporte e armazenamento dos perfis de PVC rígido para forros devem-se realizar os procedimentos abaixo:

- O transporte e manuseio dos perfis de PVC rígido para forros devem ser realizados em condições que não danifiquem o produto;
- A estocagem, armazenamento, transporte e manuseio dos perfis devem ser efetuados com empilhamento máximo e com amarração, conforme definido pelo fabricante;
- Não pode ser colocado qualquer material no topo das pilhas de perfis durante a sua movimentação, manuseio, estocagem e armazenamento;

A estocagem e o armazenamento transitórios ou prolongados do perfil preferencialmente ou sempre que possível na embalagem original devem ser efetuados de forma que a temperatura seja inferior a 45°C, evitando o seu contato com o solo, e ao abrigo das intempéries e das projeções de cimento, gesso, pintura etc. O tempo de estocagem e armazenamento dos perfis deve ser de forma que não ocorra alteração na aparência nem em seu desempenho ao longo da sua vida útil;

- O local adequado de armazenamento dos perfis deve reduzir a sua movimentação na obra;
- Para proteger os perfis das intempéries, deve-se evitar a utilização de lonas plásticas de cores escuras, particularmente as pretas, e deve-se também garantir ventilação adequada.

## 5.4 Material necessário para a correta instalação

Para a correta instalação da telha cerâmica, os principais materiais e dispositivos são:

- Ferramenta para verificação do espaçamento da estrutura (trena);
- Ferramenta para fixação dos pregos (martelo);
- Equipamento para corte das telhas (serra elétrica);
- Dispositivo para verificação da inclinação do telhado (inclinômetro);
- Selante acrílico exterior para telhas.
- Tábuas de madeira ou equivalente para serem utilizadas como apoios dos pés dos responsáveis durante a instalação das telhas.

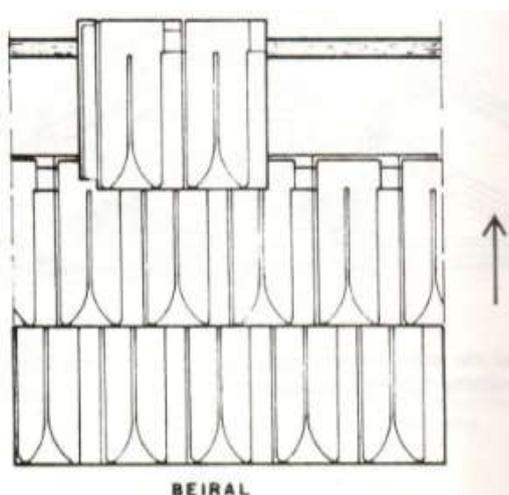
Para a correta instalação dos perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura, são necessárias os principais materiais e dispositivos:

- Ferramenta para verificação do alinhamento e da distância entre as lâminas da estrutura (trena);
- Ferramenta para fixação da moldura (martelo);
- Ferramenta para furação da estrutura e fixação dos parafusos (furadeira, brocas, chave de fenda);
- Ferramenta para corte dos perfis de PVC rígido para forros (arco de serra, estilete);
- Escada ou andaime com rodízio para a instalação dos perfis de PVC rígido para forros.

O executor/montador do telhado deve adotar estes dispositivos e seguir as orientações e diretrizes de execução de segurança do trabalho respectivas à Segurança e Saúde no Trabalho.

## 5.5 Procedimentos de instalação e detalhes construtivos

A colocação ou instalação das telhas deve ser feita por fiadas, iniciando pelo beiral e prosseguindo-se em direção à cumeeira. A sequência de colocação das telhas de encaixe em cada fiada varia de acordo com o seu desenho, isto é, de acordo com a posição relativa das saliências e das reentrâncias que definem o recobrimento lateral. Assim sendo, em cada fiada as telhas podem ser colocadas da direita para a esquerda ou vice-versa. As telhas da fiada seguinte são colocadas de forma a encaixarem-se perfeitamente naquelas da fiada inferior, conforme ilustrado na Figura 8 para o caso de telhas francesas.

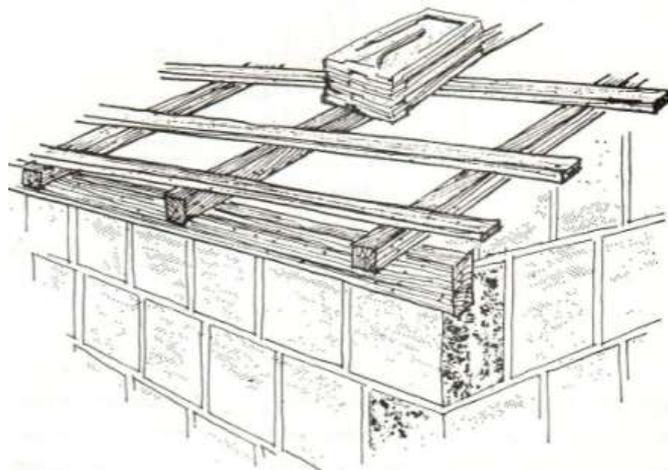


**Figura 8 – Colocação de telhas tipo francesa, iniciando-se pelo beiral e prosseguindo-se em direção à cumeeira. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

Na colocação das telhas ou na manutenção do telhado, os montadores devem pisar corretamente sobre as telhas (de forma a evitar quebras de telhas) ou eventualmente utilizar tábuas para distribuir os esforços, caso a declividade do telhado não seja acentuada (se a declividade for acentuada poderá ocorrer o escorregamento das tábuas). Nas telhas de encaixe, os montadores devem pisar na região de sobreposição lateral entre duas telhas, no local onde as telhas francesas, por exemplo, apresentam um ranhurado para aumento da aderência.

Deve-se evitar subir no telhado em dias de chuva ou executá-lo em dias de vento forte, por problemas de segurança.

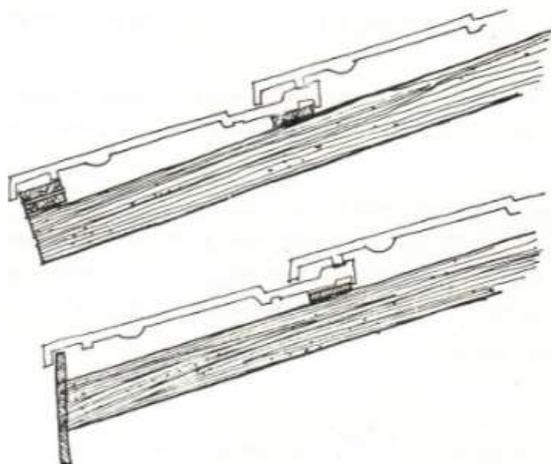
Durante a execução do telhado, deve-se dispor pilhas de telhas sobre a trama, nos cruzamentos dos caibros com as ripas, evitando que o montador caminhe com telhas na mão sobre a parte já coberta (figura 9). Para a distribuição das telhas pode-se dispor algumas tábuas longitudinais (direção da água) sobre o madeiramento, de forma que os montadores possam caminhar sobre elas.



**Figura 9 – Disposição das pilhas de telhas sobre a trama, nos cruzamentos dos caibros com as ripas. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

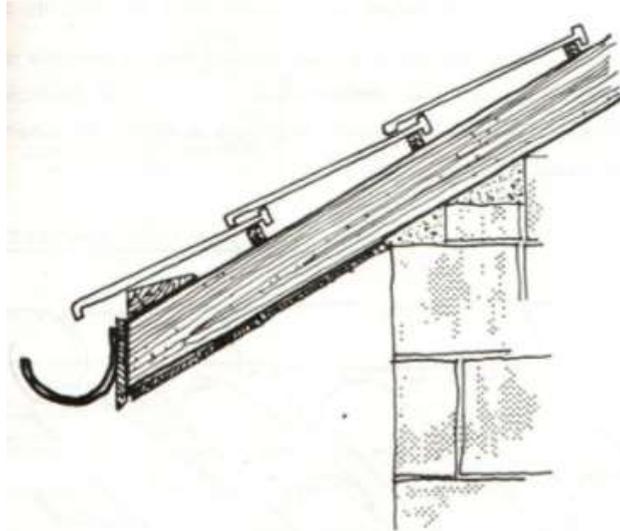
### **5.5.1 Beiral**

O primeiro apoio da primeira fiada de telhas deve ser constituído por duas ripas sobrepostas ou por testeiras (tabeiras), de forma a compensar a espessura da telha e garantir o plano do telhado, conforme mostra a Figura 10. Em beirais desprotegidos, recomenda-se fixar as telhas à estrutura de madeira (as telhas de encaixe devem ser amarradas as ripas).



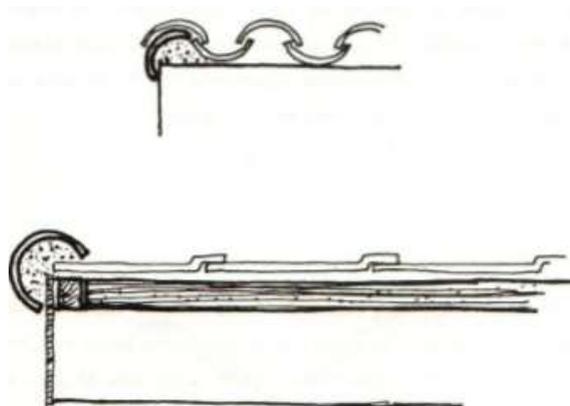
**Figura 10 – Apoio da primeira fiada de telhas, na região do beiral. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

As telhas não necessitarão ser fixadas à estrutura de madeira, caso haja platibanda ou caso seja empregado forro no beiral (Figura 11).



**Figura 11 – Emprego de forro no beiral, minimizando o risco de deslocamento de telhas pela ação do vento. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

No caso de beirais laterais, a proteção pode ser feita conforme indicado na Figura 12, mediante o emboçamento de peças cerâmicas apropriadas (cumeeiras ou capas de telhas do tipo capa e canal).



**Figura 12 – Proteção de beiral lateral. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

### 5.5.2 Cumeeira

A cumeeira deve ser executada, de preferência, com peças cerâmicas denominadas “cumeeiras”, quando não se dispuser de tais peças podem ser utilizadas capas de telhas do tipo capa e canal.

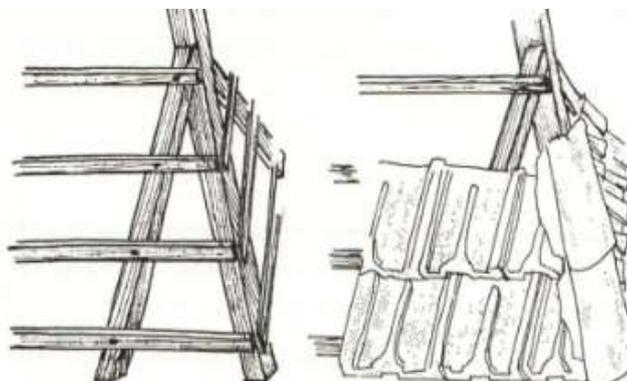
Essas peças devem ser cuidadosamente fixadas e emboçadas na cumeeira do telhado, obedecendo-se um sentido de colocação contrário ao dos ventos dominantes. Deve-se observar ainda um recobrimento longitudinal mínimo de 60 mm entre as peças subsequentes.

Com a finalidade de estabelecer um número inteiro de fiadas entre a linha do beiral e a linha da cumeeira, de modo a evitar o corte de telhas na região da cumeeira, os caibros normalmente são colocados com pequeno excesso de comprimento. Pode-se ajustar o número de fiadas, cortando-se em seguida a extremidade dos caibros na linha do beiral. Quando não for possível a realização deste ajuste, as telhas contíguas à cumeeira deverão ser cortadas no comprimento apropriado, de forma que o recobrimento entre as peças de cumeeira e as telhas seja no mínimo igual a 30 mm.

### 5.5.3 Espigão

O espigão pode ser executado com peças de cumeeiras ou capas das telhas de capa e canal, como as do tipo colonial. No espigão, as peças são instaladas do beiral em direção à cumeeira, observando-se o recobrimento longitudinal mínimo de 60 mm entre elas (Figura 13).

As peças devem ser emboçadas com a argamassa. As telhas das águas do telhado são cortadas nos seus encontros com o espigão, de forma que o recobrimento entre as peças de espigão e as telhas seja no mínimo igual a 30 mm.

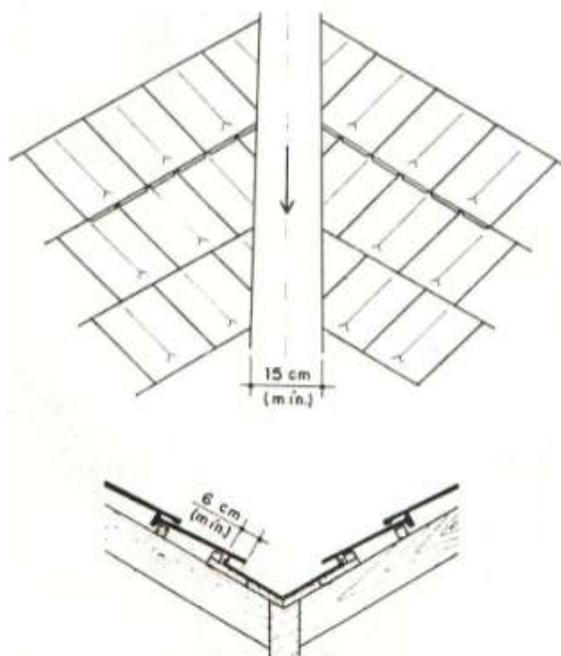


**Figura 13 – Execução do espigão. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

### 5.5.4 Rincão ou água furtada

O rincão é geralmente constituído por uma calha metálica (chapa de aço galvanizado) fixada na estrutura de madeira do telhado.

As telhas, ao atingirem o rincão, devem ser cortadas na direção do rincão de tal forma que recubram a calha metálica em pelo menos 60 mm de cada lado. A largura livre da calha deve ser de aproximadamente 150 mm, sendo que suas bordas devem ser viradas para cima para não permitir o vazamento da água que ali se acumula (Figura 14).

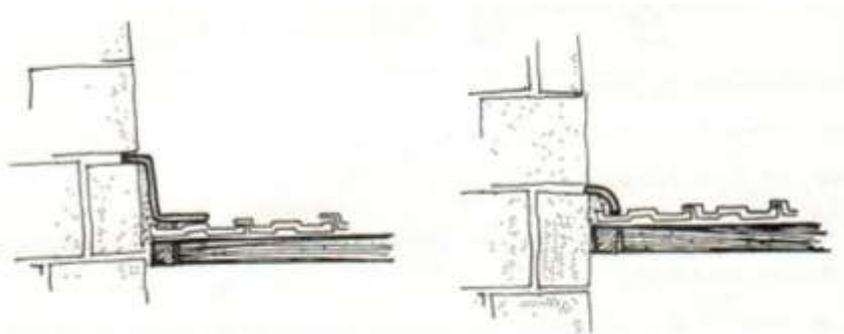


**Figura 14 – Execução do rincão. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

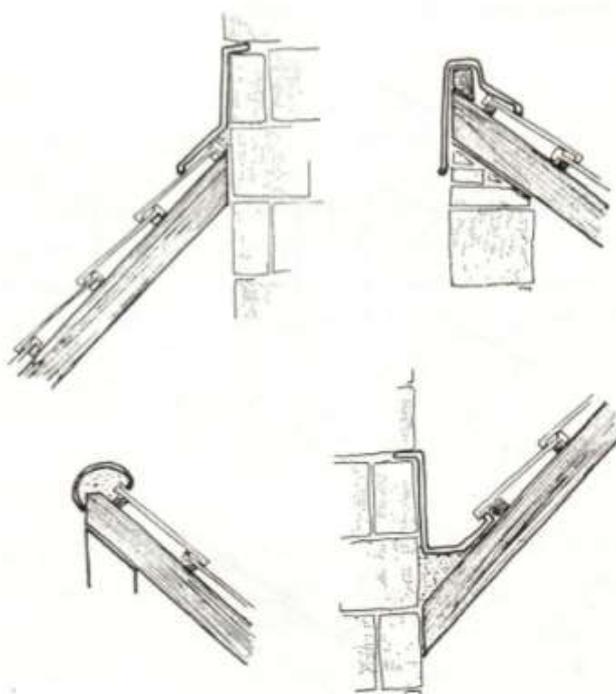
O rincão pode também ser executado com peças cerâmicas especialmente desenhadas para tal fim, nesse caso as peças devem ser emboçadas com argamassa, observando-se o recobrimento longitudinal mínimo de 60 mm.

### 5.5.5 Arremates

Os encontros do telhado com paredes paralelas ou transversais ao comprimento das telhas devem ser executados empregando rufos metálicos ou componentes cerâmicos, de forma a garantir a estanqueidade do telhado, conforme mostram as Figuras 15 e 16.



**Figura 15 – Encontro do telhado com paredes paralelas ao comprimento das telhas. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**



**Figura 16 – Encontro do telhado com paredes transversais ao comprimento das telhas. (imagem retirada do Manual de execução – Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telhas cerâmicas – IPT,1988)**

### 5.5.6 Telhas translúcidas

As telhas de vidro eventualmente empregadas no telhado, com a finalidade de possibilitar iluminação natural, devem ter o mesmo formato e as mesmas dimensões das telhas cerâmicas, para que não seja comprometida a estanqueidade do telhado. Todas as recomendações estabelecidas para a instalação das telhas cerâmicas, devem ser seguidas também para as telhas de vidro.

## 5.6 Procedimentos detalhados da montagem dos perfis de PVC rígido para forros

A instalação dos perfis de PVC para forros deve atender os procedimentos e requisitos da ABNT NBR 14285-3 e as instruções do manual do fabricante, observando o alinhamento e o nivelamento.

1º - Marcar a altura em que o forro será instalado em todos os lados do ambiente.

2º - Prepare o arremate no comprimento de cada parede e faça um corte diagonal nas extremidades para dar o acabamento. O corte deve ter um ângulo de 45º para o encaixe perfeito (nos arremates simples o corte pode ser feito em apenas um dos lados).

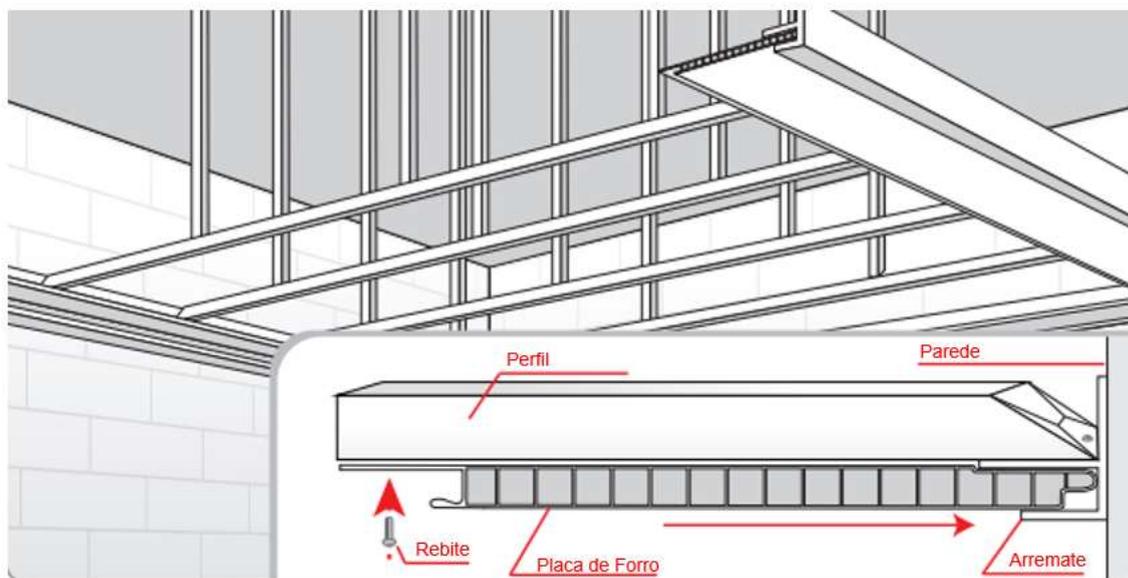
3º - Fazer os furos na parede com o arremate posicionado, onde serão colocadas as buchas e posteriormente os parafusos.

4º - Coloque as buchas dentro dos furos e então reposicione o arremate fixando-o com os parafusos. Faça o mesmo em todas as paredes do ambiente.

5º - Corte o perfil de sustentação na medida ideal para a largura ou comprimento do vão, fazendo um corte diagonal em suas extremidades para poder fixá-lo ao arremate. Conecte um perfil de sustentação na estrutura do teto ou telhado para fazer a “mão-de-força” que será conectado ao perfil do vão (horizontal) para formar a estrutura de sustentação. O primeiro perfil de sustentação do vão deverá ficar a 20 cm da parede.

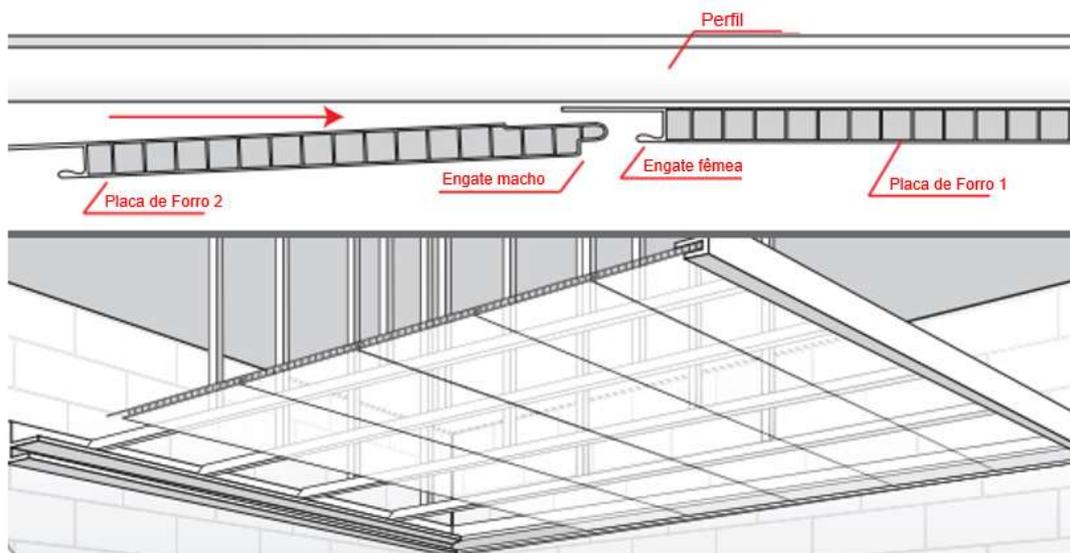
6º - Conecte a “mão-de-força” aos perfis que estão na horizontal até preencher todo o ambiente, obedecendo a distância de 60 cm entre cada perfil para áreas internas e 50 cm para áreas externas. Finalizando assim a estrutura de sustentação do forro de PVC.

7º - Concluída a estrutura de sustentação, recorte a primeira placa de forro 1 cm menor que a medida do vão do ambiente. Coloque a placa de forro dentro do vão dos arremates com a face aparente voltada para baixo, então empurre-a até o encaixe. O engate macho deve estar voltado para o lado do arremate. Fixe a placa com rebites na estrutura de sustentação.



**Figura 17 – Fixação do perfil de PVC para forro na estrutura de sustentação**

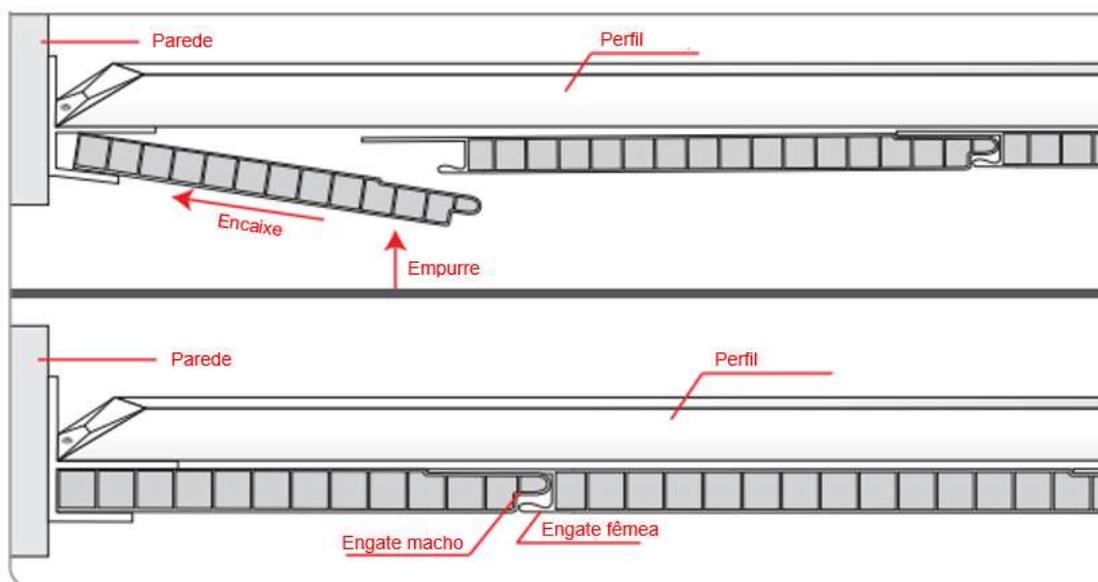
8º - Fazer o encaixe e a instalação das placas seguintes. Encaixe o engate macho ao engate fêmea das placas fixando com rebites na estrutura de sustentação. Repita o processo de instalação até a penúltima placa.



**Figura 18 – Montagem dos perfis de PVC para forros**

9º - Para a última placa, recortar 2 cm menor que a medida do vão para facilitar o encaixe. Se necessário, recorte todo o comprimento da placa na largura exata entre o fundo do arremate e o engate da penúltima placa.

10º - Feito o recorte, encaixe primeiro o lado que foi cortado para dentro do arremate e empurre até encaixar a placa no arremate lateral. Para concluir encaixe o engate macho no engate fêmea da penúltima placa.



**Figura 19 – Encaixe do último perfil de PVC para forro**

11º - Caso o comprimento da placa seja insuficiente para cobrir completamente o vão do ambiente, recomenda-se o uso da peça "Emenda" que será fixada na estrutura com rebites unindo as placas no sentido do comprimento. Neste caso, para conseguir fixar a emenda, aconselha-se o corte da placa no comprimento certo ou a colocação de mais um perfil na estrutura.

## **6 Avaliação técnica**

### **6.1 Caracterização das telhas cerâmicas**

As telhas cerâmicas devem ser fabricadas de acordo com o projeto de modelo de telha. O modelo de telha deve atender a todos os requisitos gerais e específicos da norma ABNT NBR 15310 e o respectivo projeto de modelo de telha, garantindo assim a eficácia e eficiência do modelo no sistema de cobertura.

## 6.2 Caracterização dos perfis de PVC para forros

Os perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura apresentam as dimensões apresentadas na Tabela 1 abaixo.

**Tabela 1 – Dimensões das amostras de perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura (simples e duplo) avaliados**

<b>Comprimento</b>	1500 mm
<b>Largura total</b>	100 e 200 mm
<b>Espessura</b>	7 mm

## 6.3 Requisitos para as telhas cerâmicas

As telhas cerâmicas devem atender a norma ABNT NBR 15310 – Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. A Tabela 2 abaixo apresenta os ensaios de caracterização para as telhas. Salienta-se que todas as telhas devem ser aprovadas nos ensaios de caracterização, condição necessária para que seja possível realizar a montagem dos telhados.

**Tabela 2 – Caracterização da telha cerâmica, segundo ABNT NBR 15310**

Requisitos		Critérios	Métodos de avaliação
Requisitos	<b>Características geométricas</b>	<b>Largura de fabricação (L):</b> $\pm 2\%$ das dimensões do projeto da telha <b>Comprimento de fabricação (C):</b> $\pm 2\%$ das dimensões do projeto da telha <b>Posição do pino ou furo de amarração (Lp):</b> $\pm 2\%$ das dimensões do projeto da telha <b>Altura do pino (Hp):</b> 7 mm (telhas prensadas) e 3 mm (telhas extrudadas) <b>Rendimento médio (Rm):</b> $\pm 4\%$ do especificado no projeto da telha <b>Galga mínima (G<sub>min</sub>):</b> de acordo com o projeto da telha <b>Retilidade:</b> $\leq 1\%$ do comprimento efetivo <b>Planaridade:</b> $\leq 5$ mm	ABNT NBR 15310-, itens 4.6.2 e 5.2
	<b>Propriedades mecânicas</b>	<b>Carga de ruptura à flexão:</b> a carga na ruptura deve ser $\geq 1000$ N (kgf) telhas francesas $\geq 1300$ N (kgf) telhas romanas.	ABNT NBR 15310-, item 5.5
	<b>Características físicas</b>	<b>Impermeabilidade:</b> a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo, porém tolerado o aparecimento de manchas de umidade.	ABNT NBR 15310-, item 5.4
		<b>Massa:</b> A massa da telha seca não deve ser superior a 6% do valor declarado no projeto do modelo de telha.	ABNT NBR 15310-, item 5.1
	<b>Absorção de água:</b> o limite máximo admissível é 20%.	ABNT NBR 15310-, item 5.3	

## 6.4 Requisitos para os perfis de PVC rígido para forros

Os perfis de PVC para forros de 7 mm de espessura foram avaliadas de acordo com a ABNT NBR 14285-1:2018 – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 1: Requisitos para cores claras e Parte 2: Método de ensaio. A Tabela 3 abaixo apresenta os ensaios de desempenho realizados para os perfis de PVC para forros, bem como os resultados obtidos.

**Tabela 3 – Requisitos para os perfis de PVC para forros, segundo ABNT NBR 14285-1**

Requisitos		CrITÉrios	Métodos de avaliação	Resultado obtido
Requisito geral	<b>Ausência de estabilizantes à base de chumbo</b>	A ausência de estabilizante a base de chumbo é verificada através de ensaio qualitativo - fluorescência de raios X, cujos limites de detecção do equipamento são de <0,010% e de >0,13%. Os resultados de ensaios <0,010% são considerados de aprovação. No caso de resultados >0,13%, faz-se a análise quantitativa e o limite máximo aceitável é de 0,1%	fluorescência de raios X	<b>Chumbo (Pb): &lt;0,010 %</b>
Requisitos de desempenho	<b>Estabilidade dimensional</b>	<b>Variação longitudinal: <math>\leq 1,8\%</math></b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo B	<b>Variação longitudinal média: 0,4 %</b>
	<b>Resistência ao impacto</b>	<b>Energia média de ruptura: <math>\geq 9</math> J</b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo C	<b>Energia média de ruptura: 9 J</b>
	<b>Estabilidade de aspecto ao calor</b>	<b>Exame visual:</b> sem bolhas, sem fissuras e sem desagregação	ABNT NBR 14285-2, Anexo F	<b>Sem aparecimento de bolhas, fissuras, escamações e rachaduras.</b>
	<b>Planicidade</b>	<b>  Variação   : <math>\leq 0,6</math> mm</b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo D	<b>Máxima variação: 0,2 mm</b>
	<b>Desvio de linearidade</b>	<b>Desvio médio: <math>\leq 1,5</math> mm/m</b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo E	<b>Desvio de linearidade médio: 0,5 mm/m</b>
	<b>Transmitância luminosa</b>	<b>Transmitância luminosa: <math>\leq 2\%</math></b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo G	<b>Transmitância luminosa máxima: 1%</b>
	<b>Dióxido de titânio</b>	<b>Teor de dióxido de titânio: <math>\geq 1,8\%</math></b>	ABNT NBR 14285-2, Anexo H	<b>Teor de dióxido de titânio médio: 1,8%</b>
<b>Marcação</b>	Todos os perfis de PVC para forros devem ter marcação legível e indelével, permitindo identificar: marca ou identificação do fabricante, número da norma (ABNT NBR 14285) e data de fabricação (mês e ano).	ABNT NBR 14285-1, Item 5	<b>Apresenta todas as marcações obrigatórias.</b>	

## 6.5 Requisitos para o sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura

Apresentam-se na Tabela 4 os requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-5 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de cobertura, aplicáveis à avaliação do sistema de cobertura com telhado constituído de telhas cerâmica e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura:

**Tabela 4 – Requisitos para avaliação do desempenho de sistemas de cobertura conforme ABNT NBR 15575-5**

Requisitos da ABNT NBR 15575-5		Critérios	Métodos de avaliação
Desempenho estrutural	Resistência e deformabilidade (item 7.1)	<b>Risco de arrancamento pelo vento</b> (item 7.1.2): sob a ação do vento, calculada conforme ABNT NBR 6123, não pode ocorrer remoção ou danos de componentes do sistema de cobertura sujeitos a esforços de sucção.	ABNT NBR 15575-5 – Anexo L
	Solicitações em forros (item 7.4)	<b>Possibilitar a fixação de luminárias e outras cargas de ocupação:</b> Os forros devem suportar a ação da carga vertical correspondente ao objeto que se pretende fixar, adotando-se coeficiente de majoração no mínimo igual a 3,0. Para carga de serviço limita-se a ocorrência de falhas e o deslocamento a L/600, com valor máximo admissível de 5 mm, onde L é o vão do forro. A carga mínima de uso é de 30N.	ABNT NBR 15575-5 – Anexo B
	Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados (item 7.5)	<b>Resistência ao impacto</b> (item 7.5.1): sob a ação de impactos de corpo duro, o telhado não sofrer ruptura ou traspasse em face da aplicação de impacto com energia igual a 1,0 J. É tolerada a ocorrência de falhas superficiais, como fissuras, lascamentos e outros danos, que não impliquem a perda de estanqueidade do telhado.	ABNT NBR 15575-5 – Anexo C
Segurança contra incêndio	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento (item 8.2)	<b>Avaliação da reação ao fogo da face interna do sistema de cobertura das edificações</b> (item 8.2.1): a face interna do sistema de cobertura deve classificar-se como I, II-A ou III-A, de acordo com a ABNT NBR 9442 e ASTM E 662.	ABNT NBR 9442 ASTM E 662
		<b>Avaliação da reação ao fogo da face externa do sistema de cobertura das edificações</b> (item 8.2.2): a face externa do sistema de cobertura deve classificar-se como I, II ou III, de acordo com a ABNT NBR 9442.	ABNT NBR 9442
Segurança no uso e na operação	Manutenção e operação (item 9.2)	<b>Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura</b> (item 9.2.4): telhados e lajes de cobertura devem propiciar o caminhamento de pessoas, em operações de montagem, manutenção ou instalação, suportando carga vertical concentrada maior ou igual a 1,2 kN nas posições indicadas em projeto e no manual do proprietário, sem apresentar ruptura, fissuras, deslizamentos ou outras falhas.	ABNT NBR 15575-5 – Anexo G
Estanqueidade à água	Estanqueidade (item 10)	<b>Impermeabilidade</b> (item 10.1): o sistema de cobertura não pode apresentar escoamento, gotejamento de água ou gotas aderentes. Aceita-se o aparecimento de manchas de umidade, desde que restritas a no máximo 35% da área das telhas.	ABNT NBR 7581-2, 8.2 (em substituição à ABNT NBR 5642)
		<b>Estanqueidade do sistema de cobertura</b> (item 10.2): durante a vida útil do sistema de cobertura, não pode ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento.	ABNT NBR 15575-5 – Anexo D

*continua*

**Tabela 4 (continuação) – Requisitos para avaliação do desempenho de sistemas de cobertura conforme ABNT NBR 15575-5**

Requisitos da ABNT NBR 15575-5		Crítérios	Métodos de avaliação
Desempenho térmico	Isolação térmica da cobertura (item 11.2)	Apresentar transmitância térmica e absorvância à radiação solar que proporcionem um desempenho térmico apropriado para cada zona bioclimática. <b>Transmitância térmica</b> (item 11.2.1): respeitar os valores máximos de transmitância térmica estabelecidos na ABNT NBR 15575-5.	ABNT NBR 15520-2

A Tabela 5 apresenta os prazos de Vida Útil de Projeto (VUP) estabelecidos em norma, tanto para a estrutura como para diversos elementos da edificação, e a Tabela 6 os prazos de Vida Útil de Projeto (VUP) para vedação interna.

**Tabela 5 – Vida Útil de Projeto (VUP) mínima e superior\***

Sistema	VUP (anos)		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
<b>Cobertura</b>	<b>≥ 20</b>	<b>≥ 25</b>	<b>≥ 30</b>
Hidrossanitário	≥ 20	≥ 25	≥ 30

\* Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 5674 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.

**Tabela 6 – Exemplos de VUP aplicando os conceitos do Anexo C da ABNT NBR 15575-1**

Parte da edificação	Exemplo	VUP (anos)		
		Mínimo	Intermediário	Superior
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	<b>Telhamento</b>	<b>≥ 13</b>	<b>≥ 17</b>	<b>≥ 20</b>
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 5	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 10	≥ 12
Revestimento interno não aderido	Revestimentos de pisos: têxteis, laminados ou elevados; lambris; <b>forros</b> falsos.	≥ 8	≥ 10	≥ 12

## **7 Avaliação do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura**

Para a avaliação do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura, foram consideradas a montagem com as características mais críticas.

Ressalta-se que as telhas utilizadas na montagem dos telhados devem ser aprovadas em todos os requisitos constantes na ABNT 15310, conforme Tabela 2, e o os perfis de PVC rígido para forros utilizados na montagem do sistema de cobertura foram aprovados em todos os requisitos constantes na ABNT 14285, conforme Tabela 3. Os resultados obtidos para os ensaios relacionados na Tabela 4 estão apresentados nos subitens a seguir.

### **7.1 Desempenho estrutural**

O item 7 da ABNT NBR 15575-5 refere-se ao desempenho estrutural dos sistemas de cobertura. Seguem os requisitos aplicáveis ao sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura.

#### **7.1.1 Resistência e deformabilidade: Risco de arrancamento de componentes do sistema de cobertura sob ação do vento**

A norma ABNT NBR 15575-5, item 7.1.2, especifica que sob ação de vento, calculada de acordo com a ABNT NBR 6123, não pode ocorrer remoção ou danos de componentes do sistema de cobertura sujeitos a esforços de sucção, respeitando os deslocamentos máximos permitidos (considerando a questão visual e insegurança psicológica do usuário).

A avaliação do risco de arrancamento de componentes do sistema de cobertura sob ação do vento é realizada de acordo com a ABNT NBR 15575-5, Anexo L, mediante aplicação de pressões, por meio de balão inflável. Cada pressão é mantida por 5 minutos, registrando-se o deslocamento constante apresentado em relógios comparadores, e depois aliviada, registrando-se o valor constante nos relógios. Para cada pressão de ensaio é registrado se ocorre fissura ou ruptura da telha ou se as telhas se desprendem da fixação.

O telhado constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura apresenta potencial de atendimento desde que a espessura / massa das telhas atendam a NBR 15310, respeitando-se ainda a declividade, o comprimento dos panos e o emboçamento indicados na NBR 8039. No caso de beirais, as telhas deverão ser amarradas a estrutura.

#### **7.1.2 Solicitações em forros**

A norma ABNT NBR 14285-3, especifica os requisitos que o sistema de sustentação do forro constituído de perfis de PVC rígido deve satisfazer, conforme descrito abaixo.

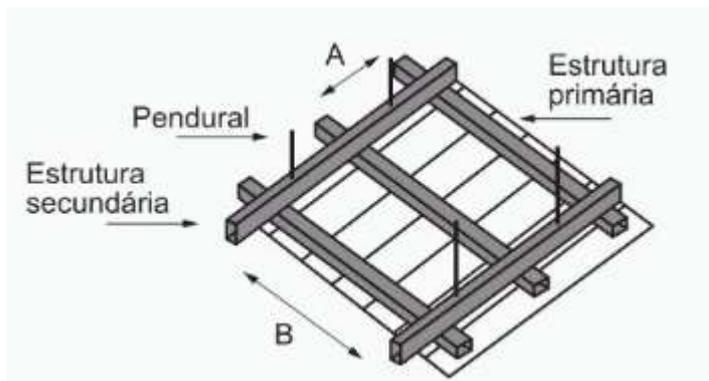
##### **7.1.2.1 Pendurais**

- Os pendurais podem ser de PVC rígido ou metálicos, desde que resistentes à corrosão.
- Os pendurais devem ser fixados à estrutura existente da edificação (estrutura de cobertura) e à estrutura secundária (conforme designação da Figura 4), utilizando pregos, parafusos, rebites ou grampos especiais, ou outros dispositivos, desde que indicados no manual de instalação do fabricante de perfil de PVC para forro, dependendo do tipo de material adotado no sistema de sustentação. Os elementos de fixação metálicos devem ser resistentes à corrosão.
- Os pendurais devem ser instalados a prumo, sem exercer pressão em revestimentos de dutos e outras tubulações.
- No caso de haver necessidade de algum material ser instalado obliquamente, por eventuais desvios,

pode-se colocar outro, partindo do mesmo ponto da estrutura de sustentação do forro, de modo a anular a componente horizontal criada.

### 7.1.2.2 Estruturas primária e secundária

- Os elementos constituintes das estruturas primária e secundária devem ser rígidos. Os elementos podem ser metálicos, desde que resistentes à corrosão, ou de PVC rígido.
- A dimensão e o espaçamento entre os elementos das estruturas primária e secundária devem ser informados no manual de instalação do fabricante do perfil de PVC para forro, de acordo com as modulações do forro. Recomenda-se que o espaçamento máximo adotado seja de 60 cm na estrutura primária (a, da figura 20) e de 120 cm para estrutura secundária (B, da figura 20).



**Figura 20 – Espaçamentos recomendados para as estruturas primária (A) e secundária (B) (imagem retirada da ABNT NBR 14285-3)**

- As estruturas primária e secundária são travadas entre si por solda ou dispositivo de união que impeçam deslocamentos e rotações. (Outros espaçamentos podem ser utilizados, desde que indicados no manual do fabricante e que atendam aos requisitos da norma ABNT NBR 14285-3).

### 7.1.2.3 Elementos de fixação dos perfis de PVC rígido

- Devem ser utilizados rebites, presilhas, parafusos ou outro elemento que garanta a fixação dos perfis de PVC rígido que compõem o forro junto à estrutura primária.
- No caso de uso de rebite, é recomendada a utilização de arruela para melhor fixação dos perfis de PVC.
- Os elementos de fixação metálicos devem ser resistentes à corrosão.

### 7.1.2.4 Perfis de acabamento

- Os perfis de acabamento são utilizados para fazer o arremate do forro junto às laterais e nos encontros com interferências que atravessam o forro.
- A colocação dos perfis de acabamento deve acompanhar a instalação dos perfis de PVC rígido.
- Os perfis de acabamento instalados longitudinalmente aos perfis de PVC rígido devem ser fixados aos elementos da estrutura primária.
- Os perfis de acabamento instalados transversalmente aos perfis de PVC rígido devem apresentar sistemas de fixação espaçados em no máximo a largura do perfil de PVC.

- Nos cantos das paredes, os perfis de acabamento devem ser cortados com abertura equivalente à metade do ângulo entre as paredes.
- Os perfis de acabamento devem ser de PVC rígido, com a mesma qualidade e durabilidade dos perfis que compõem o forro.

#### **7.1.2.5 Perfis de união**

- Os perfis de união são utilizados para fazer a emenda nos perfis de PVC rígido, quando o vão ultrapassa o comprimento nominal do perfil.

#### **7.1.2.6 Perfis de mudança de plano**

- Os perfis de mudança de plano são utilizados para fazer o arremate quando ocorre mudança de plano nos forros.
- Os perfis de mudança de plano devem ser de PVC rígido, com a mesma qualidade e durabilidade dos perfis que compõem o forro.

#### **7.1.2.7 Procedimentos para instalação de luminárias ou outros equipamentos no forro**

- Antes de iniciar a instalação dos perfis de PVC rígido para forro, deve-se definir a posição das luminárias e equipamentos que serão instalados junto a eles (por exemplo, ventiladores de teto), tomando a precaução de prever recorte no(s) perfil(is) com pequena folga, possibilitando que o perfeito acabamento das luminárias ou outros equipamentos seja feito com o arremate dessas peças.
- Deve-se utilizar a estrutura existente da edificação (estrutura de cobertura) para fixar luminárias e outros equipamentos.
- O reator de lâmpadas e luminárias deve estar preso à luminária e não ao perfil de PVC rígido.

De acordo com a norma a verificação do desempenho do forro deve ser realizada *in loco*, selecionando-se, aleatoriamente, duas regiões compreendidas entre elementos da estrutura primária. A estrutura utilizada para sustentação dos perfis de PVC para forros deve atender a norma e sua verificação será realizada na obra.

### **7.1.3 Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados: Resistência ao impacto**

A norma ABNT NBR 15575-5, item 7.5.1, especifica que o telhado não pode sofrer ruptura ou traspassamento sob a ação de granizo e de outras pequenas cargas acidentais, desde que os valores de impacto nas telhas não ultrapassem 1,0 J. É tolerada a ocorrência de falhas superficiais, como fissuras, lascamentos e outros danos, que não impliquem a perda de estanqueidade do telhado.

A avaliação da ação do granizo e de outras cargas acidentais em telhados se dá mediante aplicação de um impacto de 1,0 J, por meio de esfera de aço maciça (massa de aproximadamente 65,6 g, diâmetro 25,4 mm) na posição mais desfavorável da telha. Para cada energia de impacto é registrada a eventual ocorrência de fissuras, lascamentos, desagregações, traspassamento ou outras avarias.

O telhado constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura apresenta potencial para resistir a impactos de corpo duro com energia de até 1,0 J, sem sofrer ruptura, traspassamento ou qualquer avaria que venha a prejudicar a estanqueidade à água.

## 7.2 Segurança contra incêndio: Avaliação da reação ao fogo da face interna e externa do sistema de cobertura das edificações

A norma ABNT NBR 15575-5, item 8.2.1, especifica que a face interna do sistema de cobertura deve classificar-se como I, II-A ou III-A, de acordo com a Tabela 7 abaixo, quando avaliada de acordo com a ABNT NBR 9442 e ASTM E 662. No caso de cozinhas ou tiver ignição a face interna deverá classificar-se como I ou II-A

**Tabela 7 – Classificação para a face interna do sistema de cobertura de acordo com as normas ABNT NBR 9442 e ASTM E 662**

Classe	Método de ensaio	
	ABNT NBR 9442	ASTM E 662
I	–	–
II-A	$Ip \leq 25$	$Dm \leq 450$
III-A	$25 < Ip \leq 75$	$Dm \leq 450$

Onde:  $Ip$  – Índice de propagação superficial de chama  
 $Dm$  – Densidade específica óptica máxima de fumaça.

Para a face externa do sistema de cobertura, a norma ABNT NBR 15575-5, item 8.2.2, especifica que este deve classificar-se como I, II ou III, de acordo com a Tabela 8 abaixo, quando avaliada de acordo com a ABNT NBR 9442:

**Tabela 8 – Classificação para a face externa do sistema de cobertura de acordo com as normas ABNT NBR 9442**

Classe	Método de ensaio: ABNT NBR 9442
I	–
II-A	$Ip \leq 25$
III-A	$25 < Ip \leq 75$

Onde:  $Ip$  – Índice de propagação superficial de chama  
 $Dm$  – Densidade específica óptica máxima de fumaça.

A avaliação da reação ao fogo das faces do sistema de cobertura se dá mediante o método do painel radiante. Os corpos de prova são colocados em frente a um painel radiante com uma inclinação de 60°, de modo a expor o corpo de prova a um fluxo radiante padronizado. Uma chama é aplicada na extremidade superior ao corpo de prova e mede-se o índice de propagação de chama ( $Ip$ ), determinado pelo produto entre o fator propagação de chama desenvolvida na superfície do material ( $Pc$ ), medido através do tempo para atingir as distâncias padronizadas no suporte metálico com o corpo de prova, e o fator de evolução de calor desenvolvido pelo material ( $Q$ ), medido através de sensores de temperatura (termopares) localizados em uma chaminé sobre o painel.



**Figura 21 – Equipamento de ensaio para determinação do índice de propagação superficial de chama**

A determinação da densidade específica óptica de fumaça ( $D_m$ ) é realizada de acordo com a norma ASTM E 662. Utiliza-se uma câmara de densidade óptica fechada, onde é medida a fumaça gerada por materiais sólidos, e a medição é feita pela atenuação de um raio de luz em razão do acúmulo da fumaça gerada na decomposição pirolítica sem chama e na combustão com chama. A Figura 22 apresenta a câmara de ensaio.



**Figura 22 – Câmara e ensaio de densidade óptica de fumaça**

As telhas cerâmicas são incombustíveis, ou seja, atendem automaticamente ao critério estipulado.

Para a avaliação dos perfis de PVC rígido para forros foi selecionado um forro de 8 mm, em conformidade à NBR 14285, e com massa de 1,55 kg/m<sup>2</sup>, que corresponde a um forro de maior massa dentre os forros encontrados no mercado. Esta condição é considerada mais crítica, devido a maior massa combustível disponível para queima durante a realização do ensaio. Os perfis de PVC rígido para forros com massa de 1,55 Kg/m<sup>2</sup> classificam-se como II-A, conforme apresentado na Tabela 9, que permite a utilização em cozinhas.

**Tabela 9 – Resultados obtidos: Reação ao Fogo dos perfis de PVC para forros**

<b>Especificação ABNT NBR 15575-5:</b> as faces interna e externa do sistema de cobertura deve classificar-se como I, II-A ou III-A.	<b>Índice de propagação de chama (<math>I_p</math>)</b>	6
	<b>Densidade óptica de fumaça (<math>D_m</math>)</b>	277
	<b>Classificação</b>	II-A
	<b>Resultado final</b>	<b>Atende à especificação.</b>

### **7.3 Segurança no uso e na operação – Manutenção e operação: Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura**

A norma ABNT NBR 15575-5, item 9.2.4, especifica que telhados e lajes de cobertura devem propiciar o caminhamento de pessoas, em operações de montagem, manutenção ou instalação, suportando carga vertical concentrada maior ou igual a 1,2 kN nas posições indicadas em projeto e no manual do proprietário, sem apresentar ruptura, fissuras, deslizamentos ou outras falhas.

A avaliação da possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura se dá mediante aplicação de carga na posição mais desfavorável do telhado, por meio de cutelo de madeira e tábuas, de acordo com a recomendação do manual do fabricante. É carga é aplicada gradualmente, até atingir 1,2 kN.

O telhado constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura apresenta potencial de atendimento desde que o projeto do telhado delimite as posições dos componentes dos telhados que não possuem resistência mecânica suficiente para o caminhamento de pessoas e também indicar a forma de deslocamento das pessoas sobre os telhados. Estas informações devem constar do manual do proprietário.

### **7.4 Estanqueidade**

O item 10 da ABNT NBR 15575-5 refere-se à estanqueidade à água dos sistemas de cobertura. Seguem os requisitos aplicáveis ao sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura.

#### **7.4.1 Impermeabilidade das telhas**

A norma ABNT NBR 15575-5, item 10.1, especifica que o sistema de cobertura não pode apresentar escoamento, gotejamento de água ou gotas aderentes, aceitando-se o aparecimento de manchas de umidade, desde que restritas a no máximo 35 % da área das telhas.

A avaliação da impermeabilidade se dá mediante aplicação de uma coluna d'água de 250 mm de altura e diâmetro de 35 mm, de acordo com a ABNT NBR 7581-2, item 8.2. Após 24 h verifica-se a face inferior do corpo de prova.

O telhado constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC de 7 mm de espessura apresenta potencial de atendimento desde que as telhas sejam produzidas conforme NBR 15310.

#### **7.4.2 Estanqueidade do sistema de cobertura**

A norma ABNT NBR 15575-5, item 10.2, especifica que durante a vida útil do sistema de cobertura, não pode ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento.

A avaliação da estanqueidade do sistema de cobertura se dá mediante a aplicação de água, a uma vazão de 4 L/min/m<sup>2</sup>, com incremento de pressões de ar (de 10 Pa a 50 Pa) a cada 5 min. Para este ensaio foi utilizada a inclinação mais crítica permitida, ou seja, 5° (8,7%). A recomendação é que se utilize cordão de vedação para inclinações de telhado entre 5° e 10°, no entanto, o ensaio foi realizado sem nenhum elemento de vedação, visando-se obter o resultado para a condição mais desfavorável possível.

O telhado constituído por telhas cerâmicas e perfis de PVC para forros de 7 mm de espessura apresenta potencial de atendimento desde que o projeto e execução da cobertura e sistema de águas pluviais atendam as normas pertinentes, a telha cerâmica seja produzida conforme NBR 15310 e o emboçamento em linhas de cumeeira e espigão seja executado considerando sobreposição entre peças de arremate e telhas de pelo menos 4cm, argamassa de cimento, cal hidratada e areia com boa deformabilidade (traço em volume 1 : 2 : 12

de cimento, cal hidratada e areia). Para as regiões de vento IV e V, para evitar pequenos gotejamentos através do telhado, o projeto poderá prever o emprego de subcobertura entre as ripas e as telhas.

## **7.5 Desempenho térmico**

### **7.5.1 Transmitância térmica**

Foram feitas simulações computacionais para avaliar o desempenho térmico de habitações que empregam o sistema construtivo objeto desta FAD. As simulações consideraram todas as oito zonas climáticas brasileiras, de Z1 a Z8, constantes na ABNT NBR 15220:2005. As simulações foram feitas em 3 configurações:

- Configuração 1: sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, sem isolante;
- Configuração 2: sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, com isolante térmico de EPS;
- Configuração 3: sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, com isolante térmico de lã de vidro;

Para a avaliação do desempenho térmico considerou-se os seguintes parâmetros:

- Cobertura com estrutura metálica ou madeira com telhas cerâmicas com espessura de 20 mm, cor cerâmica ( $\alpha=0,70$ ), com ático de 1,0 m de altura;
- Paredes externas e internas: Paredes de alvenaria de blocos cerâmicos de 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces;
- Janelas dos dormitórios e sala: com tipologia “de correr”, dimensões de 120 cm x 120 cm, compostas por caixilhos metálicos, com duas folhas de vidro liso incolor transparente com 3 mm de espessura;
- Janela do banheiro: com tipologia “basculante”, dimensões de 60 cm x 60 cm, composta por caixilho metálico, com vidro liso incolor transparente com 3 mm de espessura;
- Porta da sala: em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões de 80 cm x 210 cm;
- Portas dos dormitórios: em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões 70 cm x 210 cm;
- Porta do banheiro: em madeira, com tipologia “de abrir” e dimensões 60 cm x 210 cm;
- Pé direito: de 2,50 m;
- Não foi considerado efeito de sombreamento de edificações vizinhas;
- Considerou-se a simulação/ análise nos cômodos de longa permanência: sala e dormitórios;

As características térmicas dos materiais isolantes, paredes de alvenaria, portas, vidros e cobertura são descritas nas Tabelas 10, 11, 12 e 13, respectivamente.

**Tabela 10 – Características térmicas dos materiais isolantes térmicos**

Material	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)	Espessura (mm)
EPS	29	0,034	1,42	50
Lã de vidro	50	0,045	0,70	50

**Tabela 11 – Características térmicas dos materiais da parede de alvenaria**

Material	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)	Espessura (mm)
Cerâmica	1800	1,05	0,92	140
Argamassa de revestimento	1800	1,15	0,92	20

**Tabela 12 – Características térmicas das portas e vidros**

Material	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)	Espessura (mm)
Madeira (porta)	600	0,14	2,3	20
Vidro (janela)	2500	0,90	0,84	3

**Tabela 13 – Características térmicas dos materiais da cobertura**

Material	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)	Espessura (mm)	Absortância (-)	Refletância (%)
Telha cerâmica	1800	1,05	0,92	20	0,75	25

Para que a edificação apresentasse a condição mais crítica do ponto de vista térmico, os ambientes de maior permanência foram orientados na condição mais desfavorável:

- Verão: janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para o norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para o oeste;
- Inverno: janela do dormitório ou da sala de estar voltada para o sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para o sul;
- Obstrução no entorno: considerar que as paredes expostas e as janelas estão desobstruídas, ou seja, sem a presença de edificações ou vegetação nas proximidades que modifiquem a incidência de sol e/ou vento. Edificações de um mesmo complexo, por exemplo um condomínio, podem ser consideradas, desde que previstas para habitação no mesmo período.
- Obstrução por elementos construtivos previstos na edificação: dispositivos de sombreamento (por exemplo, para-sóis, marquises, berais) devem ser considerados na simulação.

Foram consideradas também 04 condições distintas de ventilação e sombreamento, quais sejam:

- Condição padrão: ambientes de longa permanência com uma taxa de 1 renovação/hora sem sombreamento;
- Com ventilação: ambientes de longa permanência com uma taxa de 5 renovações/hora sem sombreamento;
- Com sombreamento: ambientes de longa permanência com uma taxa de 1 renovação/hora com sombreamento de 50% da esquadria;
- Com ventilação e sombreamento: ambientes de longa permanência com uma taxa de 5 renovações/hora com sombreamento de 50% da esquadria.

Os resultados apresentados em síntese nas Tabelas 14, 15 e 16, para 03 níveis de absorvância 0,3 (clara), 0,5 (média) e 0,7 (escura), mostram que as edificações que empregam o sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura atendem pelo menos ao nível mínimo do critério de desempenho térmico estabelecido na ABNT NBR 15575 para as 03 configurações de projeto consideradas:

- Configuração 1: atende ao critério de desempenho térmico em todas as situações de ventilação e sombreamento analisadas, nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 4 e 7, para as zonas bioclimáticas 2, 3 e 5 atende desde que a parede seja de cor clara, para a zona bioclimática 6 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara e haja ventilação ou sombreamento ou ambas as possibilidades, para a zona bioclimática 8 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara e haja sombreamento ou ventilação e sombreamento;
- Configuração 2: atende ao critério de desempenho térmico em todas as situações de ventilação e sombreamento analisadas, nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 2, 3, 4, 5 e 7, para a zona bioclimática 6 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara ou média e para a zona bioclimática 8 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara;
- Configuração 3: atende ao critério de desempenho térmico em todas as situações de ventilação e sombreamento analisadas, nas zonas bioclimáticas brasileiras 1, 4, 5 e 7, para as zonas bioclimáticas 2 e 3 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara ou média, para as zonas bioclimáticas 6 e 8 atende ao critério de desempenho térmico desde que a parede seja de cor clara.

**Tabela 14 – Resultados da avaliação de desempenho térmico do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, sem isolante**

Condição padrão <sup>(1)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	M	S	M	I	M	M	S	I	M	N/A	M	N/A
Média	S	M	S	N/A	I	N/A	M	I	I	N/A	N/A	M	N/A
Escura	S	M	S	N/A	I	N/A	M	I	I	N/A	N/A	M	N/A
Com ventilação <sup>(2)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	M	S	M	I	M	M	S	I	M	M	I	N/A
Média	S	M	S	M	I	M	M	S	I	M	N/A	M	N/A
Escura	S	M	S	M	I	N/A	M	I	I	N/A	N/A	M	N/A
Com sombreamento <sup>(3)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	M	S	M	I	M	M	S	I	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	I	M	M	S	I	M	M	I	N/A
Escura	S	M	S	M	I	M	M	I	I	M	N/A	M	N/A
Com sombreamento e ventilação <sup>(4)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	M	I	M	M	S	I	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	I	M	M	S	I	I	M	I	M
Escura	S	M	S	M	I	M	M	S	I	M	M	I	N/A

Notas (1) Ambiente com renovação de ar de 12 ren/h

(2) Ambiente com renovação de ar de 5 ren/h

(3) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 1 ren/h

(4) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 5 ren/h

N/A	Critério de desempenho térmico não atendido
M	Atende ao critério de desempenho térmico mínimo
I	Atende ao critério de desempenho térmico intermediário
S	Atende ao critério de desempenho térmico superior

(\*) Conforme descrito nas notas da tabela 23 da NBR 15220-3 (2005): "Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, podem ser aceitas na zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas."

**Tabela 15 – Resultados da avaliação de desempenho térmico do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, com isolante térmico de EPS**

Condição padrão <sup>(1)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	M	S	M	S	M	I	S	S	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	S	M	I	S	S	M	M	M	N/A
Escura	S	M	S	M	S	M	I	I	S	M	N/A	M	N/A
Com ventilação <sup>(2)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	M
Escura	S	M	S	M	S	M	I	I	I	M	N/A	M	N/A
Com sombreamento <sup>(3)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	I	S	I	I	S	S	S	M	I	M
Média	S	I	S	M	S	M	I	S	S	I	M	I	M
Escura	S	M	S	M	S	M	I	I	S	M	M	I	N/A
Com sombreamento e ventilação <sup>(4)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	I	S	I	I	S	I	S	I	S	M
Média	S	I	S	I	S	M	I	S	I	S	M	I	M
Escura	S	M	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	M

Notas (1) Ambiente com renovação de ar de 12 ren/h

(2) Ambiente com renovação de ar de 5 ren/h

(3) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 1 ren/h

(4) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 5 ren/h

N/A	Critério de desempenho térmico não atendido
M	Atende ao critério de desempenho térmico mínimo
I	Atende ao critério de desempenho térmico intermediário
S	Atende ao critério de desempenho térmico superior

(\*) Conforme descrito nas notas da tabela 23 da NBR 15220-3 (2005): "Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, podem ser aceitas na zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas."

**Tabela 16 – Resultados da avaliação de desempenho térmico do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas de 20 mm de espessura e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, com isolante térmico de lã de vidro**

Condição padrão <sup>(1)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	M	S	M	S	M	I	S	S	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	S	M	I	S	S	M	N/A	M	N/A
Escura	S	M	S	N/A	S	N/A	I	I	S	M	N/A	M	N/A
Com ventilação <sup>(2)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	M
Média	S	M	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	N/A
Escura	S	M	S	M	S	M	I	I	I	M	N/A	M	N/A
Com sombreamento <sup>(3)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	I	S	I	I	S	S	S	M	I	M
Média	S	I	S	M	S	M	I	S	S	I	M	I	M
Escura	S	M	S	M	S	M	I	I	S	M	M	I	N/A
Com sombreamento e ventilação <sup>(4)</sup>													
Zona Bioclimática	1		2		3		4		5		6	7	8*
Absortância (paredes)	Inverno	Verão	Verão	Verão	Verão								
Clara	S	I	S	I	S	I	I	S	I	S	I	S	M
Média	S	I	S	I	S	M	I	S	I	S	M	I	M
Escura	S	M	S	M	S	M	I	S	I	I	M	I	M

Notas (1) Ambiente com renovação de ar de 12 ren/h

(2) Ambiente com renovação de ar de 5 ren/h

(3) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 1 ren/h

(4) Sombreamento de 50% do vão da esquadria e 5 ren/h

N/A	Critério de desempenho térmico não atendido
M	Atende ao critério de desempenho térmico mínimo
I	Atende ao critério de desempenho térmico intermediário
S	Atende ao critério de desempenho térmico superior

(\*) Conforme descrito nas notas da tabela 23 da NBR 15220-3 (2005): "Coberturas com telha de barro sem forro, embora não atendam aos critérios das tabelas 23 e C.2, podem ser aceitas na zona 8, desde que as telhas não sejam pintadas ou esmaltadas."

## 8 Resumo das avaliações do sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura

A Tabela 17 apresenta o resumo da avaliação das telhas cerâmicas, de acordo com a ABNT NBR 15310, a tabela 18 apresenta o resumo da avaliação dos perfis de PVC rígido para forros, de acordo com a ABNT NBR 14285, e a Tabela 19 o resumo da avaliação do sistema de cobertura com relação à ABNT NBR 15575-5.

Salienta-se que as avaliações foram realizadas nas configurações mais críticas.

**Tabela 17 – Resumo da avaliação da telha cerâmica, segundo ABNT NBR 15310**

Requisitos		Critérios	Atendimento à ABNT NBR 15310
Requisitos	Características geométricas	<p><b>Largura de fabricação (L):</b> <math>\pm 2\%</math> das dimensões do projeto da telha</p> <p><b>Comprimento de fabricação (C):</b> <math>\pm 2\%</math> das dimensões do projeto da telha</p> <p><b>Posição do pino ou furo de amarração (Lp):</b> <math>\pm 2\%</math> das dimensões do projeto da telha</p> <p><b>Altura do pino (Hp):</b> 7 mm (telhas prensadas) e 3 mm (telhas extrudadas)</p> <p><b>Rendimento médio (Rm):</b> <math>\pm 4\%</math> do especificado no projeto da telha</p> <p><b>Galga mínima (G<sub>min</sub>):</b> de acordo com o projeto da telha</p> <p><b>Retilidade:</b> <math>\leq 1\%</math> do comprimento efetivo</p> <p><b>Planaridade:</b> <math>\leq 5</math> mm</p>	Atende
	Propriedades mecânicas	<p><b>Carga de ruptura à flexão:</b> a carga na ruptura deve ser <math>\geq 1000</math> N (kgf) telhas francesas  <math>\geq 1300</math> N (kgf) telhas romanas.</p>	Atende
	Características físicas	<p><b>Impermeabilidade:</b> a telha não deve apresentar vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior, sendo, porém tolerado o aparecimento de manchas de umidade.</p>	Atende
		<p><b>Massa:</b> A massa da telha seca não deve ser superior a 6% do valor declarado no projeto do modelo de telha.</p>	Atende
		<p><b>Absorção de água:</b> o limite máximo admissível é 20%.</p>	Atende

**Tabela 18 – Resumo da avaliação dos perfis de PVC para forros, segundo ABNT NBR 14285**

ABNT NBR 14285			Atendimento à ABNT NBR 14285 e resultado obtido
Requisitos	Critérios		
Requisito geral	Ausência de estabilizantes à base de chumbo	A ausência de estabilizante a base de chumbo é verificada através de ensaio qualitativo - fluorescência de raios X, cujos limites de detecção do equipamento são de <0,010% e de >0,13%. Os resultados de ensaios <0,010% são considerados de aprovação. No caso de resultados >0,13%, faz-se a análise quantitativa e o limite máximo aceitável é de 0,1%	Atende, Chumbo (Pb): <0,010 %
Requisitos de desempenho	Estabilidade dimensional	Varição longitudinal: $\leq 1,8\%$	Atende, variação longitudinal média: 0,4 %
	Resistência ao impacto	Energia média de ruptura: $\geq 9$ J	Atende, energia média de ruptura: 9 J
	Estabilidade de aspecto ao calor	Exame visual: sem bolhas, sem fissuras e sem desagregação	Atende, sem aparecimento de bolhas, fissuras, escamações e rachaduras.
	Planicidade	Variação   : $\leq 0,6$ mm	Atende, máxima variação: 0,2 mm
	Desvio de linearidade	Desvio médio: $\leq 1,5$ mm/m	Atende, desvio de linearidade médio: 0,5 mm/m
	Transmitância luminosa	Transmitância luminosa: $\leq 2\%$	Atende, transmitância luminosa máxima: 1%
	Dióxido de titânio	Teor de dióxido de titânio: $\geq 1,8\%$	Atende, teor de dióxido de titânio médio: 1,8%
Marcação	Todas os perfis de PVC para forros devem ter marcação legível e indelével, permitindo identificar: marca ou identificação do fabricante, número da norma (ABNT NBR 14285) e data de fabricação (mês e ano).		Apresenta todas as marcações obrigatórias.

**Tabela 19 – Resumo da avaliação dos telhados constituídos por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura de acordo com a ABNT NBR 15575-5**

Requisitos do usuário (ABNT NBR 15575-1)		ABNT NBR 15575-5		Atendimento à ABNT NBR 15575-5 e resultado obtido
		Requisitos	Critério	
Segurança	Segurança estrutural	Resistência e deformabilidade (item 7.1)	Comportamento estático (item 7.1.1)	Não se aplica, critério válido para estrutura.
			Risco de arrancamento de componentes do sistema de cobertura sob ação do vento (item 7.1.2)	Atende
		Solicitações de montagem ou manutenção (item 7.2)	Cargas concentradas (item 7.2.1)	Não se aplica, critério válido para estrutura.
			Cargas concentradas em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários (item 7.2.2)	Não se aplica, critério válido para coberturas acessíveis.

Continua.

**Tabela 19 – Resumo da avaliação dos telhados constituídos por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura de acordo com a ABNT NBR 15575-5**

Continuação.

Requisitos do usuário (ABNT NBR 15575-1)		ABNT NBR 15575-5		Atendimento à ABNT NBR 15575-5 e resultado obtido
		Requisitos	Critério	
Segurança	Segurança estrutural	Solicitações dinâmicas em sistemas de coberturas e em coberturas-terraço acessíveis aos usuários (item 7.3)	Impacto de corpo mole em sistemas de cobertura-terraço acessíveis aos usuários (item 7.3.1)	Não se aplica, critério válido para coberturas acessíveis.
			Impacto de corpo duro em sistemas de cobertura acessíveis aos usuários (item 7.3.2)	Não se aplica, critério válido para coberturas acessíveis.
		Solicitações em forros (item 7.4)	Peças fixadas em forros (item 7.4.1)	<b>Atende, desde que a estrutura de sustentação seja instalada de acordo com a ABNT NBR 14285-3.</b>
		Ação do granizo e outras cargas acidentais em telhados (item 7.5)	Resistência ao impacto (item 7.5.1)	<b>Atende.</b>
	Segurança contra fogo	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento (item 8.2)	Avaliação da reação ao fogo da face interna do sistema de cobertura das edificações (item 8.2.1)	<b>Atende, classificação II-A.</b>
			Avaliação da reação ao fogo da face externa do sistema de cobertura das edificações (item 8.2.2)	<b>Atende, material incombustível.</b>
		Resistência ao fogo do sistema de cobertura (item 8.3)	Resistência ao fogo do sistema de cobertura (item 8.3.1)	Não se aplica, critério válido para estrutura.
	Segurança no uso e na operação	Integridade do sistema de cobertura (item 9.1)	Risco de deslizamento dos componentes (item 9.1.1)	Não se aplica, telhas são fixadas à estrutura.
		Manutenção e operação (item 9.2)	Guarda-corpos em coberturas acessíveis aos usuários (item 9.1.2)	Não se aplica, critério válido para coberturas acessíveis.
			Platibandas (item 9.2.2)	Não se aplica, critério válido para platibandas.
			Segurança no trabalho em sistemas de cobertura inclinadas (item 9.2.3)	Para declividades maiores que 30% utilizar dispositivos de segurança suportados pela estrutura principal.
			Possibilidade de caminhamento de pessoas sobre o sistema de cobertura (item 9.2.4)	<b>Atende.</b>
Aterramento de sistemas de coberturas metálicas (item 9.2.5)			Não se aplica, critério válido para telhas metálicas.	
Habitabilidade	Estanqueidade	Impermeabilidade (10.1)	<b>Atende.</b>	
		Estanqueidade do sistema de cobertura (item 10.2)	<b>Atende.</b>	
		Estanqueidade das aberturas de ventilação (item 10.3)	Não se aplica, avaliação deve ser feita no projeto.	
		Captação e escoamento de águas pluviais (item 10.4)	Não se aplica, critério válido quando da avaliação de telhados com dispositivos de captação de água.	
		Estanqueidade para sistema de cobertura impermeabilizado (item 10.5)	Não se aplica, avaliação deve ser feita no projeto.	
	Desempenho térmico	Isolação térmica da cobertura (item 11.2)	Absortância à radiação solar	Absortância = 75%
			Transmitância térmica (item 11.2.1)	<b>Atende</b>

Continua.

**Tabela 19 – Resumo da avaliação dos telhados constituídos por telhas cerâmicas e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura de acordo com a ABNT NBR 15575-5**

Continuação.

Requisitos do usuário (ABNT NBR 15575-1)		ABNT NBR 15575-5		Atendimento à ABNT NBR 15575-5 e resultado obtido
		Requisitos	Critério	
Habitabilidade	Desempenho acústico	Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos (item 12.3)	Isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos em campo (item 12.3.1)	Aplicável para a edificação como um todo.
		Nível de ruído de impacto nas coberturas acessíveis de uso coletivo (12.4)	—	Não se aplica, válido para coberturas acessíveis.
	Desempenho lumínico	(Segundo ABNT NBR 15215:2005)	—	Não se aplica às telhas cerâmicas e perfis de PVC para forros.
	Saúde, higiene e qualidade do ar	(item 15)	—	Aplicável para a edificação como um todo.
	Funcionalidade e acessibilidade	(item 16)	—	<b>Atende, de acordo com ensaio de caminhamento (item 9.2.4 da ABNT NBR 15575-5)</b>
	Conforto tátil e antropodinâmico	(item 17)	—	Não se aplica.
Sustentabilidade	Durabilidade e manutenibilidade	Vida útil de projeto dos sistemas de cobertura (item 14)	Vida útil de projeto (item 14.1)	<b>Atende às respectivas Normas brasileiras, que por sua vez estabelecem as exigências para o desempenho e a durabilidade dos produtos, frente às considerações sobre VUP contidas na ABNT NBR 15575-5.</b>
			Estabilidade da cor de telhas e outros componentes das coberturas (item 14.2)	Atende, desde que as telhas cerâmicas atendam a ABNT NBR 15310.
		Manual de uso, operação e manutenção das coberturas (item 14.3)	<b>Atende, de acordo com o manual do fabricante.</b>	
	Funcionalidade e acessibilidade (item 16)	Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura (item 16.2.1)	<b>Atende, de acordo com o manual do fabricante.</b>	
	Adequação ambiental	—	ABNT NBR 15575-1, seção 18	Aplicável ao projeto.

## 9 Transporte e armazenagem

Apresentam-se abaixo recomendações quanto ao transporte e armazenagem das telhas cerâmicas e dos perfis de PVC rígido para forros de 7 mm de espessura.

### 9.1 Descarga e transporte na obra

#### 9.1.1 Telhas cerâmicas

- As telhas devem ser manuseadas individualmente, com cuidado, para evitar quebras;

#### 9.1.2 Perfis de PVC rígido para forros

- Evite sujar o forro ao transportar, ao instalar e nunca deixe o forro sujo.
- O forro deve ser movimentado por no mínimo duas pessoas.
- Não arrastar produtos sobre aqueles armazenados.
- Evite a mudança constante de local de armazenagem.

## **9.2 Armazenagem**

### **9.2.1 Armazenagem das telhas cerâmicas**

As telhas devem ser apoiadas em estrados, a pelo menos 30 cm do solo, com empilhamento de forma a permitir ventilação entre elas.

### **9.2.2 Armazenagem dos perfis de PVC rígido para forros**

- Escolher local arejado, não podendo haver: luz solar direta, contato direto com o solo e exposição às intempéries.
- Empilhar somente sobre base plana, não ultrapassando a altura máxima de 1,5m.
- Não colocar ou armazenar nenhum tipo material sobre o produto armazenado.
- Evitar o contato do produto com tinta, cimento, gesso ou qualquer outro material que possa causar dano ou contaminar o produto.
- Não caminhar sobre o material armazenado. Sinalizar o material armazenado com instruções sobre cuidados, manuseio e restrições.

## **10 Considerações finais**

A telha cerâmica avaliada atende as exigências da ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho e da ABNT NBR 15310:2009 – Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.

Os perfis de PVC para forros de 7 mm de espessura avaliados, atendem as exigências da ABNT NBR 15575:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho e da ABNT NBR 14285:2018 – Perfis de PVC rígido para forros - Parte 1: Requisitos para cores claras.

O desempenho das telhas cerâmicas e dos perfis de PVC rígido para forros apresentado no presente documento é periodicamente apresentado por meio do Relatório Setorial elaborado no âmbito do Programa Setorial da Qualidade, onde consta a relação de Empresas Qualificadas, atualizada trimestralmente. A análise da qualificação das empresas é feita considerando os perfis de PVC rígido para forros fabricados e comercializados pelas empresas participantes do Programa, em todas as suas unidades fabris. A relação de Empresas Qualificadas pode ser acessada pelo site:

[http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos\\_simac\\_psqqs.php](http://pbqp-h.mdr.gov.br/projetos_simac_psqqs.php)

Ressalta-se que os resultados de avaliação do sistema de cobertura constituído por telha cerâmica e forros de perfis de PVC rígido de 7 mm de espessura, constam em uma ficha com os resultados de avaliação dos perfis de PVC para forros inseridos no catálogo de Desempenho Técnico para HIS (Habitações de Interesse Social), que pode ser acessada pelo site:

<http://app.mdr.gov.br/catalogo/>

Ressalta-se, ainda, que as especificações de desempenho nos empreendimentos de HIS (Habitações de Interesse Social) baseadas na ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, as orientações ao proponente para aplicação das especificações de desempenho em empreendimentos de HIS, as orientações ao agente financeiro para recebimento e análise dos projetos, e o catálogo de desempenho de subsistemas podem ser acessados pelo mesmo site.

## 11 Fontes de informação

As principais fontes de informação são os relatórios técnicos e de ensaios, apresentados a seguir:

- **RELATÓRIO DE ENSAIO TESIS LAB/RE976** – RELATÓRIO DE ENSAIO: ESTABILIDADE DIMENSIONAL, TEOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO, RESISTÊNCIA AO IMPACTO, PLANICIDADE, ESTABILIDADE DE ASPECTO AO CALOR, DESVIO DE LINEARIDADE E TRANSMITÂNCIA LUMINOSA;
- **RELATÓRIO DE ENSAIO IPT Nº 1 092 818-203** – ANÁLISE SEMIQUANTITATIVA DE CHUMBO (2017);
- **RELATÓRIO DE ENSAIO IPT Nº 1 107 508-203** – DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE ÓPTICA DE FUMAÇA (2019);
- **RELATÓRIO DE ENSAIO IPT Nº 1 107 509-203** – DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PROPAGAÇÃO SUPERFICIAL DE CHAMA (2019);
- **RELATÓRIO DE ENSAIO ELABORADO PELO ENG. ALBERTO HERNANDEZ NETO** – AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TÉRMICO POR SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA EDIFICAÇÃO (2019);
- **FICHA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO (SCOB-TCI-001-R00)** – TELHADO EM TELHA CERÂMICA TIPO FRANCESA OU ROMANA, ESTRUTURA PONTALETADA DE MADEIRA, CAMADA DE ISOLAMENTO TÉRMICO (ESPESSURA DE 25MM) E LAJE DE FORRO EM CONCRETO MACIÇO (ESPESSURA DE 100MM), NÃO ACESSÍVEL AOS USUÁRIOS.
- **MANUAL DE EXECUÇÃO** – COBERTURA COM ESTRUTURA DE MADEIRA E TELHADOS COM TELHAS CERÂMICAS – IPT, 1988.