

 <p>INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS</p> <p>Av. prof. Almeida Prado, 532, CEP 05508-901, Cidade Universitária, São Paulo, SP – Tel. (11) 3767-4000 www.ipt.br</p>	<p align="center">Sistema de vedação vertical em painéis pré-fabricados de <i>light steel frame</i> para casas térreas isoladas e geminadas</p> <p>Proponente Tego Frame Construção e Inovação Ltda.</p> <p>Avenida Alfredo Folchini, 1030, Vila Toninho, São José do Rio Preto, SP - CEP 15.081-500, Tel: (17) 3222-0700 Home page: http://www.tegoframe.com.br e-mail: egorayeb@tegoframe.com.br</p>	 <p>PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT</p>  <p>SiNAT</p>
<p>Emissão Agosto de 2024</p>	<p>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA IPT e a decisão dos Técnicos Especialistas, indicados conforme a Portaria nº 3.259, de 29 de dezembro de 2020, do Ministério de Desenvolvimento Regional, a Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao Sistema de vedação vertical em painéis pré-fabricados de <i>light steel frame</i> para casas térreas isoladas e geminadas, a Ficha de Avaliação de Desempenho Nº 070, em Agosto de 2024. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto.</p>	<p align="center">FAD nº 070</p>
<p>Considerações adotadas na avaliação técnica do produto “Sistema de vedação vertical em painéis pré-fabricados de <i>light steel frame</i> para casas térreas isoladas e geminadas” e no uso da FAD:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta FAD é válida para o sistema de vedação vertical composto por painéis pré-fabricados de <i>light steel frame</i>. Os painéis pré-fabricados são formados por quadros constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio (perfis leves de aço), chapas de OSB em ambas as faces, chapas cimentícias na face externa e chapas de gesso para drywall standard na face interna das paredes de áreas secas e molháveis e chapas de gesso para drywall resistente à umidade (RU) na face interna das paredes de áreas molhadas. • A vedação vertical, objeto desta FAD, tem função estrutural devendo atender aos requisitos de Estados Limites Último e de Serviço, para as cargas verticais e horizontais atuantes e destina-se a unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas e geminadas. • Para a avaliação técnica cujos resultados constam desta FAD foram considerados os requisitos das seguintes normas: ABNT NBR 15575-2, ABNT NBR 15575-4, ABNT NBR 16970-1, ABNT NBR 16970-2 e ABNT NBR 16970-3. O sistema é adequado para uso nas classes I e II de ruído urbano. O desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas 3 e 6, com cobertura, também estruturada por perfis leves de aço zincado, formada por telhado de telhas cerâmicas ou telhas de fibrocimento, forro com chapa de gesso para drywall e isolante de lã de Pet. • As vedações verticais em <i>light steel frame</i>, por terem função estrutural, não podem ser alteradas ou demolidas, seja total ou parcialmente. Qualquer necessidade de modificação deve ser previamente analisada por projetista capacitado. Este sistema não pode ser utilizado em ambientes de elevada agressividade ambiental, como atmosferas industriais e simultaneamente atmosferas marinhas e industriais. • A avaliação não contemplou elementos e outros componentes, como fundações, cobertura, impermeabilização, instalações elétricas e hidráulicas e esquadrias, mas a interface entre parede em <i>light steel frame</i> e esses elementos. Para a avaliação da interface das paredes com os demais sistemas foi considerada a ABNT NBR 16970-3. 		

1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O sistema de vedação vertical em *light steel frame* com função estrutural, objeto desta FAD, é formado por painéis pré-fabricados estruturados por quadros constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio (perfis leves de aço), chapas de OSB em ambas as faces, chapas cimentícias na face externa, chapas de gesso para drywall standard na face interna das paredes de áreas secas e molháveis, e chapas de gesso para drywall resistente à umidade (RU) na face interna das paredes de áreas molhadas. No interior das paredes externas existe lã de PET com 50 mm de espessura. A Figura 1 apresenta uma representação esquemática do referido sistema de vedação vertical em *light steel frame*. As Figuras 2 e 3 mostram a etapa de fabricação e instalação dos painéis, em fábrica e obra, respectivamente.

Figura 1 – Representação esquemática do sistema de vedação vertical em painéis pré-fabricados de *light steel frame* para casas térreas isoladas e geminadas

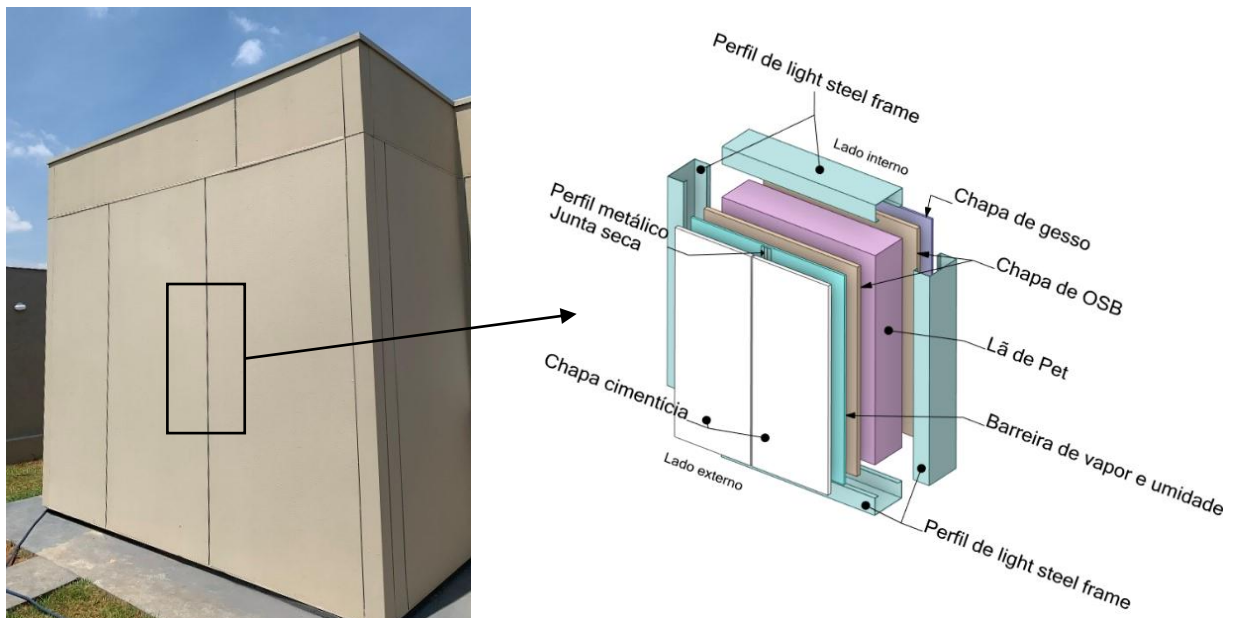


Figura 2 – Montagem dos painéis de parede na fábrica



Figura 3 – Instalação dos painéis de parede em obra – local definitivo



Os perfis de aço usados para compor os quadros estruturais tem espessura mínima de 0,8 mm, classe de zinco Z275 para atmosferas rurais e urbanas e classe Z350 para atmosferas marinhas. Utiliza-se perfis guias tipo “U” de dimensões nominais de (90 x 40 x 0,80) mm (alma x mesas x espessura), e perfis montantes tipo “Ue” com dimensões nominais de (90 x 40 x 0,80) mm (alma x mesas x espessura) com enrijecedores de 10 mm. O espaçamento máximo entre eixos dos montantes é de 600 mm.

As Paredes externas e de geminação tem espessura total de 135,1 mm, face externa composta de chapa de madeira OSB de 11,1 mm fixada diretamente ao quadro metálico, barreira de vapor e umidade, chapa cimentícia de 10 mm fixada às chapas de OSB. E, a face interna composta de chapa de gesso para drywall standard de 12,5 mm fixada às chapas de OSB nas áreas secas e molháveis, e chapas de gesso para drywall resistente à umidade (RU) de 12,5 mm fixada às chapas de OSB, impermeabilizada com aplicação de, no mínimo, duas demãos cruzadas de emulsão asfáltica nas áreas molhadas. A emulsão asfáltica atende a ABNT NBR 9685:2005. No interior dessas paredes, adota-se lã de PET com 50 mm de espessura.

As Paredes internas tem espessura total de 136 mm, ambas as faces compostas de chapa de madeira OSB de 9,5 mm, tendo chapa de gesso para drywall standard de 12,5 mm fixada às chapas de OSB para as áreas secas e molháveis, e chapa de gesso para drywall resistente à umidade (RU) de 12,5 mm fixada às chapas de OSB, impermeabilizada com, no mínimo, duas demãos de emulsão asfáltica nas áreas molhadas. A emulsão asfáltica atende a ABNT NBR 9685:2005.

1.1 Características dos principais componentes que formam o sistema de vedação vertical desta FAD

As chapas de gesso para drywall apresentam características que atendem a ABNT NBR 14715-1:2021. As chapas de OSB, adotadas no sistema de vedação vertical objeto desta FAD, atendem aos requisitos e critérios da ABNT NBR 16970-1:2022, conforme apresentados na Tabela 1. A Tabela 2 apresenta as características da lã de Pet utilizada no interior das paredes externas, obtida por meio de ensaios e mostra atendimento aos requisitos e critérios da ABNT NBR 16970-1:2022. A Tabela 3 apresenta as características da barreira de vapor e umidade, obtida por meio de ensaios, evidenciando o atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 16970-1:2022.

Tabela 1 - Características das chapas de OSB utilizadas nas faces das paredes externas (Relatório de ensaio IPT 1 115 021-203)

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 16970-1:2022	Critérios de desempenho da ABNT NBR 16970-1		Resultados obtidos
	OSB de 6 a 10 mm (9,5 mm)	OSB de 10 < t < 18 mm (11,1 mm)	
Densidade aparente (kg/m ³)	-		683
Índice de umidade (%)	2 a 12		7,6
Inchamento da chapa – espessura (%)	< 20 ou ≤ 15 ¹		9,8
Resistência à flexão na direção longitudinal (MPa)	≥ 22	≥ 20	24,5
Módulo de elasticidade na direção longitudinal (MPa)	≥ 4 000	≥ 3 500	4 210
Resistência à flexão na direção transversal (MPa)	≥ 11	≥ 10	15,5
Módulo de elasticidade na direção transversal (MPa)	≥ 1.100	≥ 800	2.345
Resistência à cupins de madeira seca	Grau ≤ 1		Atende
Resistência ao ataque de cupins subterrâneos	Grau ≥ 7		Atende
Fungos emboloradores e apodrecedores – perda de massa (%)	≤ 24		-

Tabela 2 – Características da lã de PET utilizadas no interior das paredes externas (Relatório de ensaio IPT 1 073 900-203 e 1 031 944-203)

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 16970:2022	Critérios de Desempenho da ABNT NBR 16970:2022	Resultados obtidos
Gramatura média (kg/m ²)	Conforme projeto	0,525
Condutividade Térmica (W/m °C)	≤ 0,061	≤ 0,0496
Reação ao fogo	I, II-A	Classe II-A

Tabela 3 – Características da barreira de vapor e umidade – permeável ao vapor e impermeável à água - conforme ABNT NBR 16970-1:2022 (Relatório de ensaio IPT 1 112 854-203)

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 16970:2022	Crítérios de Desempenho da ABNT NBR 16970:2022	Resultados obtidos
Densidade superficial de massa (g/m ²)	-	105
Camada de ar equivalente (m)	-	0,20
Permeância (perma)	≥ 5	18,2
Coefficiente de resistência à difusão de vapor (μ)	-	2 757
Resistência à tração na direção longitudinal (N)	≥ 178	356
Impermeabilidade à água (perma)	Não pode haver formação de gotas de água na face oposta à coluna de água	Não houve formação de gotas de água na face oposta à face exposta à coluna de água

^a perm = 5,72.10⁻⁸ g/(s.m².Pa)

A Tabela 4 apresenta as características da chapa cimentícia de 10 mm de espessura nominal utilizada nas faces externas das paredes externas, obtidas por meio de ensaios. Os resultados mostram atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na ABNT NBR 15498:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022.

Tabela 4 – Características das chapas cimentícia utilizadas na face externa das paredes externas (Relatórios de ensaio IPT 1 115 327-203)

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 15498:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022	Crítérios de Desempenho da ABNT NBR 15498:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022	Resultados obtidos
Classe	A ou B	A
Categoria	2, 3, 4 ou 5	3
Tolerância no comprimento (mm/m)	± 2	-1
Tolerância na largura (mm/m)	± 2	0
Tolerância na espessura nominal (mm)	± 1	0
Tolerância na linearidade das bordas (mm/m)	3	0
Tolerância no esquadro da chapa (mm/m)	4	0
Permeabilidade à água	Sem formação de gotas de água na face inferior da chapa	Sem formação de gotas de água na face inferior da chapa
Absorção de água (%)	-	31
Densidade aparente (kg/m ³)	-	1 352
Resistência à tração na flexão na condição saturada (MPa)	Categoria 2: ≥ 4; Categoria 3: ≥ 7; Categoria 4: ≥ 13; Categoria 5: ≥ 18	10,7
Resistência à tração na condição saturada após envelhecimento acelerado em água quente (MPa)	≥ 0,70 * Resistência à tração na flexão antes do envelhecimento	10,7 (≥ 7,5)
Resistência à tração na condição saturada após envelhecimento acelerado por imersão e secagem (MPa)	≥ 0,70 * Resistência à tração na flexão antes do envelhecimento	11,8 (≥ 7,5)
Variação dimensional por umidade (%)	-	0,40

A Tabela 5 apresenta as características dos parafusos utilizados para fixação de perfis em chapas de OSB, em chapas cimentícias e em chapas de gesso para drywall, e os respectivos requisitos e critérios da ABNT NBR 16970-1:2022.

Tabela 5 – Características dos parafusos de fixação utilizados nas paredes internas e externas

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 16970:2022	Critérios de Desempenho da ABNT NBR 16970-1:2022			Resultados obtidos em ensaios e análises		
	Parafusos para fixação dos perfis metálicos	Parafusos para fixação das chapas nos perfis	Chumbadores	Parafusos para fixação dos perfis metálicos	Parafusos para fixação das chapas nos perfis	Chumbadores (fixação dos painéis à fundação)
Tempo mínimo de corrosão (h)	240	Internas: 96 Externa: 480a; 720b	240	> 500	> 500	> 240
Poder de perfuração (h)	Parafuso tipo agulha: ≤ 1s Parafuso tipo broca: ≤ 4s		-	Atende	Atende	Atende
Resistência à torção (N.m)	≥ 4,7	≥ 4,7	-	6,4	≥ 4,7	58,8
Resistência à tração (N)	-	-	-	9 512	4 668	23 605
Resistência ao cisalhamento (N)	-	-	-	6 982	3 727	29 714

^a para ambientes urbanos e rurais; ^b para ambientes marinhos.

A vedação das juntas (secas) entre as chapas cimentícias é feita com perfis de alumínio, com espessura de 1,10 mm de liga de alumínio extrudado 6063-T5, podendo o revestimento ser em anodização fosca, com espessura mínima de 10 microns, ou com aplicação de pintura eletrostática, com espessura de 60 microns.

2 LIMITES DE APLICAÇÃO E DE USO

2.1 Recomendações gerais

O sistema de vedação vertical composto por painéis pré-fabricados de *light steel frame* com função estrutural deve atender aos requisitos de Estados Limites Último e de Serviço para as cargas verticais e horizontais atuantes. As vedações em *light steel frame*, por terem função estrutural, não podem ser alteradas ou demolidas, seja total ou parcialmente. Qualquer necessidade de modificação em paredes deve ser previamente analisada por projetista capacitado.

A avaliação técnica não contemplou elementos e outros componentes, como fundações, cobertura, impermeabilização, instalações elétricas e hidráulicas e esquadrias, mas a interface entre parede em *light steel frame* e esses elementos. Para a avaliação da interface das paredes com os demais sistemas foi considerada a ABNT NBR 16970-3:2022.

2.2 Restrições de uso

O sistema de vedação vertical, objeto desta FAD, destina-se a unidades habitacionais unifamiliares térreas isoladas e geminadas, e não pode ser utilizado em ambientes de elevada agressividade ambiental, como atmosferas industriais e simultaneamente atmosferas marinhas e industriais.

O desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas 3 e 6, com cobertura, também estruturada por perfis leves de aço zincado, formada por telhado de telhas cerâmicas ou telhas de fibrocimento, forro com chapa de gesso para drywall e isolante de lã de Pet. As telhas devem atender as respectivas normas técnicas.

3 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO E EXECUÇÃO

3.1 Premissas de projeto

O desempenho do sistema de vedações verticais desta FAD depende das características dos seus componentes: quadro estrutural em perfis leves de aço zincado formado a frio, chapas de OSB, chapas cimentícias, chapas de gesso para drywall standard, chapas de gesso para drywall resistente à umidade (RU), barreira de vapor e umidade e lã de PET (opcional); e das soluções construtivas de projeto, como os detalhamentos de interface entre sistemas. Assim, os componentes atendem a ABNT NBR 16970-1 e o projeto estrutural foi elaborado considerando a ABNT NBR 16970-2.

3.2 Premissas de execução (soluções construtivas)

A interface entre paredes e pisos (ou fundações) é feita com a adoção de manta asfáltica dupla face, com 3 mm de espessura, aderida na guia inferior da parede (Figura 4). Nas áreas externas e molhadas (ou molháveis), esta manta possui largura de 200 mm (Figura 4-a e Figura 5-a), nas áreas secas de 100 mm (Figura 4-b). A manta é posicionada sobre as chapas de OSB em cada lado da parede. Essas soluções construtivas da interface entre parede e piso (elemento de fundação) atendem a ABNT NBR 16970-3.

Figura 4 – Interface entre paredes e piso de (a) áreas externas e internas molhadas e (b) áreas externas e internas secas (esquema de desenho sem escala)

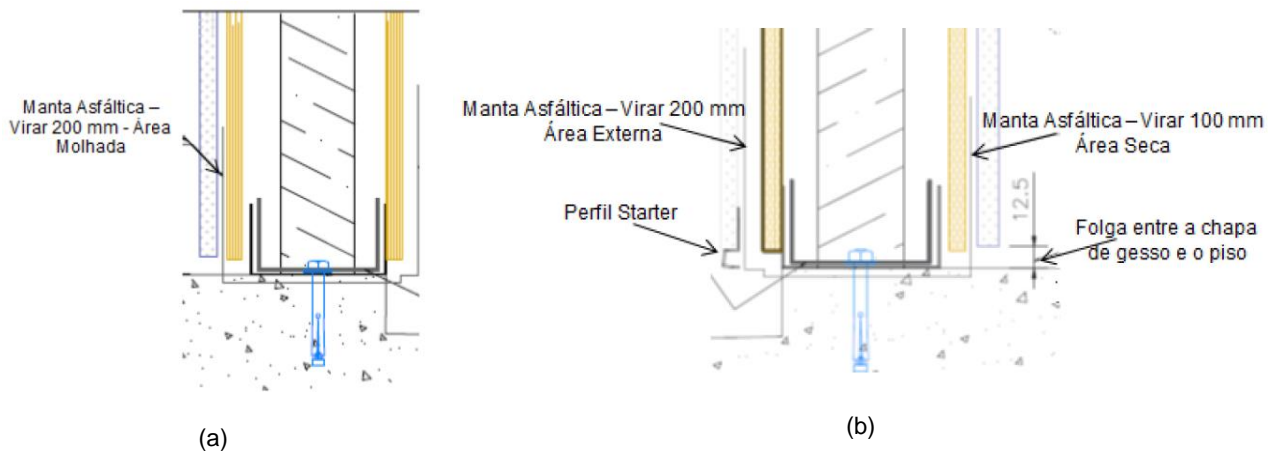


Figura 5 – Detalhamento (a) da interface entre paredes e pisos e/ou fundações e (b) do fechamento (lado externo)

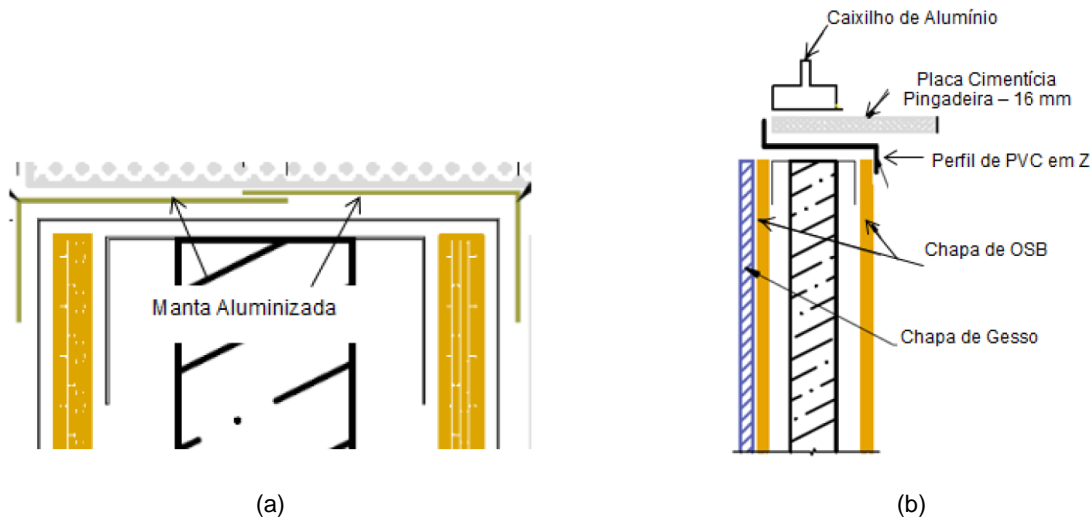


Nas áreas secas e molháveis, as chapas de gesso para drywall ficam 12,5 mm acima do piso da fundação (Figura 4-b) e, posteriormente, terá a instalação de rodapé de material impermeável com 70 mm de altura. Nas áreas externas, as chapas cimentícias são apoiadas em perfis de alumínio (*perfil starter*) de modo a não permitir contato com o piso externo, ou seja, com a calçada (Figura 4-b e Figura 5-b) que tem no mínimo 600 mm de largura e inclinação mínima de 5% no sentido oposto à fachada.

Nas interfaces de portas e de janelas com as paredes em áreas molhadas, cada face do requadro terá aplicada uma manta aluminizada de 200 mm de largura, aplicada em “L” com 100 mm para dentro do requadro e 100 mm para a face da parede (Figura 6-a). Os cantos superiores das aberturas têm aplicado uma faixa de manta asfáltica aluminizada de 100 mm de

comprimento posicionada a 45°. Para a face inferior do requadro das janelas, pode-se adotar: (i) colocação de manta aluminizada, conforme descrição anterior ou (ii) fixar um perfil de PVC (perfil Z) em todo o requadro da janela e, posteriormente, aplicação de fita aluminizada de 50 mm de largura para vedação da interface de contato entre o perfil de PVC e o rebaixo da placa OSB (Figura 6-b).

Figura 6 – Detalhamento (a) do posicionamento da manta aluminizada nos vãos das janelas e portas e (b) do requadro das janelas, com opção de utilização do perfil Z em PVC



As janelas são fixadas por meio de contramarco parafusado nas faces laterais a cada 208 mm e na parte superior e inferior, nos perfis da parede, a cada 229 mm, complementada com espuma expansiva em sua envoltória. Para os peitoris, em chapas cimentícias, prevê uma inclinação mínima de 5%.

A interface entre as chapas de gesso para drywall das paredes e dos forros é feita com o uso de perfil para forro, como uma tabica (Figura 7). E a interface entre painéis de paredes internas são feitas com o uso de cantoneiras de aço na região das junções internas dos painéis (Figura 8).

Figura 7 - Detalhamento da interface entre paredes e forros (esquema em Corte)

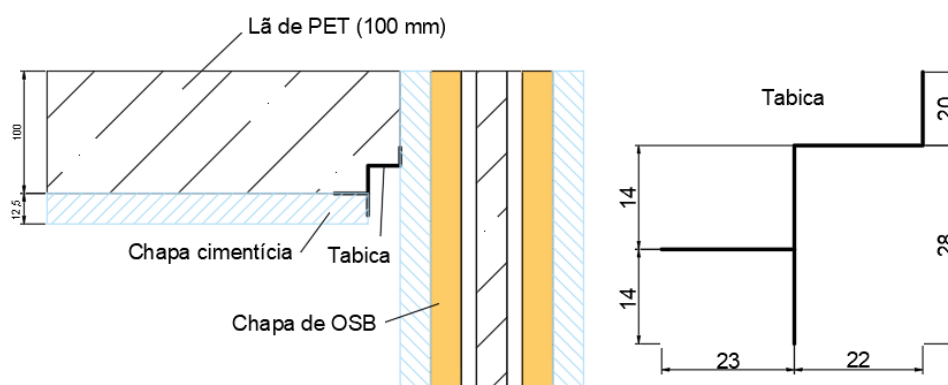
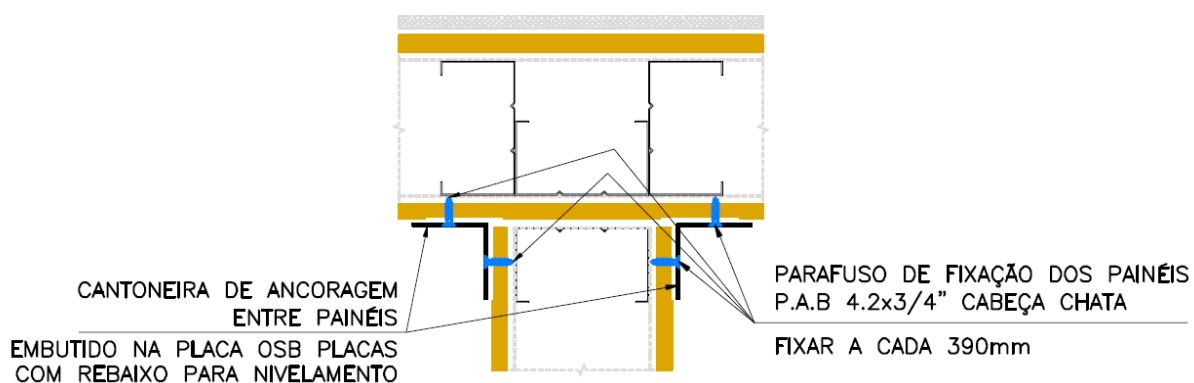
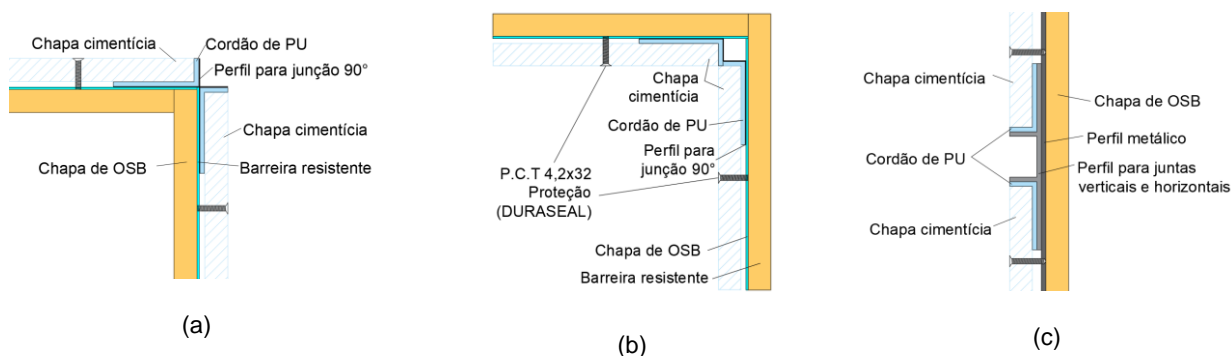


Figura 8 – Detalhamento da interface de fixação entre painéis de parede (esquema em Planta, sem escala)



As juntas entre chapas cimentícias são vedadas por perfis metálicos de alumínio anodizado fixados nas chapas OSB por selante de poliuretano (Figura 9). A Figura 9-a a apresenta a disposição dos perfis utilizados para a vedação de juntas a 90° entre chapas cimentícias externas, a Figura 9-b a 90° entre chapas cimentícias internas e a Figura 9-c entre chapas cimentícias verticais e horizontais.

Figura 9 - Perfis metálicos de alumínio anodizado utilizados em (a) juntas a 90° externas, (b) juntas a 90° internas e (c) juntas verticais ou horizontais



O piso do box de banheiro deve apresentar desnível mínimo de 15 mm com o piso acabado do banheiro ou utilização de elemento de separação (p. ex.: baguete de granito) com altura de 15 mm, e inclinação mínima de 1% em direção ao ralo.

As instalações nas paredes devem ter diâmetro nominal de no máximo 25 mm (DN 25) para tubulações de água fria instaladas internamente. As tubulações de esgoto têm diâmetros de 100 mm (DN 100) e 75 mm (DN 75) e são instaladas externamente às paredes. Os eletrodutos são posicionados no interior dos painéis das paredes, e as tubulações de gás são externas, ou se atravessam as paredes, posicionadas no interior de tubo luva.

Membranas líquidas são aplicadas para impermeabilizar as paredes que contemplem equipamentos, como cubas ou lavatórios. Tais membranas tem a função de ser barreira de vapor e umidade, devem ultrapassar as dimensões dos equipamentos em no mínimo 200 mm (acima e laterais), e atender aos requisitos apresentados na Tabela 3.

Os revestimentos das paredes internas de áreas molháveis e molhadas (cozinha, banheiro e área de serviço) são constituídos de placas cerâmicas aplicadas com argamassa colante tipo AC III. Nas paredes do box do banheiro aplica-se o revestimento cerâmico até no mínimo 2,0 m de altura e nas paredes com lavatório, tanques e pias de cozinha, é aplicado pelo menos uma fiada de placa cerâmica com dimensão mínima de 200 mm acima e nas laterais dos equipamentos. Nas paredes de áreas secas e nas paredes das áreas molháveis, que não recebam revestimento cerâmico, aplica-se pintura acrílica. As paredes externas recebem acabamento final com pintura e/ou textura acrílica.

Os resultados de desempenho apresentados nesta FAD referem-se ao sistema executado conforme detalhes construtivos apresentados neste item 3. O Plano de Controle da Qualidade da Obra deve seguir este documento. Observa-se a necessidade de cuidados quanto a alterações no sistema, como furos para passagem de instalações e colocação adequada de caixinhas de elétrica, devendo ser verificadas previamente na fase de projeto.

4 TABELA-RESUMO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A tabela 6 apresenta o resumo da avaliação técnica do sistema de vedação vertical, objeto desta FAD, feita com base no conceito de desempenho.

Tabela 6 – Resumo da avaliação de desempenho

Avaliação	Resultado	Documento Técnico
Desempenho estrutural		
Estabilidade resistência à cargas permanentes e acidentais	Atendimento aos ELU e ELS	Análise do memorial de cálculo, constante no Relatório Técnico IPT nº 159698-205
Resistência às cargas verticais de compressão excêntrica	Atendimento à condição dos limites de deslocamento H/300 (limitação visual) e H/400 (limitação de destacamentos e fissuras)	Relatório de ensaio IPT Nº 158 845-205
Resistência aos impactos de corpo duro	Sem ocorrências de falhas para as energias de 2,5J e de 10J (face interna) e de 3,75J e de 20J (face externa)	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 344-203
Resistência aos impactos de corpo mole	Sem ocorrências de falhas para as energias de 120J a 720J	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 331-203
Resistência a solicitações transmitidas por peças suspensas	Sem ocorrências de falhas para cargas de ensaio de 0,8kN, sendo 0,4kN aplicada em cada ponto	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 331-203
Resistência a solicitações transmitidas por portas	Sem ocorrências de falhas	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 344-203
Segurança contra incêndio		
Resistência ao fogo	Classificação de resistência ao fogo de REI-30	Relatório de ensaio IPT Nº 1 119 503-203
Desempenho acústico		
Índice de redução sonora ponderado (R_w) e ($R_{w, \text{composto}}$)	R_w de 53 dB (parede de fachada cega) $R_{w, \text{composto}}$ de 26dB a 31dB	Relatório de ensaio IPT Nº 1 114 210-203
Desempenho térmico		
Porcentagem média de horas dentro das faixas de temperatura de conforto ($PHFT_{UH}$), temperatura operativa máxima anual ($Tomá_{app}$) e temperatura operativa mínima anual ($Tomin_{app}$) – simulação computacional	$PHFT_{UH}$ de 85% (Z3) ou 68% (Z6) $Tomá_{app}$ de 31,8°C (Z3) ou 35,4°C (Z6) $Tomin_{app}$ de 16,0°C (Z3) (Z3: zona bioclimática 3; Z6: zona bioclimática 6)	Relatório Técnico IPT Nº 163 527-205
Estanqueidade à água		
Estanqueidade à água de chuva (fachada)	Sem ocorrências de manchas de umidade na face oposta à incidência da água	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 330-203
Durabilidade		
Resistência à ação de calor e choque térmico	Sem falhas que comprometam a utilização da parede	Relatório de ensaio IPT Nº 1 115 330-203
Durabilidade dos detalhes construtivos de interface	Previsão de soluções construtivas de interface	Análise das soluções construtivas de projeto, constantes do Relatório Técnico IPT nº 159698-205

5 DESEMPENHO DO PRODUTO E IMPACTO NA EDIFICAÇÃO

Para a avaliação do desempenho do sistema de vedação vertical formado por painéis pré-fabricados constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio e chapas delgadas, conforme descrito no item 1, foram adotados os requisitos, critérios e métodos de ensaio constantes da ABNT NBR 15575-4:2021, ABNT NBR 16970-1:2022 e ABNT NBR 16970-2:2022.

5.1 Desempenho estrutural

A avaliação do desempenho estrutural do sistema de vedação vertical em painéis pré-fabricados de *light steel frame* para casas térreas isoladas e geminadas considerou os seguintes requisitos: estabilidade e resistência à cargas permanentes e acidentais, resistência às cargas verticais, resistência a impactos de corpo mole e duro, resistência a solicitação de cargas de peças suspensas e de cargas transmitidas pelo funcionamento de portas.

Considerando a configuração dos quadros estruturais do sistema de vedação vertical, com uma das chapas de OSB consideradas como elemento de contraventamento, a estabilidade e resistência à cargas permanentes e acidentais atendem aos estados limites últimos e de serviço, conforme memorial de cálculo analisada.

3.1.1 Resistência às cargas verticais de compressão excêntrica

O sistema de vedação vertical formado por painéis de *light steel frame* tem potencial de atender à resistência às cargas verticais de compressão excêntrica para o estado limite último (ELU) e estado limite de serviço (ELS), considerando as cargas atuantes de casa térrea, conforme descrito no Relatório de Ensaio IPT n° 158 845-205 e Tabela 7.

Tabela 7 – Resistência última de projeto e de serviço, calculadas a partir dos resultados dos ensaios de determinação de resistência à carga vertical de compressão excêntrica

Resistência última de projeto - R_{ud} (kN/m)*	Solicitação de cálculo última para casa térrea - $S_{d,u}$ (kN/m)	Resistência de serviço - R_{sd} (kN/m)*	Solicitação de serviço - para casa térrea - $S_{d,s}$ (kN/m)
48,2	27,3	35,0	25,4
$R_{ud} \geq S_{d,u}$		$R_{sd} \geq S_{d,s}$	
Atendimento a condição		Atendimento a condição	

* informação obtida com base nos resultados de ensaio e calculo, conforme a ABNT NBR 15575-2:2021

Analisando os valores de deslocamentos constantes no Relatório Técnico do IPT n° 158 845-208, nenhum dos valores foi superior a H/300 para limitação visual e nem superior a H/400 para limitação de deslocamentos e fissuras em vedações, limites de deslocamentos especificados pela ABNT NBR 15575-2:2013 e ABNT NBR 16970-2:2022.

Cabe ressaltar que cada empreendimento deve desenvolver seu projeto estrutural específico demonstrando, por meio de memorial de cálculo, que as solicitações devidamente majoradas são inferiores à resistência última de projeto e à resistência de serviço minoradas.

3.1.2 Resistência aos impactos de corpo duro

O sistema de vedação vertical formado por painéis de *light steel frame* atende aos requisitos de resistência aos impactos de corpo duro, estabelecidos na ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 16970-1:2021, conforme apresentado na Tabela 8 e Tabela 9 e Relatório de ensaio IPT 1 115 344-203.

Tabela 8 - Impactos de corpo duro na face externa para paredes externas de casas térreas

Requisito		Critério de desempenho	Resultados
Impacto	Energia (J)		
Impacto externo em vedação vertical com função estrutural	3,75	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço	Sem ocorrências
	20	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou transpassamento (estado-limite último)	Sem ocorrências

Tabela 9 - Impactos de corpo duro na face interna para paredes internas de casas térreas

Requisito		Critério de desempenho	Resultados
Impacto	Energia (J)		
Impacto interno em vedação vertical com função estrutural	2,5	Não ocorrência de falhas que comprometam o estado-limite de serviço	Sem ocorrências
	10	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou transpassamento (estado-limite último)	Sem ocorrências

3.1.3 Resistência aos impactos de corpo mole

O sistema de vedação vertical formado por painéis de *light steel frame* atende aos requisitos de resistência aos impactos de corpo mole, estabelecidos na ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022, conforme apresentado na Tabela 10 e Relatório de ensaio IPT 1 115 331-203.

Tabela 10 - Impactos de corpo mole para paredes externas de casas térreas, com função estrutural

Requisito		Critério de desempenho	Resultados
Impacto	Energia (J)		
Impacto externo (acesso externo do público)	720	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)	Sem ocorrências
	480	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)	Sem ocorrências
	360		Sem ocorrências
	240	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ $d_h \leq h/1250$	Sem ocorrências
	180	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)	Sem ocorrências
	120		Sem ocorrências
	Sem ocorrências		
Impacto interno (todos os pavimentos)	480	Não ocorrência de ruína (estado-limite último)	Sem ocorrências
	240		Sem ocorrências
	180	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço)	Sem ocorrências
	120	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h \leq h/250$ $d_h \leq h/1250$	Sem ocorrências

3.1.4 Resistência a solicitações transmitidas por peças suspensas

O sistema de vedação vertical formado por painéis de *light steel frame* atende ao requisito de resistência a solicitação de cargas de peças suspensas, estabelecido na ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022, conforme apresentado na Tabela 11 e Relatório de ensaio IPT 1 115 331-203. A fixação do dispositivo de ensaio (mão-francesa padronizada) foi feita com bucha Sforbolt ¼" e parafuso de 6,1 mm de diâmetro e 66 mm de comprimento com cabeça panela e fenda cruzada. Adotando-se o fator de segurança igual a 2,0, uma vez que o ensaio realizado teve duração de 24 horas, o sistema de fixação de peças suspensas na parede, objeto desta FAD, suporta cargas de uso de 0,2 kN por ponto de fixação.

Tabela 11 - Peças suspensas fixadas por meio de mão francesa padronizada

Carga de ensaio aplicada em cada ponto (dois pontos)	Carga de ensaio aplicada em cada peça (dois pontos)	Critérios de desempenho	Resultados do ensaio
0,4 kN	0,8 kN	Ocorrência de fissuras toleráveis. Limitação dos deslocamentos horizontais: $d_h < h/500$; $d_{hr} < h/2500$	Sem falhas quando submetido ao carregamento; deslocamentos praticamente iguais a zero

Onde: h é altura do elemento parede; dh é o deslocamento vertical; dhr é o deslocamento residual.

3.1.5 Resistência às solicitações transmitidas por portas

O sistema de vedação vertical formado por painéis de *light steel frame* atende aos requisitos de resistência às solicitações transmitidas por portas, estabelecidos na ABNT NBR 15575-4:2021 e ABNT NBR 16970-1:2022, conforme descrito no Relatório de ensaio IPT 1 115 344-203. Para tanto, as fixações são feitas com espuma expansiva de poliuretano com preenchimento total entre o marco da porta e o montante metálico. Foram realizados os seguintes ensaios nessa

parede: fechamento brusco e impacto de corpo mole na porta (energia de 240J), segundo método de ensaio da ABNT NBR 15930-2:2018. O resultado do ensaio de fechamento brusco atendeu aos critérios mínimos da ABNT NBR 15575-4:2013, pois a parede não apresentou falhas tais como rupturas, fissuras, destacamentos no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solidarização do marco, destacamentos em juntas entre componentes da parede. O resultado do ensaio de impacto de corpo mole na porta também atendeu aos critérios mínimos da ABNT NBR 15575-4:2013, pois não houve o arrancamento do marco, nem ruptura ou perda de estabilidade da parede.

5.2 Segurança contra incêndio

Os materiais de fechamento e revestimento da parede formada por painéis de *light steel frame*, chapas de gesso e chapas cimentícias, são classe I e IIA, com relação à reação ao fogo. A lã de PET, usada no interior das paredes e cobertura, é classe IIA. Também foi feita a avaliação da reação ao fogo da face externa do sistema de vedação vertical, composto por chapa cimentícia, junta de perfil de alumínio, chapa OSB, pelo método do *SBI- Single Burning Item*, obtendo-se a classificação IIA, conforme relatório de ensaio nº 1 119 503-203, o que atende a ABNT NBR 16970-1:2022.

A determinação da resistência ao fogo das paredes foi realizada por intermédio de ensaio em corpo-de-prova montado no laboratório do IPT. Verifica-se que a parede submetida a uma carga uniformemente distribuída de 1500 kg/m apresentou resistência ao fogo pelo período de 30 minutos (Tabela 12), atendendo ao critério de segurança contra incêndio da ABNT NBR 16970-1:2022 (relatório de ensaio nº 1 114 767-203).

Tabela 12 - Ensaio de resistência ao fogo de parede estrutural de casas térreas

Resultado do ensaio				
Duração do ensaio (minutos)	Tempo de atendimento aos critérios de avaliação (minutos)			Classificação de acordo com a norma ABNT NBR 16 945:2021
	Capacidade portante (R)	Integridade (E)	Isolação térmica (I)	
30	30	30	30	REI-30

5.3 Desempenho acústico

De acordo com a ABNT NBR 15 575-4:2021, devem ser avaliados os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{2m,nT,w}$ e $D_{nT,w}$), os quais, segundo tal norma, são tipicamente inferiores aos valores obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e de execução do sistema, uma vez que os valores de campo são válidos apenas para a edificação analisada.

No intuito de se obter um valor de referência para isolamento sonora, foi ensaiada, em laboratório, uma parede formada por painéis de *light steel frame*. O resultado de isolamento sonora obtido em laboratório foi de $R_w = 53 \text{ dB}$, conforme descrito no Relatório de ensaio IPT N° 1 114 210-203.

Para paredes externas estruturais (paredes de fachada), os critérios de desempenho, de referência, para ensaios de isolamento acústico realizados em laboratório, segundo a ABNT NBR 15 575:2021-4, são os descritos na Tabela 13.

Tabela 13 – Critérios de desempenho mínimo, de referência, dos índices de redução sonora ponderados (R_w) de fachadas para dormitórios (vedações verticais externas)

Classe de ruído	L_{inc}^* (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dormitório) (dB)	R_w composto (dormitório) (dB)
I	≤ 60	≥ 20	25 a 29
II	61 a 65	≥ 25	30 a 34
III	66 a 70	≥ 30	35 a 39

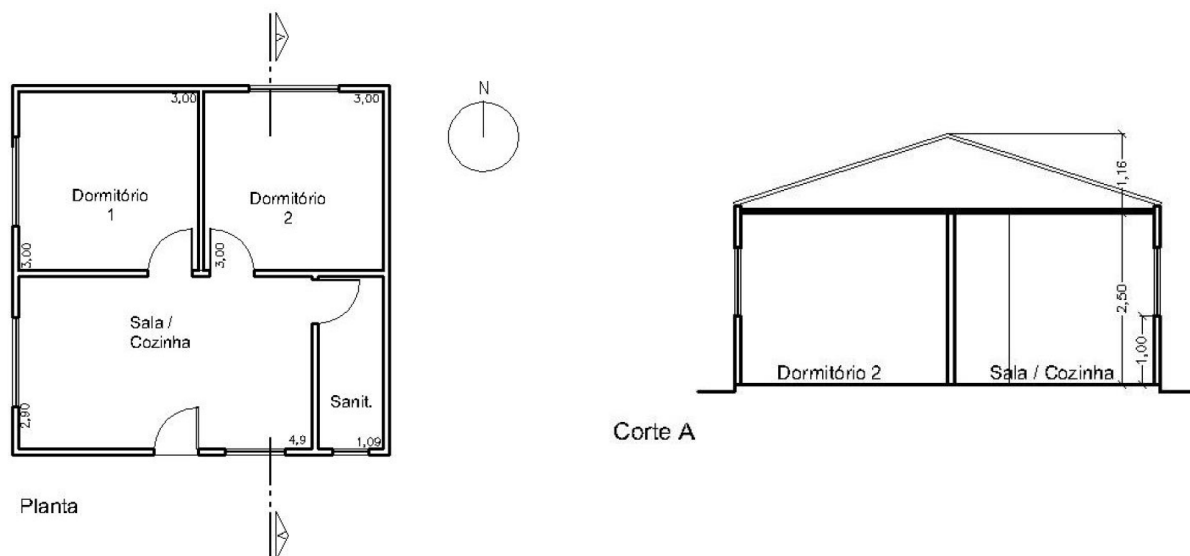
* L_{inc} representa o nível de pressão sonora incidente na fachada do ambiente, simulado ou calculado a partir do L_d (nível de pressão sonora representativo do período diurno) ou L_n (nível de pressão sonora representativo do período noturno), conforme a ABNT NBR 16 425-1 ou ABNT NBR 10 151, aquele que apresentar nível mais elevado.

Considerando a instalação de uma esquadria Classe C de desempenho acústico ($18 \leq \text{dB} < 24$), ocupando 15% da área total da parede que é objeto desta FAD e os resultados apresentados na Tabela 13, obtem-se um R_w composto variando de 26 dB a 31 dB. Nestas condições, a parede objeto desta FAD tem potencial para ser utilizada como parede externa (fachada) de dormitórios nas Classes de Ruído I e II.

5.4 Desempenho térmico

Para avaliação do potencial de desempenho térmico de habitações construídas com o sistema de vedação vertical similar ao desta FAD, foram realizadas simulações computacionais de duas habitações, uma com o sistema de referência e outra com o sistema construtivo objeto desta FAD, utilizando o projeto padrão (referência) indicado na Figura 10, conforme Protocolo de Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos para Habitações por Simulações Computacionais do SiNAT publicado em 21/08/2021. As habitações, com sistema construtivo de referência e com o sistema construtivo avaliado, foram simuladas com o mesmo projeto arquitetônico, tendo em comum: as dimensões das áreas envidraçadas nas fachadas, os tipos de vidro, os tipos de perfis de janelas, os tipos e dimensões de portas, as condições de ventilação e ocupação de ambientes, ambas sem a presença de elementos de sombreamento de aberturas. As habitações de referência e avaliada são distintas entre si somente quanto às características do sistema construtivo, cores das superfícies externas de paredes de fachada e coberturas.

Figura 10 – Representação (a) da planta da habitação, objeto da simulação computacional, e (b) vista em corte (sem escala)



As condições climáticas adotadas, para cidades constantes nas Zonas Bioclimáticas Brasileiras 3 e 6, são definidas na ABNT NBR 15220, parte 3. Os valores utilizados como base para a avaliação foram obtidos por meio da utilização do programa Energy Plus, que considera condições transientes de trocas de calor e atende aos requisitos especificados no item 11.4.1 da norma NBR 15575 (ABNT, 2021a).

A habitação avaliada atende aos critérios referentes ao nível “Mínimo” de desempenho térmico previsto na ABNT NBR 15575-4:2021, nas Zonas Bioclimáticas Brasileiras 3 e 6 (Tabela 13), nas seguintes situações:

- Com cores claras nas superfícies externas das paredes externas (absortância à radiação solar de 0,45, considerando cor clara envelhecida) e cores médias na cobertura (absortância à radiação solar de 0,65);
- Ambientes de permanência prolongada (dormitórios e salas) com área envidraçada na fachada de 17% da área de piso do recinto, com 45% dessa área disponível para a ventilação natural dos ambientes.

Tabela 14 – Requisitos e critérios de desempenho térmico obtidos a partir dos resultados das simulações da edificação de referência e da edificação em avaliação (PHFT_{UH}; Tomá_{xapp}; Tomín_{app})

Requisitos de desempenho da ABNT NBR 15575-4:2021	Edificação de referência (ref)		Edificação em avaliação (real)	
	Z3	Z6	Z3	Z6
PHFT _{UH} (%)	74	52	85	68
Tomá _{xapp} (°C)	33,0	36,7	31,8	35,4
Tomín _{app} (°C)	13,8	-	16,0	-

PHFT_{UH,ref} é a porcentagem média de horas dentro das faixas de temperatura de conforto obtida pela habitação com sistema construtivo de referência já multiplicada por 0,9;

Tomá_{xapp,ref} é a temperatura operativa máxima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de referência, já se somando 2 °C;

$T_{min,app,ref}$ é a temperatura operativa mínima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de referência, já se subtraindo 1 °C.

$PHFT_{UH,real}$ é a porcentagem média de horas dentro das faixas de temperatura de conforto obtida pela habitação com sistema construtivo avaliado;

$T_{máx,app,real}$ é a temperatura operativa máxima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo de avaliado;

$T_{min,app,real}$ é a temperatura operativa mínima anual obtida em ambientes da habitação com o sistema construtivo avaliado.

5.5 Estanqueidade à água

Foi ensaiado, em laboratório, um sistema de vedação vertical formado por painéis pré-fabricados constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio e chapas delgadas, conforme descrito no Relatório de ensaio IPT N° 1 115 330-203. O ensaio de estanqueidade à água foi realizado na face externa e atendeu ao critério de desempenho da ABNT NBR 15575-4:2021, com pressão de 500 Pa, de estanqueidade à chuva de chuva para edificações com mais de um pavimento, sem ocorrência de manchas de umidade na área ensaiada.

Em relação à água decorrente da ocupação do imóvel (lavagem), detalhes construtivos específicos são indicados no item 3.2 para atender ao critério de estanqueidade das paredes com incidência direta de água em áreas molhadas e molháveis.

5.6 Durabilidade

A durabilidade do sistema foi avaliada considerando os seguintes aspectos: especificações de projetos e componentes em conformidade com as respectivas normas técnicas, controle da qualidade dos materiais e componentes empregados, existência de detalhes construtivos de interface, cuidados de execução e avaliação dos resultados do ensaio de resistência à ação de calor e choque térmico.

Foi realizado, em laboratório, ensaio de resistência à ação de calor e choque térmico em uma parede formada por painéis pré-fabricados constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio e chapas delgadas, conforme descrito no Relatório de ensaio IPT N° 1 115 330-203. O resultado do ensaio, conforme tal Relatório, atende ao critério mínimo da ABNT NBR 15 575-4:2021.

Além disso, o atendimento a durabilidade também está condicionado as considerações a seguir:

- Resistência à corrosão dos perfis metálicos
 - Para regiões rurais ou urbanas, considera-se a adoção de perfis com revestimento de zinco Z275, tanto para a estrutura das paredes como da cobertura;

- Para ambientes marinhos ou centros urbanos muito poluídos, recomenda-se a adoção de uma proteção adicional, como o revestimento de zinco Z350 para os perfis da estrutura das paredes e cobertura; e
- Nas interfaces entre peças metálicas, deve-se utilizar uma proteção contra corrosão bimetálica.
- Resistência à corrosão dos dispositivos de fixação (parafusos e chumbadores):
 - Os parafusos e chumbadores devem atender as especificações de resistência à corrosão por névoa salina (Tabela 5).
- Resistência das chapas OSB aos organismos xilófagos (Relatório IPT nº 1008 855-203):
 - As chapas de OSB que contraventam os quadros estruturais possuem tratamento fungicida e, quando utilizadas em áreas molhadas internas, são impermeabilizadas com emulsão asfáltica;
 - Beirais com projeção horizontal de 600 mm, pingadeiras nos peitoris das janelas e acabamentos que impeçam o acúmulo de água;
 - Barreira de vapor e umidade disposta em toda a face voltada para o exterior da edificação;
 - Emprego de mantas de impermeabilização protegendo a base do quadro estrutural e suas laterais em relação ao elemento de fundação, no pavimento térreo, até a altura mínima de 200 mm em cada lado do quadro; e
 - Impermeabilização com emulsão asfáltica das chapas de OSB nas paredes de banheiro com chuveiro, das paredes da cozinha e da área de serviço próximas aos equipamentos de água.

Assim, as paredes estruturais formadas por painéis de *light steel frame*, objeto desta FAD, projetadas e executadas, considerando as condições de exposição do local de sua implantação e as Normas Brasileiras, como, por exemplo, a ABNT NBR 16 970:2022, Partes 1, 2 e 3, tem potencial para atender à VUP (Vida Útil de Projeto) de 50 anos, conforme estabelece a ABNT NBR 15 575-1:2021.

6 USO E MANUTENÇÃO

O uso e manutenção da parede objeto desta FAD deve ser realizado conforme o estabelecido no Manual de Uso, Operação e Manutenção do sistema, elaborado em conformidade com a ABNT NBR 14 037.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As paredes estruturais formadas por painéis pré-fabricados estruturados por quadros constituídos de perfis estruturais de aço zincado conformado a frio (perfis leves de aço), chapas de OSB em ambas as faces, chapas cimentícias na face externa, chapas de gesso para drywall standard na parte interna das paredes de áreas secas e molháveis e chapas de gesso para drywall resistente à umidade (RU) na face interna das paredes de áreas molhadas, devem ser utilizadas de acordo com as instruções dos respectivos projetistas e executores, considerando as suas restrições de uso, e conforme as condições de avaliação técnica constantes desta FAD. O SINAT e o IPT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto de aplicação ou uso do objeto da FAD, conforme art. 5º da Portaria nº 3259, de 29 de dezembro de 2020 e art. 18º do Regimento Geral do SINAT.

8 FONTES E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

8.1 Normas técnicas

- ABNT NBR 9685:2005 Emulsão asfáltica para impermeabilização;
- ABNT NBR 10821-4:2017 Esquadrias para edificações Parte 4: Esquadrias externas - Requisitos adicionais de desempenho;
- ABNT NBR 14037:2011 Versão corrigida: 2014 - Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações - Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos;
- ABNT NBR 14715-1:2021 Chapas de gesso para drywall Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 14715-2:2021 Chapas de gesso para drywall Parte 2: Métodos de ensaios;
- ABNT NBR 15498:2021 Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas - Requisitos e métodos de ensaio;
- 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 15575-1:2021 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-2:2013 Edificações habitacionais — Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- ABNT NBR 15575-4:2021 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE;
- ABNT NBR 15575-5:2021 - Edificações habitacionais — Desempenho Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- ABNT NBR 16945:2021 - Classificação da resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;

- ABNT NBR 16970-1:2022 - Light Steel Framing - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas Parte 1: Desempenho;
- ABNT NBR 16970-2:2022 - Light Steel Framing - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas Parte 2: Projeto estrutural; e
- ABNT NBR 16970-1:2022 - Light Steel Framing - Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas Parte 3: Interfaces entre sistemas.

8.2 Documentos técnicos

- DATEC 041 - Sistema construtivo Tego Frame de painéis pré-fabricados de steel frame para casas térreas. Ministério do Desenvolvimento Regional, novembro de 2020 - Proponente: Tego Frame Construção e Inovação Ltda;
- Relatório Técnico IPT nº 163 527-205 - Avaliação do desempenho térmico de casa térrea isolada com sistema construtivo "Gorayeb" com paredes e cobertura em light steel frame nas Zonas Bioclimáticas Brasileiras 3 e 6 (julho de 2021);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 119 503-203 - Determinação do desempenho quanto à reação ao fogo (setembro de 2020);
- Relatório Técnico IPT nº 160 389-205 - Auditoria técnica em obra com o emprego do sistema construtivo "Tego Frame" - Light Steel Frame (julho de 2020);
- Relatório Técnico IPT nº 160 376-205 - Avaliação do Desempenho Térmico de casa térrea com sistema construtivo "Gorayeb" com paredes e cobertura em light steel frame na zona bioclimática 6 (julho de 2020);
- Carta IPT-CETAC/LCSC nº 010/2020, resumo da Auditoria com a apresentação das não-conformidades verificadas (julho de 2020);
- Relatório Técnico IPT nº 159 698-205 - Avaliação técnica do sistema construtivo tipo Light Steel Framing "Tego Frame" para execução de unidades habitacionais térreas isoladas, (março de 2020);
- Relatório técnico IPT nº 159 243-205 - Avaliação do Desempenho Térmico de casa térrea com sistema construtivo "Gorayeb" com paredes e cobertura em light steel frame na zona bioclimática 3 (dezembro de 2019);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 115 021-203 - Ensaio físicos e mecânicos em painéis de OSB (janeiro de 2020);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 112 854-203 - Ensaio de caracterização de película para barreira de vapor d'água (outubro de 2019);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 115 327-203 - Ensaio de caracterização de placa de fibrocimento (janeiro de 2020);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 114 210-203 - Determinação da isolamento sonora (novembro de 2019);
- Relatório técnico IPT nº 158 726-205 - Avaliação do Desempenho Térmico de casa térrea com sistema construtivo "Gorayeb" com paredes e cobertura em light steel frame na zona bioclimática 3 (dezembro de 2019);
- Relatório técnico IPT nº 158 784-205 - Verificação do risco de ocorrência de condensação de vapor d'água em paredes internas de casa térrea com sistema

construtivo "Gorayeb" com paredes e cobertura em light steel frame na zona bioclimática 3 (dezembro de 2019);

- Relatório de ensaio IPT nº 1 114 767-203 - Determinação da resistência ao fogo em parede com função estrutural (dezembro de 2019);
- Relatório técnico IPT nº 158 845-205 - Ensaios de compressão excêntrica em painéis de parede, constituídos por perfis metálicos leves e placas de madeira, fibrocimento e gesso (dezembro de 2019);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 115 330-203 - Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência à ação do calor e choque térmico e à estanqueidade à água (janeiro de 2020);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 115 331-203 - Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais aos impactos de corpo duro, corpo mole, solicitações de peças suspensas (janeiro de 2020);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 115 344-203 - Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais aos impactos de corpo mole e do comportamento sob efeito de ações transmitidas por porta (janeiro de 2020);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 092 317-203 - Determinação de resistência ao ataque de cupim de madeira seca (julho de 2017);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 090 209-203 - Determinação do desempenho quanto à reação ao fogo (abril de 2017);
- Relatório de ensaio IPT nº 1 073 900-203 - Determinação da densidade óptica específica de fumaça (junho de 2015); e
- Relatório de ensaio IPT nº 1 008 855-203 - Determinação de resistência ao ataque de cupins de madeira seca (julho de 2009).