

Relatório Técnico de Avaliação | Extrato

**Sistema Nextera Infill
com Placa Cimentícia**

**SAINT-GOBAIN
NEXTERA**



SAINT-GOBAIN NEXTERA



RELATÓRIO DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA DE FACHADA NEXTERA

Sistema Nextera de fachada leve em Steel Frame da Saint-Gobain para emprego em edifícios de múltiplos pavimentos

RESUMO

Este relatório apresenta a síntese da avaliação técnica do sistema de fachada leve da Saint-Gobain/Brasilit, objeto do Relatório Técnico IPT 151 740-205. O referido sistema de fachada é composto por estrutura em perfis leves de aço galvanizado, fechamento externo com chapas de fibrocimento, fechamento interno com chapas de drywall, barreira impermeável à água e permeável ao vapor (entre montantes e chapas de fibrocimento), isolante térmico, tratamento de juntas entre chapas de fibrocimento com massa para juntas e reforço com tela de fibra de vidro e revestimento externo com argamassa colante aditivada com resina acrílica e reforço com tela de fibra de vidro (basecoat).

A avaliação técnica contemplou, entre outros, a análise de projetos, os ensaios de caracterização dos componentes, os ensaios de desempenho do sistema (em laboratório e protótipo) e o acompanhamento da execução de edifício protótipo, construído no município de Capivari/SP, e se baseou na ABNT NBR 15.575-4 (2013) e na Diretriz SiNAT nº 009, revisão 01.

O sistema de fachada leve da Brasilit atende aos requisitos de desempenho da Diretriz SiNAT nº 009, para edifícios de até 30 pavimentos (90 m de altura).

Palavras-Chaves: Fachada Leve, Chapa de Fibrocimento, Desempenho, Steel Frame.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta os resultados da avaliação técnica do sistema de fachada leve da Saint-Gobain/Brasilit.

O sistema é composto por uma estrutura de perfis leves de aço galvanizado, fechamento externo com chapas de fibrocimento, fechamento interno com chapas de drywall, barreira impermeável à água e permeável ao vapor (entre montantes e chapas de fibrocimento), isolante térmico, tratamento de juntas entre chapas de fibrocimento com massa para juntas e reforço com tela de fibra de vidro e revestimento externo com argamassa colante aditivada com resina acrílica e reforço com tela de fibra de vidro (basecoat), com peso próprio inferior a 60 kgf/m². Este sistema exerce apenas a função de fechamento, sem contribuição estrutural aos edifícios, por exemplo, contraventamento de pórticos estruturais.

A avaliação técnica foi feita conforme os requisitos, métodos e critérios de desempenho da NBR 15.575-4 (2013) e da Diretriz SiNAT nO 009 — Diretriz para avaliação técnica de sistema de vedação vertical externa, sem função estrutural, multicamadas, formado por perfis leves de aço zincado e fechamento com chapas delgadas, com revestimento de argamassa — fachadas leves em steel frame.

A avaliação foi conduzida considerando a aplicação do sistema de fachada em edifícios de 30 pavimentos (90 m de altura), na classe de vento V (situação mais crítica).

2. SÍNTESE DO MÉTODO DE TRABALHO

Para avaliação técnica do sistema de fachada leve, foram realizadas as seguintes atividades:

- A.** Análise das especificações do sistema de fachada leve, planejamento experimental e projeto dos corpos de prova: com base na Diretriz SiNAT nO 009, revisão 1, e na análise das especificações do sistema de fachada, foi elaborado o programa experimental, contemplando os ensaios de caracterização dos componentes e de avaliação de desempenho do sistema. Houve a necessidade de desenvolvimento de projetos dos corpos de prova, tendo em vista que a montagem desse tipo de sistema de fachada leve exige que suas interfaces sejam reproduzidas nos ensaios de desempenho.
- B.** Realização dos ensaios de caracterização: os ensaios de caracterização dos componentes que integram o sistema foram feitos no IPT. Os resultados são apresentados e discutidos no item 5.1.
- C.** Realização dos ensaios de desempenho: a maioria dos ensaios de desempenho foi feita em laboratório, no IPT, à exceção dos ensaios de cargas incidentes em parapeitos de janelas e impactos de corpo mole na face interna, que foram executados no protótipo. Os resultados são apresentados e discutidos no item 5.2.

D. O acompanhamento da execução do protótipo: foram feitas quatro visitas técnicas ao protótipo, entre os meses de maio e dezembro de 2017, para análise das diversas fases de execução do sistema de fachada leve e de suas interfaces.

3. DOCUMENTOS TÉCNICOS COMPLEMENTARES

Fazem parte desta avaliação os documentos relacionados abaixo, os quais servem de base para este relatório técnico de avaliação: Determinação da densidade óptica específica de fumaça.

- Determinação do índice de propagação superficial de chama.
- Classificação dos materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações.
- Folha de compósito flexível com fibras – determinação da permeabilidade ao vapor d’água (face com grafismo exposta ao ambiente úmido durante o ensaio).
- Ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina.
- Parafusos para sistema em perfil de aço – verificação das propriedades mecânicas.
- Ensaios em não tecido.
- Resistência à tração de materiais têxteis – método da tira (tela de fibra de vidro).
- Massa por unidade de área (tela de fibra de vidro).
- Ensaios de caracterização de argamassa colante industrializada para assentamento de chapas cerâmicas com adição de aditivo base acrílica para aplicação com revestimento de baixa espessura em chapas cimentícias.
- Ensaios de caracterização de argamassa colante industrializada para assentamento de chapas cerâmicas com adição de emulsão acrílica para aplicação com revestimento de baixa espessura em chapas cimentícias.
- Determinação da isolamento sonora.
- Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração.
- Verificação da resistência ao fogo em parede sem função estrutural.
- Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência à ação do calor e ao choque térmico e à estanqueidade à água.
- Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais aos impactos de corpo duro, corpo mole, solicitações de peças suspensas, permeabilidade à água.
- Verificação da resistência de sistemas de vedações verticais a impactos de corpo mole.
- Verificação do comportamento, quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.
- Chapa de fibrocimento – Ensaios de caracterização.
- Ensaios em polímero.

4. DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE FACHADA LEVE

O sistema de fachada leve da Saint-Gobain/Brasilit possui a seguinte configuração básica especificada pelo detentor da tecnologia:

- Estruturação com perfis leves de aço galvanizado (guias e montantes), com espessura de 0,95 mm, aba de 40 mm (guias) e 50 mm (montantes) e diversas medidas de alma (90 mm, 120 mm, 140 mm e 200 mm) que podem variar conforme a necessidade de cada projeto. Prevê-se classe de galvanização Z275 para atmosferas rurais e urbanas e Z350 para atmosferas marinhas, conforme Diretriz SiNAT nº 009. O espaçamento máximo entre perfis é de 400 mm.
- Fixação entre perfis (montantes e guia inferior) com parafuso cabeça lenticilha Ø 4,8 mm x 19 mm (um parafuso em cada alma do perfil), com tratamento contra corrosão, com resistência à corrosão de 360 horas, por ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina. Os montantes são apenas encaixados à guia superior durante a montagem (sem fixação com parafusos), para impedir a transmissão de cargas pela deformação da estrutura do edifício à fachada, uma vez que a guia superior é parafusada à estrutura do edifício. Posteriormente, as chapas de fibrocimento são fixadas aos montantes, o que evita o deslocamento dos mesmos.
- Fixação entre guias e estrutura suporte com chumbadores de expansão (especificações mínimas: diâmetro de 8 mm, resistência ao cisalhamento de 10 kN quando fixado em superfície de concreto no mínimo C20, com comprimento efetivo de ancoragem de 40 mm) ou parafusos com buchas (especificações mínimas: diâmetro de 10 mm, resistência ao cisalhamento de 9,3 kN quando fixado em superfície de concreto no mínimo C20, com comprimento efetivo de ancoragem de 80 mm), com resistência à corrosão de 480 horas por ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina.
- Fechamento externo com chapa de fibrocimento, com espessura de 10 mm, largura nominal de 1.200 mm e comprimento nominal de 2.400 mm ou 3.000 mm, com bordas retas (sem rebaixo), posicionadas no sentido vertical, preferencialmente vencendo o vão de um pavimento completo (depende da distância de piso a piso do edifício).
- Fixação das chapas de fibrocimento aos montantes com parafuso cabeça trombeta ponta broca com asa, Ø 4,2 mm x 32 mm, com espaçamento máximo de 300 mm e tratamento organometálico contra corrosão, com resistência à corrosão dos parafusos de 480 horas por ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina.
- Fechamento interno com duas camadas de chapa de drywall tipo “RF”, com espessura de 15 mm, largura nominal de 1.200 mm e comprimento nominal de 2.400 mm, com juntas verticais defasadas em relação às chapas externas (a depender do Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) da tipologia).
- Fixação das chapas de drywall aos montantes com parafuso cabeça trombeta, Ø 4,2 mm x 25 mm (1ª camada) e Ø 4,2 mm x 42 mm (2ª camada).
- Isolamento térmico com lã mineral (a depender do Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) da tipologia).

NEXTERA

- Barreira impermeável à água e permeável ao vapor d'água, gramatura 61 g/m², resistência à pressão hidrostática de 210 cm H₂O, passagem de vapor 400 g/m²/24h e classe A de reação ao fogo, conforme ASTM E84, aplicada entre a chapa de fibrocimento e a estrutura de perfis leves de aço galvanizado.
- Junta entre chapas de fibrocimento com (5 ± 1) mm de largura. Tratamento de juntas composto dos seguintes itens: primer acrílico; fundo de junta com tarugo de espuma de polietileno Ø 6 mm; massa acrílica com reforço com fibras de polipropileno para tratamento de juntas; e tela de fibra de vidro álcali resistente, com 200 mm de largura e malha (3,5 x 3,8) mm, que fica imersa na espessura da massa de tratamento de junta.
- Tratamento de junta entre chapas de drywall, com fita de papel microperfurado e massa para tratamento de juntas de drywall, conforme ABNT NBR 15758-1.
- Revestimento externo (basecoat), composto dos seguintes itens: primer acrílico; argamassa composta por argamassa colante tipo AC-I e resina acrílica, na proporção de 4,5 kg de resina para 20 kg de argamassa colante; e tela de fibra de vidro álcali resistente, com 1.000 mm de largura e malha (3,5 x 3,8) mm, sobreposição de 100 mm nas emendas. A argamassa é aplicada com desempenadeira dentada, em duas camadas, sendo que a tela de fibra de vidro é posicionada entre a primeira e a segunda camada. A espessura total do revestimento é de 3 mm a 4 mm. Ressalta-se que o basecoat não é o acabamento final da fachada, sendo necessária a aplicação de acabamento final.

O sistema foi concebido para que a face externa da fachada resulte projetada em relação ao alinhamento da estrutura suporte do edifício, possibilitando assim que a estrutura seja totalmente coberta pela fachada. Para isso, a guia inferior da estrutura de perfis leves de aço da fachada é fixada com pequeno balanço em relação à estrutura suporte do edifício, sendo que a projeção do balanço não deve superar o valor de $bw/3$, sendo bw a largura da alma do perfil. Caso seja necessário um balanço acima desse limite, é previsto o uso de cantoneiras metálicas para suporte da guia inferior da estrutura em steel frame da fachada.

Além disso, devem ser respeitadas as distâncias mínimas de fixação dos chumbadores/parafusos da guia inferior em relação à borda da estrutura de concreto, conforme especificação dos respectivos fabricantes.

Devido à projeção da face externa da fachada em relação ao alinhamento da estrutura suporte, em alguns casos, faz-se necessário usar um elemento corta-fogo (“firestop”) para garantir a compartimentação vertical entre pavimentos. Dependendo do projeto do edifício, pode ser necessário também empregar o “firestop” para garantir a compartimentação horizontal (por exemplo, quando a divisa entre unidades habitacionais ocorre no alinhamento de um pilar de borda recoberto pela fachada leve). Entretanto, a especificação desse elemento deverá ser avaliada a cada empreendimento, frente à sua configuração e Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) específico.



O sistema de fachada leve também inclui perfis leves de aço galvanizado auxiliares: perfil “U” (30 x 30) mm, para execução de apoios intermediários e estruturação de cantos; o perfil “CD” (30 x 60) mm, para fixação direta a vigas e pilares de borda; cantoneiras de ancoragem, para fixação dos perfis “CD” à estrutura suporte do edifício; e cantoneiras de reforço (dimensionamento caso a caso), nas situações em que o balanço da guia inferior supera o limite de $b_w/3$. Todos esses perfis devem ter, no mínimo, a mesma resistência mecânica e a mesma classe de galvanização das guias e montantes.

Também integram o sistema de fachada leve alguns perfis de PVC utilizados no acabamento de juntas:

- Perfil para junta horizontal, com 17 mm de largura.
- Perfil para junta vertical de controle, com 25 mm de largura (Furo 5).
- Perfis para acabamento de pingadeiras.
- Perfil de canto.
- Perfil para juntas em cantos.
- Perfil para friso horizontal.

O perfil é fabricado de PVC com desenho que lhe confere boa flexibilidade, permitindo, a princípio, absorver movimentações hidrotérmicas das chapas cimentícias. Os perfis de PVC são fixados às chapas de fibrocimento com parafusos brocantes flangeados Ø 4,2 mm x 13 mm, sendo recobertos pelo basecoat reforçado com tela de fibra de vidro na interface com o perfil de PVC.

Os perfis de PVC possuem uma parte destacável, que serve como guia de espessura para execução do basecoat.

As juntas verticais de controle devem ser posicionadas a cada 6 m. As juntas horizontais ocorrem, em princípio, a cada pavimento.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS E COMPONENTES

De acordo com a revisão da Diretriz SiNAT nº 009 e com a configuração básica definida para o sistema de fachadas pelo detentor da tecnologia, foram conduzidos ensaios de caracterização para os seguintes componentes: chapa de fibrocimento, argamassa de revestimento, parafusos (chapa de fibrocimento-perfil e perfil-perfil), telas de fibra de vidro, perfil de PVC de acabamento, barreira impermeável e massa para tratamento de juntas entre chapas de fibrocimento.

Não foram realizados ensaios de caracterização dos seguintes componentes: perfil metálico, chapa de drywall, massa e fita para tratamento das juntas entre chapas de drywall, isolante térmico, “firestop” e chumbadores e parafusos de ancoragem.

Entende-se que esses produtos são de uso corrente e alvos de controle da qualidade por parte de seus fabricantes e que as características informadas pelos respectivos fabricantes e constantes das fichas técnicas são suficientes.

5.1.1. CHAPA DE FIBROCIMENTO

Os ensaios da chapa de fibrocimento de 10 mm de espessura são apresentados na Tabela 2.

O resumo dos resultados de comportamento sob ação do fogo (densidade óptica de fumaça, propagação superficial de chama, e classificação dos materiais de acabamento e revestimento empregados nas edificações), também é apresentado na Tabela 2.

Os resultados de resistência à flexão da chapa de fibrocimento permitem sua classificação como 3A, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Requisitos de resistência à tração na flexão para chapas de fibrocimento (NBR 15.498:2014)

CATEGORIA	CHAPAS DA CLASSE A (MPa)	70% DA RESISTÊNCIA (MPa)
1	-	-
2	4	2,8
3	7	4,9
4	13	9,1
5	18	12,6

Tabela 2: Resultados de caracterização – chapa de fibrocimento

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Densidade aparente	ABNT NBR 15498	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1,595,1 kg/m ³
Resistência mecânica	ABNT NBR 15498	As placas devem ser no mínimo Categoria 2 (ABNT NBR 15498), considerando-se a média dos valores de resistência à tração na flexão, obtidos das amostras ensaiadas nas duas direções, na condição saturada. A resistência à tração na flexão das placas na direção de menor resistência não pode ser menor que 70% do valor especificado na Tabela 1 da ABNT NBR 15498, conforme a categoria da placa declarada pelo fabricante.	Longitudinal saturada: 10,5 MPa. Transversal saturada: 5,3 MPa. (Média dos dois sentidos:) 7,9 MPa.
Resistência à tração na flexão	ISO 1182 ABNT NBR 9442	A placa deve ser: Incombustível (segundo ISO 1182), ou se combustível (segundo ISO 1182), a placa deverá ter índice superficial de propagação de chamas (IP – segundo ABNT NBR 9442) < 25 e densidade óptica de fumaça (Dm – segundo ASTM E 662) < 450.	IP = 0 Dm = 10 Classe IIA
Comportamento sob ação do fogo	ASTM E 662	Em situações de ensaios podem aparecer traços de umidade na face inferior das placas, porém sem surgimento de gotas de água.	Sem surgimento de gotas (Relatório de ensaio nº 1 079 572-203).
Permeabilidade à água	ABNT NBR 15498	A diferença percentual entre a massa de cada corpo de prova na condição saturada e após secagem deve ser ≤ 25%.	17,9%
Resistência após ciclos de imersão em água e secagem	ABNT NBR 15498	A razão (limite inferior, ou Li) entre a resistência à tração após envelhecimento (ciclos de imersão em água e secagem) e a resistência inicial deve ser > 0,70.	Li longitudinal = 1,0 Li transversal = 1,0 Li médio = 1,00 condição saturada.
Resistência ao envelhecimento em água quente	ABNT NBR 15498	A razão entre a resistência à tração após a imersão em água quente e a resistência inicial (limite inferior, ou Li) deve ser > 0,70.	Li longitudinal = 1,1 Li transversal = 1,0 Li médio = 1,00 condição saturada.
Variação dimensional por imersão e secagem	ABNT NBR 15498	O fabricante deve indicar a variação dimensional da chapa entre as condições seca (em estufa por 48 horas) e úmido (imerso em água por 48 horas). Deve-se verificar se essa especificação é compatível com a indicação de espaçamento mínimo entre as placas. A variação dimensional e o espaçamento mínimo entre as placas devem constar no DATec específico.	Variação dimensional na direção do comprimento do corpo de prova: 0,21%. Variação dimensional na espessura: 0,53%.

5.1.2. ARGAMASSA DE REVESTIMENTO EXTERNO

Para os ensaios de caracterização da argamassa, foram consideradas as seguintes dosagens: 4,5 kg de resina acrílica para 1 saco de 20 kg de argamassa colante AC-I. Os resultados são apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3: Resultados de caracterização – argamassa de revestimento externo

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Retenção de água	ABNT NBR 13277	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	99%
Densidade de massa no estado fresco	ABNT NBR 13278	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1.645 kg/m ²
Teor de ar incorporado	ABNT NBR 13278	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	11%
Densidade de massa no estado endurecido	ABNT NBR 13280	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1.492 kg/m ²
Resistência à tração na flexão aos 28 dias	ABNT NBR 13279	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	4,5 MPa
Resistência à compressão aos 28 dias	ABNT NBR 13279	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Não houve ruptura.
Módulo de deformação	ABNT NBR 15630	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	4,8 GPa
Coefficiente de capilaridade	ISO 15148	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	0,08 kg/(m ² √h)
Permeabilidade ao vapor d'água	ISO 12572	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Permeância: 2,11x10 ⁻¹⁰ kg/(m ² .s.Pa) camada de ar equivalente: 1,04 m
Variação dimensional aos 28 dias	ABNT NBR 15261	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	-0,80 mm/m

5.1.3. MASSA PARA TRATAMENTO DE JUNTA NA FACE EXTERNA

Os ensaios previstos na Diretriz SiNAT nO 009 para caracterização da massa de tratamento de junta são: teor de resina, flexibilidade e resistência à tração e alongamento. Entretanto, não foi possível realizar o ensaio de flexibilidade, pois a massa se mostrou muito flexível e não rompeu. Optou-se então por realizar o ensaio de aptidão para dissimular fissura, de acordo com a “Directiva Comum UEATc para a homologação de revestimentos delgados de massas plásticas para paredes”. Os resultados são apresentados na Tabela 4. Os resultados obtidos são considerados adequados.

Tabela 4: Resultados de caracterização – massa para tratamento de junta na face externa

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Teor de resina	ASTM D 3723	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	17,9%
Aptidão para dissimular fissura	Diretivas comuns UEATc para a homologação de revestimentos delgados de massas plásticas para paredes (1978)	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Largura da fissura dissimulada: 1,1 mm.
Resistência à tração e alongamento	ABNT NBR 13321	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	17% de alongamento.

5.1.4. TELA DE FIBRA DE VIDRO (REVESTIMENTO EXTERNO E TRATAMENTO DE JUNTAS)

Os resultados de caracterização da tela de fibra de vidro são apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 5: Resultados de caracterização – telas de fibra de vidro

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Malha	Medição com paquímetro e inspeção visual	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	(3,5 x 3,8) mm
Tipo da tela (material)	Análise da documentação do produto	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Fibra de vidro com revestimento álcali resistente.
Massa superficial	Medição com paquímetro e balança	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	172,8 g/m ²
Resistência à tração	EN 13496	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Longit.: 43 N/mm Transv.: 44 N/mm
Resistência à tração após envelhecimento acelerado por álcalis	EN 13496	A tela deve ser submetida a ensaio de resistência à tração, antes e após envelhecimento acelerado em meio alcalino, considerando após envelhecimento $\geq 0,50$ inicial. Para tela do revestimento externo: mínimo 20 N/mm após envelhecimento.	Valores médios: Longitudinal: 24 N/mm (0,56 da resistência inicial). Transversal: 28 N/mm (0,65 da resistência inicial).

A tela do revestimento externo atende aos requisitos de durabilidade, tanto para o critério de redução da resistência após a exposição à solução alcalina em relação à resistência inicial, quanto para o critério de valor absoluto de resistência requerido após envelhecimento, em ambas as direções.

5.1.5. BARREIRA IMPERMEÁVEL À ÁGUA E PERMEÁVEL AO VAPOR D'ÁGUA

Os resultados da caracterização da barreira impermeável Tyvek Homewrap são apresentados na **Tabela 6**.

Tabela 6: Resultados de caracterização – barreira impermeável

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Espessura	ISO 9073-2	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico. As duas faces da barreira devem ser caracterizadas.	0,141 mm (0,1 kPa) 0,131 mm (0,5 kPa)
Gramatura	ISO 9073-1	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico. As duas faces da barreira devem ser caracterizadas.	60,9 g/m ²
Permeabilidade ao vapor d'água	ASTM E 96	Permeável (permeância ≥ 1 metric-perm - 86,8127 ng/(Pa.s.m ²)).	1,87 x 10 ⁻¹ ng/(Pa.s.m), o que equivale a 1.700 ng/(Pa.s.m ²) ou 19,6 metric-perm (face sem grafismo exposta ao ambiente úmido); 2,15 x 10 ⁻¹ ng/(Pa.s.m), o que equivale a 1.955 ng/(Pa.s.m ²) ou 22,5 metric-perm (face com grafismo exposta ao ambiente úmido - situação de uso - grafismo voltado à face externa) - espessura usada neste dimensionamento é igual a 0,11 mm.
Impermeabilidade à água	AATCC 127 modificada de acordo com o item 4.2 do ICC AC 38	Não pode haver formação de gotas na face oposta à coluna d'água de 55 cm de altura por um período de 5 horas.	Pressão na qual houve a penetração da terceira gota d'água na superfície do corpo de prova: 260 cm de coluna d'água (face exposta à água: face com grafismo).

5.1.6. PARAFUSOS

Os resultados de caracterização do parafuso de fixação da placa de fibrocimento aos perfis leves de aço galvanizado são apresentados na **Tabela 7**.

Tabela 7: Resultados de caracterização – parafuso chapa de fibrocimento-perfil

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Características dimensionais	ABNT NBR 10041	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	ST 4,2 x 32 mm
Poder de perfuração	ISO 10666	Ponta tipo agulha: máximo de 1s.	Tempo < 4s
Resistência à torção	ISO 10666	Ponta tipo broca: máximo de 4s.	Torque > 4,7 Nm

Resistência à corrosão (exposição em câmara de névoa salina)	NBR 8094	Parafusos para fixação das chapas externas em ambientes rurais: 240 horas. Parafusos para fixação de chapas externas em ambientes urbanos, industriais leves, ou a mais que 2.000 metros da orla marítima: 480 horas. Parafusos para fixação de perfis e de chapas externas em ambientes marinhos: 720 horas.	Exposto durante 480 h, sem alteração em relação à situação inicial..
Resistência de arrancamento (pull-out)	ASTM A 370	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1,58 kN (conforme informações do fabricante).
Resistência à tração	ASTM A 370	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Informação pendente (a ser declarada pelo fabricante).

Os resultados de caracterização do parafuso de fixação entre perfis de aço são apresentados na **Tabela 8**.

Tabela 8: Resultados de caracterização – parafuso perfil-perfil

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Características dimensionais	ABNT NBR 10041	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	ST 4,8 x 19 mm
Poder de perfuração	ISO 10666	Ponta tipo agulha: máximo de 1s. Ponta tipo broca: máximo de 4s.	Não avaliado.
Resistência à torção	ISO 10666	Não pode apresentar rompimento com a aplicação de um torque inferior a 6,9 N.m.	Torque > 6,9 Nm
Resistência à corrosão (exposição em câmara de névoa salina)	NBR 8094	Parafuso para fixação de perfis em ambientes rurais, urbanos, industriais leves, ou a mais de 2.000 metros da orla marítima: 360 horas. Parafusos para fixação de perfis e de chapas externas em ambientes marinhos: 720 horas.	Exposto durante 360 horas, sem alteração em relação à situação inicial.
Resistência de arrancamento (pull-out)	ASTM A 370	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1,65 kN (conforme informações do fabricante).
Resistência à tração	ASTM A 370	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	Informação pendente (a ser declarada pelo fabricante).

Observa-se que ambos os parafusos atendem aos requisitos de desempenho, considerando-se sua aplicação em ambientes rurais, urbanos, industriais leves ou a mais de 2.000 metros da orla marítima (resistência à corrosão). Além das caracterizações indicadas pela Diretriz SiNAT no 009, foi feito o ensaio de cisalhamento placa de fibrocimento-parafuso (nail-head pull-through), conforme a ASTM D 1037-12 (item 15), com vistas a subsidiar o projeto do sistema de fachada, contemplando essa forma de ruptura no Estado Limite Último. Para cada combinação placa-parafuso, foram ensaiados 10 corpos de prova. Os resultados encontram-se na **Tabela 9**.

Tabela 9: Resultados do ensaio de cisalhamento chapa de fibrocimento-parafuso

ESPESSURA DA PLACA	ESPECIFICAÇÃO DO PARAFUSO	CARGA MÉDIA DE RUPTURA (N)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO
10 mm	ST 4,2 x 32 mm	704	15%
12 mm	ST 4,2 x 32 mm	870	7,7%

Os chumbadores de expansão têm as seguintes características: diâmetro mínimo de 8,0 mm, com resistência ao cisalhamento de 10 kN quando fixado em superfície de concreto no mínimo C20, com comprimento efetivo de ancoragem mínima de 40 mm; e os parafusos com buchas possuem diâmetro mínimo de 10 mm, resistência ao cisalhamento de 9,3 kN quando fixado em superfície de concreto no mínimo C20, com comprimento efetivo de ancoragem mínima de 80 mm. Ambos os produtos devem apresentar resistência à corrosão mínima de 480 horas por ensaio acelerado de corrosão por exposição à névoa salina. No caso do parafuso, existe ainda a opção em aço inox 316.

5.1.7. PERFIS DE ACABAMENTO DE PVC

A **Tabela 10** apresenta os resultados de caracterização do perfil de PVC.

Tabela 10: Resultados de caracterização – perfil de acabamento de PVC

REQUISITO	MÉTODO DE ENSAIO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
Espessura mínima	Medição com paquímetro	Informação que deve constar do projeto e do DATec específico.	1,05 mm
Módulo de elasticidade (antes e após CUV)	Exposição em câmara de CUV, com lâmpada UVB 313 e FS 40, por 2.000 horas (ASTM G154 e ISO 4892) conforme ASTM D790.	Após envelhecimento $\geq 0,7$ inicial.	Antes da exposição em CUV: Resistência à flexão 39 MPa Módulo de elasticidade 822 MPa. Depois da exposição em CUV: Resistência à flexão 33 MPa (0,85 inicial). Módulo de elasticidade 680 MPa.
Resistência ao impacto Charpy ou ensaio de impacto na tração (antes e após CUV).	Charpy: ASTM D6110 ou ISO 179. Impacto na tração: ISO 8256.	Após envelhecimento $\geq 0,7$ inicial.	Resistência ao impacto na tração Antes: 722 kJ/m ² . Depois: 538 kJ/m ² (0,74 inicial).

5.2. DESEMPENHO DO SISTEMA

Para os ensaios de desempenho do sistema de fachada leve, foram montados os corpos de prova que constam da **Tabela 11**. Procurou-se adotar para cada ensaio a configuração mais crítica possível, respeitando-se as características do sistema de fachada descritas no **item 4**.

Tabela 11: Descrição das principais características dos corpos de prova de desempenho

REQUISITO	INDICADOR DE CONFORMIDADE	RESULTADOS
01	Comprimento 2.400 mm x altura 2.400 mm. Espaçamento entre montantes: 400 mm; Largura dos montantes: 140 mm, com balanço de 47 mm; Sem isolante e sem barreira impermeável.	1.595,1 kg/m ²
02	Comprimento 4.815 mm x altura 2.600 mm. Espaçamento entre montantes: 400 mm. Largura dos montantes: 90 mm, com balanço de 30 mm. Sem isolante e sem barreira impermeável.	Impacto de corpo mole (externo). Impacto de corpo duro. Solicitação de cargas suspensas. Cargas pontuais externas. Permeabilidade à água. Aderência do revestimento.
03	Comprimento 2.400 mm x Altura 2.400 mm. Espaçamento entre montantes: 400 mm. Largura dos montantes: 90 mm, com balanço de 30 mm. Com isolante e com barreira impermeável.	Choque térmico. Estanqueidade pré e pós-choque térmico. Aderência do revestimento pós-choque térmico.
04	Comprimento 2.400 mm x altura 2.400 mm. Espaçamento entre montantes: 400 mm. Largura dos montantes: 90 mm, sem balanço. Com isolante e com barreira impermeável.	Isolação sonora.
05	Comprimento 2.540 mm (interno ao pórtico). 3.040 mm (externo ao pórtico) x altura 2.548 mm (interno ao pórtico). 3.348 mm (externo ao pórtico). Espaçamento entre montantes: aproximadamente. 400 mm. Largura dos montantes: 90 mm, com balanço de 30 mm. Com isolante e sem barreira impermeável.	Resistência ao fogo.
Protótipo (Parede DW16)	Comprimento 6.197 mm (entre pilares) x altura 3.180 mm (entre laje de piso e viga). Espaçamento entre montantes: aprox. 600 mm. Largura dos montantes: 140 mm, sem balanço. Com isolante e com barreira impermeável.	Impacto de corpo mole (interno).
Protótipo (Parede DW09)	Vão de 2.030 mm. Espaçamento entre montantes: aprox. 400 mm, com dois montantes duplos em cada lateral do vão. Largura dos montantes: 90 mm, com balanço de 30 mm; com isolante e com barreira impermeável.	Cargas incidentes em parapeitos de janelas.

5.2.1. DESEMPENHO ESTRUTURAL – ESTADO LIMITE ÚLTIMO E ESTADO LIMITE DE SERVIÇO

A verificação do atendimento do sistema de fachada leve ao requisito de desempenho estipulado na Diretriz SiNAT nº 009 quanto aos Estados Limites Últimos e de Serviço se baseou nas seguintes análises: 1) análise do projeto estrutural e da memória de cálculo; 2) análise dos detalhes construtivos do sistema; e 3) ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, visando simular as ações horizontais em consequência do vento.

A análise de projeto considerou as especificações e os detalhes construtivos do sistema de fachada leve, o relatório de cálculo disponibilizado para a configuração utilizada no ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas e a tabela de pré-dimensionamento de perfis.

Com relação às especificações do sistema, algumas constituem premissas que devem ser consideradas no projeto e dimensionamento estrutural da fachada leve, para todos os empreendimentos, quais sejam:

- Dimensões mínimas dos perfis metálicos: espessura (0,95 mm), largura da aba das guias (40 mm), largura da aba dos montantes (50 mm) e largura da alma conforme dimensionamento estrutural, sendo no mínimo de 90 mm.
- Aço dos perfis metálicos com resistência mínima de escoamento de 230 MPa.
- Guias fixas diretamente à estrutura do edifício (não se pode fixá-las ao contrapiso, por exemplo), com chumbadores de expansão ou parafusos com bucha, dimensionados para cada situação específica, observando-se as características mínimas estabelecidas no item 5.1.6. e um coeficiente de segurança de no mínimo 3,0. Tais fixadores devem ter um espaçamento máximo entre si de 400 mm.
- Balanço máximo das guias em relação à estrutura do edifício de $b_w/3$, acima deste valor, deve-se prever o uso de cantoneira metálica para suporte.
- Distância mínima do eixo do fixador à borda do elemento estrutural de acordo com as recomendações do fabricante. Verifique os requisitos estabelecidos para a estrutura de concreto na qual os chumbadores/parafusos serão fixados e a necessidade de reforço com armaduras nessas regiões.
- Espaçamento máximo entre perfis de 400 mm.
- Altura máxima dos perfis metálicos (sem travamento) é necessário verificar caso a caso, conforme o dimensionamento estrutural.
- Montantes fixos apenas às guias inferiores para permitir deformação da estrutura do edifício sem transmissão de tensões para a fachada.
- Fechamento externo com placa de fibrocimento com espessura mínima de 10 mm, largura nominal de 1.200 mm e altura 2.400 mm ou 3.000 mm. Juntas entre placas com (5 ± 1) mm de espessura, com tratamento (vide item 4).
- Fixação das placas de fibrocimento apenas aos montantes, com espaçamento máximo entre parafusos de 300 mm.
- Fechamentos externo e interno não devem ser considerados para contraventamento do sistema de fachada leve.
- Uso de perfis “U” e “CD” para possibilitar a fixação das placas de fibrocimento sobre a estrutura suporte do edifício, de modo a respeitar o espaçamento máximo recomendado entre os parafusos de fixação dessas placas.

NEXTERA

- Dimensão horizontal máxima dos panos de 6 m, acima deste valor é necessário prever uma junta de controle vertical.
- Uso de perfis duplos nas laterais de vãos de portas e janelas.

O relatório de cálculo analisado considerou um perfil de 140 mm de largura e 50 mm de aba e 2.700 mm de comprimento. Considerou-se a pressão de 2.730 Pa, correspondente à pressão de segurança indicada pela ABNT NBR 10821-2 para um edifício de 30 pavimentos (90 m de altura), na zona V (situação mais crítica). Foram feitas as seguintes verificações: estabilidade do perfil à força cortante, ao momento fletor e às ações combinadas; deformação máxima e flambagem lateral com torção.

A tabela de pré-dimensionamento de perfis informa a largura da alma do perfil em função da pressão de vento incidente e serve como um balizamento inicial para definição da configuração do sistema, não dispensando o cálculo estrutural para cada empreendimento.

O ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas foi feito considerando-se os seguintes parâmetros: pressão de serviço 1.820 Pa e pressão de segurança 2.730 Pa (positiva e negativa). Os resultados são apresentados na **Tabela 12**.

Tabela 12: Resultados de desempenho – cargas laterais uniformemente distribuídas

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Cargas laterais uniformemente distribuídas, com pressões conforme ABNT NBR 1.0821-2	Não ocorrência de falhas que comprometam o Estado Limite de Serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh \leq h/175$, limitado a 3 cm $dhr \leq h/1.750$	Nada a relatar. $dh = 2,7 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$ (pressão) $dh = 3,0 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$ (sucção) $dhr = 0,0 \text{ mm} < 1,4 \text{ mm}$ ($h/1.750$) (pressão) $dhr = 0,3 \text{ mm} < 1,4 \text{ mm}$ ($h/1.750$) (sucção)

h: altura do elemento parede; dh: deslocamento horizontal instantâneo; dhr: deslocamento horizontal residual.

O sistema de fachada leve atende ao critério de resistência a cargas laterais uniformemente distribuídas, na configuração avaliada. O sistema apresenta potencial de atendimento ao requisito de desempenho estrutural (Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço), desde que o dimensionamento estrutural seja feito a cada empreendimento, adotando-se as premissas de projeto indicadas.

5.2.2. DESEMPENHO ESTRUTURAL – SOLICITAÇÕES DE CARGAS PROVENIENTES DE PEÇAS SUSPENSAS

O desempenho estrutural do sistema de fachada leve em relação a solicitações de cargas provenientes de peças suspensas foi verificado por meio de ensaio. Avaliaram-se duas condições: mão francesa padrão e dispositivo para cargas faceando a parede (**Foto 1 e Foto 2**). Em ambos os casos, as cargas foram fixadas apenas à placa de fibrocimento, fora da região dos montantes e sem reforços adicionais.

A especificação da bucha utilizada para fixação das cargas suspensas é “BFX Toggler 3/16” e do parafuso é Ø 3/16” x 2” (4,76 mm x 63,5 mm). Os resultados do ensaio de cargas suspensas são apresentados na **Tabela 12**.



Foto 1: Ensaio de cargas suspensas de carga faceando a parede.



Foto 2: Aplicação de carga no dispositivo de carga faceando a parede.

Tabela 13: Resultados de desempenho – cargas suspensas

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Mão francesa padrão 0,4 kN/ponto 0,8 kN/peça	Não ocorrência de falhas que comprometam o Estado Limite de Serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh \leq h/500$ $dhr \leq h/2.500$	Nada a relatar. $dh = 0,4 \text{ mm} < 5,2 \text{ mm } (h/500)$ $dhr = 0,3 \text{ mm} < 1,04 \text{ mm } (h/2.500)$
Dispositivo para aplicação de cargas faceando a parede	Aplicação da carga até a ruptura do sistema. Cargas de curta duração contemplam um coeficiente de segurança da ordem de 3, conforme a Diretriz SiNAT n0 009.	Ruptura do parafuso com 4,2 kN.

h: altura do elemento parede; dh: deslocamento horizontal instantâneo; dhr: deslocamento horizontal residual

O sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência a cargas suspensas. Recomenda-se informar as cargas de uso nos documentos técnicos do sistema de fachada leve, considerando-se os coeficientes de segurança aplicáveis: 2, no caso de cargas de longa duração (mão francesa padrão), ou seja, a carga de uso seria de 0,2 kN/ponto ou 0,4 kN/peça; e 3, no caso de aplicação contínua de carga até a ruptura (carga faceando a parede), ou seja, 1,4 kN.

5.2.3. DESEMPENHO ESTRUTURAL – RESISTÊNCIA A CARGAS PONTUAIS EXTERNAS

A resistência a cargas pontuais externas foi avaliada por meio de ensaio (**Foto 3**), conforme indicado na Diretriz SiNAT nº 009, e os resultados são apresentados na **Tabela 13**.

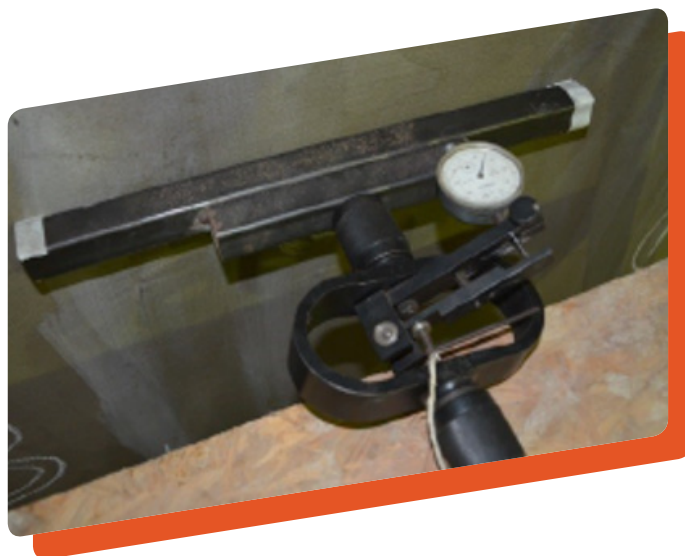


Foto 3: Ensaio de resistência a cargas pontuais externas.

Tabela 14: Resultados de desempenho – cargas pontuais externas

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Aplicação de carga pontual externa - 1 kN, dividida entre dois apoios de dimensões 25 x 25 mm, espaçados entre si em 440 mm	Não ocorrência de falhas que comprometam o Estado Limite de Serviço. Limitação dos deslocamentos horizontais: $dh \leq h/500$. $dhr \leq h/2.500$	Sem falhas. $dh = 3,42 \text{ mm} < 2.600/50 = 5,2 \text{ mm}$ $dhr = 0,19 \text{ mm} < 2.600/2.500 = 1,04 \text{ mm}$

h: altura do elemento parede; dh: deslocamento horizontal instantâneo; dhr: deslocamento horizontal residual.

O sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência a cargas pontuais externas.

5.2.4. DESEMPENHO ESTRUTURAL – RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO MOLE

A resistência ao impacto de corpo mole foi avaliada por meio de ensaio em laboratório para os impactos na face externa e por ensaio em protótipo para os impactos na face interna. A **Tabela 14** e a **Tabela 15** apresentam os resultados para a face externa e face interna respectivamente.

Tabela 15: Resultados de desempenho – impacto de corpo mole - face externa

ENSAIO		CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
REQUISITO	ENERGIA (J)		
Face externa - sobre montante	240	Não ocorrência de falhas (ELS) $dh \leq h/62,5$ $dhr \leq h/625$	Nada a relatar. $dh = 20 \text{ mm} < 41,6 \text{ mm (h/62,5)}$ $dhr = 0 \text{ mm} < 4,16 \text{ mm (h/625)}$
	360	Não ocorrência de falhas (ELS)	Nada a acrescentar.
	720	Não ocorrência de ruína (ELU)	Aparecimento de fissura na chapa na face oposta a de impacto (não caracteriza ruína).
Face externa - entre montantes	240	Não ocorrência de falhas (ELS) $dh \leq h/62,5$ $dhr \leq h/625$	Nada a relatar. $dh = 20 \text{ mm} < 41,6 \text{ mm (h/62,5)}$ $dhr = 0 \text{ mm} < 4,16 \text{ mm (h/625)}$
	360	Não ocorrência de falhas (ELS)	Depressão localizada na face de impacto (não caracteriza falha).
	480	-	Nada a acrescentar (impacto adicional aplicado ao corpo de prova).
	720	Não ocorrência de ruína (ELU)	Aumento da depressão (não caracteriza ruína).
Face externa - entre montantes (próximo à junta de controle)	240	Não ocorrência de falhas (ELS) $dh \leq h/62,5$ $dhr \leq h/625$	Nada a relatar. $dh = 20 \text{ mm} < 41,6 \text{ mm (h/62,5)}$ $dhr = 0 \text{ mm} < 4,16 \text{ mm (h/625)}$
	360	Não ocorrência de ruína (ELS)	Depressão localizada na face de impacto (não caracteriza falha).
	720	Não ocorrência de ruína (ELU)	Aumento da depressão (não caracteriza ruína).

Tabela 16: Resultados de desempenho - impacto de corpo mole - face interna

ENSAIO		CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
REQUISITO	ENERGIA (J)		
Face externa - sobre montante	120	Não ocorrência de falhas (ELS) $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	Nada a relatar. $dh = 15 \text{ mm} < 25,4 \text{ mm (h/125)}$ $dhr = 0 \text{ mm} < 5,1 \text{ mm (h/625)}$
	180	Não ocorrência de ruptura nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (ELU)	Nada a acrescentar.
	360	Não ocorrência de ruptura nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (ELU)	Nada a acrescentar.
Face externa - entre montantes	120	Não ocorrência de falhas (ELS) $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$	Nada a relatar. $dh = 12 \text{ mm} < 25,4 \text{ mm (h/125)}$ $dhr = 0 \text{ mm} < 5,1 \text{ mm (h/625)}$
	180	Não ocorrência de ruptura nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (ELU)	Aparecimento de fissura na chapa na face de impacto.
	360	Não ocorrência de ruptura nem o traspasse da parede pelo corpo percussor de impacto (ELU)	Ruptura localizada na região do impacto.

h: altura do elemento parede; dh: deslocamento horizontal instantâneo; dhr: deslocamento horizontal residual.

O sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência ao impacto de corpo mole, tanto para a face interna quanto para a externa.

5.2.5. DESEMPENHO ESTRUTURAL – RESISTÊNCIA A IMPACTOS DE CORPO DURO

A resistência ao impacto de corpo duro foi avaliada por meio de ensaio em laboratório. A **Tabela 17** apresenta os resultados.

Tabela 17: Resultados de desempenho - impacto de corpo duro

ENSAIO		CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
REQUISITO	ENERGIA (J)		
Face externa	3,75	Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento (ELS)	Nada a relatar.
	20	Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou trespassamento (ELU)	Nada a relatar.

O sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência ao impacto de corpo duro, na face externa. Os impactos previstos na Diretriz SiNAT nº 009, na face interna não foram aplicados, por terem sido utilizadas placas de drywall que devem atender às respectivas normas técnicas.

5.2.6. DESEMPENHO ESTRUTURAL – CARGAS DE OCUPAÇÃO INCIDENTES EM PARAPEITOS DE JANELAS

5.2.6. Desempenho estrutural – Cargas de ocupação incidentes em parapeitos de janelas. Este requisito de desempenho foi avaliado por meio de ensaio de esforço estático horizontal e vertical, realizado em um vão de janela no protótipo. A Tabela 18 sintetiza seus resultados. Embora a Diretriz SiNAT nº 009 recomende a aplicação da carga prevista na ABNT NBR 14.718 para guarda-corpos de uso privativo (400 Nm para carga de uso e 680 Nm para carga de segurança), optou-se neste caso por avaliar o parapeito como uso coletivo, cujas cargas são superiores (1.000 Nm para carga de uso e 1.700 Nm para carga de segurança). Além disso, aplicou-se um impacto de 500 J na face interna, não solicitado pela Diretriz SiNAT nº 009.

Tabela 18: Resultados de desempenho – cargas de ocupação incidentes em parapeitos de janelas

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Esforço estático horizontal	O sistema não deve apresentar ruptura de qualquer de seus componentes e não deve ocorrer afrouxamento ou destacamento de componentes e dos elementos de fixação, com: - aplicação de carga de uso de 1.000 Nm ^b . - aplicação de carga de segurança equivalente a 1,7x a carga de uso (1.700 Nm) ^b .	Não se observou ruptura, afrouxamento ou destacamento de quaisquer componentes. Deformação sob pré-carga = 0,61 mm ($\leq$ 7 mm). Deformação sob carga de uso = 3,40 mm ($\leq$ 20 mm). Deformação residual após carga de uso = 0,77 mm ($\leq$ 3 mm). Deformação sob carga de segurança = 7,27 mm ($\leq$ 150 mm).
Esforço estático vertical	O sistema não deve apresentar ruptura e não deve ocorrer afrouxamento ou destacamento de componentes e dos elementos de fixação, com a aplicação de carga de segurança (1.700 N/m) ^b .	Não se observou ruptura, afrouxamento ou destacamento de quaisquer componentes. Deformação sob carga = 0,23 mm ($\leq$ 20 mm). Deformação residual após carga = 0,00 ($\leq$ 8 mm).
Impacto	Requisito não constante da Diretriz SiNAT nº 009.	Nada a relatar após impacto de 500 J.

a) Os valores limites de deformação da ABNT NBR 14718 são apresentados a título de comparação apenas.
b) Cargas para guarda-corpos de uso coletivo e, portanto, superiores às indicadas na Diretriz SiNAT nº 009.

O sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência a cargas incidentes em parapeitos.

5.2.7. DESEMPENHO ESTRUTURAL – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA DA ARGAMASSA AO SUBSTRATO

A resistência de aderência média obtida em ensaio foi de 0,57 MPa, ou seja, superior ao critério de desempenho de 0,3 MPa estipulado pela Diretriz SiNAT nº 009. O tipo de ruptura predominante foi na própria placa de fibrocimento.

5.2.8. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO – REAÇÃO AO FOGO

A superfície interna do sistema de fachada leve é formada por placas de drywall RF, que se classificam como IIA, e por núcleo isolante em lã mineral, incombustível (I). A classificação das placas de fibrocimento que compõem a face externa do SVVE é IIA (Tabela 2). Portanto, atende-se ao critério de desempenho de reação ao fogo.

5.2.9. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO – RESISTÊNCIA AO FOGO

O corpo de prova foi submetido ao ensaio de resistência ao fogo por 120 minutos, que corresponde ao Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) máximo da ABNT NBR 14.432 e apresentou resistência ao fogo no grau corta-fogo pelo período de 120 minutos (CF120) e no grau para-chama pelo período de 120 minutos (PC120). Sendo assim, com as atuais especificações, o sistema de fachada leve pode ser aplicado em edifícios de até 90 m de altura.

5.2.10. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL

As especificações e os detalhes construtivos do sistema de fachada leve preveem o emprego de um selo corta-fogo (“firestop”), constituído de lã mineral. O selo corta-fogo apresentou desempenho satisfatório no ensaio de resistência ao fogo, não permitindo a passagem de fumaça ou chamas por 120 minutos.

5.2.11. ESTANQUEIDADE À ÁGUA DE CHUVA, CONSIDERANDO-SE A AÇÃO DO VENTO VERTICAL

A **Tabela 19** apresenta os resultados do ensaio de estanqueidade à água de chuva.

Tabela 19: Resultados de desempenho – estanqueidade à água de chuva

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Aspersão de água sob pressão, vazão 3 L/min/m², tempo de ensaio de 7 horas, pressão de ensaio 500 Pa	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência de água, em relação à área total do CP ao final do ensaio: 5%.	Nada a relatar.

Ou seja, o sistema de fachada leve atende ao requisito de estanqueidade, na avaliação por meio de ensaio de aspersão de água sob pressão.

Além da realização do ensaio, a Diretriz SiNAT n0 009 solicita que o sistema de fachada leve disponha de detalhes construtivos de interface com outros sistemas e de juntas, que prevejam o adequado escoamento de água para evitar sua penetração para o interior da edificação. O caderno de detalhes do sistema de fachada leve contempla os itens solicitados pela Diretriz SiNAT n0 009, que compreendem:

- Tratamento das juntas.
- Interface com esquadrias.
- Rodapé de varanda/terraço.
- Encontro com piso/viga/sócolo.
- Interface com cobertura e platibandas.

Os referidos detalhes são considerados adequados sob o ponto de vista da estanqueidade à água.

5.2.12. ESTANQUEIDADE - PERMEABILIDADE À ÁGUA DA FACE EXTERNA

A Tabela 20 apresenta os resultados do ensaio de permeabilidade à água da face externa.

Tabela 20: Resultados de desempenho - permeabilidade à água da face externa

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
Exposição de uma área de 34 x 16 cm à água por um período de 24 horas	Não permitir penetração de água superior a 30 cm ² .	Volume de água infiltrado não teve infiltração.

O sistema de fachada leve atende ao requisito de permeabilidade à água da face externa.

5.2.13. ESTANQUEIDADE - UMIDADE DECORRENTE DA OCUPAÇÃO DO IMÓVEL

A interface do sistema de fachada leve com áreas molháveis e molhadas internas deve seguir as mesmas especificações com rodapé metálico, válidas para sistemas de drywall, conforme NBR 15.758-1.

5.2.14. ESTANQUEIDADE - PERMEABILIDADE AO AR

Durante o ensaio de cargas laterais uniformemente distribuídas, foi medida a permeabilidade ao ar do sistema de fachada leve. O sistema de fachada leve dispõe de detalhes construtivos que impedem a penetração excessiva de ar pela fachada, o que permite o potencial atendimento a este requisito.

5.2.15. DESEMPENHO ACÚSTICO - ISOLAÇÃO SONORA

A **Tabela 21** apresenta o resultado do ensaio de isolamento sonora.

Tabela 21: Resultados de caracterização – perfil de acabamento de PVC

CLASSE DE RUÍDO	MÉTODO DE ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO ENSAIO DE LABORATÓRIO RW (DB)	RESULTADOS RW (DB)
I	Edificação distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	25	51
II	Áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	30	
III	Edificação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação.	35	

Nota-se que o índice de redução sonora ponderado (Rw) obtido é superior ao critério indicado pela Diretriz SiNAT nº 009. Entretanto, observa-se que este valor foi obtido nas condições em que o corpo de prova foi executado, destacando-se: o uso de isolante de lã de vidro no interior da parede, o uso de banda acústica em todo o perímetro da parede e a selagem com selante à base de poliuretano no encontro entre a face interna da parede e o pórtico de ensaio.

5.2.16. DESEMPENHO TÉRMICO – TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DA PAREDE

A **Tabela 22** apresenta o cálculo da transmitância e da capacidade térmica da parede, considerando-se a parede com perfil metálico de 90 mm de largura.

Tabela 22: Resultados de desempenho – transmitância e capacidade térmica

PAREDE COM PERFIL DE AÇO DE 90 MM DE LARGURA	COMPOSIÇÃO PAREDE			
	1	2	3	4
	FECHAMENTO INTERNO	ISOLANTE TÉRMICO	FECHAMENTO EXTERNO	REVESTIMENTO EXTERNO
	2 PLACAS DE DRYWALL RF 15 MM CADA	LÃ DE VIDRO WALLFELT 10 KG/M ² COM 100 MM	CHAPA DE FIBROCIMENTO 10 MM DE ESPESSURA	BASECOAT DE ARGAMASSA COM 3 MM DE ESPESSURA
Espessura da camada – e (mm)	30	90 c	10	3
Densidade do material – e (kg m ²)	750	11 c	1.582	1.492
Condutividade térmica – e (W/(m.K)) a	0,35	0,047	0,65	1,15
calor específico – c (kJ/(kg.K)) a	0,84	0,75	0,84	1
Resistência térmica da camada (R=e/m ²) (m ² .K/W)	0,0857	1,9149	0,0154	0,0026
Resistência superficial externa (m ² .K/W)			0,13	
Resistência superficial interna (m ² .K/W)			0,04	
Resistência térmica – Rt (m ² .K/W)			2,1886	
Transmitância térmica – Ut (W/(m ² .K))			0,4569	
Capacidade térmica da camada – C (C = e.m ² .d) (kJ/(m ² .K))	18,9	-	-	-
Capacidade térmica – Ct (kJ/(m ² .K))			18,9	

a) Dado da ABNT NBR 15.220-2:2005.

b) No caso de paredes que tenham na sua composição materiais isolantes térmicos de condutividade térmica menor ou igual a 0,065 W/(m.K) e resistência térmica maior que 0,5 (m².K)/W, o cálculo da capacidade térmica deve ser feito desprezando-se todos os materiais voltados para o ambiente externo, posicionados a partir do isolante ou espaço de ar.

c) Características do isolante de 100 mm quando instalado no interior de uma parede de 90 mm.

De acordo com a Diretriz SiNAT nº 009, a transmitância e a capacidade térmica da parede devem ser informadas pelo detentor da tecnologia, de modo a possibilitar que o usuário tenha as informações necessárias para realizar a avaliação do desempenho térmico do edifício no qual o sistema de fachada leve é aplicado, conforme ABNT NBR 15.575-1.

5.2.17. DURABILIDADE – ESTANQUEIDADE ANTES E DEPOIS DE CICLOS DE CALOR E CHOQUE TÉRMICO

A **Tabela 23** apresenta os resultados de desempenho do ensaio de estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico.

Tabela 23: Durabilidade – Estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico

ENSAIO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO	RESULTADOS
10 ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jato d'água	Deslocamento horizontal instantâneo, no plano perpendicular ao corpo de prova $\leq h/300$.	Máximo deslocamento horizontal = $3 \text{ mm} < 8 \text{ mm} (h/300)$.
	Ausência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos, descoloramentos e outros danos.	Nada a relatar.
	As paredes devem permanecer estanques (estanqueidade pós-choque térmico em condições semelhantes ao ensaio descrito na Tabela 19).	Sem infiltrações.

Observa-se que o sistema de fachada leve atende ao requisito de resistência e estanqueidade pós-ciclo de calor e choque térmico. A resistência de aderência do revestimento, medida após os ciclos de calor e resfriamento, foi de 0,54 MPa, que corresponde a 95% da resistência inicial, ou seja, em conformidade com o critério de desempenho da Diretriz SiNAT nº 009 (mínimo 70% da resistência de aderência inicial e 0,25 MPa). Os resultados constam do Relatório de Ensaio nº 1 095 157-203.

5.3. PROTÓTIPO

As visitas ao protótipo, construído na fábrica da Brasilit em Capivari, tiveram a finalidade de analisar as interfaces entre o sistema de fachada leve e outros elementos do edifício (estrutura suporte, esquadrias, etc.), bem como aspectos relativos à qualidade do processo de execução.



Foto 4: Estágio do protótipo na 1ª visita.



Foto 5: Estágio do protótipo na 2ª visita.



Foto 6: Estágio do protótipo na 3ª visita.



Foto 5: Estágio do protótipo na 2ª visita.

6. CONCLUSÃO

Com base na avaliação técnica conduzida, constata-se que o sistema de fachada leve da Brasilit apresenta potencial de atendimento aos requisitos de desempenho estipulados pela ABNT NBR 15.575-4: 2013 e Diretriz SiNAT nº 009, desde que as especificações de projeto sejam seguidas e o controle da qualidade da execução seja efetivo.

A documentação técnica do sistema deve considerar todas as características dos componentes apresentados neste relatório. Além disso, sugere-se a complementação desta documentação com procedimentos de execução que orientem o controle do processo de execução da fachada leve, com as principais atividades, os equipamentos de transporte e as tolerâncias (por exemplo, desvios dimensionais admissíveis, espessura mínima e regularidade superficial do basecoat, entre outros), bem como um procedimento para recebimento de todos os componentes, com as características que devem ser verificadas e as respectivas tolerâncias.

A **Tabela 24** sintetiza os resultados da avaliação técnica de desempenho do sistema de fachada leve Saint-Gobain/Brasilit.

NEXTERA

Tabela 24: Quadro resumo da avaliação técnica de desempenho do sistema de fachada leve

ASPECTO	DESEMPENHO		
	SATISFATÓRIO	PARCIALMENTE SATISFATÓRIO	NÃO SATISFATÓRIO
DESEMPENHO ESTRUTURAL			
Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço	-	✓	
Solicitações de cargas provenientes de peças suspensas	✓		
Resistência a cargas pontuais externas	✓		
Resistência a impactos de corpo mole	✓		
Resistência a impactos de corpo duro	✓		
Cargas de ocupação incidentes em parapeitos sob janelas	✓		
Resistência de aderência da argamassa ao substrato	✓		
SEGURANÇA AO FOGO			
Reação ao fogo	✓		
Resistência ao fogo	✓		
Compartimentação vertical	✓		
ESTANQUEIDADE À ÁGUA			
Estanqueidade à água de chuva, considerando-se a ação do vento	-	✓	
Permeabilidade à água da face externa	✓		
Umidade decorrente da ocupação do imóvel	✓		
Permeabilidade ao ar	✓		
DESEMPENHO ACÚSTICO			
Isolação sonora	✓		
DESEMPENHO HIDROTÉRMICO			
Transmitância térmica da parede	✓		
Comportamento hidrotérmico da fachada	-	-	-
DURABILIDADE E MANUTENIBILIDADE			
Estanqueidade antes e depois de ciclos de calor e choque térmico	✓		
Resistência de aderência da argamassa ao substrato depois de ciclos de calor e choque térmico	✓		
Manutenibilidade	-	-	-

A Saint-Gobain atesta que as informações aqui obtidas foram retiradas do Relatório Técnico IPT 151 740-205 – Avaliação técnica do sistema de fachada leve em steel frame da Saint-Gobain para emprego em edifícios de múltiplos pavimentos.

**Fique por dentro de todas
as novidades de Nextera:**



 Quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
 quartzolit
www.quartzolit.com.br

 placodobrasil
 placodobrasil
 placodobrasil
 placodobrasil
www.placo.com.br

 brasilitoficial
 brasilit
 saintgobainbrasilit
 brasilit
www.brasilit.com.br

 isoverBR
 isoverbrasil
 Isover Brasil
 isover-saint-gobain-brasil
www.isover.com.br