Industrialização, Digitalização, Desempenho

5º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 5º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos

FLORIANÓPOLIS-SC | 20 a 22 de agosto

[1]ESTUDO EXPERIMENTAL E NUMÉRICO DE LIGAÇÕES E CONEXÕES DE REVESTIMENTOS NÃO-ADERIDOS SOB PRESSÕES DE VENTO

Experimental and Numerical Study of Fasteners and Connections of Non-Adhered Claddings Under Wind Pressures

Guilherme Akyo Cremonesi
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT | São Paulo, SP | gcremonesi@ipt.br

Mauricio Marques Resende
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT | São Paulo, SP | mresende@ipt.br

Takashi Yojo
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT | São Paulo, SP | yojos@ipt.br

Julio Cesar Sabadini de Souza
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT | São Paulo, SP | sabadini@ipt.br

Luciana Alves de Oliveira
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT | São Paulo, SP | luciana@ipt.br

RESUMO

Os revestimentos não-aderidos (RNA) são sistemas com características de fixação por meio de ligações e conexões a uma determinada estrutura na fachada. As ligações e conexões do revestimento devem ter capacidade resistente para suportar os esforços atuantes no RNA, como as pressões de vento de sucção e sobrepressão, críticas para este tipo de revestimento. Este artigo propõe uma análise estrutural das ligações e conexões de um sistema de revestimento não-aderido submetido à pressão apenas de sucção, simulando a ação do vento, por meio de ensaio e simulação computacional baseada no método dos elementos finitos (FEM). A partir do protótipo físico submetido ao ensaio de cargas uniformemente distribuídas, definiu-se o modelo numérico do revestimento não-aderido. Em seguida, realizou-se uma simulação computacional para avaliação do método de ensaio e verificação do dimensionamento da fixação e interfaces do RNA. Os resultados demonstraram a viabilidade do método em verificar a influência da quantidade e distanciamento das ligações e conexões entre diferentes componentes do sistema do RNA para suportar diferentes pressões de sucção devidas ao vento.

Palavras-chave: revestimento não-aderido, pressão de vento em fachadas, dimensionamento de fachadas por elementos finitos, ensaio de carga distribuída em fachadas.

ABSTRACT

Non-adhered cladding systems (NACS) are systems with fixation characteristics through connections and fasteners to a specific structure on the facade. The connections and fasteners of the cladding must have load-bearing capacity to withstand the forces acting on the NACS, such as wind suction and overpressure loads, which are critical for this type of cladding. This article proposes a structural analysis of the connections and fasteners of a non-adhered cladding system subjected to suction pressure, simulating wind action, through physical testing and computational simulation based on the finite element method (FEM). From the physical prototype subjected to uniformly distributed load testing, the numerical model of the non-adhered cladding was defined. Subsequently, a computational simulation was conducted to evaluate the testing method and verify the sizing of the fixations and interfaces of the NACS. The results demonstrated the feasibility of the method in verifying the influence of the quantity and spacing of connections and fasteners between different components of the NACS to withstand varying wind-induced suction pressures.

Keywords: *Non-adhered claddings, wind pression on facades, finite element design of facades, distributed load testing on facades.*

[1]CREMONESI, G. A. et al. Experimental and Numerical Study of Fasteners and Connections of Non-Adhered Claddings Under Wind Pressures. In: V WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS, 2025, Florianópolis. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2025.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de revestimentos não-aderidos (RNA), compostos por elementos metálicos fixados a uma estrutura principal por meio de conectores, têm ganhado destaque em edificações residenciais e comerciais devido à sua versatilidade. Esses sistemas são caracterizados pela sua fixação a uma estrutura portante da fachada, como perfis de aço formatos a frio dos sistemas de *Light Steel Frame (LSF)*, por meio de ligações aparafusadas com a utilização de parafusos autoperfurantes (LABOUBE, SOKOL, 2002; CIESIELCZYK, STUDZIŃSKI, 2022; SERRETTE, PEYTON, 2009; LEE et al., 2014; STUDZINSKI, CIESIELCZYK, 2019). As estruturas desses sistemas devem ser capazes de resistir a cargas horizontais, como as pressões devidas ao vento calculadas, conforme a NBR 6123[2] e NBR 10821[3], que podem induzir esforços críticos, e o dimensionamento da estrutura leve de aço deve considerar a NBR 14762[4].

A ausência de normas específicas no Brasil representa um desafio técnico sobre o desempenho estrutural das ligações desses sistemas quando submetidos às pressões de vento. A NBR 15575 estabelece requisitos e critérios para sistemas de vedações verticais, porém não contempla as particularidades dos revestimentos não aderidos, em particular, sob carregamentos dinâmicos como o vento.

Os dimensionamentos estruturais, assim como os ensaios laboratoriais normatizados, são essenciais para a compreensão do comportamento desses sistemas, pois permitem avaliar as limitações quanto as suas particularidades, em específico, as ligações e fixações existentes entre diferentes componentes (LEE et al., 2014; PEKOZ, 1990; FAIRUZ, SAPIEE Siti; HO, L. H, 2013, MARKOVIC et al., 2012; HUYNH, PHAM, HANCOCK, 2020). Nesse contexto, a simulação computacional, baseada no método dos elementos finitos (FEM), torna-se uma ferramenta que permite a modelagem numérica dos sistemas de fixação e ligação e o estudo das interações das ligações e fixações entre diferentes componentes conectados presentes no revestimento não aderido (ZHANG et al., 2018; ROY et al.,2019; LABOUBE, SOKOL, 2022; CIESIELCZYK, STUDZINSKI, 2021).

As simulações computacionais permitem analisar com precisão suficiente essas ligações e fixações, validadas pelos experimentos laboratoriais normatizados. A integração de softwares, como ANSYS, combinadas com os ensaios, possibilita uma análise mais detalhadas das respostas estruturais das ligações e fixações dos revestimentos não aderidos (ABU-HAMD, TAWFIK, 2021; ROY et al., 2019, ROY et al., 2019).

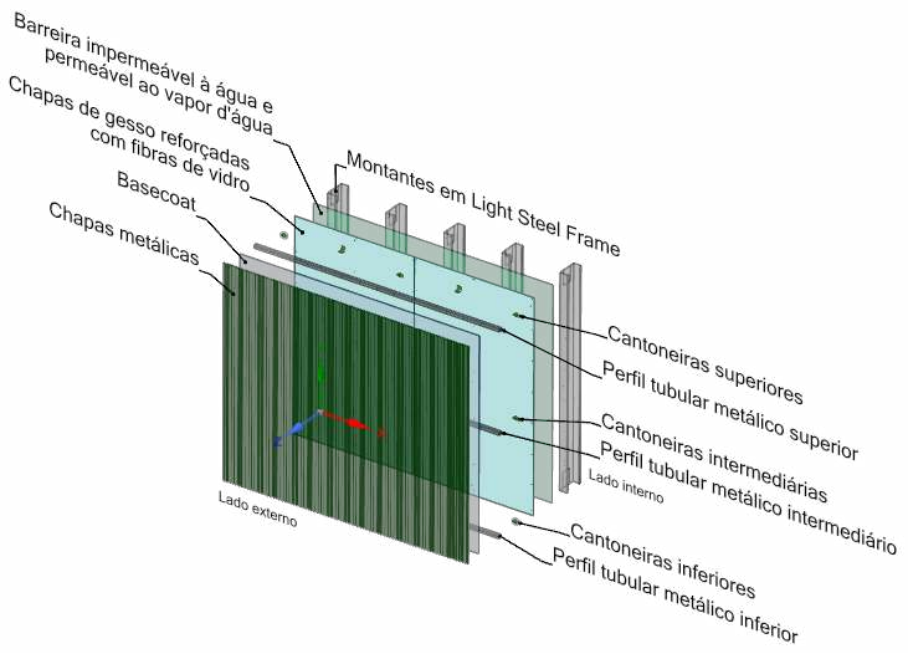
O sistema de revestimento não-aderido (RNA) não tem uma norma ou caderno de boas práticas nacionais específicos que auxiliem no seu dimensionamento estrutural, especialmente, quando tal revestimento está fixado em um sistema de vedação vertical leve, como o *LSF*. Por isso, em muitas situações recorre-se a ensaios para entendimento do comportamento do sistema. Entretanto, os ensaios são mais efetivos quando realizados numa fase mais avançada, quando o sistema já está mais desenvolvido e não em fases mais preliminares do projeto, como no desenvolvimento e concepção do produto.

Para apoiar o desenvolvimento de produtos e para análise das diversas alternativas possíveis, o pré-dimensionamento considerando simulações computacionais realizadas com base em modelos numéricos é interessante. A construção de modelos numéricos representativos de sistemas utilizando simulações computacionais já é uma realidade e permite auferir a capacidade resistente estrutural de sistemas sob esforços solicitantes, como mostram alguns estudos. Essas análises quantificam as tensões identificando possíveis locais de maiores solicitações com potencial ocorrência de falhas. Entretanto, o modelo utilizado no software precisa ser validado para possibilitar o dimensionamento correto, considerando todas as condições de contorno (ABU-HAMD, TAWFIK, 2021; ROY et al., 2019, ZHANG, MAHDAVIAN, YU, 2018).

Assim, o objetivo deste artigo é propor um método para avaliação estrutural de revestimentos não aderidos sob cargas de vento, combinando simulação computacional, baseada no método de elementos finitos (FEM), a partir de um modelo de sistema de revestimento não aderido ensaiado em laboratório. O sistema de revestimento, objeto deste artigo, é constituído por chapas metálicas corrugadas fixadas por meio de ligações parafusadas em perfis metálicos e aparafusadas nos montantes do sistema de fachada em *Light Steel Frame* (Figura 1).

[2] ABNT NBR 6123 Forças devidas ao vento em edificações
[3] ABNT NBR 10821 Esquadrias para edificações
[4] ABNT NBR 14762 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

Figura 1– Revestimento não aderido em sistema de fachada em *LSF*



2 METODOLOGIA

Para a construção do modelo numérico usado pelo software *ANSYS*, baseado no método dos elementos finitos (FEM), para possibilitar o dimensionamento do revestimento não–aderido com relação à resistência a cargas de vento, as seguintes atividades foram conduzidas:

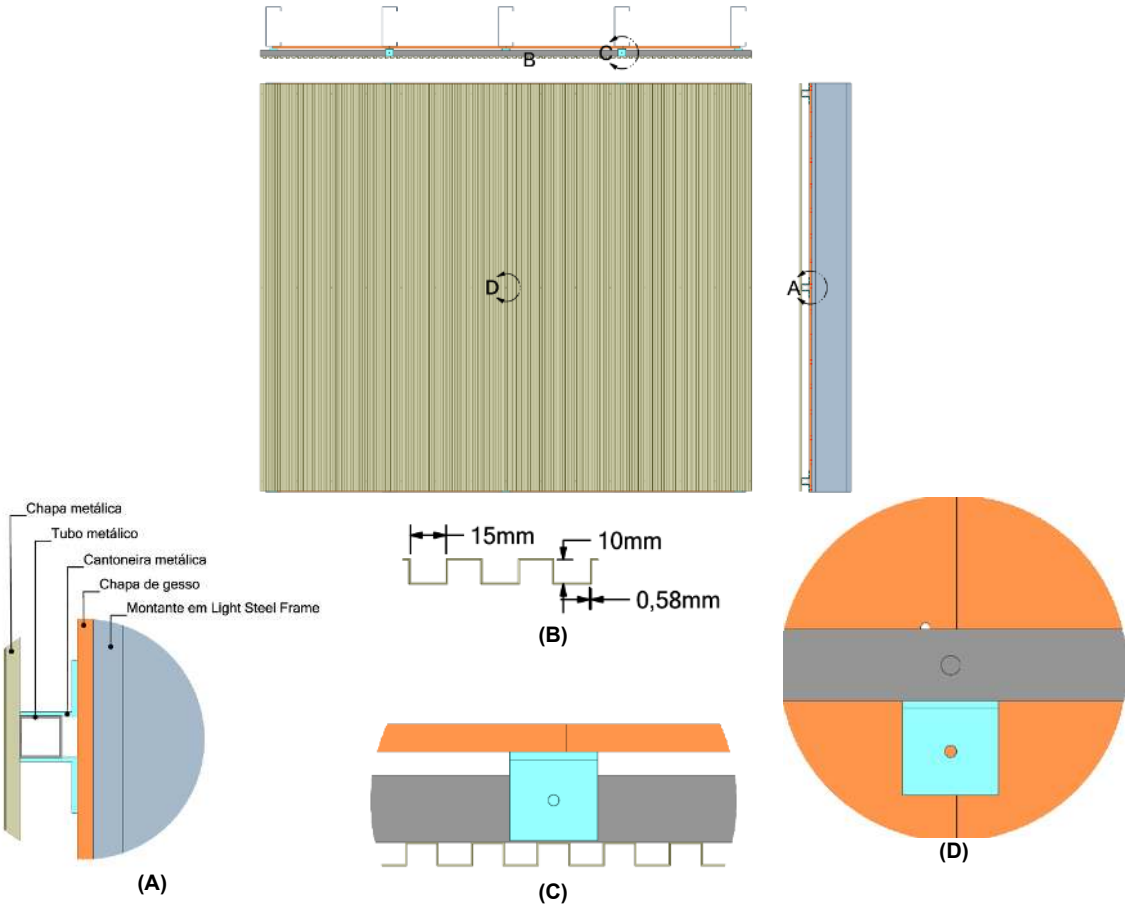
Montagem de protótipo físico em escala: o sistema de fachada em *Light Steel Frame* (*LSF*) com revestimento não aderido, objeto deste artigo, é apresentado na Figura 2, sendo constituído por:

- guias metálicas galvanizadas em perfil tipo "U" de seção transversal da ordem de 90 mm x 40 mm x 0,95 mm (alma, aba e espessura);
- montantes metálicos galvanizados em perfil "U" de seção transversal da ordem de 90 mm x 40 mm x 0,95 mm, posicionados verticalmente e espaçados entre si a cada 600 mm e fixados nas guias horizontais superior e inferior;
- face externa da parede composta por barreira resistente à água e permeável ao vapor d'água, chapa de fechamento externa de espessura de 12,5 mm fixadas à estrutura metálica, com parafusos distanciados aproximadamente de 300 mm. As chapas de fechamento externa são revestidas por basecoat (argamassa) reforçado com tela de fibra de vidro de malha de 4,0 mm x 4,0 mm formando uma espessura aproximada de 3 mm a 5 mm;
- revestimento metálico composto por chapas onduladas de alumínio com peso de aproximadamente 1,85 kg/m2. Este revestimento é fixado em perfis metálicos tubulares de dimensões aproximadas de 30 mm x 30 mm x 1,5 mm com parafuso auto atarraxante com ponta broca fenda *phillips* de dimensões 4,2 mm x 19 mm. Estes perfis metálicos são dispostos horizontalmente na face externa da parede e fixados em cantoneiras metálicas galvanizadas de dimensões de 40 mm x 40 mm x 3,17 mm e espaçadas a cada 600 mm.

Estas cantoneiras são fixadas nos montantes da vedação vertical com parafuso sextavado flangeado ponta broca com arruela de EPDM de dimensões 5,5 mm x 38 mm;

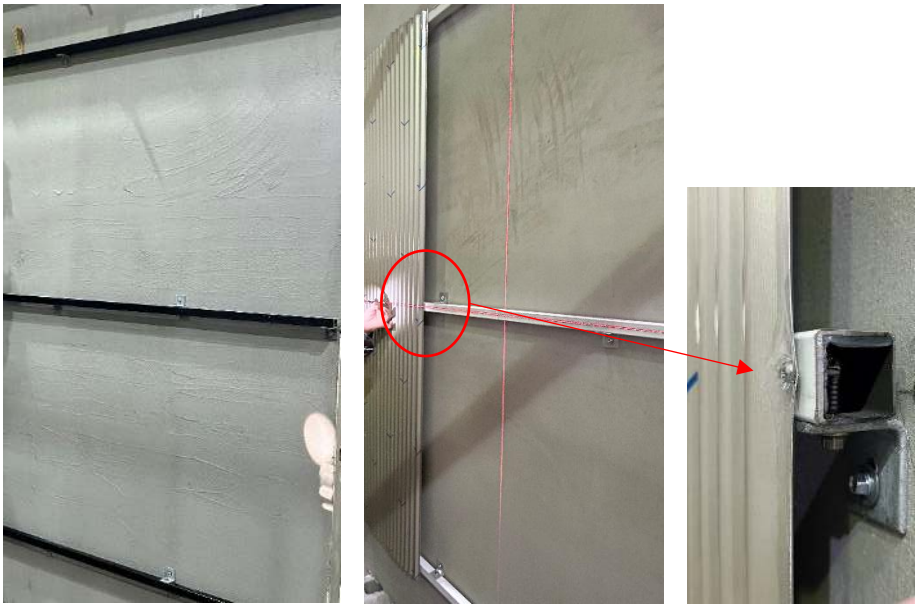
face interna da parede revestida por chapa de gesso RF para drywall, espessura de 15 mm fixadas à estrutura metálica a cada 300 mm. O tratamento das juntas entre as chapas de gesso é realizado com massa pronta e fita de papel microperfurada.

Figura 2 – Representação esquemática do RNA com o detalhamento construtivo das ligações aparafusadas em uma estrutura em *LSF*.



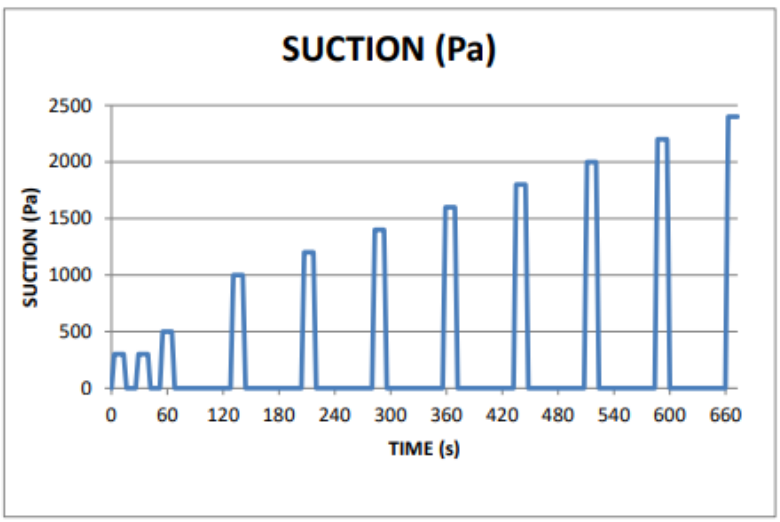
Realização de ensaio em laboratório: para verificação da resistência às cargas uniformemente distribuídas (cargas de vento) do sistema de revestimento externo não-aderido em um protótipo de dimensões de 2,40 m x 2,65 m (Figura 3). Esse ensaio foi realizado com o objetivo de ajustar as condições de contorno do modelo numérico de forma que os deslocamentos obtidos, para uma determinada pressão, pelo modelo fossem compatíveis com os deslocamentos obtidos no ensaio, bem como a carga de ruptura.

Figura 3 – Fixação do revestimento metálico não-aderido



O ensaio de cargas uniformemente distribuídas foi realizado por meio de sucessivos incrementos de pressão positiva e de sucção, até o limite de resistência do corpo de prova (presença de ruptura), conforme anexo E da EAD 090062-01-0404 e apresentados na Figura 4.

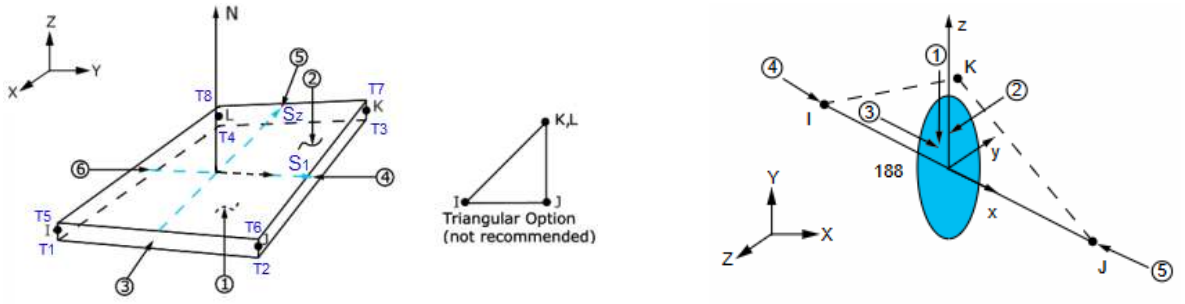
Figura 4 – Exemplo de incrementos de pressão de sução



Fonte: EAD 090062-01-0404

Definição do modelo numérico: o modelo numérico representativo do sistema de revestimento não aderido foi discretizado utilizando elementos de casca para as chapas metálicas, tubos metálicos, cantoneiras e as chapas de gesso reforçadas com véu de fibra de vidro, e elementos de viga para os parafusos de fixação. Os elementos de casca (*SHELL181*) possuem quatro nós com seis graus de liberdade cada, sendo translações nas direções x, y e z e rotações nos eixos x, y e z. Os elementos de viga (*BEAM188*) possuem nós também com seis graus de liberdade cada, sendo translações nas direções x, y e z e rotações nos eixos x, y e z. Os eixos x, y e z estão relacionados à planos cartesianos (Figura 5). A malha foi gerada com elementos triangulares com dimensões entre 15 mm e 30 mm (Figura 6a).

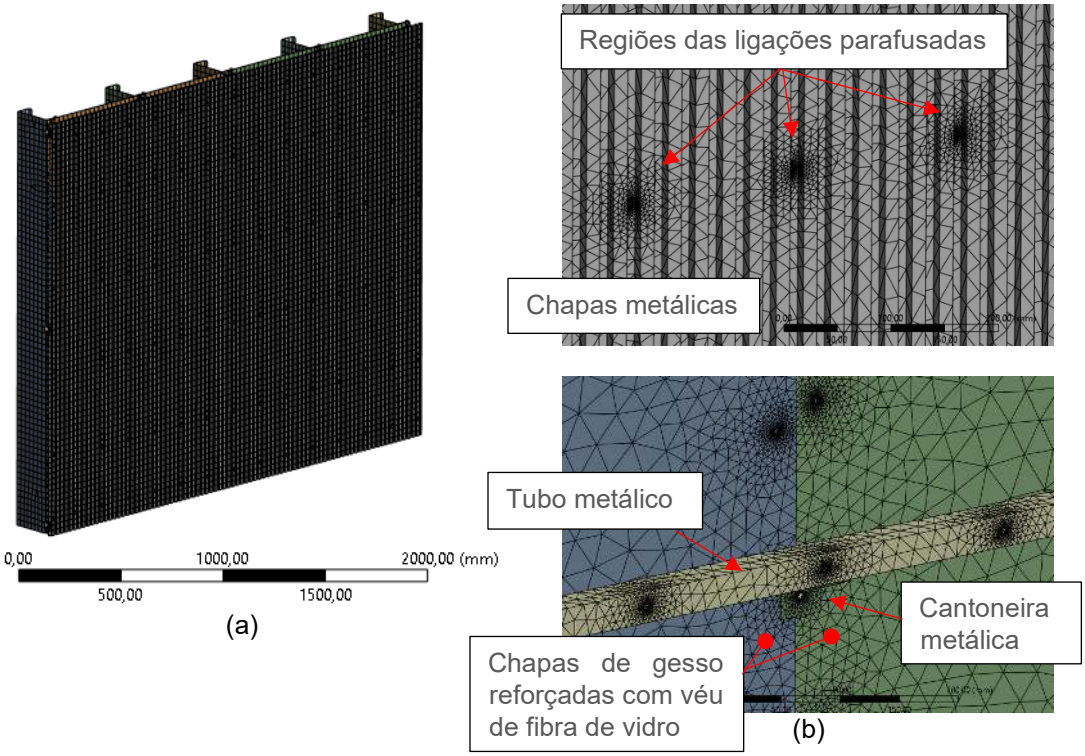
Figura 5 – Elementos (a) de casca e (b) de viga utilizados no modelo numérico para a discretização do sistema



(a) (b)

Os contatos foram configurados para evitar o transpasse entre diferentes componentes adjacentes, permitindo certa movimentação (com atrito) ao estarem em contato. As fixações consideraram a total conexão (sem presença de falhas) entre os parafusos e as chapas, tubos e cantoneiras. Os diâmetros dos parafusos de ligação adotados foram de 4 mm e 5 mm. A malha foi gerada com elementos de aproximadamente 2 mm na região dos furos dos parafusos (Figura 6b).

Figura 6 - Malha de elementos finitos do (a) modelo numérico e (b) refinamento nas regiões dos parafusos de fixação



Simulação computacional: utilizou-se o software *ANSYS*, baseado no método dos elementos finitos, para subsidiar a verificação do dimensionamento da fixação e interfaces do RNA, quando submetido a cargas de vento:

- Verificação do deslocamento máximo dos perfis e do revestimento na pressão de vento positiva e de sucção;
- Verificação das regiões com maiores concentrações de tensões e avaliação da capacidade resistente dos componentes de fixação em suportar estas tensões.

A simulação computacional estrutural estática do sistema do revestimento não aderido foi realizada baseando-se no método dos elementos finitos e no modelo numérico descrito anteriormente, utilizando o *software Ansys Mechanical 2024R1*, a partir de um trecho representativo com dimensões nominais de 2100 mm de altura e 2655 mm de largura. As propriedades dos materiais adotadas para os componentes do sistema são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Propriedades dos materiais componentes do sistema de revestimento não aderido

Material	Densidade (kg/m³)	Módulo de elasticidade linear (GPa)	Coeficiente de Poisson	Tensão de escoamento (MPa)	Componente do sistema
Liga de aço	2713	69	0,33	370	Montantes, tubos, cantoneiras e chapas metálicas
Aço estrutural	7850	200	0,30	370	Parafusos
Chapa de gesso	872	2,5	0,4	-	Chapa de gesso

3 RESULTADOS

A Tabela 2 apresenta os valores das pressões aplicadas e os deslocamentos no protótipo montado no laboratório, durante a realização do ensaio.

Tabela 2 – Resultado do ensaio de comportamento quando submetido a cargas uniformemente distribuídas.

Valor da pressão de sucção (Pa)	Deslocamento máximo (mm)
0	0,0
300	1,3
500	2,3
1 000	5,0
1 200	6,4
1 400	7,6
1 600	9,1
1 800	10,5
2 000	11,8
2 200	13,6
2 400	15,2
2 500	Destacamento da chapa de fechamento externo nas fixações com os parafusos

Ao analisar os resultados de ensaios, nota-se que a configuração ensaiada (distância de 30 cm entre parafusos de fixação da chapa de fechamento externo e distância vertical de 100 cm entre cantoneiras de fixação do revestimento metálico), suportou até a pressão de ensaio de 2500 Pa. De posse dos resultados do ensaio foram ajustadas as condições de contorno e do modelo numérico de simulação computacional em elementos finitos do software *Ansys Mechanical 2024R1*.

Realizados os ajustes das condições de contorno e do modelo numérico, aplicou-se, no modelo numérico, a pressão de 2470 Pa para a configuração referente ao protótipo ensaiado (distância de 30 cm entre parafusos de fixação da chapa de fechamento externo e distância vertical de 100 cm entre cantoneiras de fixação do revestimento metálico). Conforme a ABNT NBR 10821, este valor é referente a pressão de segurança para edifícios de até 20 pavimentos localizado na Região IV.

Após a aplicação da pressão de 2470 Pa no modelo numérico, obteve-se a distribuição dos deslocamentos dos montantes (Figura 7) e das chapas metálicas do revestimento (Figura 8). O valor máximo de deslocamento nos montantes foi de 17,29 mm na região central dos montantes (local de fixação da cantoneira intermediária). Os valores dos deslocamentos obtidos no revestimento metálico foram em torno de 4,68 mm a 24,42 mm. Analisando os valores de deslocamentos obtidos e considerando o critério da Tabela 3 da ABNT NBR 16970-2:2022[5] (L/500), nota-se que, para a configuração simulada, os deslocamentos apresentados são superiores

[5] ABNT NBR 16970-2:2022 Light Steel Framing – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em capas delgadas Parte 2: Projeto estrutural

a 4,2mm (L/500).

Figura 7 – Representação gráfica da distribuição dos deslocamentos (mm) dos montantes

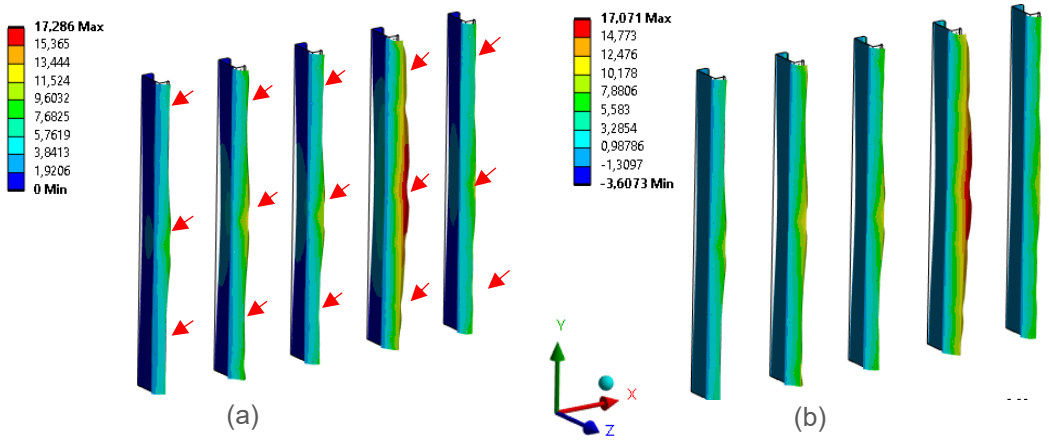
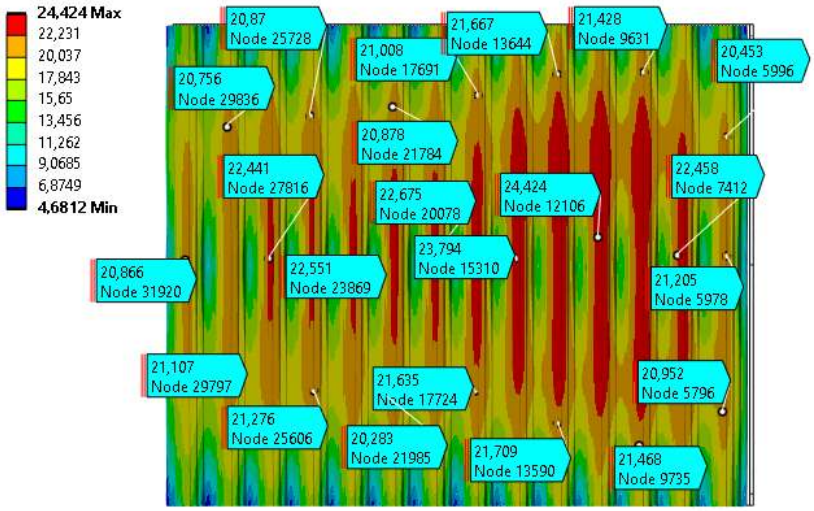


Figura 8 - Representação gráfica (escala x6,9) da distribuição dos deslocamentos (mm) nas chapas metálicas do revestimento não aderido



Com relação aos valores das forças resultantes devido a aplicação da pressão de 2470 Pa, observou-se os maiores valores nas forças normais ao plano das chapas nos pontos centrais de fixação com os montantes (Tabela 3 e Figura 9 - Pontos de fixação entre os tubos metálicos e as cantoneiras) e as forças normais ao plano de atuação nos pontos de fixação entre as cantoneiras e os montantes (Tabela 4 e Figura 10).

Tabela 3 - Forças normais ao plano das chapas, centrais às chapas de gesso, nos pontos de fixação com os montantes

Local	Força normal (N)	Local	Força normal (N)
CG33	110,37	CG39	191,25
CG34	398,94	CG40	458,15
CG35	516,85	CG41	239,44
CG36	525,02	CG42	383,37
CG37	410,50	CG43	331,44
CG38	169,43	CG44	149,87

Obs.: Valores em vermelho apresentam solicitação acima da resistência de cálculo do parafuso fixado no gesso. Resistência característica = 560 N e resistência de cálculo = 415 N.

Figura 9 - Pontos de fixação entre os tubos metálicos e as cantoneiras

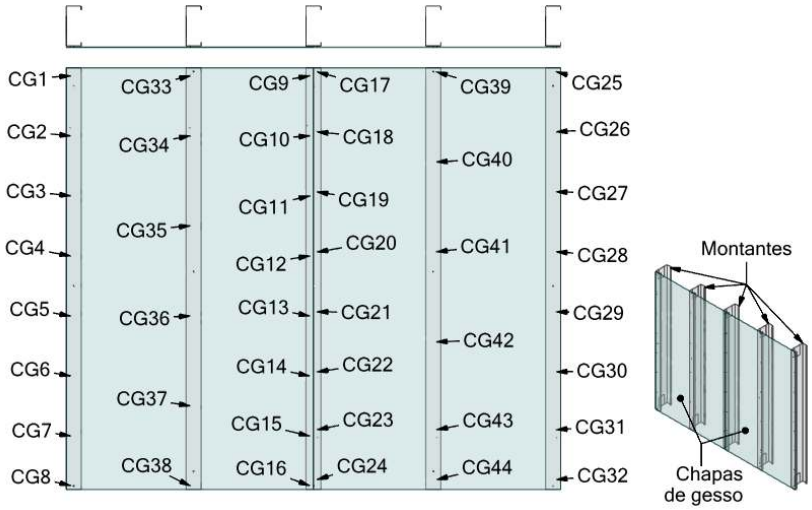
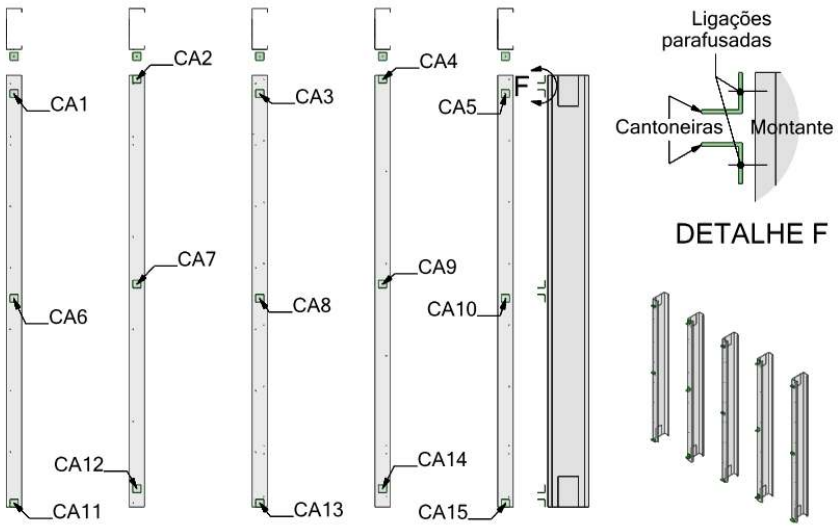


Tabela 4 - Forças normais ao plano de atuação nos pontos de fixação entre as cantoneiras e os montantes

Local	Força normal (N)	Local	Força normal (N)	Local	Força normal (N)
CA1	327,13	CA6	919,64	CA11	373,37
CA2	752,49	CA7	1819,60	CA12	647,24
CA3	770,12	CA8	1790,20	CA13	807,50
CA4	624,16	CA9	1698,00	CA14	631,10
CA5	425,04	CA10	1010,30	CA15	425,80

Obs.: resistência de cálculo ao arrancamento por tração igual a 1698 N.

Figura 10- Indicação dos pontos de fixação (ligações parafusadas) entre as cantoneiras e os montantes do modelo numérico



Observa-se que tanto pela modelo da simulação computacional e pelo ensaio de cargas uniformemente

distribuídas, houve a ruptura das fixações das chapas de fechamento externo pelo modo "*pull-over failure*", e da cantoneira ao montante pelo modo "*pullout failure*" (Figura 11).

Figura 11 – Visualização da ruptura das ligações parafusadas das chapas de fechamento externo nos montantes, observadas durante o ensaio de cargas uniformemente distribuídas



Para avaliação da resistência das ligações parafusadas, adotou-se a resistência característica como sendo a correspondente a probabilidade inferior de 5% e o coeficiente de minoração de 1,25 (considerado para forças de tração e cisalhamento resistentes de cálculo de parafusos, conforme a ABNT NBR 14762). Sendo o valor médio de resistência das chapas de fechamento externo ao arrancamento dos parafusos (*pull through*) igual a 718,8 N (desvio padrão 95,6 N), tem-se que resistência característica é de 560 N e a resistência de cálculo é de 415 N. Desta forma, nota-se que parte dos valores das forças resultantes (indicações em vermelho) são superiores à resistência de cálculo, indicando o possível arrancamento das chapas de fechamento externo nestes pontos.

Analisando os resultados da simulação computacional, foram identificadas limitações em aspectos relacionados à capacidade de resistência quanto aos pontos de fixação das chapas de fechamento externo e da cantoneira para a pressão de vento prevista pela ABNT NBR 10821-2:2017 para uma edificação com 30 pavimentos (altura de 90 m) localizada na região IV (2210 Pa – pressão de segurança). Desta forma, verificou-se a necessidade de redução da distância das ligações parafusadas das chapas de fechamento externo e das cantoneiras para atendimento a esta pressão.

Com o modelo de simulação validado, procedeu-se uma nova simulação, considerando o distanciamento dos parafusos de fixação das chapas de gesso reforçadas com véu de fibra de vidro a cada 15 cm, e o distanciamento vertical dos parafusos de fixação das cantoneiras a cada 80 cm. Esta nova configuração atendeu aos critérios da ABNT NBR 10821-2:2017 para edificações com até 30 pavimentos localizadas na região V e edificações com até 20 pavimentos para todas as regiões (Tabela 5 e Tabela 6).

Tabela 5 - Forças (normais ao plano das chapas), centrais às chapas de gesso, nos pontos de fixação com os montantes

Local	Força normal (N) para a pressão de 2500 Pa
CG35	161,65
CG36	168,59
CG40	167,13

Obs.: Resistência característica = 560 N e resistência de cálculo = 415 N.

Tabela 6 - Forças (normais ao plano de atuação) nos pontos de fixação entre as cantoneiras e os montantes

Local	Força normal (N) para a pressão de 2500 Pa
CA7	1252,48
CA8	1475,35

Obs.: resistência de cálculo ao arrancamento por tração igual a 1698 N.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A validação de um sistema de revestimento não aderido para fachadas requer a realização de ensaios de cargas uniformemente distribuídas (pressão de vento) em laboratório. A utilização da simulação computacional pode otimizar este dimensionamento por meio da modelagem prévia do revestimento avaliando os pontos críticos e a necessidade de melhorias (adoção de materiais com maior resistência, utilização de maiores seções transversais ou diâmetro dos elementos estruturais, diminuição do distanciamento entre fixações, etc.), possibilitando um maior nível de assertividade do protótipo para a fase de realização do ensaio. A simulação computacional também pode ser utilizada para validação de um modelo já ensaiado e desta forma possibilitar o dimensionamento de uma configuração do sistema de revestimento para uma determinada pressão de ensaio, ou avaliar a adoção de um novo componente com diferente resistência. A validação do modelo numérico a ser utilizado deve ser realizada por meio da correta definição do tipo de elemento estrutural (elemento de casca, elemento de viga etc), do tipo de elemento de malha (triangular, quadricular etc), dos graus de liberdades e da discretização da malha de elementos finitos a serem utilizados.

O dimensionamento mostrou que o sistema tem potencial de atender aos requisitos de desempenho estrutural da EAD 090062-01-0404, da ABNT NBR 10821-2:2017 e da ABNT NBR 15575-4 quando fixado em sistema de vedação em light steel frame. Verificou-se que a distância entre parafusos de fixação da chapa de fechamento externa e a distância entre as cantoneiras de fixação do revestimento deve variar em função do número de pavimentos, da altura da edificação e da região do país.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123:2023** – Forças devidas ao vento em edificações. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10821-2:2023** – Esquadrias para edificações – Parte 2: Esquadrias externas – Requisitos e classificação. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762:2010** – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:2021** – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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. 2022.

ABU-HAMD, Metwally; TAWFIK, Nouran M. Behavior of screw connections in sheathed cold-formed steel walls. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 187, p. 106940, 2021.

CIESIELCZYK, K.; STUDZIŃSKI, R. Influence of type and orientation of thin-walled beams on the interaction effectiveness with sandwich panels. In: **Modern Trends in Research on Steel, Aluminium and Composite Structures**. Routledge, 2021. p. 208-214.

CIESIELCZYK, Katarzyna; STUDZIŃSKI, Robert. Experimental Investigation of the Failure Scenario of Various Connection Types between Thin-Walled Beam and Sandwich Panel. **Materials**, v. 15, n. 18, p. 6277, 2022.

FAIRUZ, SAPIEE Siti; HO, L. H. Influence of screw spacing on the strength of self-drilling screw connection for the high strength cold-formed steel. **Adv. Mat. Research**, v. 712, n. 715, p. 1054-1057, 2013.

HUYNH, Minh Toan; PHAM, Cao Hung; HANCOCK, Gregory J. Design of screwed connections in cold-formed steels in shear. **Thin-Walled Structures**, v. 154, p. 106817, 2020.

LABOUBE, Roger A.; SOKOL, M. A. Behavior of screw connections in residential construction. **Journal of structural engineering**, v. 128, n. 1, p. 115-118, 2002.

LEE, Yeong Huei et al. Review on Cold-Formed Steel Connections. **The scientific world journal**, v. 2014, n. 1, p. 951216, 2014.

MARKOVIĆ, Zlatko et al. Specific behaviour of thin-walled member joints with fasteners. **Građevinar**, v. 64, n. 3, p. 217-230, 2012.

PEKOZ, Teoman. Design of cold-formed steel screw connections. 1990.

ROY, Krishanu et al. Experiments and finite element modelling of screw pattern of self-drilling screw connections for high strength cold-formed steel. **Thin-Walled Structures**, v. 145, p. 106393, 2019.

ROY, Krishanu et al. Experimental and numerical investigations on the axial capacity of cold-formed steel built-up box sections. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 160, p. 411-427, 2019.

SERRETTE, Reynaud; PEYTON, Dean. Strength of screw connections in cold-formed steel construction. **Journal of structural engineering**, v. 135, n. 8, p. 951-958, 2009.

STUDZIŃSKI, Robert; CIESIELCZYK, Katarzyna. Connection stiffness between thin-walled beam and sandwich panel. **Journal of Sandwich Structures & Materials**, v. 21, n. 6, p. 2042-2056, 2019.

ZHANG, Wenying; MAHDAVIAN, Mahsa; YU, Cheng. Lateral strength and deflection of cold-formed steel shear walls using corrugated sheathing. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 148, p. 399-408, 2018.