

 <p>UNISINOS</p>  <p>unisinoss.br/itt/ittperformance</p>	<p><b>Sistema de paredes moldadas <i>in loco</i> de concreto reforçado com fibras (CRF)</b></p> <p>Proponente: <b>TENDA</b> Rua Boa Vista, 280 – 09º andar Centro – São Paulo, SP</p>	 <p><b>SiNAT</b></p> 
<p><b><u>Emissão</u></b> Novembro de 2022</p>	<p>Considerando a avaliação técnica coordenada pela ITA Universidade do Vale do Rio dos Sinos e a decisão dos Técnicos Especialistas, indicados conforme a Portaria nº 3.259, de 29 de dezembro de 2020, do Ministério do Desenvolvimento Regional, a Secretaria Nacional de Habitação resolveu conceder ao Proponente TENDA a Ficha de Avaliação de Desempenho Nº 055, em outubro de 2022. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto.</p>	<p><b>FAD</b> <b>Nº 055</b> <b>Rev 01.</b></p>

Esta FAD se refere ao "Sistema de paredes moldadas *in loco* de concreto reforçado com fibras (CRF)". O sistema de parede aplica-se para paredes internas e externas de edificações habitacionais, com finalidade estrutural, moldadas *in loco*.

A avaliação do sistema seguiu a ABNT NBR 15575, conforme o item 5 deste documento, de síntese dos resultados e avaliações. Para uso do sistema avaliado, foi considerada a espessura da parede de 100mm e a resistência à compressão do concreto ( $f_{ck}$ ) de 25MPa. A densidade aproximada do CRF é de 2400kg/m<sup>3</sup>. Considera-se ainda no escopo, a utilização de fibras de poliamida e fibras de vidro, sendo nos percentuais de 600g/m<sup>3</sup> e 6000g/m<sup>3</sup>, respectivamente. Para realizar a **caracterização e análise** do concreto reforçado com fibras de vidro no estado fresco e endurecido foram adotadas as normas para seus respectivos ensaios, as quais são listadas no item 9 deste documento.

O **comportamento mecânico** das paredes foi obtido através dos ensaios de corpo mole, corpo duro, carga suspensa, ações transmitidas por portas, ações no parapeito e ações transmitidas por redes de dormir. A carga suspensa foi avaliada até o valor de 1,2kN, com comportamento satisfatório. As ações transmitidas por portas e por redes de dormir não causaram danos ao sistema avaliado. O parapeito avaliado apresentou comportamento que satisfaz os requisitos de norma. No ensaio de corpo mole, avaliou-se até a energia de impacto de 960J, com comportamento satisfatório. O ensaio de corpo duro foi realizado na parede com aplicação de textura e no revestimento cerâmico e apontou comportamento satisfatório.

Para garantir a **estanqueidade** do sistema, aplicou-se como revestimento externo com impermeabilizante, selador acrílico e acabamento texturizado acrílico. Para revestimento interno utilizou-se massa com base acrílica/cimentícia e massa com base cimentícia projetada do tipo "skincolt" e pintura látex PVA. O ensaio foi realizado em campo. Durante a realização do ensaio não foram observadas manchas de umidade na

face interna e/ou penetração de água para o interior da parede em nenhuma das paredes ou vedação vertical.

O desempenho térmico do sistema foi avaliado considerando todas as zonas bioclimáticas brasileiras, e os resultados demonstram que pode ser utilizado nas zonas ZB1 a ZB8 de acordo com a simulação térmica computacional. Nessa análise considerou-se as características já citadas do concreto, acabamento externo texturizado cimentício/acrílico. Considerou-se ainda aplicação de selador, sistema padrão também nas demais análises. Como revestimento interno foi aplicada massa com base acrílica/cimentícia de 3,0 mm e massa com base cimentícia projetada do tipo “*skincolt*” e pintura látex PVA. Para análise do desempenho térmico da cobertura, considerou-se estrutura metálica, fixada por meio de parafusos, coberta com telhas de fibrocimento com espessura de 6mm. Foi considerada laje de concreto armado com espessura de 100mm, na proporção inferior revestida com massa com base acrílica/cimentícia de 3,0 mm e massa com base cimentícia projetada do tipo “*skincolt*” e pintura látex PVA. Em relação a simulação da condensação, o sistema Tenda em paredes de concreto apresentou taxa de condensação igual ao projeto padrão, atendendo aos critérios de desempenho higrotérmico requeridos para sua utilização, a simulação considerou todas as zonas bioclimáticas.

Para análise do **desempenho acústico** do sistema, considerou-se o ensaio em campo, que resultou em uma diferença de nível padronizada ponderada a 2 m ( $D_{2m,nT,w}$ ) de distância da fachada equivalente a 25 dB e a diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de um sistema de vedação entre o estar e o jantar resultou em 42 dB, se limitando em usos em que não haja parede de geminação e tampouco em unidades separadas pelo hall sendo pelo menos um dos ambientes de dormitório.

Em relação **à segurança contra incêndio**, o tempo de resistência ao fogo obtido em ensaio pelo sistema foi de 60 minutos, e assim sendo, satisfaz aplicações cujo TRRF seja de até 60 minutos.

Em relação **às premissas de durabilidade**, em especial a resistência aos ciclos de choque térmico, os deslocamentos obtidos foram inferiores aos máximos estipulados por norma.

A documentação da requerente envolve os procedimentos de qualidade a serem seguidos para garantia do desempenho do produto entregue, contendo especificações técnicas, instruções de trabalho e fichas de verificação.

O sistema construtivo avaliado destina-se há edificações habitacionais de até cinco pavimentos, sendo todas as paredes em concreto reforçado com fibras de espessura de 100 mm e laje maciça de concreto armado. Em relação às cargas de uso, em temperatura ambiente, indica-se que estas correspondem a uma edificação de até 5 pavimentos.

## 1. DESCRIÇÃO DOS COMPONENTES DO SISTEMA CONSTRUTIVO

O sistema descrito nessa FAD, nomeado como “Sistema de paredes moldadas *in loco* de concreto reforçado com fibras (CRF)”, tem suas características sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos componentes

Características	Critério	Método de ensaio
Resistência à compressão - $f_{ck}$	>25 MPa	NBR 5739
Resistência Residual à tração na flexão correspondente ao CMOD1 - $f_{R1}$	>1,4 MPa	NBR 16939
Resistência Residual à tração na flexão correspondente ao CMOD3 - $f_{R3}$	>0,7 MPa	NBR 16939
Fibra 1	Microfibra de poliamida - 600 g/m <sup>3</sup>	NBR 16942
Fibra 2	Macrofibra de vidro AR- 6000 g/m <sup>3</sup>	NBR 16941
Espessura	100 mm	---
Densidade	>2200kg/m <sup>3</sup>	NBR 8953
Legenda: CMOD – <i>Cracking mouth opening displacement</i> (é o termo usado para descrever a variação da abertura, normal ao plano da fissura, entre as duas faces de um entalhe de um corpo de prova para determinação da resistência residual).		

O sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) foi avaliado quanto ao atendimento principalmente à ABNT NBR 15575-4:2021. Demais normas utilizadas nos métodos de ensaio são descritas no item 9. Em relação às características estruturais da parede de CRF, há o atendimento dos critérios preconizados pela ABNT NBR 6118, considerando sua composição, bem como seguindo as prescrições da ABNT NBR 16935. Em relação ao processo construtivo e o sistema empregado, há conformidade com as premissas da ABNT NBR 16055. A análise das características do material (CRF) e sua aceitação foram realizados em conformidade com a ABNT NBR 16938.

## 2. USO DA FAD

### 2.1 Recomendações gerais

O uso dessa FAD destina-se à aplicação de paredes de concreto reforçado com fibras moldadas *in loco*, com finalidade estrutural e de vedação em edificações habitacionais, considerando-se sua composição em concreto reforçado com fibras de poliamida de vidro (Álcali resistentes), com espessura de 100mm e resistência à compressão de 25 MPa, resistência residual à tração na flexão correspondente ao CMOD1 -  $f_{R1}$  de 1,4 MPa e resistência residual à tração na flexão correspondente ao CMOD3 -  $f_{R3}$  de 0,7 MPa. Demais sistemas utilizados em conjunto com essas paredes devem considerar o atendimento as normas técnicas pertinentes e as interfaces com o sistema de parede em concreto reforçado com microfibras.

### 2.2 Restrições de uso

O sistema construtivo avaliado destina-se às edificações habitacionais de até cinco pavimentos, sendo todas as paredes em concreto reforçado com fibras de espessura de 100 mm e laje maciça de concreto armado. O sistema de vedação vertical está apoiado sobre laje de fundação (*radier*) de concreto armado (sistema monolítico moldado *in loco*), com espessura de 250mm, sobre lastro de concreto magro de espessura 5,0 cm. O sistema pode ser empregado em situações em que o TRRF (tempo requerido de resistência ao fogo) requerido seja de até 60 minutos. Em relação às cargas de uso, em temperatura ambiente, indica-se que estas correspondem a uma edificação de até 5 pavimentos. Em relação ao desempenho térmico, o sistema

pode ser aplicado nas zonas bioclimáticas ZB1 à ZB8. Em relação à diferença de nível padronizada ponderada a 2 m ( $D_{2m,nT,w}$ ) o sistema pode ser aplicado em locais distantes de fontes de ruído intenso e medianamente intenso de qualquer natureza (Classe de ruído ambiental I e II).

Em relação à diferença de nível padronizada entre cômodos (ruído aéreo interno), o sistema não deve ser aplicado nas três situações abaixo. Esta restrição de uso está relacionada ao não atendimento dos requisitos de desempenho acústico nível mínimo.

1. Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.
2. Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.
3. Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ( $D_{nT,w}$  obtida entre as unidades), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório.

### **3. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO E EXECUÇÃO**

O desempenho das paredes de concreto reforçado com fibras de vidro depende da eficiência das fibras com relação ao seu reforço, principalmente com relação ao desempenho estrutural. É de suma importância que, além da resistência à compressão e a resistência residual à tração na flexão (CMOD1 e CMOD3) sejam indicados em projeto e validados no desenvolvimento do sistema. Também, ao longo da execução, estas propriedades devem ser definidas com base no controle tecnológico definido. Estas e demais especificações são estabelecidas na NBR 16935.

#### **3.1 Manual técnico de instalação do fabricante**

O fabricante possui manuais técnicos de procedimento de montagem do sistema de fôrmas, posicionamento das instalações complementares e do processo de concretagem, recomendando, inclusive, os procedimentos de ensaio do concreto no estado fresco e endurecido que culminam em sua aceitação ou não, conforme Figura 1. A especificação do traço do concreto deve seguir as características apresentadas, de modo que atendam ao requerido em projeto em termos de características do concreto, incluindo sua resistência mecânica à compressão, resistência residual à tração na flexão, relação água/cimento máxima, consumo mínimo de cimento e as premissas básicas para garantia da sua durabilidade.

Figura 1 – Tabela contendo os parâmetros de projeto e execução das paredes de concreto reforçado com fibras de vidro

Tabela 1 – Parâmetros de Projeto e Execução

PARÂMETROS DE PROJETO		
Item	Requisito	Referência
P1	Consumo de cimento (ver obs. 1, 2 e 4)	entre 280 kg/m <sup>3</sup> e 350 kg/m <sup>3</sup>
P2	Relação água/aglomerante (ver obs. 3)	a/c ≤ 0,60
P3	Diâmetro máximo do agregado (ver obs. 5)	12,5 mm
P4	Teor de argamassa seca (massa)	entre 58% e 62%
P5	Resistência à compressão (ver obs. 6)	Classe C25
P6	Módulo de elasticidade - Eci	≥ 28 GPa
P7	Resistências residuais à tração	f <sub>Rm</sub> ≥ 1,20 MPa e f <sub>R3m</sub> ≥ 0,60 MPa
P8	Resistências residuais por duplo puncionamento (ver obs. 7)	f <sub>R0,5m</sub> ≥ (a ser determinado em conjunto com o item P7) e f <sub>R2,5m</sub> ≥ (a ser determinado em conjunto com o item P7)
P9	Resistência à tração na flexão	f <sub>ctM,k</sub> ≥ 3,5 MPa
<b>OBSERVAÇÕES</b>		
1) Faixa de consumo para Classe de Agressividade Ambiental (CAA) II. Para CAA III os valores são entre 320 kg/m <sup>3</sup> e 350 kg/m <sup>3</sup> 2) Para períodos de inverno (t ≤ 15 graus C), o limite superior do consumo pode chegar, excepcionalmente, a 370 kg/m <sup>3</sup> 3) Para CAA II, relação a/c ≤ 0,60. Para CAA III, relação a/c ≤ 0,55 4) Admite-se o uso de até 15% de filler [finura entre 0,075 mm (peneira 200) e 0,106 mm (peneira 150)] como material inerte, sobre o consumo total de cimento. 5) Deverá ser atestado por meio de ensaio a não reatividade alcali-agregado 6) Classe mínima de resistência do concreto para Classe de Agressividade Ambiental (CAA) II. Para CAA III a Classe mínima é C30. 7) Caracterização não especificada pela ABNT NBR 16055. Especificação da ABNT NBR 16938.		
PARÂMETROS DE EXECUÇÃO		
Item	Parâmetro	Referência
E1	Fluidez (lançamento) (ver obs. 6)	SF2 ("slump flow" mínimo de 700 mm - sem fibras) VS1 (t500 ≤ 2 s) e IEV 0 ou 1
E2	Manutenção de trabalhabilidade após ajuste do "slump flow" - com fibras (lançamento)	mínimo 30 minutos
E3	Resistência à compressão (desforma)	≥ 3,0 MPa
<b>OBSERVAÇÕES</b>		
1) O "slump flow" com fibras mínimo para deve ser de 600 mm		

Fonte: CONTROLE DA QUALIDADE DO CRF TENDA – Evolução Engenharia

A documentação da qualidade deve envolver especificações técnicas (ET), instruções de trabalho (IT) e fichas de verificação (FV), com a descrição do processo construtivo, de acordo com a Tabela 2, na qual se destacam os principais procedimentos da qualidade relacionados às paredes de concreto reforçado com fibras de vidro.

Tabela 2 -Descrição dos procedimentos empregados para garantia da qualidade do sistema construtivo

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	
ET.001-DTE	paredes de concreto
ET.002-DTE	preenchimento(estucamento), tratamentos e acabamentos
ET.014-P&D	concreto usinado
ET.019-P&D	argamassa industrializada
ET.029-P&D	estruturas de concreto com fibra
INSTRUÇÕES DE TRABALHO	
IT.001-INFR	montagem, nivelamento e concretagem de radier
IT.002-ESTR	movimentação e elevação de tela
IT.003-ESTR	instalação hidráulica e embutidos de estrutura
IT.004-ESTR	armação e reforços de telas estruturais
IT.005-ESTR	corte e dobra
IT.006-ESTR	concretagem
IT.007-ESTR	pós concretagem – parede de concreto, pontos elétricos e hidráulicos
IT.007-HIDR	calafetação
IT.009-ESTR	montagem guarda corpo pré-concretagem

IT.010-ESTR	marcação piso
IT.010-FO2E	fechamento drywall para elétrica e sistemas internos
IT.011-ESTR	desmontagem paredes internas 2c
IT.011-FO2E	ascensão dos módulos da trepante
IT.012-ESTR	montagem paredes internas 2c
IT.013-ESTR	desmontagem paredes externas 2c
IT.014-ESTR	montagem paredes externas 2c
IT.015-ESTR	desmontagem de laje 2c
IT.016-ESTR	montagem de laje 2c
IT.021-ESTR	lavagem de peça
IT.024-ESTR	cura térmica
IT.025-ESTR	transferência linha de eixo
IT.026-ESTR	embutidos na estrutura
IT.027-ESTR	conferência de planicidade e esquadro
IT.028-ESTR	bushing de formas
IT.029-ESTR	acessórios de forma
<b>FICHAS DE VERIFICAÇÃO</b>	
FV01	paredes: marcação e arranques
FV02	paredes de concreto pós concretagem
FV102	passeio de concreto armado
FV104	parede de concreto – acessórios
FV105	planicidade parede
FV106	planicidade esquadro
FV35	concreto usinado
FV36	drywall (guias, montantes e chapeamento)
FV37	terraplanagem
FV49	forma, armação e concretagem
FV50	estrutura de concreto armado
FV51	pavimentação e piso intertravado
FV75	ganchos de platibanda
FV84	paredes de concreto – linha de eixo
FV86	paredes de concreto – armação
FV88	paredes de concreto – forma
FV89	lajes e escada de concreto – forma
FV90	lajes de concreto – armação
FV92	estaca metálica
FV94	reparos estrutura (vão mini grua)
FV98	solo grampeado

Nota-se que não há um formulário e ficha específicos explicando os procedimentos de controle tecnológico do concreto reforçado com fibras de vidro (CRF). No entanto, este controle é indicado no documento ET.029-P&D.

#### 4. RESUMO DAS AVALIAÇÕES DE DESEMPENHO

As avaliações de desempenho conduzidas para o sistema construtivo em paredes de concreto reforçadas com fibras de vidro, moldadas no local, foram realizadas objetivando a verificação do cumprimento aos requisitos mínimos de desempenho constantes na ABNT NBR 15575-4:2021. O resumo dos resultados dos ensaios transcorridos consta na Tabela 3.

Tabela 3 - Síntese dos resultados obtidos

<b>Análise</b>	<b>Relatório</b>	<b>Síntese dos resultados</b>	<b>Nível de desempenho</b>
Compressão excêntrica	Nº 4270/2021	A carga máxima média entre os exemplares foi de 278,50 kN/m	Mínimo
Resistência à tração na flexão- ABNT NBR 16940	038_LT-CT-01-R00	Foi obtida uma $f_{R1} = 1,51$ médio e $f_{R3} = 0,76$ médio.	N/A
Resistência à tração na flexão ABNT NBR 12142	2101062004 REL ENS TF Reserva dos Eucaliptos I	Foi obtida uma resistência média de 4,85 MPa.	N/A
Compressão simples (exemplares)	REL ENS MOD 2021.62.04.006	Os resultados indicaram resistência potencial aos 28 dias de 30,1 MPa.	N/A
Determinação do módulo de elasticidade	REL ENS MOD 2021.62.04.006	O resultado médio do módulo de elasticidade foi de 23,5 GPa.	N/A
Desempenho mecânico na parede externa (corpo mole, corpo duro, carga suspensa e parapeito)	Nº4585/2021	Houve atendimento às premissas de desempenho	Superior
Ensaio de corpo duro	RLT.DSP-094-22-00-Tecomat	O comportamento obtido foi satisfatório	Superior
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB1	Nº4592/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB2	Nº4593/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB3	Nº4189/2021	O desempenho foi satisfatório	Mínimo

Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB4	Nº4594/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB5	Nº4595/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB6	Nº4596/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB7	Nº4597/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB8	Nº4598/2022	O desempenho foi satisfatório.	Mínimo, com restrições de absortância
Análise da condensação por simulação computacional – ZB1	Nº4601/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise da condensação por simulação computacional – ZB2	Nº4602/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise da condensação por simulação computacional – ZB3	Nº4453a/2021	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise da condensação por simulação computacional – ZB4	Nº4603/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise da condensação por simulação computacional – ZB5	Nº4604/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo



Análise de condensação por simulação computacional – ZB6	Nº4605/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise de condensação por simulação computacional – ZB7	Nº4606/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Análise de condensação térmico por simulação computacional – ZB8	Nº4607/2022	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de cobertura	Nº4191/2021	O desempenho foi satisfatório	Mínimo
Cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de vedação vertical	Nº4192/2021	O desempenho foi satisfatório	N/A
Determinação da diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada	Nº 4599/2022	O sistema analisado apresentou diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ) de 25 dB	Mínimo
Determinação da diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de um sistema de vedação vertical	Nº4600/2022	O sistema analisado apresentou diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de 42 dB.	Mínimo
Verificação da estanqueidade do sistema de vedação vertical externo	Nº4133/2021	O ensaio teve duração de 7h, com pressão de 50Pa e não foram percebidos danos na parede.	Superior
Verificação da estanqueidade na interface parede e esquadria	Nº4583/2021	O ensaio foi realizado até o alcance de uma pressão de 300Pa sem ocorrências na interface entre a parede e a esquadria.	Mínimo

Determinação da resistência ao fogo	Nº4461/2021	O sistema apresentou resistência ao fogo pelo período de 60 minutos.	N/A
Comportamento em relação ao choque térmico	Nº 4526/2021	O deslocamento horizontal no exemplar não excedeu $h/300$ nos ciclos, sendo $h$ igual a 2100 mm. Ocorreu a formação de fissuras na face não exposta à ação do calor e choque térmico nos dois exemplares analisados.	Mínimo
Legenda: N/A – não aplicável			

## 5. DESEMPENHO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

### 5.1 Desempenho estrutural

#### 5.1.1 Compressão excêntrica em sistema de vedação vertical com função estrutural

O Relatório Técnico Nº 4270/2021, emitido pelo itt Performance, atesta que foram realizados ensaios para determinar a resistência mínima de projeto para sistema de vedação vertical com função estrutural, através de ensaio de compressão excêntrica, conforme ABNT NBR 15575-2:2013. A amostra analisada consiste em 3 exemplares de um sistema de vedação vertical com função estrutural com dimensões de 120 x 260 cm (largura x altura), sem aberturas. As características da amostra seguem o já apresentado. A Figura 2 ilustra a amostra. Não houve aplicação de revestimento em nenhuma das faces.



Figura 2 – Condição inicial da amostra

O ensaio de compressão excêntrica foi realizado conforme as prescrições do Anexo A da ABNT NBR 15575-2:2013. A compressão da amostra foi realizada em uma estrutura hiperestática composta por laje e pórtico de reação, equipados com uma célula de carga de 1000 kN, acoplada à um pistão hidráulico. A taxa de avanço do pistão hidráulico foi de 2 mm/min. Os deslocamentos verticais e horizontais foram registrados por transdutores de deformação do tipo LVDT. A excentricidade aplicada nos exemplares foi de 1,0 cm, conforme item A.4.2 da ABNT NBR 15575-2:2013. A Figura 3 apresenta a instrumentação do ensaio.

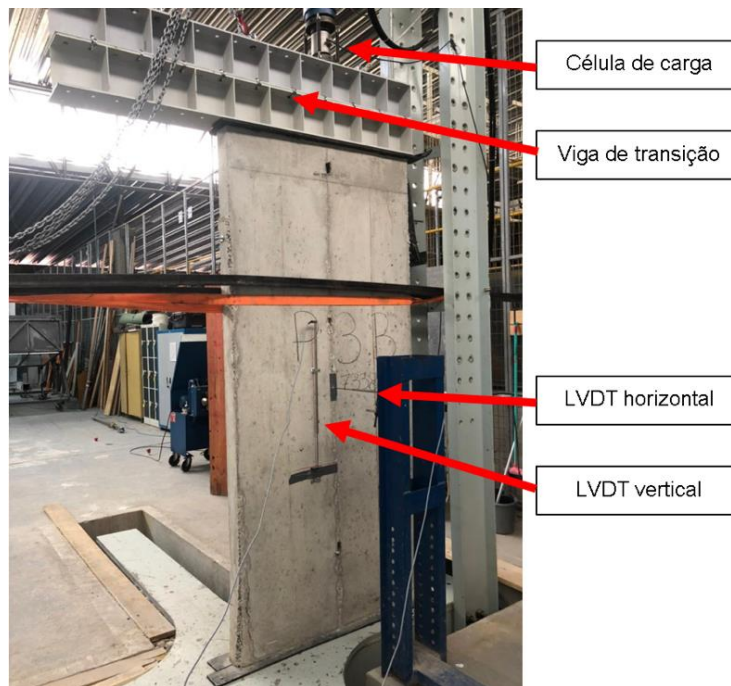


Figura 3 – Exemplar instrumentado para a realização do ensaio

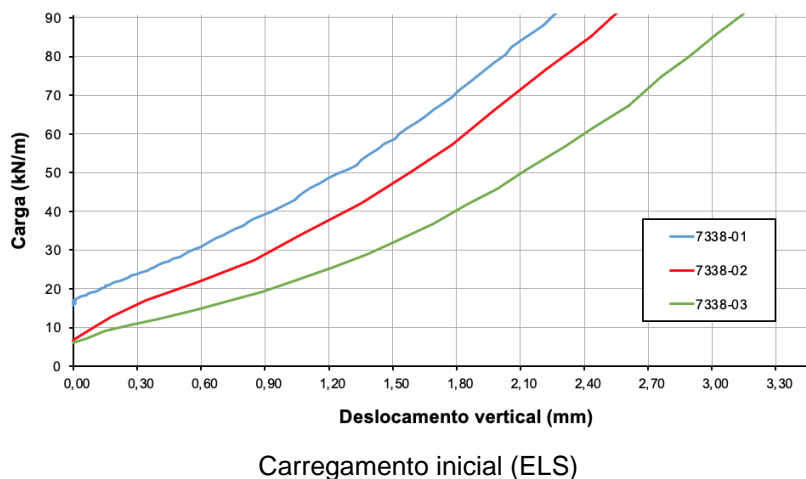
Na Tabela 4 são apresentados os resultados do ensaio de compressão excêntrica:

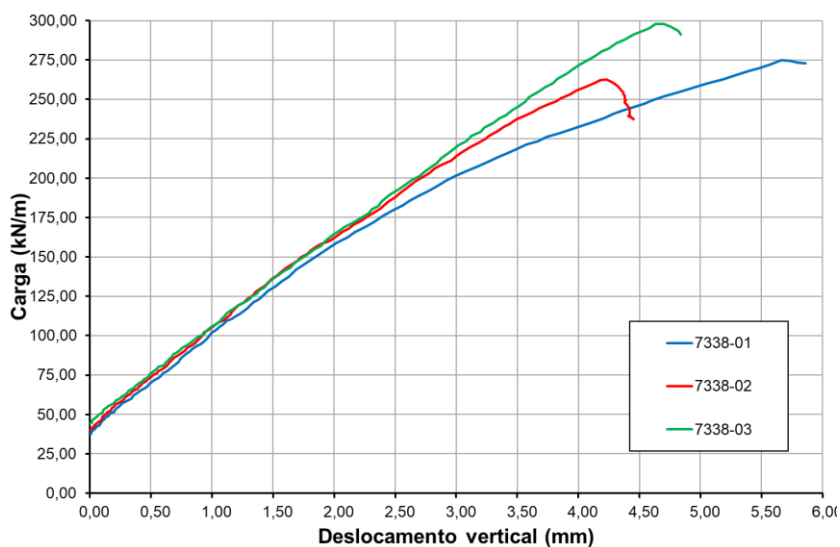
Tabela 4 – Resultados do ensaio de compressão excêntrica de SVVE

Amostra	P (kN/m)	$d_{h,ELS}$ (mm)	$\epsilon_{v,ELS}$ $\times 10^{-6}$ (mm/mm)	$P_{m\acute{a}x}$ (kN/m)	$\sigma_{m\acute{a}x}$ (MPa)	$d_{v,m\acute{a}x}$ (mm)
7338-1	90,7	0,81	23,92	274,75	2,75	5,66
7338-2	90,7	0,92	16,91	262,82	2,62	4,23
7338-3	90,7	1,61	25,06	297,92	2,98	4,63

Legenda: P: Carga de serviço;  $D_{h,ELS}$ : Deslocamento horizontal em serviço;  $\epsilon_{v,ELS}$ : Deformação vertical em serviço;  $P_{m\acute{a}x}$ : Carga máxima;  $D_{y,m\acute{a}x}$ : Deslocamento vertical máximo na carga máxima.

Com base nos resultados dos ensaios apresentados na Tabela 4, **a amostra atingiu o nível de desempenho mínimo** por apresentar um deslocamento horizontal inferior a 8,67 mm ( $h/300$ ). Na Figura 4 são apresentadas as curvas “Carga x Deslocamento vertical” de cada exemplar ensaiado.





Carregamento final (até a carga máxima)

Figura 4 – Gráfico “Carga x Deslocamento vertical” dos exemplares

Na Figura 5 são apresentadas as curvas carga x deformação vertical de cada exemplar ensaiado.

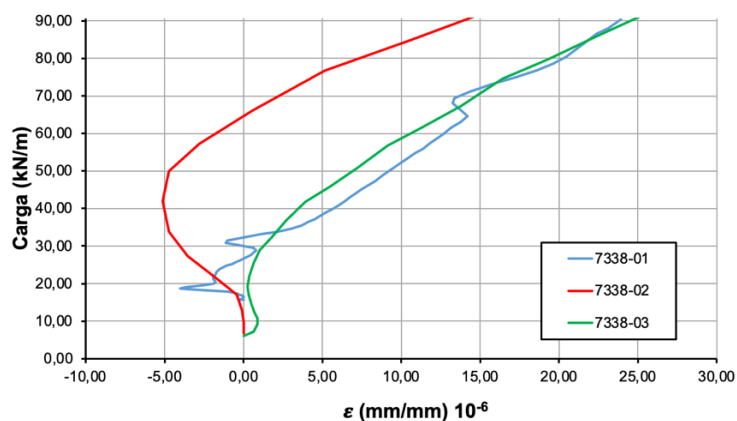


Figura 5 – Gráfico “Carga x Deformação vertical” dos exemplares

Os exemplares não apresentaram indícios de ruptura até que fosse atingidas as cargas máximas do ensaio. Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

### **5.1.2 Resistência à tração na flexão do concreto reforçado com fibras de vidro (Ensaio realizado conforme a ABNT NBR 16940:2021)**

O Relatório Técnico 038\_LT\_CT\_01\_R00, emitido pela Evolução Engenharia, atesta que foram realizados ensaios para determinar as resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) de corpos de prova prismáticos de concreto reforçados com fibras, seguindo os métodos prescritos na ABNT NBR 16940:2021. A amostra analisada consiste em corpos de prova prismáticos de concreto reforçado com fibras (CRF).

Os ensaios foram realizados na idade de 28 dias, seguindo a ABNT NBR 16940:2021. Foram ensaiados 07 corpos de prova. A máquina utilizada para o ensaio é Classe 1, conforme calibração feita de acordo com a

ISO 7500-1:2018. A taxa de aumento do deslocamento vertical foi de 0,08mm/min (até 0,1mm) e de 0,21mm/min (até a ruptura). A cura dos corpos de prova foi feita em ambiente controlado, tendo temperatura e umidade de  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $95 \pm 3\%$ , respectivamente. A Tabela 5, a seguir, apresenta os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão dos corpos de prova ensaiados.

Tabela 5 – Resultados de resistência à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais)

Nº identificação	$f_L$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{R,1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{R,2}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{R,3}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{R,4}$ (N/mm <sup>2</sup> )
NF 35882	2,50	1,50	1,23	0,89	0,65
NF 35884	2,69	1,87	1,17	0,70	0,46
NF 35899	2,41	1,02	0,91	0,66	0,48
NF 35929	3,05	1,72	1,40	0,97	0,68
NF 35958	3,38	1,94	1,44	0,90	0,55
NF 35959	2,86	1,09	0,63	0,43	0,33
NF 35936	3,10	1,10	0,83	0,53	0,38
NF 35938	3,04	1,13	0,92	0,69	0,46
Média (MPa)	2,88	1,42	1,07	0,72	0,50
DP (MPa)	0,33	0,38	0,29	0,19	0,12
CV (%)	0,11	0,27	0,27	0,26	0,24

Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo **tem potencial de atendimento aos requisitos** de projeto.

### 5.1.3 Resistência à compressão do concreto reforçado com fibras de vidro

O Relatório Técnico REL ENS MOD 2021.62.0, emitido pelo laboratório Giovanna Solos, atesta que foram realizados ensaios para determinar a resistência à compressão axial de corpos de prova cilíndricos de concreto de acordo com a ABNT NBR 5739:2018. As amostras analisadas consistem em corpos de prova cilíndricos de concreto com dimensões aproximadas de 100 mm (diâmetro) e 200 mm (altura). As amostras foram encaminhadas ao itt Performance/Unisinos para realização dos ensaios de resistência à compressão axial aos 28 dias, conforme a ABNT NBR 5739:2018. A Tabela 6 apresenta os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial, considerando os procedimentos de norma e as relações h/d obtidas nas amostras.

Tabela 6 - Resultados de resistência mecânica à compressão (MPa)

ID	Idade	Data de Ensaio	$f_c$ (MPa)	$f_{c,potencial}$ (MPa)
CP1	28 dias	08/07/2021	28,4	30,1
CP2			29,6	
CP3			30,1	

Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo **tem potencial de atendimento aos requisitos** de projeto.

#### 5.1.4 Determinação do módulo de elasticidade do concreto reforçado com fibras de vidro

O Relatório Técnico REL ENS MOD 2021.62.0, emitido pelo laboratório Giovanna Solos, atesta que foram realizados ensaios para determinar o módulo estático de elasticidade de corpos de prova cilíndricos de concreto, seguindo as prescrições normativas expostas na ABNT NBR 8522:2017. As amostras analisadas neste ensaio consistem em corpos de prova cilíndricos de concreto, com dimensões aproximadas de 100mm (diâmetro) e 200mm (altura). Os resultados do módulo de elasticidade do concreto ( $E_{ci,i}$ ) e a média dos resultados de módulo de elasticidade ( $E_{ci,m}$ ) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados de módulo de elasticidade (GPa)

ID	Idade	Data de Ensaio	Módulo de elasticidade (GPa)	Valor médio (GPa)
CP1	28 dias	08/07/2021	22,8	23,5
CP2			23,7	
CP3			24,1	

Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de projeto.

#### 5.1.5 Resistência aos impactos de corpo mole e corpo duro em sistema de vedação vertical com função estrutural

O ensaio de corpo mole é apresentado no Relatório técnico N° 4585/2021, e foi realizado *in loco*, em empreendimento da contratante. A Figura 6 apresenta a realização do ensaio.



Figura 6 - Corpo mole utilizado para impacto no sistema vertical

Os resultados do ensaio de impacto de corpo mole são apresentados na Tabela 8. Os deslocamentos horizontais foram mensurados no centro geométrico da amostra.

Tabela 8 – Resultados do ensaio de impacto de corpo mole na face externa

Energia (J)	d <sub>h</sub> (mm)	d <sub>hr</sub> (mm)	Ocorrências
60	/	/	A parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas.
120			
180			
240	0,24	0,01	A parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas.
360	/	/	A parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas.
480			
720			
960			

Legenda: d<sub>h</sub> = deslocamento horizontal instantâneo; d<sub>hr</sub> = deslocamento horizontal residual

Nas energias de 60, 120 e 180 J a parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas. Observou-se que os deslocamentos não superaram os limites da norma ABNT NBR 15575-4:2021, com relação às dimensões da amostra, de 10,4 mm (h/250) para o d<sub>h</sub> e de 2,1 mm (h/1250) para o d<sub>hr</sub>, na energia de impacto de 240 J. Também, nesta energia a J a parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas. Nas energias de 360, 480, 720 e 960 J a parede manteve sua integridade, não apresentando abaulamentos, fissuras ou demais problemas.

Em relação ao impacto de corpo duro, o ensaio seguiu os procedimentos prescritos pela ABNT NBR 15575-4:2021, em específico no item 7.6 e no Anexo B. Tal ensaio promoveu impactos na face interna e externa do sistema por meio de esferas metálicas maciças com massa de 0,5 kg e 1,0 kg, para que houvesse energias distintas. Para cada energia (2,5 J; 3,75 J; 10 J; 20 J) foi necessário realizar 10 impactos consecutivos e em locais aleatórios da amostra. Após a aplicação das energias, analisou-se visualmente a face da amostra e fez-se a medição da profundidade das mossa e de seus respectivos diâmetros.

A Tabela 9 apresenta os resultados do ensaio de corpo duro no SVVE com impactos na face interna.

Tabela 9– Resultados do ensaio de corpo duro – impactos internos

Impacto	Energia (J)	Mossa (mm)		Ocorrências	Energia (J)	Mossa (mm)		Ocorrências
		Profun.	Ø			Profun.	Ø	
1	2,5	0,2	7,2	Observou-se a presença de mossa após a realização do ensaio.	10	0,1	11,1	Observou-se a presença de mossa após a realização do ensaio.
2		0,5	13,6			0,0	14,4	
3		0,1	7,8			1,4	12,5	
4		0,1	6,3			0,2	10,1	
5		0,2	6,9			0,2	11,6	
6		0,1	7,1			0,2	12,3	
7		0,0	5,9			0,1	11,3	
8		0,1	8,7			0,3	11,9	
9		0,1	5,9			0,2	11,5	
10		0,1	6,5			0,2	12,9	

Com a aplicação das energias prescritas pela norma, não foi constatada a presença de mossas com profundidade superior a 2,00 mm na energia de 2,5 J, tampouco ruptura ou traspasse na energia de 10,0 J. A Tabela 10 apresenta os resultados do ensaio de corpo duro em SVVE com impactos na face externa.

Tabela 10 – Resultados do ensaio de corpo duro – impactos externos

Impacto	Energia (J)	Mossa (mm)		Ocorrências	Energia (J)	Mossa (mm)		Ocorrências
		Profun.	Ø			Profun.	Ø	
1	3,75	1,4	11,2	Observou-se a presença de mossas após a realização do ensaio.	20	1,9	18,2	Observou-se a presença de mossas após a realização do ensaio.
2		1,8	14,9			1,2	18,3	
3		2,1	16,6			1,5	17,9	
4		1,6	15,6			1,8	19,3	
5		2,7	14,9			2,6	19,3	
6		1,3	14,3			2,0	19,1	
7		1,1	15,1			2,2	17,8	
8		3,5	14,5			2,0	18,8	
9		1,3	14,1			0,9	18,5	
10		2,1	15,4			1,7	17,1	

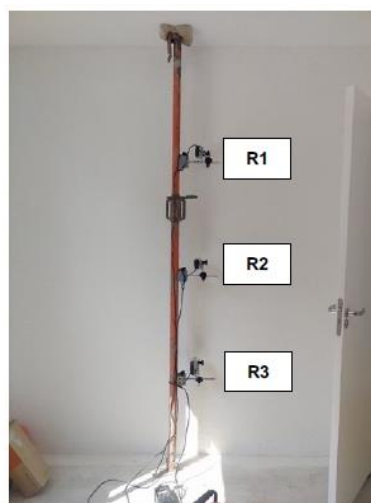
Com a aplicação das energias prescritas pela norma, foi constatada a presença de mossas com profundidade superior a 2,00 mm na energia de 3,75 J, porém, não houve ruptura ou traspasse na energia de 20,0 J. De modo complementar, o Relatório técnico da Tecomat, identificado como RLT.DSP-094-22-00- Tecomat, verificou que o revestimento cerâmico atende ao desempenho mínimo em relação ao impacto de corpo duro. Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

### 5.1.6 Resistência às cargas suspensas em sistema de vedação vertical com função estrutural

O Relatório técnico N°4585/2021, do itt Performance, apresenta a realização do ensaio de carga suspensa, o que pode ser representado pela Figura 7.



Carregamento da mão francesa



Posicionamento dos relógios medidores

Figura 7 - Aplicação das cargas na mão francesa e posição dos relógios de medição da deformação



A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos no ensaio de carga suspensa com o uso da mão francesa padrão.

Tabela 11 – Resultados do ensaio de carga suspensa

Carga (kN)	dh (mm)			d <sub>hr</sub> (mm)			Ocorrência
	d <sub>h1</sub>	d <sub>h2</sub>	d <sub>h3</sub>	d <sub>hr1</sub>	d <sub>hr2</sub>	d <sub>hr3</sub>	
1,2	0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,03	Sem ocorrência de fissuras, falhas ou demais problemas na parede ensaiada.
Legenda: d <sub>h</sub> = deslocamento horizontal; d <sub>hr</sub> = deslocamento horizontal residual							

Verificou-se que o sistema não apresentou falhas e deslocamento horizontal superior a 5,2 mm (h/500) e deslocamento residual maior que 1,0 mm (h/2500). Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

O ensaio de resistência às solicitações de redes de dormir em sistema de vedação vertical com função estrutural seguiu os procedimentos prescritos pela ABNT NBR 15575-4:2021, especificados no item 7.3. A carga mínima de resistência deve ser de 2,0 kN aplicados sobre o SVVE. O esforço foi aplicado a 60° em relação a face da amostra. O aumento de carga é feito a cada 50 N e realizado a cada 3 minutos até atingir a carga de ruptura, correspondendo a carga utilizada para classificação de desempenho mínimo. Com isso, fazem-se as medições dos deslocamentos na carga de ruptura, na metade da carga de ruptura e na carga de 2,0 kN.

A Tabela 12 apresenta os resultados obtidos durante a realização do ensaio de carga suspensa sob condições impostas por redes de dormir.

Tabela 12 – Resultados do ensaio de carga suspensa para redes de dormir

Carga (kN)	dh (mm)			Ocorrência
	d <sub>h1</sub>	d <sub>h2</sub>	d <sub>h3</sub>	
2,0	0,37	0,38	0,43	Sem ocorrência de falhas, fissuras ou demais problemas na amostra ensaiada.
Legenda: d <sub>h</sub> = deslocamento horizontal instantâneo; d <sub>hr</sub> = deslocamento horizontal residual				

Verificou-se que o sistema não apresentou falhas e deslocamento horizontal superior a 5,2 mm (h/500). Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo **tem potencial de atendimento aos requisitos** de desempenho.

### 5.1.7 Resistência às ações transmitidas por portas em sistema de vedação vertical com função estrutural

Os ensaios foram realizados conforme prescreve a ABNT NBR 15930-2:2018. A classificação teve como base os requisitos da ABNT NBR 15575-4:2021, envolvendo o impacto de corpo mole e as ações de abertura e fechamento.

Após as portas terem sido submetidas a dez operações de fechamento brusco, o SVVI 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 das paredes e outros. A energia do impacto do corpo mole sob a ação de 240J, não foi suficiente para promover o arrancamento do marco, nem

a ruptura ou perda de estabilidade da parede. Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

### 5.1.8 Ações no parapeito em sistema de vedação vertical com função estrutural

Os ensaios de carga horizontal e vertical seguiram as orientações e os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4:2021 e pelos anexos A e B da ABNT NBR 14718:2019, os quais orientam sobre a aplicação das cargas e as leituras dos deslocamentos horizontais e verticais. De um modo geral, este procedimento consiste em aplicar as ações do esforço estático horizontal e vertical no parapeito formado pelo SVVE.

A Tabela 13 apresenta os valores de deformação horizontal da amostra quando submetida aos esforços na carga de uso.

Tabela 13– Resultado das deformações da carga horizontal – fora para dentro

Rel.	$l_0$ (mm)	$l_1$ (mm)	$l_2$ (mm)	$l_3$ (mm)	Pré-carga (mm)	Carga de ensaio (mm)		Pós carga de ensaio (mm)	
					$(l_1-l_0)$	$(l_2-l_0)$	Limite	$(l_3-l_0)$	Limite
R1	0,00	0,03	0,28	0,08	0,03	0,28	≤ 25	0,08	≤ 3
R2	0,00	0,03	0,67	0,02	0,03	0,67		0,02	
R3	0,00	0,01	1,54	0,09	0,01	1,54		0,09	

Legenda:  $l_0$  – deformação inicial;  $l_1$  – deformação instantânea com a pré-carga;  $l_2$  – deformação instantânea com a carga de ensaio;  $l_3$  – deformação residual após a carga de ensaio.

O peitoril não apresentou ruptura de qualquer de seus componentes durante e após da carga de uso. Os resultados do esforço horizontal aplicados no sentido de dentro para fora são expostos na Tabela 14.

Tabela 14 – Resultado das deformações da carga horizontal – dentro para fora

Rel.	$l_4$ (mm)	$l_5$ (mm)	$l_6$ (mm)	$l_7$ (mm)	$l_8$ (mm)	Pré-carga (mm)	Carga de Ensaio (mm)		Pós carga de ensaio (mm)		Carga de segurança (mm)	
						$(l_5-l_4)$	$(l_6-l_4) -$ $(l_3-l_0)$	Limite	$(l_7-l_4) -$ $(l_3-l_0)$	Limite	$(l_8-l_4) -$ $(l_3-l_0)$	Limite
R1	0,00	0,03	0,03	0,01	0,05	0,03	0,05	≤ 25	0,07	≤ 3	0,03	≤ 150
R2	0,00	0,02	0,00	0,05	0,05	0,02	0,02		0,03		0,03	
R3	0,00	0,00	0,06	0,09	0,01	0,00	0,03		0,00		0,08	

Legenda:  $l_4$  – nova leitura inicial;  $l_5$  – defor. instantânea com a pré-carga;  $l_6$  – defor. instantânea com a carga de ensaio;  $l_7$  – defor. residual após a carga de ensaio;  $l_8$  – defor. residual após a carga de segurança.

O peitoril não apresentou ruptura de qualquer de seus componentes durante e após da carga de segurança. A Figura 8 apresenta as condições do peitoril durante o ensaio de esforço horizontal de dentro para fora.

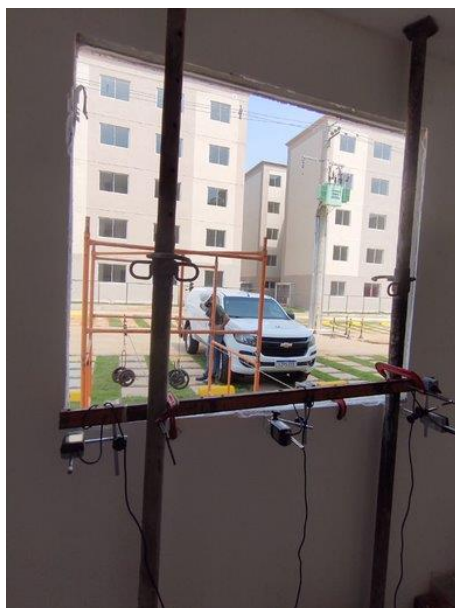


Figura 8 – Condições da amostra durante a realização do ensaio de esforço horizontal

A Tabela 15 apresenta os valores de deformação vertical da amostra quando submetida ao esforço estático vertical.

Tabela 15 – Deformações verticais da amostra no ensaio de esforço estático vertical

Ponto de medição	Leituras das deformações (mm)			
	Carga de Segurança	Limite	Residual	Limite
R1	0,00	≤ 20	0,00	≤ 8

A Figura 9 apresenta as condições da amostra durante o carregamento vertical.



Figura 9 – Condições da amostra durante o carregamento vertical

Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

## 5.2 Desempenho térmico

### 5.2.1 Análise de condensação

Os Relatórios Técnicos Nº 4453a/2021 e 4601 a 4607/2022, emitidos pelo itt Performance, apresentam a verificação da condensação do sistema construtivo em questão. As paredes mantêm as características já apresentadas do sistema. Revestimento externo composto por impermeabilização nos trechos de friso e rodapé da torre, selador acrílico e acabamento texturizado acrílico. Nas paredes internas o revestimento do substrato é feito com argamassa estabilizada, revestida em ambas as faces com massa de base acrílica nas áreas molhadas, após a impermeabilização, é utilizado revestimento cerâmico de espessura 6mm, assentado com argamassa do tipo AC II de espessura 4 a 5 mm. A laje é de concreto armado (sistema monolítico moldado *in loco*), de espessura 250 mm, sobre lastro de concreto magro de espessura 5mm. O número de horas em que há risco de condensação para o sistema de paredes simulado neste relatório pode ser, no máximo, 20% maior que aquele de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos, considerando os resultados da edificação ocupada.

Os resultados obtidos são apresentados nas Tabela16 até a Tabela 23, separadamente para as diferentes zonas bioclimáticas.

Tabela 16 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB1

	Situação	Sala501	Dormitório501	Sala502	Dormitório 502
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	1	1	0

Tabela 17 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB2

	Situação	Sala501	Dormitório501	Sala502	Dormitório 502
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	1	1	1	1
	Desocupado	10	14	10	9
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	3	3	3	3
	Desocupado	8	19	17	7

Tabela 18 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB3

	Situação	Sala501	Dormitório 501	Sala502	Dormitório 502
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	2	2	2	2
	Desocupado	13	13	17	9
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	2	2	2	2
	Desocupado	2	2	2	2

Tabela 19 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB4

	Situação	Sala501	Dormitório 501	Sala502	Dormitório 502
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0
	Ocupado	0	0	0	0

<b>Projeto Padrão</b>	Desocupado	0	0	0	0
-----------------------	------------	---	---	---	---

Tabela 20 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB5

	<b>Situação</b>	<b>Sala501</b>	<b>Dormitório 501</b>	<b>Sala502</b>	<b>Dormitório 502</b>
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	5	5	0
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	5	8	8	5
	Desocupado	8	12	13	7

Tabela 21 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB6

	<b>Situação</b>	<b>Sala501</b>	<b>Dormitório 501</b>	<b>Sala 502</b>	<b>Dormitório 502</b>
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0

Tabela 22 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB7

	<b>Situação</b>	<b>Sala501</b>	<b>Dormitório 501</b>	<b>Sala502</b>	<b>Dormitório 502</b>
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0

Tabela 23 – Horas de condensação por situação e unidade – ZB8

	<b>Situação</b>	<b>Sala501</b>	<b>Dormitório 501</b>	<b>Sala502</b>	<b>Dormitório 502</b>
<b>Projeto Amostra</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0
<b>Projeto Padrão</b>	Ocupado	0	0	0	0
	Desocupado	0	0	0	0

Desta forma, considerando somente os resultados da edificação ocupada, o projeto com paredes de concreto apresentou taxa de condensação igual ou inferior ao projeto padrão, para todas as Zonas Bioclimáticas brasileiras. Portanto, o sistema construtivo analisado atende aos critérios de desempenho higrotérmico de períodos de condensação por simulação computacional estabelecidos na Diretriz SINAT n° 001 – Revisão 3 nas zonas bioclimáticas. Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

### 5.2.2 Cálculo de transmitância térmica em sistema de cobertura

O Relatório Técnico N° 4191/2021, emitido pelo laboratório Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance), atesta que foi realizado o cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de cobertura seguindo os procedimentos descritos na ABNT NBR 15220-2:2005.

A amostra analisada consiste em um sistema de cobertura, composto pelos materiais e sistemas apresentados na Tabela 24. Um esquema ilustrativo da amostra está apresentado na Figura 10. As propriedades térmicas e físicas dos materiais construtivos empregados são apresentadas na Tabela 25, enquanto a Tabela 26 complementa estes dados com a resistência térmica superficial do ar.

Tabela 24 – Composição construtiva da amostra

Nº Amostra	Elemento	Descrição
7325	Telha	Cobertura em estrutura metálica, fixada por meio de parafusos, revestida com telhas de fibrocimento com espessura mínima de 6mm.
	Forro	Laje de concreto armado de espessura 100mm, revestida, na porção inferior, o revestimento é realizado com argamassa estabilizada de espessura 3mm, massa com base acrílica de espessura 30mm, finalizado com pintura látex do tipo PVA.

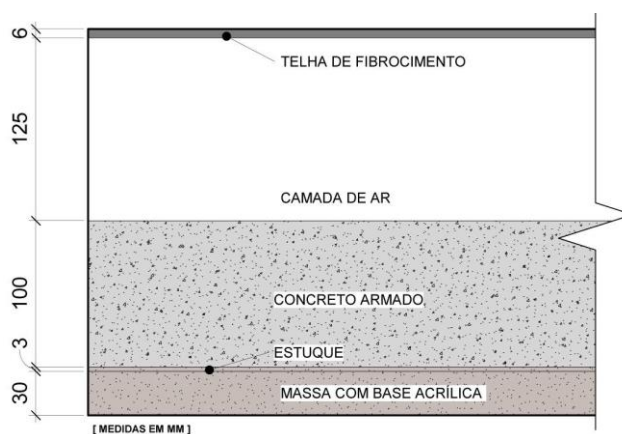


Figura 10 – Esquema gráfico da amostra analisada

Tabela 25 – Propriedades térmicas e físicas dos materiais empregados

Material construtivo	Propriedades térmicas			
	e [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/m.K]	c [kJ/kg.K]
Placas de fibrocimento	0,006	1700	0,65	0,84
Concreto	0,1	2400	1,75	1,00
Argamassa comum	0,003	2100	1,15	1,00
Argamassa comum	0,03	2100	1,15	1,00

**Legenda: espessura do componente (e), densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ) e calor específico (c).**

Fonte: ABNT NBR 15220-2:2005.

Tabela 26 – Resistência térmica do ar

$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	$R_{ar}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

<b>Fluxo Descendente</b>		1 < e ≤ 2 cm	2 < e ≤ 5 cm	e > 5 cm
0,17	0,04			
<b>Fluxo Ascendente</b>		0,15	0,18	0,21
0,1	0,1			
<b>Legenda: resistência térmica superficial interna (R<sub>si</sub>) e resistência térmica superficial externa (R<sub>se</sub>).</b>				

Fonte: ABNT NBR 15220-2:2005.

A Tabela 27 informa os requisitos para edificações residenciais conforme dispõe a ABNT NBR 15575-4:2013, junto ao resultado obtido no ensaio.

Tabela 27 – Requisitos para transmitância térmica de coberturas

<b>Requisitos conforme ABNT NBR 15575-5:2013</b>						<b>Resultado obtido</b>
<b>ZB's 1 e 2</b>	<b>ZB's 3, 4,5 e 6</b>		<b>ZB's 7 e 8</b>		<b>Nível de desempenho</b>	
	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a \leq 0,4$	$\alpha^a > 0,4$		
<b>U ≤ 2,3</b>	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	Mínimo	<b>U = 1,94</b>
<b>U ≤ 1,5</b>	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	Intermediário	
<b>U ≤ 1,0</b>	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	Superior	
<b><sup>a</sup> Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.</b>						
<b>NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2:2005.</b>						

Obs.: ZB: zona bioclimática brasileira; U: transmitância térmica da cobertura (W/(m<sup>2</sup>.K));  $\alpha$ : absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura, em função da cor (adimensional); FV: fator de ventilação.

Fonte: ABNT NBR 15575-5:2013.

Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

### 5.2.3 Cálculo de transmitância térmica em SVVE

O Relatório Técnico Nº 4192/2021, emitido pelo laboratório Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance), atesta que foi realizado o cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de vedação vertical seguindo os procedimentos descritos na ABNT NBR 15220-2:2005.

A amostra analisada consiste em um sistema vertical de vedação, composto pelos materiais e elementos apresentados na Tabela 28. Esquemas ilustrativos da amostra estão apresentados na Figura 11. As propriedades térmicas e físicas dos materiais construtivos empregados são apresentadas na Tabela 29, enquanto a Tabela 30 complementa estes dados com a resistência térmica superficial do ar.

Tabela 28 – Composição construtiva da amostra

<b>Nº Amostra</b>	<b>Material</b>	<b>Propriedade</b>	
	Concreto	Tipologia	Parede monolítica moldada <i>in loco</i>

<b>7325</b>		Espessura (cm)	10
		Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	2400
		Traço	Usinado
		Relação a/c	0,58
		Resistência (MPa)	25
	Acabamento externo	Tipologia	Texturizado cimentício / acrílico -
	Selador	Tipologia	Acrílico
	Revestimento	Tipologia	Massa com base acrílica/cimentícia de espessura 3,0 mm
	Acabamento interno	Tipologia	Pintura látex PVA

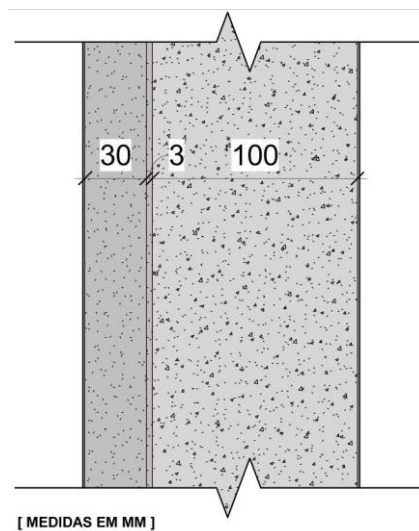


Figura 11 –Perspectiva do (a) esquema ilustrativo e do (b) corte da amostra analisada

Tabela 29 – Propriedades térmicas e físicas dos materiais empregados

Material construtivo	Propriedades térmicas			
	e [m]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/(m.K)]	c [kJ/(kg.K)]
<b>Argamassa</b>	0,03	2100	1,15	1,00
<b>Argamassa</b>	0,003	2100	1,15	1,00
<b>Concreto</b>	0,1	2400	1,75	1,00

Legenda: espessura do componente (e), densidade de massa aparente ( $\rho$ ), condutividade térmica ( $\lambda$ ) e calor específico (c).

Fonte: ABNT NBR 15220-2:2005.

Tabela 30 – Resistência térmica do ar

$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	$R_{ar}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]		
<b>Fluxo Horizontal</b>		1 < e ≤ 2 cm	2 < e ≤ 5 cm	e > 5 cm



0,13	0,04	0,15	0,18	0,21
------	------	------	------	------

Obs.: resistência térmica superficial interna ( $R_{si}$ ) e resistência térmica superficial externa ( $R_{se}$ ).

Fonte: ABNT NBR 15220-2:2005.

Para o cálculo da resistência térmica, foram utilizados os dados apresentados no item 4. A Tabela 31 apresenta a síntese dos resultados obtidos.

Tabela 31 – Síntese dos resultados

Nº Amostra	$R_T$ ( $m^2.K/W$ )	$U$ ( $W/(m^2.K)$ )	$C_T$ ( $kJ/(m^2.K)$ )	$\phi$ (h)	$FS_o$ (%)		
					$\alpha = 0,3$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,7$
<b>7325</b>	0,2558	3,91	309	3,4	4,7%	7,8%	10,9%

Fonte: RT Nº 4192/2021 – Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance).

A Tabela 32 informa os requisitos de transmitância térmica para edificações residenciais conforme dispõe a ABNT NBR 15575-4:2013, junto ao resultado obtido no cálculo. A Tabela 33 apresenta os requisitos de capacidade térmica junto ao resultado obtido.

Tabela 32 – Requisitos de transmitância térmica de paredes externas

Requisitos conforme ABNT NBR 15575-4:2013			Resultado obtido
ZB's 1 e 2	ZB's 3, 4, 5, 6, 7 e 8		
	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	
$U \leq 2,5$	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$	<b><math>U = 3,91</math></b>

Obs.: ZB: zona bioclimática brasileira; U: transmitância térmica da parede ( $W/(m^2.K)$ );  $\alpha$ : absorptância à radiação solar da superfície externa da parede, em função da cor (adimensional).

Fonte: ABNT NBR 15575-4:2013.

Tabela 33 – Requisitos de capacidade térmica de paredes externas

Requisitos conforme ABNT NBR 15575-4:2021		Resultado obtido
ZB 8	ZB's 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	
Sem exigência	$C_T \geq 130$	<b><math>C_T = 309</math></b>

Obs.:  $C_T$ : capacidade térmica do sistema ( $kJ/(m^2.K)$ ).

Fonte: ABNT NBR 15575-4:2013.

No caso do não atendimento de algum desses critérios para sistemas de vedações verticais externas (SVVEs) e de coberturas, toda a avaliação deverá ser realizada por meio do Procedimento de Simulação Computacional. Nota-se que o resultado de transmitância térmica obtido no cálculo ( $U = 3,91 W/(m^2.K)$ ) PARA SVVE é superior ao requisito ( $\leq 3,7 W/(m^2.K)$ ), portanto não atende à ABNT NBR 15575-4:2013. Dessa forma, deve-se realizar a simulação térmica computacional para validação. Os resultados de simulação térmica computacional são apresentados no item 5.2.4.

#### 5.2.4 Simulação térmica computacional

O Relatório Técnico Nº 4189/2021, emitido pelo laboratório Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance), atesta que foi realizada a análise de desempenho térmico conforme Procedimento de

Simulação Computacional da edificação descrita a seguir: edificação habitacional vertical multifamiliar, denominada Alto Protásio, localizada na zona bioclimática 3 (ver item 6) na cidade de Porto Alegre/RS. Abaixo, na Tabela 34, encontra-se a composição construtiva da edificação analisada para a simulação térmica computacional.

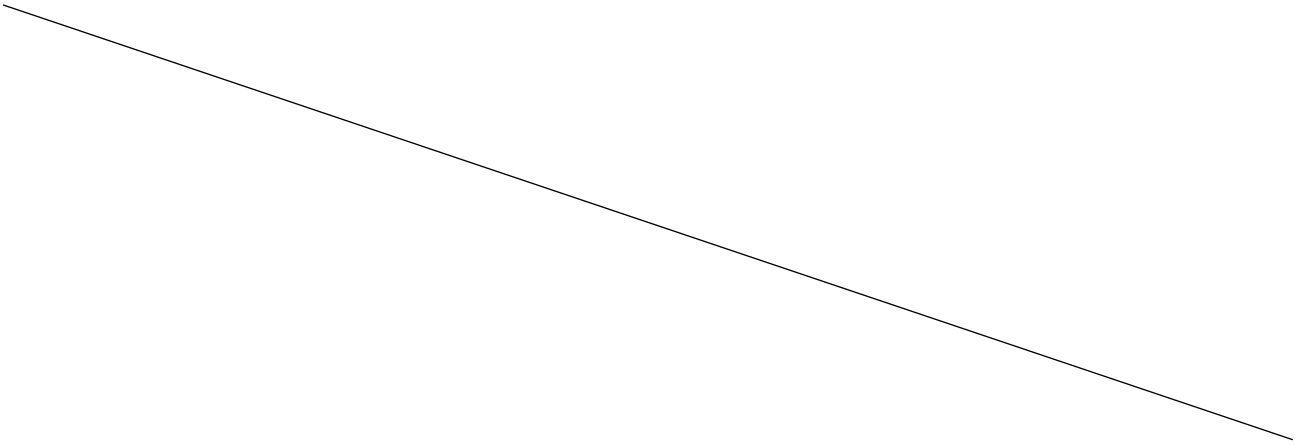


Tabela 34 – Composição construtiva da edificação simulada

<b>Sistema</b>	<b>Descrição</b>
<b>Cobertura</b>	Cobertura em estrutura metálica, fixada por meio de parafusos, revestida com telhas de fibrocimento com espessura mínima de 6mm, sobre laje de concreto armado moldado <i>in loco</i> de espessura 100mm.
<b>Paredes externas</b>	Sistema monolítico em paredes de concreto reforçado com fibras de vidro moldadas <i>in loco</i> com formas pré-fabricadas moduladas e removíveis. O concreto utilizado possui resistência mínima de 25 MPa e espessura aproximada de 100mm. O revestimento do substrato é feito com argamassa estabilizada de espessura 3mm, selador acrílico e acabamento texturizado cimentício.
<b>Paredes internas</b>	Sistema monolítico em paredes de concreto reforçado com fibras de vidro moldadas <i>in loco</i> com formas pré-fabricadas moduladas e removíveis. O concreto utilizado possui resistência mínima de 25 MPa e espessura aproximada de 100mm. O revestimento do substrato é feito com massa com base acrílica/cimentícia de 3,0 mm e massa com base cimentícia projetada do tipo “skincolt” e pintura látex PVA. Nas áreas molhadas, é utilizado revestimento cerâmico de espessura 6mm, assentado com argamassa do tipo AC II de espessura 4 a 5mm.
<b>Piso/Fundação</b>	Laje de concreto armado (sistema monolítico moldado <i>in loco</i> ), de espessura 250mm, sobre lastro de concreto magro de espessura 5mm.
<b>Entrepiso/Forro</b>	Laje de concreto armado de espessura 100mm, revestida, na porção superior, com argamassa estabilizada de espessura 3mm, pasta acústica e resina acrílica com argamassa colante AC II, de espessura final 3,5mm, nos quartos. Na porção inferior, o revestimento é realizado com argamassa estabilizada de espessura 3mm, massa com base cimentícia, finalizado com pintura látex do tipo PVA.
<b>Janelas</b>	Nos Dormitórios e Salas: Janela de correr, 02 folhas, com vidro de espessura 4mm. Na Cozinha: Janela de correr, 02 folhas, com vidro de espessura 3mm e veneziana superior fixa. No Banho: Janela do tipo Maxim-Ar de vidro mini boreal de espessura 3mm.
<b>Portas</b>	Portas internas em madeira, 01 folha, lisa, sarrafeada de espessura 35mm. Portas externas de alumínio, 01 folha, com veneziana e portas externas com 02 folhas de vidro, de espessura 6mm na porção inferior e 4mm na parte superior.

Fonte: RT Nº 4189/2021 – Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance).

O ensaio térmico foi desenvolvido para todas as zonas bioclimáticas brasileiras (ZB), conforme o zoneamento definido pela ABNT NBR 15220-3:2005 (Figura 12). Os arquivos climáticos utilizados (TRY) foram elaborados a partir de dados horários, registrados em estação climatológicas do INMET entre os anos de 2000 e 2010.

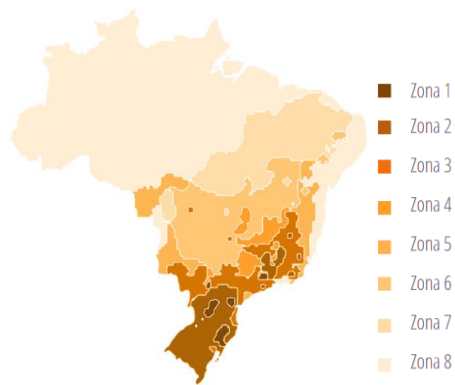


Figura 12 – Zonas bioclimáticas no Brasil.

Fonte: ABNT NBR 15220-3:2005.

O ensaio térmico foi orientado pelo método de simulação da norma de desempenho ABNT NBR 15575-1:2021 emenda 1:2021. Este procedimento de simulação computacional avalia o desempenho térmico anual da envoltória da edificação em relação a esta envoltória com características de referência. Neste procedimento devem ser elaborados dois modelos, sendo um chamado de Modelo Real, o qual conserva as características geométricas da unidade habitacional (UH), as propriedades térmicas e composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura; e o outro corresponde ao Modelo de Referência, que mantém a volumetria do Modelo Real, mas adota características de referência, conforme determinado no item 11.4.7.2 desta norma.

A perspectiva da edificação está apresentada na Figura 13. A perspectiva do modelo referência criado a partir do projeto original, está apresentado na Figura 14.

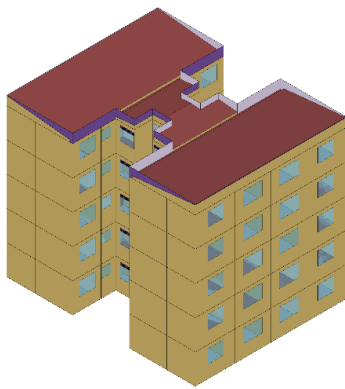


Figura 13 – Perspectiva da edificação analisada: Modelo Real

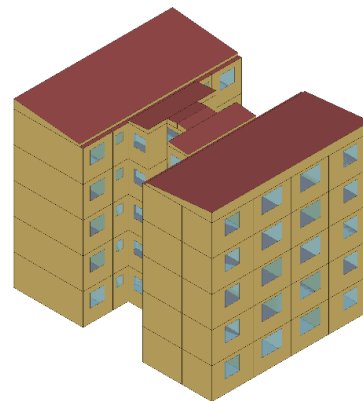


Figura 14 – Perspectiva da edificação analisada: Modelo Referência

Com a análise dos dados obtidos na simulação térmica, apresenta-se a, demonstrando o diagnóstico de desempenho térmico de cada unidade habitacional avaliada. Para efeitos de análise, as unidades habitacionais foram numeradas como representado na Figura 15 seguir:

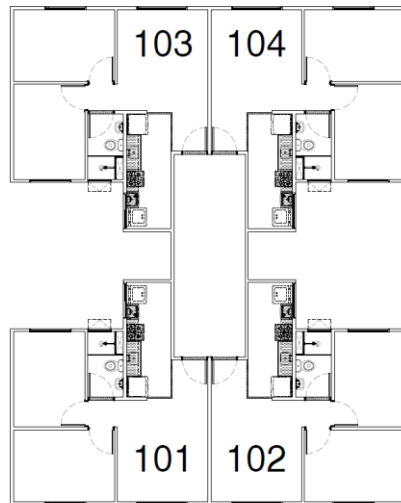


Figura 15 – Numeração das unidades habitacionais

As Tabelas 35 a 41 apresentam o nível de desempenho obtido por Unidade Habitacional, através da simulação térmica computacional realizada:

Tabela 35 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB1

Unidade habitacional	Nível de desempenho	Unidade habitacional	Nível de desempenho
101	I	303	I
102	I	304	I
103	I	401	M
104	I	402	M
201	M	403	I
202	M	404	I
203	I	501	S
204	M	502	S
301	M	503	S
302	M	504	S

Tabela 36 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB2

Unidade habitacional	Nível de desempenho	Unidade habitacional	Nível de desempenho
101	M	303	M
102	M	304	M
103	I	401	M
104	I	402	M
201	M	403	M
202	M	404	M
203	M	501	I
204	M	502	I
301	M	503	I
302	M	504	I

Tabela 37 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB3

<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>	<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>
101	<b>M</b>	303	<b>M</b>
102	<b>M</b>	304	<b>M</b>
103	<b>M</b>	401	<b>M</b>
104	<b>M</b>	402	<b>M</b>
201	<b>M</b>	403	<b>M</b>
202	<b>M</b>	404	<b>M</b>
203	<b>M</b>	501	<b>M</b>
204	<b>M</b>	502	<b>M</b>
301	<b>M</b>	503	<b>M</b>
302	<b>M</b>	504	<b>M</b>

Tabela 38 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB4

<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>	<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>
101	<b>M</b>	303	<b>M</b>
102	<b>M</b>	304	<b>M</b>
103	<b>M</b>	401	<b>M</b>
104	<b>M</b>	402	<b>M</b>
201	<b>M</b>	403	<b>M</b>
202	<b>M</b>	404	<b>M</b>
203	<b>M</b>	501	<b>I</b>
204	<b>M</b>	502	<b>I</b>
301	<b>M</b>	503	<b>I</b>
302	<b>M</b>	504	<b>I</b>

Tabela 39 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB5

<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>	<b>Unidade habitacional</b>	<b>Nível de desempenho</b>
101	<b>M</b>	303	<b>M</b>
102	<b>M</b>	304	<b>M</b>
103	<b>M</b>	401	<b>M</b>
104	<b>M</b>	402	<b>M</b>
201	<b>M</b>	403	<b>M</b>
202	<b>M</b>	404	<b>M</b>
203	<b>M</b>	501	<b>M</b>
204	<b>M</b>	502	<b>M</b>
301	<b>M</b>	503	<b>M</b>
302	<b>M</b>	504	<b>M</b>

Tabela 40 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB6

Unidade habitacional	Nível de desempenho	Unidade habitacional	Nível de desempenho
101	M	303	M
102	M	304	M
103	M	401	M
104	M	402	M
201	M	403	M
202	M	404	M
203	M	501	M
204	M	502	M
301	M	503	M
302	M	504	M

Tabela 41 – Nível de desempenho obtido por unidade habitacional, para ZB7

Unidade habitacional	Nível de desempenho	Unidade habitacional	Nível de desempenho
101	M	303	M
102	M	304	M
103	M	401	M
104	M	402	M
201	M	403	M
202	M	404	M
203	M	501	M
204	M	502	M
301	M	503	M
302	M	504	M

Para a zona bioclimática 8 (ZB8) o ensaio térmico foi desenvolvido para as cidades de Salvador e Fortaleza em três absorções diferentes nas fachadas, sendo elas 0,3, 0,5 e 0,7. Os arquivos climáticos utilizados (INMET) foram elaborados a partir de dados horários, registrados em estação climatológicas do INMET entre os anos de 2000 e 2010.

Com base nos resultados apresentados para os ensaios realizados para as cidades de Salvador e Fortaleza, o sistema construtivo atende ao desempenho mínimo conforme norma, porém com restrição de cores nas fachadas. Abaixo, a Tabela 42 resume os casos em que o sistema é aprovado e o caso em que há limitação nos ensaios feitos para as duas cidades.

Tabela 42 – Atendimento do sistema construtivo por cidade e absorção, ZB8

Salvador (BA)		Fortaleza (CE)	
Absorção (%)	Condição	Absorção (%)	Condição
0,3	Aprovado	0,3	Aprovado
0,5	Aprovado	0,5	Aprovado
0,7	Limitado	0,7	Limitado

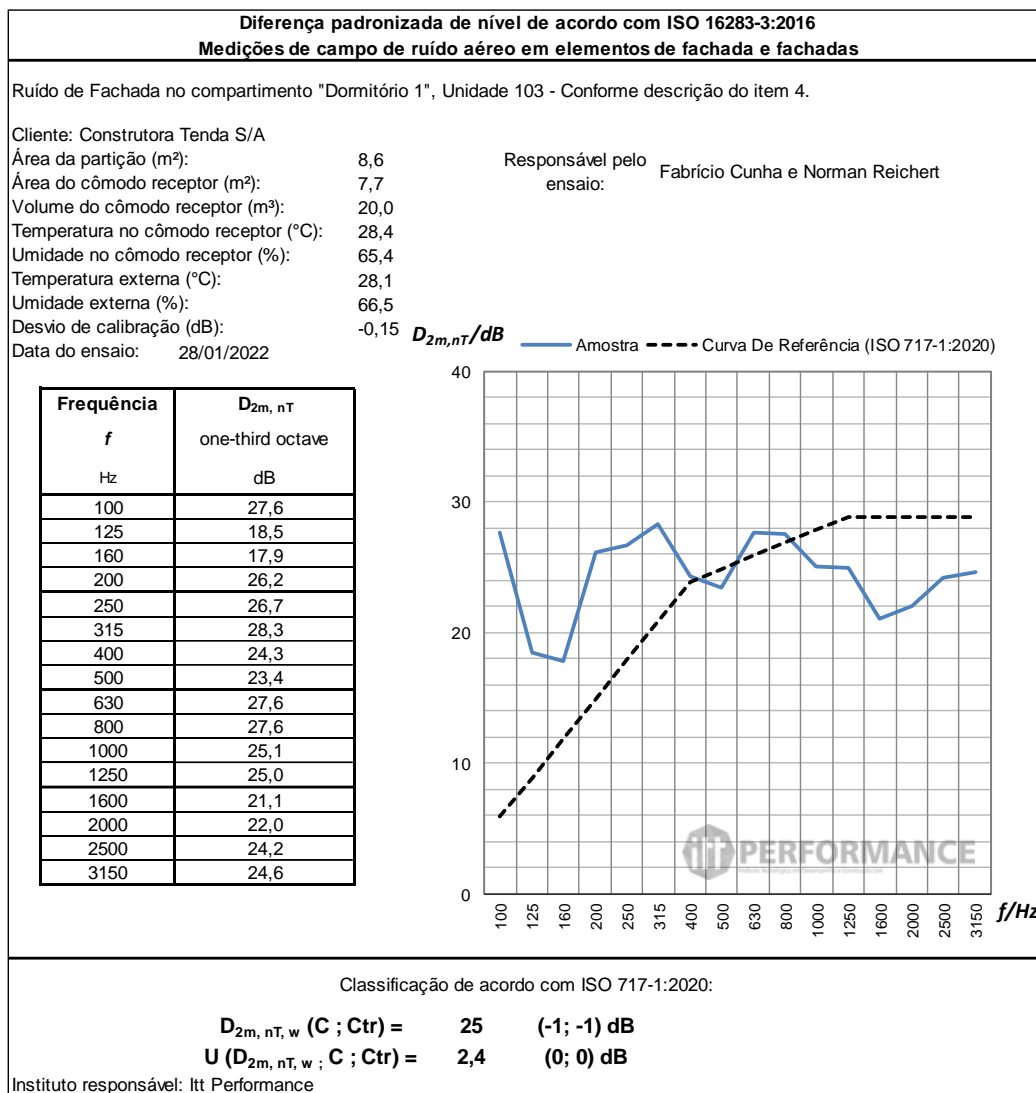
## 5.3 Desempenho acústico

### 5.3.1 Sistema de parede

#### 5.3.1.1 Ruído aéreo na fachada

O Relatório técnico Nº 4599/2022 apresenta o ensaio realizado em campo para obtenção da diferença de nível padronizada a 2 m de distância da fachada. Os ensaios foram realizados seguindo os procedimentos prescritos pelas normas ISO 16283-3:2016 e ISO 717-1:2020. A Tabela 43 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 43 – Diferença de nível padronizada a 2 m de distância da fachada



O sistema analisado apresentou diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada ( $D_{2m,nT,w}$ ) de 25 dB. Os requisitos de norma são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 - Requisitos de diferença de nível padronizada ponderada a 2m de distância da fachada

Classe de ruído	$L_{inc}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ dB Salas	Nível de desempenho	Resultado (dB)
I	≤ 60	Não aplicável		25
II	61 a 65	Não aplicável		
III	66 a 70	Não aplicável	Mínimo	
		≥ 30	Intermediário	
		≥ 35	Superior	

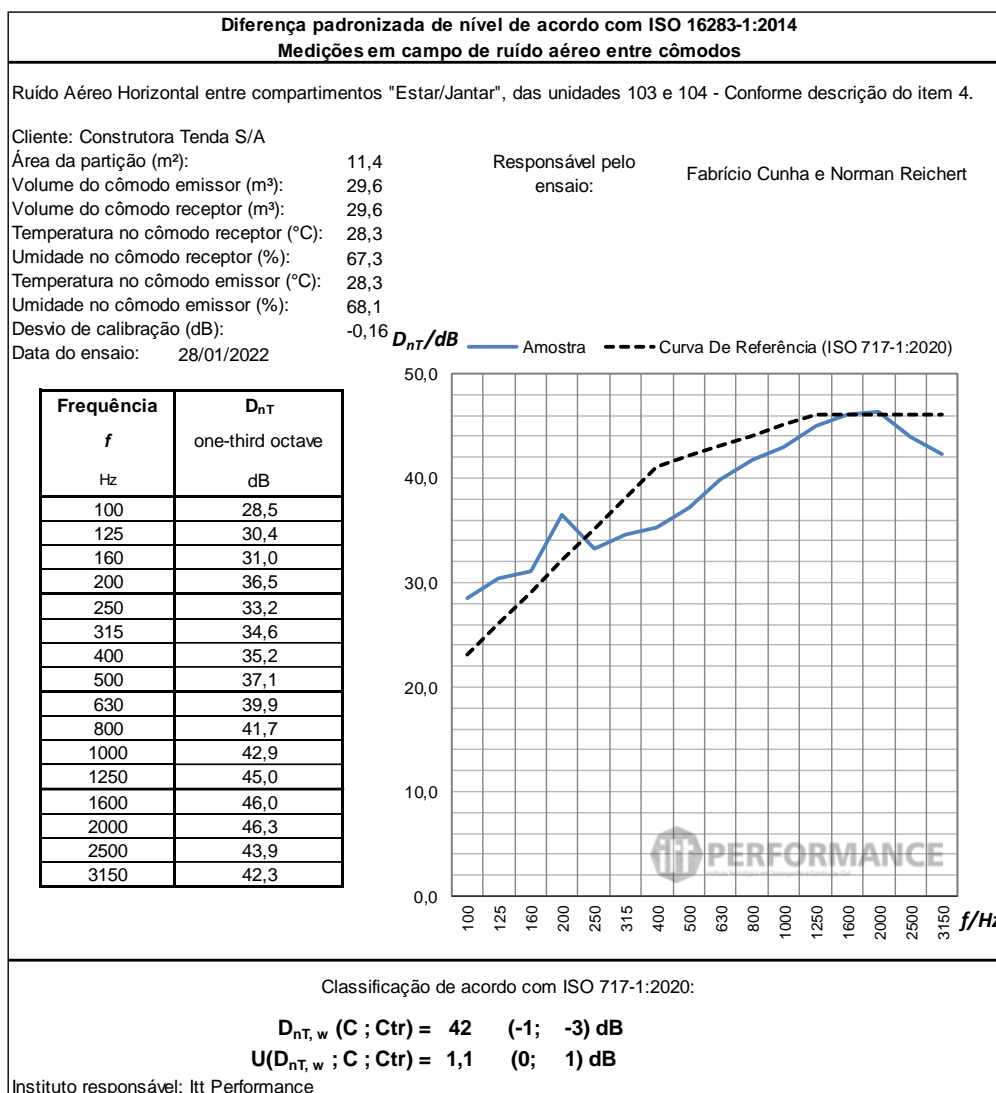


Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho.

### 5.3.1.2 Ruído entre cômodos

O relatório técnico N°4600/2022 do itt Performance apresenta a determinação da diferença de nível padronizada ponderada foi feita em campo entre os cômodos de estar e jantar. Os ensaios foram realizados em campo, pela equipe do itt Performance/Unisinos, seguindo os procedimentos prescritos pelas normas ISO 16283-1:2014 e ISO 717-1:2020. A Tabela 45 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 45 – Diferença de nível padronizada entre cômodos



O sistema analisado apresentou diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de 42 dB. Os requisitos para as diferentes configurações de uso são apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 - Requisitos de uso do sistema de parede e níveis de desempenho

Situação	Requisito (dB)	Nível de desempenho	Resultado (dB)
Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações em que não haja ambiente dormitório.	40 a 44	Mínimo	42
	45 a 49	Intermediário	
	≥ 50	Superior	
Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	Mínimo	
	50 a 54	Intermediário	
	≥ 55	Superior	
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos.	40 a 44	Mínimo	
	45 a 49	Intermediário	
	≥ 50	Superior	
Parede cega entre uma unidade habitacional e as áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadarias dos pavimentos, nas situações em que não haja ambiente de dormitório.	30 a 34	Mínimo	
	35 a 39	Intermediário	
	≥ 40	Superior	
Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	45 a 49	Mínimo	
	50 a 54	Intermediário	
	≥ 55	Superior	
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades), nas situações em que não haja ambiente dormitório.	40 a 44	Mínimo	
	45 a 49	Intermediário	
	≥ 50	Superior	
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo <i>hall</i> ( $D_{nT,w}$ obtida entre as unidades), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório.	45 a 49	Mínimo	
	50 a 54	Intermediário	
	≥ 55	Superior	

Com base nos resultados apresentados, o sistema construtivo tem potencial de atendimento aos requisitos de desempenho. Porém, observa-se que o sistema analisado não pode ser utilizado nas seguintes situações:

- Parede entre as unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.
- Parede cega entre o dormitório ou sala de uma unidade habitacional e as áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como *home theater*, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.
- Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo *hall* ( $D_{nT,w}$  obtida entre as unidades), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório.

## 5.4 Estanqueidade em SVVE

### 5.4.1 Ensaio em parede sem aberturas

O Relatório Técnico Nº 4133/2021, emitido pelo laboratório Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance), atesta que foram realizados ensaios para verificar a estanqueidade do sistema de vedação vertical externo, de acordo com as prescrições do Anexo C, da ABNT NBR 15575-4:2021.

A amostra analisada consiste em dois exemplares de um sistema de vedação vertical externo (SVVE) existente no pavimento térreo da Torre 15 de uma obra existente, localizada no seguinte endereço: Av. Protásio Alves, 10970 - Alto Petrópolis, Porto Alegre - RS, 91260-000. A composição construtiva do SVVE é apresentada na Tabela 47.

Tabela 47 – Composição construtiva da amostra

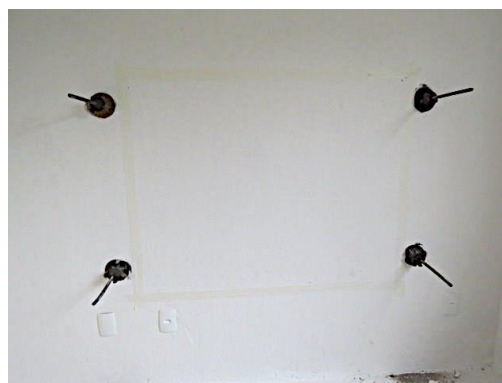
Sistema	Material	Propriedade	
Revestimento externo	impermeabilização nos trechos de friso, cobertura e rodapé da torre		
	Selador acrílico		
	Acabamento texturizado acrílico		
Substrato	Parede de concreto reforçado com fibras de vidro	Espessura	10,00 cm
		Densidade	2500 kg/m <sup>3</sup>
	Massa com base acrílica / cimentícia	Espessura	1,50 cm
	Massa com base cimentícia projetada do tipo “ <i>skincolt</i> ”	Espessura	1,50 cm
	Pintura látex PVA		

Fonte: RT Nº 4133/2021 – Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance).

Registros da condição inicial das faces internas dos exemplares verificados podem ser observados na Figura 16.



a)



b)

Figura 16 – Condição inicial das faces internas dos exemplares (a) 1 e (b) 2

O ensaio foi realizado conforme as prescrições do anexo C da ABNT NBR 15575-4:2021, utilizando uma câmara de estanqueidade com área de exposição de 135x105 cm e aplicando uma vazão de água constante de 3 L/min/m<sup>2</sup>. A pressão foi determinada de acordo com a região de utilização do sistema, sendo, nesse caso, adotado 50 Pa, que corresponde a região V de vento no Brasil, conforme a norma de ensaio. O ensaio teve duração de 7 horas, período no qual verifica-se, de forma visual, quaisquer manifestações de presença

de umidade na face dos exemplares diretamente oposta à ensaiada. Na Figura 17, a seguir, apresenta-se o aspecto da face interna dos exemplares ao término do ensaio.

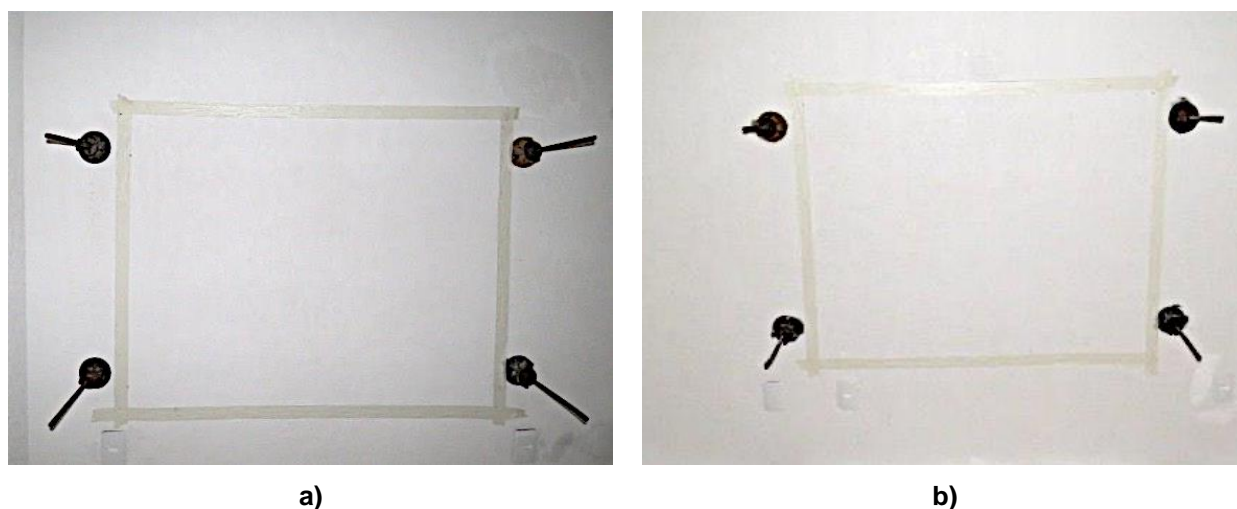


Figura 17 – Condição das faces internas dos exemplares (a) 1 e (b) 2 ao término do ensaio

Durante a ocorrência do ensaio, não foram observadas manchas de umidade na face interna e/ou penetração de água para o interior da parede em nenhum dos exemplares. Conforme exposto na norma orientadora do ensaio, deve-se calcular o percentual de área manchada por umidade em relação à área total da face interna da amostra. Como não houve mancha de umidade, o percentual da área de manchamento foi nulo. Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

#### 5.4.2 Ensaio de estanqueidade na interface entre parede e esquadria

A Figura 18 ilustra a esquadria *in loco*, na qual instalou-se a câmara de estanqueidade.



Figura 18 – Esquadria *in loco* - análise com câmara de estanqueidade

A pressão aplicada no ensaio de estanqueidade à água foi progressiva e até o valor de 300 Pa, observando-se a presença de água no perfil inferior após 5s da aplicação da pressão. Não se observou a presença de gotas e escoamento de água nas pressões de ensaio. Não foram constatadas ocorrências de permeabilidade excessiva (PE) na janela durante todo o ensaio. Os resultados verificados constam na Tabela 48.

Tabela 48 - Resultados verificados no ensaio de estanqueidade à água

Pressão de ensaio (Pa)	Observações
0	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
20	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
40	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
60	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
80	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
100	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
130	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
160	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
190	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
220	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
250	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
280	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria
300	Nenhuma ocorrência na interface da esquadria

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 48, percebe-se que não houve a perda de estanqueidade na interface entre janela e parede, uma vez que esta junção permaneceu estanque e não apresentou infiltrações de água nas respectivas pressões de ensaio. Não foi possível identificar o escoamento da água e formação de gotas aderentes à face interna.

Ainda em relação à estanqueidade, no que tange à permeabilidade, afirma-se que o fornecedor contratado de peças cerâmicas atende ao respectivo programa setorial de qualidade, havendo-se assim, potencial de atendimento como sistema.

Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

### 5.5 Segurança contra incêndio

O Relatório Técnico Nº 4461/2021, emitido pelo laboratório Instituto Técnico em Desempenho e Construção Civil (itt Performance), atesta que foram realizados ensaios para determinação do tempo de resistência ao fogo, com finalidade estrutural, através do procedimento descrito na ABNT NBR 5628:2001.

O método de ensaio utilizado é o prescrito pela ABNT NBR 5628:2001. O ensaio consiste na determinação do tempo de resistência ao fogo da amostra quando exposta ao programa de aquecimento descrito pela referida norma. Verifica-se, durante o ensaio, a resistência mecânica, estanqueidade à passagem de gases quentes e fumaça e o isolamento térmico do sistema.

O ensaio é realizado em um forno horizontal normatizado, equipado com um sistema de carregamento, 4 queimadores - alimentados por gás liquefeito de petróleo (GLP) e termopares, programados para realizar o aquecimento de acordo com os preceitos de norma. A amostra ensaiada é apresentada na Figura 19.



(a)



(b)

Figura 19 – Execução da amostra sendo, (a) amostra em fôrma e (b) aspecto final

O ensaio teve início às 13h18 min e duração de 75 minutos, sendo a temperatura inicial ( $T_0$ ) de 26,9°C. A Tabela 49 apresenta o roteiro das manifestações apontadas e a evolução do ensaio.

Tabela 49 – Desenvolvimento do ensaio de resistência ao fogo

Tempo (min)	Ocorrência
0	Antes do programa térmico, durante a aplicação de carga, a amostra apresentou estalos.
0	Início do programa térmico.
4	Início de fumaça na parte superior direita.
8	Início de vapor próximo ao termopar 10.
8	Amostra expelindo água.
12	Estalo na amostra.
14	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.
15	Fissura na parte superior direita.
15	Fissura acima do termopar 8.
15	Presença de água nas fissuras.
16	Fissura em 45° abaixo do termopar 10 e 12.
17	Fumaça na parte inferior direita.
17	Fissura abaixo do termopar 9.
18	Fissura na junção das placas da esquerda.
20	Estalo na amostra.
25	Fumaça na parte inferior esquerda.
26	Estalos na amostra.
29	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.
30	Fissuras em 45° acima do termopar 7.
30	Fissuras em 45° no lado superior esquerdo.
32	Presença de água nas fissuras.
38	Termopar 12 caiu da amostra.
44	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.

46	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.
59	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.
70	Estalo na amostra.
74	Teste de estanqueidade, sem inflamação do algodão.
75	Fim do programa térmico.
U = 0,002	

### 5.5.1 Estabilidade estrutural

Conforme determinado pelo contratante, a amostra recebeu aplicação de carga linearmente distribuída no valor de 9,07 tf/m. Apresenta-se na Tabela 50 o deslocamento horizontal (no sentido do forno) sofrido pela amostra a cada instante do ensaio.

Tabela 50 – Deformações ocorridas na amostra durante o ensaio de resistência ao fogo

Tempo (min)	Deslocamento (mm)	Tempo (min)	Deslocamento (mm)
0	0	40	37
5	6	45	39
10	15	50	40
15	21	60	42
20	26	70	46
30	33	75	48
<b>U: tempo= 0,002 min e deslocamento= 1,83 mm</b>			

A deformação máxima registrada no sistema durante o ensaio de resistência ao fogo foi de 48 mm, ocorrida aos 75 minutos de ensaio. A carga de compressão não foi re aplicada após 24 horas do término do programa de aquecimento.

### 5.5.2 Estanqueidade

Durante o ensaio foram realizados 8 testes de estanqueidade para avaliar o comportamento do sistema, nos quais não foi constatada a inflamação do chumaço de algodão. A Figura 20 apresenta o registro de alguns dos testes de estanqueidade realizados.

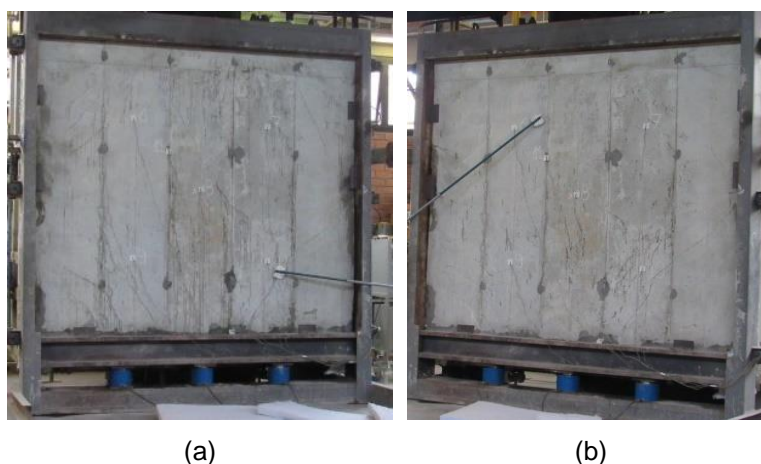


Figura 20 – Realização dos testes de estanqueidade aos (a) 46 minutos e (b) 74 minutos



### 5.5.3 Isolamento térmico

A Figura 21 apresenta o gráfico com os valores de temperatura da superfície externa da amostra (não exposta diretamente às altas temperaturas) e a Figura 22 o gráfico com os limites normativos e a temperatura média obtida no interior do forno, em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), obtidos no desenvolvimento ensaio.

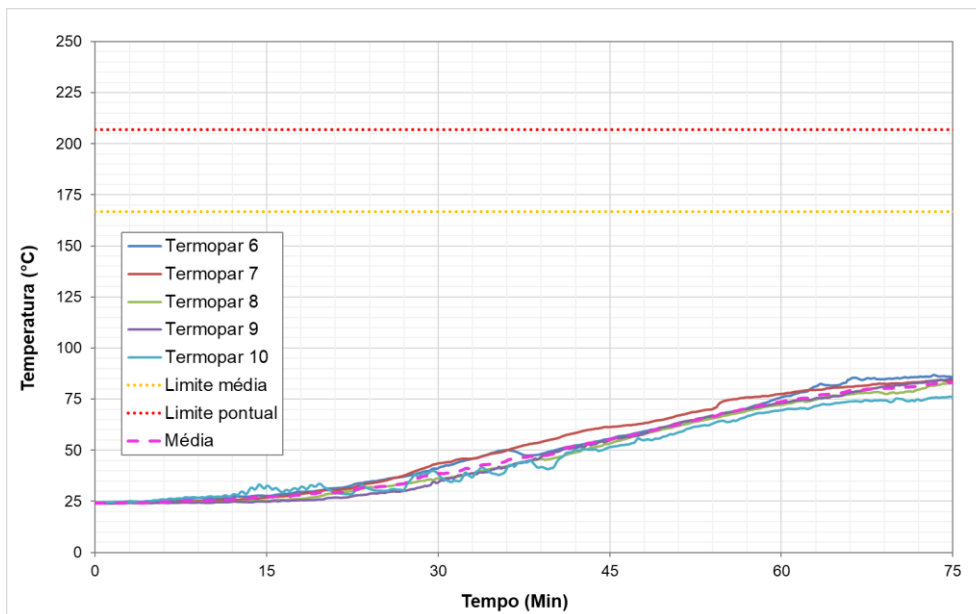


Figura 21 – Valores de temperatura registrados pelos termopares da face externa

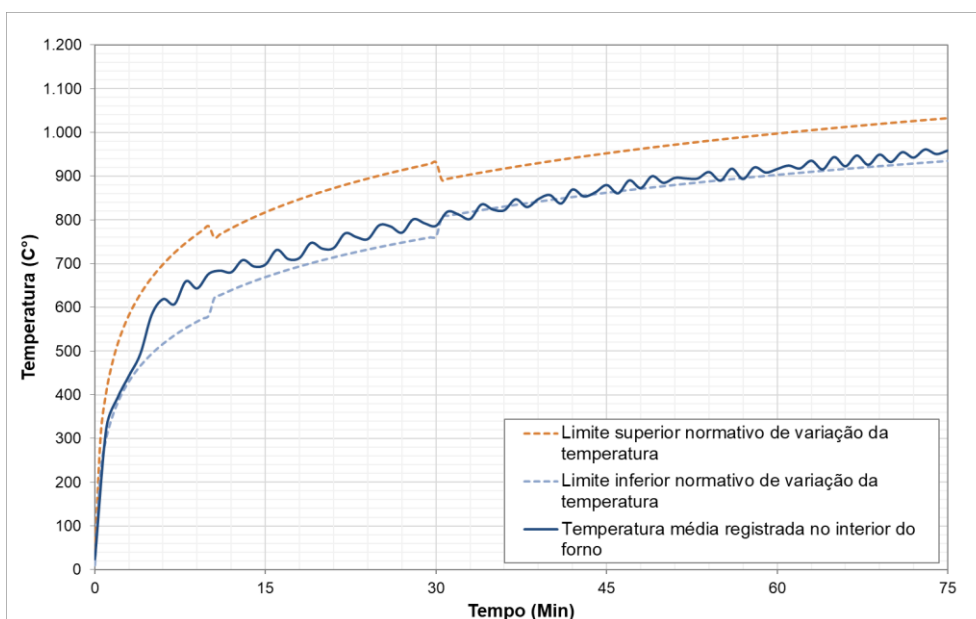


Figura 22 – Limites normativos e valor médio de temperatura registrado no interior do forno vertical

A Tabela 51 apresenta as temperaturas pontuais e a média das medições na face não exposta ao fogo. Sendo a temperatura no início do ensaio de 26,9  $^{\circ}\text{C}$ , o limite de temperatura média dos termopares é de 166,9  $^{\circ}\text{C}$  e o limite de temperatura em cada termopar de 206,9  $^{\circ}\text{C}$ .



Tabela 51 – Desenvolvimento de temperaturas durante o ensaio de resistência ao fogo

Tempo de ensaio (min)	Termopares					Média Externa
	6	7	8	9	10	
0,0	24,4	24,2	23,9	23,8	24,4	24,14
15,0	27,5	26,8	25,2	24,7	32,4	27,32
30,0	41,1	43,6	36,3	34,1	38,3	38,68
45,0	55,6	61,4	53,3	54,8	51,6	55,34
60,0	76	77,7	72,3	73,2	69,6	73,76
75,0	85,9	84,4	82,8	85	76,1	84,84
<b>U: tempo= 0,002 min e temperatura= 4,37 °C</b>						

Verifica-se que o sistema manteve sua capacidade de isolamento durante os 75 minutos de ensaio. A Figura 23 apresenta as imagens capturadas através de câmera termográfica ao longo do ensaio.

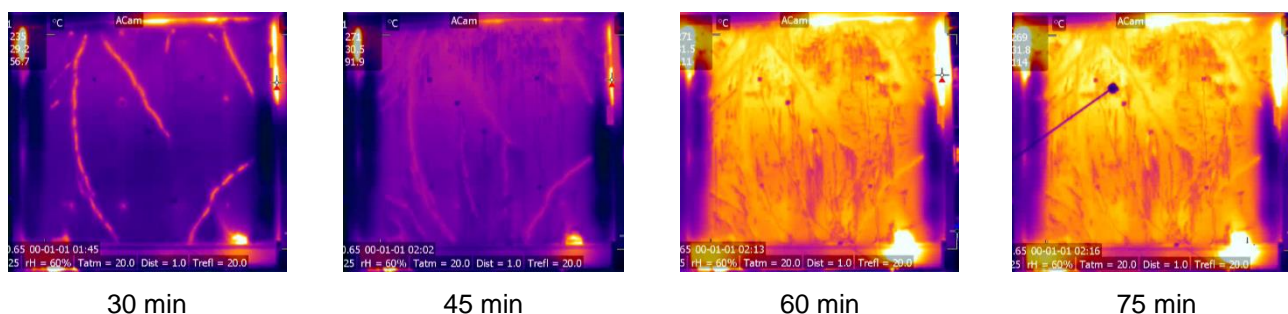


Figura 23 – Imagens da face não exposta da parede de concreto (câmera termográfica)

A amostra manteve-se íntegra durante os 75 minutos de ensaio. Quanto à estanqueidade, ao serem realizados os testes de estanqueidade nos pontos críticos da amostra, conforme as condições normativamente definidas, não foi constatada a inflamação do chumaço de algodão, caracterizando a amostra como estanque à passagem de gases quentes e fumaça durante todo o período de ensaio. Quanto ao isolamento térmico do sistema ensaiado, considerando a incerteza de medição, não houve acréscimo de temperatura além dos limites estabelecidos em norma durante 75 minutos de ensaio. O ensaio foi finalizado aos 75 minutos, conforme contrato com cliente. A carga de compressão não foi reaplicada após 24 horas do término do programa de aquecimento, por isso o tempo de resistência mecânica considerado é 80% do tempo de ensaio.

A seguir, apresentam-se os períodos durante os quais a amostra atendeu a cada requisito de resistência ao fogo (conforme item 4.10 da ABNT NBR 5628:2001):

- ✓ **RESISTÊNCIA MECÂNICA E DEFORMAÇÕES:** 60 minutos;
- ✓ **ESTANQUEIDADE:** 75 minutos;
- ✓ **ISOLAMENTO TÉRMICO:** 75 minutos.

A resistência ao fogo da amostra, considerando os 3 critérios de avaliação, foi de 60 minutos. Com base nos resultados apresentados, o **sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

## 5.6 Durabilidade e manutenibilidade

### 5.6.1 Resistência ao choque térmico

O método de ensaio utilizado é prescrito pelo Anexo E da ABNT NBR 15575-4:2021. Seguindo esse método, os exemplares foram submetidos a 10 ciclos sucessivos de aquecimento, até  $80 \pm 3^\circ\text{C}$  (mantidos por 1h), e resfriamento, até  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Em cada ciclo, foram medidos o deslocamento horizontal após 45 min da estabilização da temperatura da superfície externa do SVVE em  $80 \pm 3^\circ\text{C}$  e o deslocamento horizontal imediatamente após o resfriamento. Foram monitoradas as ocorrências verificadas nas faces da amostra durante a execução do ensaio.

Durante o ensaio, as temperaturas da face exposta ao calor dos exemplares foram mensuradas por cinco termopares do tipo K posicionados conforme apresenta a Figura 24a. O deslocamento horizontal foi medido no ponto central da face oposta à incidência de radiação e, conforme a ABNT NBR 15575-4:2021, não pode ser maior que  $h/300$ , sendo  $h$  a altura da amostra. A Figura 24b apresenta a instrumentação utilizada.

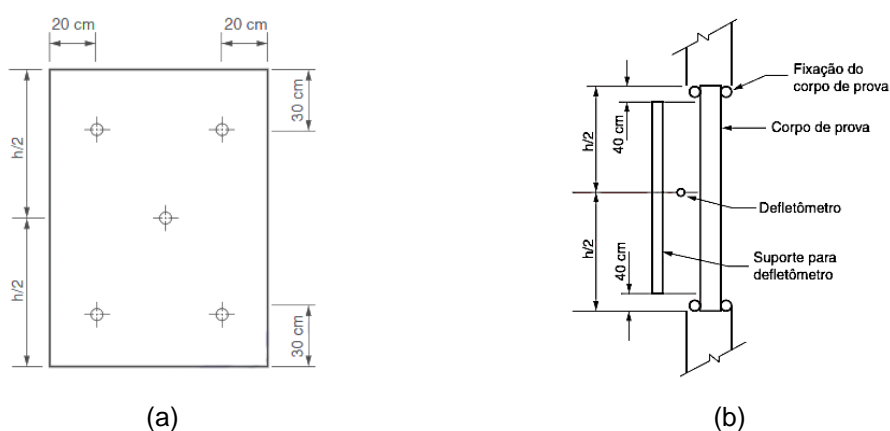


Figura 24 – Posicionamento (a) dos termopares na superfície do corpo de prova e (b) do defletômetro

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15575-4:2021

Os deslocamentos horizontais identificados nos dois exemplares durante os ciclos de ensaio são expostos na Tabela 52.

Tabela 52 – Deslocamentos obtidos nos exemplares

Ciclo	$ d_h $ (mm)					
	8434-1			8434-2		
	Aos 45 min.	Após resfriamento	Ocorrências	Aos 45 min.	Após resfriamento	Ocorrências
1	0,40	0,46	Fissuras	0,32	0,28	Fissuras
2	0,50	0,46	Nenhuma	0,00	0,02	Nenhuma
3	0,72	0,68	Nenhuma	0,22	0,26	Nenhuma
4	0,49	0,42	Nenhuma	0,11	0,14	Nenhuma
5	0,49	0,42	Nenhuma	0,22	0,23	Nenhuma
6	0,69	0,43	Nenhuma	0,27	0,26	Nenhuma
7	0,49	0,37	Nenhuma	0,15	0,14	Nenhuma
8	0,23	0,12	Nenhuma	0,17	0,14	Fissuras
9	0,03	0,04	Nenhuma	0,21	0,28	Nenhuma
10	0,27	0,16	Nenhuma	0,04	0,06	Nenhuma

Observa-se que o deslocamento horizontal no exemplar não excedeu  $h/300$  nos ciclos, sendo  $h$  igual a 2100 mm. Ocorreu a formação de fissuras na face não exposta à ação do calor e choque térmico nos dois exemplares analisados, os quais foram verificadas após o término do ensaio e o desacoplamento da amostra da câmara de ensaio. Com base nos resultados apresentados, **o sistema construtivo tem potencial de atendimento** aos requisitos de desempenho.

## **7. USO E MANUTENÇÃO**

Os empreendimentos construídos com o sistema Tenda contam com manual de uso, operação e manutenção, distribuídos para todas as Unidades habitacionais, contendo instruções sobre os procedimentos de manutenção, assim como a sua periodicidade. Conforme citado previamente, são especificados nos documentos de qualidade o processo de aceitação de cada etapa construtiva. Garantindo assim, a qualidade e conformidade durante o processo construtivo e o correto uso por meio das instruções aos usuários.

## **8. CONDIÇÕES DE EMISSÃO DA FAD**

As restrições de uso do sistema foram apresentadas no item 2. Essa FAD foi emitida após a análise do sistema de parede avaliada em ambiente laboratorial e *in loco*. Quaisquer alterações no sistema exigem uma nova avaliação

## **9. FONTES E DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

### **9.1 Normas Técnicas**

As normas balizadoras dos ensaios desenvolvidos para o sistema construtivo estão relacionadas abaixo:

ABNT NBR 12142:2010 - Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos

ABNT NBR 15220-2:2005 - Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações

ABNT NBR 15220-3:2005 - Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

ABNT NBR 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 15823:2017 - Concreto autoadensável – Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco

ABNT NBR 16940:2021- Concreto reforçado com fibras - Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) - Método de ensaio

ABNT NBR 5628:2001- Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo

ABNT NBR 5738:2015 - Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova

ABNT NBR 5739:2018 - Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

ABNT NBR 8522:2017 - Concreto endurecido – Determinação dos módulos de elasticidade e de deformação – Parte 1: Módulos estáticos à compressão

ABNT NBR 14285-2: Perfis de PVC rígido para forros – Parte 2: Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018

ABNT NBR 15310: Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009

ABNT NBR 15575-5: Edificações habitacionais — Desempenho – Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2021

ISO 16283-1:2014 -Acoustics. Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements Airborne sound insulation

ISO 16283-2:2020 – Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation

ISO 16283-3:2016 -Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 3: Façade sound insulation

ISO 717-1:2020 - Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation

ISO 717-2:2020- Acoustics — Rating of sound insulation in buildings and of building elements — Part 2: Impact sound insulation

ISO 7500-1:2018 - Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

## 9.2 Documentos Técnicos (Relatórios de ensaios, laudos e outras fontes de informação)

As principais fontes de informação utilizadas para a elaboração deste documento são os Relatórios Técnicos de ensaio, conforme a listagem descrita a seguir:

Documento	Conteúdo	Norma técnica
REL ENS MOD 2021.62.04.006	Determinação da resistência à compressão axial de corpos de prova cilíndricos de concreto	ABNT NBR 5739
038_LT_CT__R00	Determinação das resistências à tração na flexão (limite de proporcionalidade e resistências residuais) de corpos de prova prismáticos de concreto reforçados com fibras	ABNT NBR 16940
REL ENS MOD 2021.62.04.006	Determinação do módulo estático de elasticidade de corpos de prova cilíndricos de concreto	ABNT NBR 8522
2101062004 REL ENS TF Reserva dos Eucaliptos I	Determinação das resistências à tração na flexão de corpos de prova prismáticos de concreto reforçados com fibras	ABNT NBR 12142
RT Nº 4133/2021	Verificação da estanqueidade do sistema de vedação vertical externo	ABNT NBR 15575-4
RT Nº 4189/2021	Análise de desempenho térmico por simulação computacional	ABNT NBR 15575
Roriz Engenharia Bioclimática, maio de 2022	Análise de desempenho térmico por simulação computacional - Maraponga Ville	ABNT NBR 15575
Roriz Engenharia Bioclimática, maio de 2022	Análise de desempenho térmico por simulação computacional - Vista Tropical	ABNT NBR 15575
RT Nº 4191/2021	Cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de cobertura	ABNT NBR 15575-5
RT Nº 4192/2021	cálculo para determinação do desempenho térmico de sistema de vedação vertical	ABNT NBR 15575-4

RT Nº 4270/2021	Determinação da resistência mínima de projeto para sistema de vedação vertical com função estrutural	ABNT NBR 15575-2
RT Nº4319/2021	Determinação da diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de um sistema de piso	ISO 16283-1
RT Nº 4320/2021	Determinação do nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ( $L'_{nT,w}$ ) do sistema de piso	ISO 16283-2
RT Nº4585/2021	Desempenho mecânico na parede externa (corpo mole, corpo duro, carga suspensa e parapeito)	ABNT NBR 15575-4
RLT.DSP-094-22-00- Tecomat	Ensaio de corpo duro, acabamento com peça cerâmica	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4592/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB1	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4593/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB2	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4189/2021	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB3	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4594/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB4	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4595/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB5	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4596/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB6	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4597/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB7	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4598/2022	Análise do desempenho térmico por simulação computacional – ZB8	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4601/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB1	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4602/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB2	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4453a/2021	Análise da condensação por simulação computacional – ZB3	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4603/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB4	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4604/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB5	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4605/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB6	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4606/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB7	ABNT NBR 15575-4
RT Nº 4607/2022	Análise da condensação por simulação computacional – ZB8	ABNT NBR 15575-4
RT Nº 4599/2022	Determinação da diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada	ISO 16283-3
RT Nº4600/2022	Determinação da diferença de nível padronizada ponderada ( $D_{nT,w}$ ) de um sistema de vedação vertical	ISO 16283-1
RT Nº4133/2021	Verificação da estanqueidade do sistema de vedação vertical externo	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4583/2021	Verificação da estanqueidade na interface parede e esquadria	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4584/2021	Verificação da permeabilidade do sistema	ABNT NBR 15575-4
RT Nº4461/2021	Determinação da resistência ao fogo	ABNT NBR 5628
RT Nº 4526/2021	Comportamento em relação ao choque térmico	ABNT NBR 15575-4

Com exceção dos relatórios RLT.DSP-094-22-00-Tecomat, REL ENS MOD 2021.62.04.006, 2101062004 REL ENS TF Reserva dos Eucaliptos e os produzidos pela RORIZ Engenharia bioclimática, todos os demais foram emitidos pelo itt Performance/ ITA UNISINOS.