

Rua Aquinos, 111 05036-070 - São Paulo/SP

Tel/Fax (11) 3611-1729 www.ifbauer.org.br

inovacons@ifbauer.org.br

Produto:

Paredes estruturais Tecnometa de concreto leve armado moldadas no local.

Proponente:

TECNOMETA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA

Rua Três, 275 - Tremembé/SP- CEP 12.120-000

Tel: (12) 3426-1965

Home page: www.tecnometa.com.br e-mail: tecnometa@hotmail.com

Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade, e a decisão do Comitê Técnico, de 09/07/2018, a Comissão Nacional, em 04/10/2018, resolveu conceder ao produto em "Paredes estruturais de concreto leve armado" o Documento de Avaliação Técnica Nº 026. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para as paredes de concreto leve armadas, destinadas para produção de paredes estruturais na construção de casas térreas ou sobrados unifamiliares, casas sobrepostas e edifícios com térreo mais um pavimento multifamiliares, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.





DATec Nº 026-A

Emissão
outubro de 2018
Validade
setembro de 2020

Limites da avaliação técnica de desempenho das paredes estruturais de concreto leve com armadura galvanizada, moldadas no local:

- Para a avaliação técnica do produto considerou-se como elementos inovadores as paredes estruturais de concreto leve com armadura galvanizada, moldadas no local;
- A avaliação foi realizada considerando o emprego das paredes estruturais em concreto leve com adição de fibras de polipropileno e armadura galvanizada para a construção de casas térreas e sobrados unifamiliares, casas sobrepostas e edifícios multifamiliares com térreo mais um pavimento. Foram consideradas edificações isoladas e geminadas;
- Os componentes e elementos convencionais, tais como: fundações, laje de piso, laje de forro, cobertura e esquadrias, devem atender às normas técnicas correspondentes. Foram analisadas suas influências apenas nos casos de interfaces com as paredes;
- Quando da execução de casas geminadas, especialmente as configuradas em "renque", deve ser elaborado projeto estrutural detalhado, o qual deve contemplar, quando necessário, as juntas de dilatação destinadas à absorção de esforços oriundos de variações térmicas e de movimentações de elementos distintos (lajes e paredes). A execução em obra deve obedecer integralmente ao previsto no projeto executivo de estrutura;
- O desempenho higrotérmico foi avaliado por meio de simulações computacionais para desempenho térmico e para período de condensação, atendendo aos critérios estabelecidos na Diretriz SINAT Nº 001 revisão 03. para as zonas bioclimáticas 7 e 8, desde que observadas as condições de ventilação, sombreamento e cor externa da fachada.
- As avaliações de desempenho acústico foram realizadas em laboratório (R_w) e em campo ($D_{nt,w}$ e $D_{2m,nt,w}$) para verificar o índice de isolação sonora das paredes com espessura de 100mm. Os resultados de campo apontam atendimento a classe de ruído I. As esquadrias utilizadas em fachadas devem ter valores adequados de R_w , de modo a atender ao critério normativo;
- A estanqueidade à água foi avaliada por meio de visitas às obras e análise de projetos, considerando as paredes de fachada e suas interfaces com as esquadrias;
- A avaliação da durabilidade considerou a utilização da armadura com proteção de zinco com espessura mínima de 30µm, concreto leve com massa específica seca compreendida entre 1850kg/m³ e 2000kg/m³ e resistência a compressão mínima de15MPa, obtido a partir do concreto normal de resistência à compressão mínima de 25MPa, com adição de incorporador de ar na forma de aditivo. A utilização das paredes está limitada às classes de agressividade ambiental I (rural) e II (urbana), conforme ABNT NBR 6118;
 - Para essas paredes se aplicam as seguintes limitações dimensionais: altura máxima de 300cm, espessura mínima de 10cm, comprimento mínimo maior ou igual a dez vezes a sua espessura e comprimento máximo de parede sem contraventamento de 50cm.

As paredes estruturais de concreto leve armado são obtidas a partir do concreto convencional (com adição de fibras de polipropileno) apresentando resistência característica à compressão de 25MPa. O concreto convencional é dosado em instalações específicas ou em central instalada no canteiro de obras, conforme especificações da ABNT NBR 7212.

Quando do recebimento do concreto no local da moldagem das paredes, são adicionados aditivos incorporador de ar e superplastificante, alterando a resistência característica do concreto para, no mínimo, 15MPa. As paredes, antes da concretagem, recebem armaduras em tela galvanizada (tipo Q61 em aço CA 60), posicionadas na metade da espessura das paredes. Reforços, em barras e tela, são dispostos junto às aberturas de portas e janelas e cantos entre paredes, conforme projeto estrutural. Todas as armaduras são galvanizadas com proteção de zinco com espessura mínima de 30µm. Para a moldagem das paredes são utilizadas fôrmas metálicas (Figura 1) dimensionadas para cada projeto específico. O processo construtivo permite o controle geométrico das paredes, do cobrimento das armaduras e da obtenção de superfícies adequadas para o recebimento de acabamentos.

O processo de produção caracteriza-se por ciclos sucessivos de montagem e desmontagem das fôrmas para a moldagem no local definitivo das paredes de concreto leve com armadura galvanizada. A desenforma das paredes ocorre após 16 horas da concretagem e da verificação da resistência do concreto, a qual deve ser igual ou maior que 1,0MPa. As



Figura 1 – Desmontagem das formas externas.



Figura 2 – Detalhe das armaduras e instalações elétricas.

instalações elétricas são embutidas nas paredes, sendo a montagem dos eletrodutos e das caixas de ligação efetuada antes da concretagem (Figura 2). Também são previamente instalados gabaritos metálicos que definem os vãos de portas e janelas. As tubulações hidráulicas são localizadas externamente ao corpo estrutural da parede (Figura 3), sendo nos respectivos nichos aplicada impermeabilização de base acrílica em emulsão aquosa (Impermeta) (Figura 4) em três demãos e preenchimento com argamassa ACII (Figura 5).

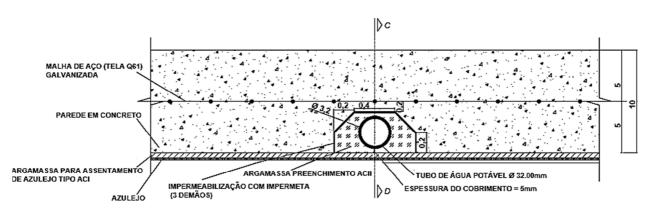


Figura 3 – Detalhe da parede hidráulica



Figura 4 – Nicho com aplicação de impermeabilizante de base acrílica.



Figura 5 – Preenchimento de nicho com argamassa ACII.

A planta típica da edificação térrea está apresentada na Figura 6. A unidade habitacional possui pé-direito (piso/teto) mínimo de 2500mm, com laje de cobertura convencional e telhado em fibrocimento. Pode também ser utilizado sistema de cobertura sem laje, em telhado cerâmico com forro em réguas de PVC.

1 Descrição do produto

O produto constitui-se de paredes de concreto leve armado (massa específica de $1850 \, \text{kg/m}^3$ a $2000 \, \text{kg/m}^3$) e resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de $15 \, \text{MPa}$, moldadas em fôrmas metálicas no local definitivo. As paredes possuem espessura de $100 \, \text{mm}$, com exceção das paredes de geminação que possuem espessura de $120 \, \text{mm}$. As paredes, antes da concretagem, recebem armaduras em tela eletrosoldada (tipo Q61 em aço CA 60) galvanizadas, conforme projeto estrutural. Armaduras e reforços são todos galvanizados com proteção de zinco com espessura mínima de $30 \, \text{\mu m}$.

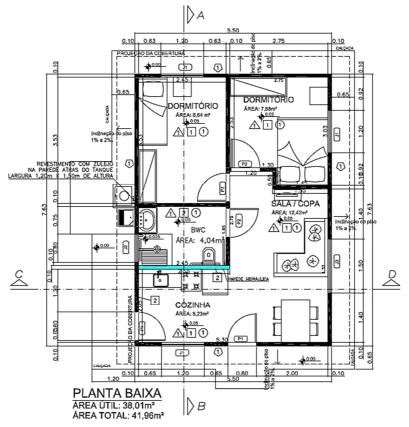


Figura 6 – Planta Típica da edificação térrea.

As telas eletrosoldadas galvanizadas são posicionadas na metade da espessura das paredes e, como reforços, junto aos vãos de janelas e portas, bem como na porção superior das paredes e encontro entre paredes.

O cobrimento das armaduras (telas eletrosoldadas galvanizadas) é providenciado por espaçadores plásticos específicos. O cobrimento da tela eletrosoldada galvanizada pelo concreto leve é de 46.6mm.

Como sistema de cobertura pode ser utilizado:

- Laje inclinada pré-fabricada mista nervurada^{*}, com 100mm de espessura (70mm de poliestireno expandido e 30mm de concreto comum) e telhado em telhas de fibrocimento (espessura de 6mm) ou de cerâmica (11mm) ou de concreto (10mm);
- Telhado cerâmico (11mm) e forro horizontal em réguas de PVC (7mm).
- (*) lajes devem atender à ABNT NBR14859-1.

1.1 Condições e limitações de uso

As paredes das unidades habitacionais são estruturais, portanto, não são permitidas modificações, tais como abertura de vãos e rasgos. As orientações para ampliações horizontais constam do Manual de Operação, Uso e Manutenção, preparado especificamente para cada empreendimento. Não são permitidas ampliações verticais.

2 Diretriz para avaliação técnica

A avaliação técnica de desempenho foi realizada de acordo com a Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03 "Diretriz para avaliação técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local

(Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibra de Vidro)".

3 Informações e dados técnicos

3.1. Principais componentes

As paredes estruturais de concreto leve recebem armaduras galvanizadas e instalações elétricas antes da concretagem das paredes (Figura 7). Também são previamente instalados os gabaritos metálicos para definição de vãos de portas e janelas (Figura 8).



Figura 7 – Montagem das armaduras e instalações elétricas nas paredes.



Figura 8 – Gabarito metálico para janela.

a) <u>Concreto leve</u>: é obtido a partir do concreto normal usinado ou produzido no canteiro de obras (com resistência característica a compressão de 25MPae fibra de polipropileno na proporção de 300g/m³), modificado com aditivos poliméricos incorporador de ar e superplastificante.

A densidade do concreto leve varia de $1850 \, \text{kg/m}^3$ a $2000 \, \text{kg/m}^3$, com resistência característica à compressão (f_{ck}) maior ou igual a $15 \, \text{MPa}$ e espalhamento mínimo do concreto de $600 \, \text{mm}$. A resistência mínima do concreto leve para desenforma após $16 \, \text{horas}$ é de $1,0 \, \text{MPa}$. O lançamento do concreto deve ser efetuado em até $30 \, \text{minutos}$ contados a partir da adição do superplastificante.

As Figuras 9 e 10 apresentam os procedimentos do controle do concreto antes da adição do incorporador de ar e do superplastificante. As figuras 11 e 12 apresentam a verificação de massa específica e *slump flow* do concreto leve (após adição de incorporador de ar).



Figura 9 – Verificação do abatimento do concreto comum (f_{ck} = 25MPa).



Figura 10 – Verificação da massa específica do concreto comum ($f_{ck} = 25$ MPa).



Figura 11 – Verificação da massa específica do concreto leve.



Figura 12 – Verificação do espalhamento do concreto leve.



Figura 13 – Recipientes graduados para dosagem dos aditivos.

- b) <u>Aditivos incorporador de ar e superplastificante</u>: o concreto convencional (f_{ck} = 25MPa) é aditivado no canteiro de obras com polímero incorporador de ar (METAPOP) e superplastificante (FLUIBETON).
- c) <u>Armadura</u>: as armaduras são constituídas por tela galvanizada do tipo Q61 (aço CA 60, com fio de Ø 3,4mm e malha quadrada de 150mm) posicionados na metade da espessura das paredes (Figura 14), conforme projeto estrutural. Reforços para vãos de esquadrias são constituídos por tela galvanizada do tipo Q61 e barras de aço galvanizadas com diâmetro de 8mm (Figura 15 e 16). A ligação entre paredes é efetuada com tela tipo Q61. Todas as armaduras e barras de reforço são galvanizadas pelo processo de imersão a quente, com proteção de zinco na espessura mínima de 30µm.



Figura 14 – Detalhe do posicionamento das telas eletrosoldadas na parede.



Figura 15 – Detalhes dos reforços em tela.

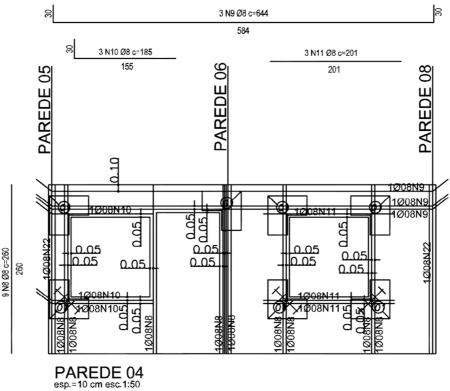


Figura 16 - Detalhe ilustrativo dos reforços nos cantos das esquadrias.

- d) <u>Fibras</u>: fibras de polipropileno com massa específica de 0,9g/cm³, diâmetro de 20µ, comprimento de 12mm, alongamento de 28%, módulo de elasticidade entre 3GPa e 4GPa.
- e) <u>Fôrmas</u>: as fôrmas são produzidas com chapas e perfis metálicos. Previamente à montagem, as fôrmas são limpas e recebem aplicação de desmoldante de base de óleo mineral. São dotadas de dispositivos de travamento que determinam o espaçamento entre si, configurando assim a espessura das paredes. Todas as fôrmas recebem numeração sequencial, definindo sua montagem e desmontagem (Figuras 17 a 20).



Figura 17 – Aplicação de desmoldante.



Figura 18 – Detalhe da numeração das fôrmas metálicas e respectivos de travamento.



Figura 19 - Montagem das formas metálicas.



Figura 20 - Desmontagem das formas metálicas.

f) <u>Revestimentos</u>: As paredes, previamente ao revestimento, recebem correções superficiais e tamponamentos dos furos provenientes dos dispositivos de travamento das fôrmas metálicas, realizado com argamassa de cimento, areia fina e aditivo acrílico (ARGAMETA).

As paredes internas das áreas molháveis (cozinha, área de serviço e banheiro) recebem impermeabilização de base cimentícia e, posteriormente, são revestidas com placas cerâmicas conformando faixa com 300mm de largura sobre as pias da cozinha e do banheiro. As paredes do box recebem placas cerâmicas até altura de 1500mm. As placas cerâmicas são aplicadas com argamassa colante do tipo AC I. Os demais trechos recebem pintura acrílica.

As faces das áreas secas voltadas para o interior da edificação recebem camada de massa corrida e pintura látex de base PVA.

As paredes externas recebem selador acrílico e textura acrílica, preferencialmente de cores claras (absortância de 0,3). Os pisos são revestidos com placas cerâmicas.

A Figura 21 apresenta os revestimentos externos aplicados na edificação.

3.2 Procedimento executivo

O IFBQ verificou os procedimentos internos que estabelecem a sequência de atividades necessárias para a produção de edificações com as paredes estruturais de concreto leve armado. A implementação desses procedimentos foi constatada



Figura 21 – Revestimentos externos.

implementação desses procedimentos foi constatada nas inspeções de campo.

3.2.1 Montagem das fôrmas

Após a execução da fundação e demarcação das paredes (Figura 22), são colocadas as armaduras galvanizadas junto às esperas também galvanizadas, provenientes da fundação. Sobre

essas são fixadas as armaduras galvanizadas de reforço, as instalações elétricas e espaçadores plásticos. Uma vez finalizada essa etapa, as fôrmas metálicas, previamente limpas e com desmoldante (Figura 23), são instaladas. Locais onde são previstos vãos (portas e janelas), são dotados de gabaritos metálicos.



Figura 22– Preparação da fundação com paredes demarcadas.



Figura 23 – Instalação das formas limpas e com desmoldante.

Na ligação entre paredes ("⊥"; "∟"; "+") são utilizados reforços em telas galvanizadas (tipo Q61). Tais reforços apresentam formato do tipo "∟", com largura mínima de aba de 300mm e comprimento equivalente a altura da parede, conforme projeto estrutural (Figura 24).





Figura 24- Armadura metálica e reforços em telas galvanizadas.

3.2.2 Concretagem

A concretagem das paredes é realizada por bombeamento do concreto leve lançado nas formas (Figura 25). É previsto procedimento definindo a sequência da concretagem para cada projeto.





Figura 25 – Preenchimento das formas com concreto leve bombeado.

3.2.3 Desenforma

A desmontagem das fôrmas ocorre com intervalo mínimo de 16h após o término da concretagem das paredes, desde que o concreto leve com armadura galvanizada apresente resistência à compressão mínima de 1,0MPa (Figura 26).

As fôrmas são desmontadas pelo lado interno das paredes, a partir do centro em direção aos cantos, em sequência lógica e coordenada. Isso permite que todas as fôrmas sejam retiradas e transportadas planejadamente para o local da próxima montagem.

Nessa fase são realizadas as correções das eventuais imperfeições nas faces das paredes recém desenformadas (Figura 27) e tamponamentos com argamassa cimentícia.



Figura 26 – Verificação da resistência à compressão mínima do concreto leve previamente à desenforma – Penetrômetro de agulha de Meynadier.



Figura 27 – Correção de imperfeições pósdesenforma das paredes.

3.2.4 Cura das paredes

A cura é providenciada por meio de aplicação de emulsão acrílica (META 350) imediatamente após a desenforma (Figura 28).





Figura 28 - Aplicação de emulsão acrílica.

4 Avaliação técnica

A avaliação técnica das paredes estruturais de concreto leve armado foi conduzida conforme Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03. O método de avaliação considerou ensaios laboratoriais, simulações, cálculos, estudos analíticos e inspeções técnicas.

4.1 Desempenho estrutural

A resistência característica especificada para o concreto (f_{ck} ≥ 15MPa) empregado foi comprovada nos ensaios de caracterização do concreto e nos ensaios de controle tecnológico realizados nas obras.

A memória de cálculo estrutural indica que as paredes estruturais poderão receber ações permanentes e sobrecargas previstas para edificações térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas e edifícios multifamiliares com térreo mais um pavimento.

Com base nas normas ABNT NBR 6118:2014 e ABNT NBR 16055:2012 e DIRETRIZ SINAT Nº 001 – Revisão 03, e na análise por meio de elementos finitos, foram determinadas as cargas máximas de trabalho atuantes nas paredes estruturais em condições normais de uso.

A análise de cálculo considera cargas verticais e horizontais atuantes sobre a estrutura, compostas por cargas permanentes (peso próprio das paredes e lajes, telhado, e demais elementos fixos); e por cargas variáveis (vento, embebição de água nas telhas e sobrecargas de utilização, conforme a ABNT NBR 6120:2000).

O peso específico considerado para as paredes em concreto com ar incorporado e para as lajes maciças em concreto comum são, respectivamente, 2000 kgf/m³ e 2500 kgf/m³.

Foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar a resistência às cargas verticais, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço, conforme a Diretriz SiNAT N°001 – Rev.03. Na Tabela 01 apresenta-se uma síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica realizados em laboratório.

Tabela 1 – Síntese dos resultados do ensaio de compressão excêntrica

Corpo de prova ensaiado	Carga da primeira fissura (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP 1	Não houve ocorrência	290,1*
CP 2	255,4	290,1*
CP 3	290,1	290,1*

^{*} capacidade máxima de aplicação de carga do equipamento sem ocorrer ruptura dos corpos de prova.

Com os resultados dos ensaios da Tabela 1 utilizou-se as equações para a determinação da resistência última de projeto (Rud) e da resistência de serviço (Rsd) da ABNT NBR 15575-2 com ym = 2,0 e $\xi = 1,5$.

Tomando-se a maior carga prevista no projeto exemplo analisado (Sk = 21,9 kN/m), fornecido pelo Cliente, foram calculadas as solicitações de projeto para o estados limite último (Sd,u), considerando γ f = 1,4 . 1,3, e para o estado limite de serviço (Sd,s), considerando γ f = 1,3, obtendo-se os valores da Tabela 2. A partir desses resultados verificam-se comprovadas as condições de que Sd,u \leq Rud, para o estado limite último, e Sd,s \leq Rsd, para o estado limite de serviço.

Tabela 2 – Síntese da análise dos resultados do ensaio de compressão excêntrica

Rud	Sd,u	Rsd	Sd,s
101,5 kN/m	39,8 kN/m	79,4 kN/m	28,5 kN/m

Para cada empreendimento deve ser desenvolvido um projeto estrutural específico e sua respectiva memória de cálculo, cujas solicitações de projeto devem ser comparadas com a resistência última de projeto (Rud) e a resistência de serviço (Rsd).

Foram realizados ensaios de corpo mole e de corpo duro, impactos transmitidos por abertura e fechamento de portas e solicitações de cargas por peças suspensas, atendendo ao requisito estabelecido na Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03.

A avaliação considerou edificações pertencentes às classes I e II de agressividade ambiental (rural e urbana).

A proponente deve elaborar projetos estruturais específicos para cada empreendimento, verificando a estabilidade global do edifício e sua implementação. Ressaltamos que para cada situação específica, deverá realizar a análise do terreno e os projetos específicos das fundações e da estrutura do empreendimento.

Assim, considera-se que as paredes estruturais de concreto leve armado atendem ao requisito e aos critérios da Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03.

4.2 Estanqueidade à água

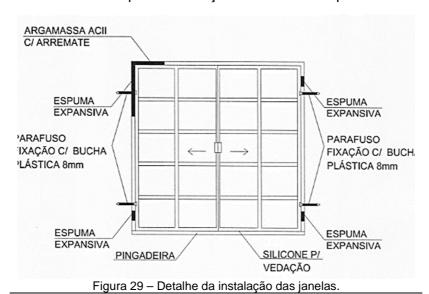
Foram realizadas análises do projeto para avaliar os aspectos que influenciam a estanqueidade à água da parede provenientes de fontes de umidade externas e internas à edificação.

A estanqueidade à água das paredes externas e internas é considerada satisfatória, em razão das características construtivas e dos acabamentos empregados. A face externa dos painéis recebe selador acrílico e textura acrílica ou pintura de base acrílica, a face interna dos painéis recebe pintura PVA ou acrílica e revestimento cerâmico nas áreas molhadas (box do banheiro) e molháveis (cozinha e área de serviço). Como especificação de projeto, tem-se que a calçada ao redor da edificação apresenta inclinação contrária às paredes (2%) e largura 100mm maior que a projeção horizontal do beiral da cobertura que é de 600mm.

Quanto à estanqueidade da interface entre parede e pisos internos e externos, verificou-se diferença de cota entre o piso acabado interno e o externo de 50mm e entre o piso acabado do banheiro e do box de 15mm. Em todos os ambientes de áreas molháveis (banheiro, cozinha e área de serviço) ou molhadas (box da área de banho) são especificados revestimentos cerâmicos. Ressalta-se que o piso do banheiro e um prolongamento de 300mm sobre a parede recebem impermeabilização (duas demãos) de impermeabilizante cimentício de base acrílica.

As paredes externas recebem impermeabilização cimentícia de base acrílica de modo a conformar um barrado de 600mm de altura em todo o perímetro.

Atenção especial deve ser dada à execução das interfaces com esquadrias, de forma a evitar a infiltração de água nesta região. As esquadrias, fixadas conforme recomendações do fabricante, devem prever nas interfaces com a parede vedação com selantes aplicados no local (Figura 29).



Considerando o acima exposto, as paredes estruturais de concreto leve atendem ao critério estabelecido na Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03.

4.3 Higrotérmico

4.3.1 Desempenho térmico

O desempenho térmico foi avaliado para as cidades de Curitiba/PR (Zona 1), Urussanga/SC (não representativa das zonas bioclimáticas), São Paulo/SP (Zona 3), Brasília/DF (Zona 4), Araçatuba/SP (não representativa das zonas bioclimáticas), Campo Grande/MS (Zona 6), Cuiabá/MT (Zona 7) e Manaus/AM (Zona 8). Portanto, o desempenho térmico foi avaliado para as zonas bioclimáticas 1, 3, 4, 6, 7 e 8, e para as cidades Urussanga/SC e Araçatuba/SP. As simulações computacionais foram realizadas utilizando o software EnergyPlus para as tipologias de unidades habitacionais térreas e edifícios habitacionais multifamiliares de até dois pavimentos (térreo + 1 pavimento).

O estudo computacional considerou as seguintes características relevantes para a análise do desempenho térmico:

- Paredes de concreto leve armado (massa específica de 1900kg/m³ a 2000kg/m³) moldadas no local com espessura de 100mm;
- Piso cerâmico (6mm de espessura) assentado sobre camada de argamassa com espessura de 30mm;
- Janelas dos dormitórios com tipologia de correr, dimensões de 1500mm x 1100mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da sala com tipologia de correr, dimensões de 1500mm x 1100mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela da cozinha com tipologia de correr, dimensões de 1200mm x 1100mm compostas por caixilhos em aço, com duas folhas de vidro com 3mm de espessura;
- Janela do banheiro com tipologia basculante, dimensões de 800mm x 600mm compostas por caixilho em aço, com vidro de 3mm de espessura;
- Área útil de 38,01m²;
- Pé direito de 2500mm.

Foram considerados dois tipos de sistema de cobertura a saber:

<u>Cobertura (A)</u>: composta por laje inclinada em concreto comum (espessura de 30mm) e placas de poliestireno expandido (espessura de 70mm), totalizando espessura final de 100mm, com telhado de fibrocimento (espessura de 6mm);

<u>Cobertura (B)</u>: composta por telhado cerâmico (espessura de 11mm), forro horizontal em réguas de PVC (espessura de 7mm) e ático com 930mm de altura (na região da cumeeira).

As Tabelas 1 e 2 contemplam as propriedades termofísicas dos materiais e a síntese das condições necessárias para o período de verão e inverno, respectivamente; para a simulação computacional considerando-se a <u>Cobertura (A)</u>.

Condutividade Coeficiente de Calor **Espessura** Densidade absorção Componente Térmica Específico (m) $[kg/m^3]$ [W/(m.K)] térmica [α] [J/kg.K] Concreto Leve Armado 0,10 1,05 1900 740 0,3 (Ed. Térrea) Concreto Leve Armado 0,12 1,05 1900 740 0,3 (Parede geminada) Concreto normal laje de 0,03 1,75 2400 1000 0,5 forro Telha Fibrocimento 0,006 0,95 1800 840 0.5 Poliestireno expandido 0,07 0,04 35 1420 0,3 (EPS)

Tabela 1 - Propriedades termofísicas

Tabela 2 – Condições necessárias para que as edificações atendam às exigências no verão e inverno Cobertura (A)

	Cor do acabamento externo das paredes					
Zonas Bioclimáticas e Cidades Específicas	Tipologia da edificação	Condição padrão	Condição com sombreamento	Condição com ventilação	Condição com ventilação e sombreamento	
	Térrea	clara	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
Zona 1 (Curitiba/PR)	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara ou média	clara, média ou escura	
	Térrea	clara	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
Cidade de Urussanga/SC*	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende média e escura	Não atende	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
	Térrea	clara	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
Zona 3 (São Paulo/SP)	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
Zona 4	Térrea	clara Inverno: atende média e escura	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
(Brasilia/DF)	Sobreposta	clara Inverno: atende média e escura	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
	Térrea	clara	clara	clara	clara	
Cidade de Araçatuba/SP*	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara	clara	
Zona 6 (Campo	Térrea	clara	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura	
Grande/MS)	Sobreposta	clara	clara	clara	clara ou média	
Zona 7	Térrea	clara ou média	clara ou média	clara ou média	clara ou média	
(Cuiabá/MT)	Sobreposta	clara ou média	clara ou média	clara ou média	clara ou média	
Zona 8	Térrea	Não atende	Não atende	clara ou media	clara, média ou escura	
(Manaus/AM)	Sobreposta	Não atende	Não atende	clara	clara	
* Cidades não representativas das zonas bioclimáticas.						

Observações referentes a Tabela 2:

- Para a avaliação do desempenho térmico considerou-se os seguintes parâmetros: absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cores claras), 0,5 (cores médias) e 0,7 (cores escuras);
- Condição padrão: ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas das janelas e portas, com uma renovação do volume de ar por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com sombreamento: ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas das janelas e portas, com uma renovação do volume de ar por hora (1,0 Ren/h) e janelas com sombreamento;
- Condição com ventilação e sem sombreamento: ambiente ventilado com cinco renovações do volume de ar por hora (5,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com ventilação e com sombreamento: ambiente ventilado com cinco renovações do volume de ar por hora (5,0 Ren/h) e janelas com sombreamento;
- As regiões assinaladas com "não atende", indicam o não atendimento aos critérios mínimos estabelecidos para as condições de cor, sombreamento ou ventilação, considerando-se a orientação das unidades na

situação mais crítica para o verão ou inverno. Para estas regiões, deve-se efetuar estudo específico com os dados da cidade onde as habitações serão edificadas, utilizando-se a orientação definida na planta de implantação do empreendimento, bem como eventuais modificações de projeto.

As Tabelas 3 e 4 contemplam as propriedades termofísicas dos materiais e a síntese das condições necessárias para os períodos de verão e de inverno, respectivamente; para a simulação computacional considerando-se a <u>Cobertura (B)</u>.

Tabela 3 - Propriedades termofísicas

Componente	Espessura (m)	Condutividade Térmica [W/(m.K)]	Densidade [kg/m³]	Calor Específico [J/kg.K]	Coeficiente de absorção térmica [α]
Concreto leve armado	0,10	1,05	1900	740	0,3
Telha cerâmica	0,011	0,70	1800	960	0,5
Réguas de PVC	0,007	0,19	1350	0,98	0,3

Tabela 4 – Condições necessárias para que as edificações atendam às exigências no verão e inverno Cobertura (B)

Cor do acabamento externo das paredes					
Zonas Bioclimáticas e Cidades Específicas	Tipologia da edificação	Condição padrão	Condição com sombreamento	Condição com ventilação	Condição com ventilação e sombreamento
Zona 1	Térrea	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara, média ou escura	clara, média ou escura
(Curitiba/PR)	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara ou média	clara, média ou escura
Cidado do	Térrea	Verão: clara Inverno: atende média e escura	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Cidade de Urussanga/SC*	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende média e escura	Não atende	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Zona 3 (São	Térrea	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Paulo/SP)	Sobreposta	Verão: não atende Inverno: atende clara, média e escura	Não atende	clara ou média	clara ou média
	Térrea	clara	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Zona 4 (Brasilia/DF)	Sobreposta	Verão: atende clara Inverno: atende média e escura	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Cidade de	Térrea	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Araçatuba/SP*	Sobreposta	Não atende	Não atende	Não atende	Não atende
Zona 6 (Campo	Térrea	Não atende	clara	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Grande/MS)	Sobreposta	Não atende	Não atende	clara	clara

Zona 7	Térrea	clara ou média	clara ou média	clara, média ou escura	clara, média ou escura
(Cuiabá/MT)	Sobreposta	clara ou média	clara ou média	clara, média ou escura	clara, média ou escura
Zona 8	Térrea	Não atende	Não atende	clara, média ou escura	clara, média ou escura
(Manaus/AM)	Sobreposta	Não atende	Não atende	clara	clara
* Cidades não representativas das zonas bioclimáticas.					

Observações referentes a Tabela 4:

- Para a avaliação do desempenho térmico considerou-se os seguintes parâmetros: absortância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a 0,3 (cores claras), 0,5 (cores médias) e 0,7 (cores escuras);
- Condição padrão: ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas das janelas e portas, com uma renovação do volume de ar por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com sombreamento: ambiente com ventilação somente por infiltração através de frestas das janelas e portas, com uma renovação do volume de ar por hora (1,0 Ren/h) e janelas com sombreamento;
- Condição com ventilação e sem sombreamento: ambiente ventilado com cinco renovações do volume de ar por hora (5,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- Condição com ventilação e com sombreamento: ambiente ventilado com cinco renovações do volume de ar por hora (5,0 Ren/h) e janelas com sombreamento;
- As regiões assinaladas com "não atende" na Tabela 4, indicam o não atendimento aos critérios mínimos estabelecidos para as condições de cor, sombreamento ou ventilação, considerando-se a orientação das unidades na situação mais crítica para o verão ou inverno. Para estas regiões, deve-se efetuar estudo específico com os dados da cidade onde as habitações serão edificadas, utilizando-se a orientação definida na planta de implantação do empreendimento, bem como eventuais modificações de projeto.

Considerando-se os critérios de desempenho térmico previstos na Diretriz SINAT N° 001 – revisão 03, os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 4 permitem concluir que o nível mínimo das exigências de verão (temperatura interna máxima sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior) é alcançado para as zonas bioclimáticas 1, 3, 4, 6, 7 e 8, e para a cidade de Urussanga/SC.

Da mesma forma, o nível mínimo das exigências de desempenho no inverno (temperatura interna mínima sempre maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3°C) é também alcançado para as zonas bioclimáticas 1, 3, 4, 6, 7 e 8, e para a cidade de Urussanga/SC.

No caso da cidade de Araçatuba/SP, o atendimento ao nível mínimo de desempenho, tanto para verão quanto para o inverno, foi atingido somente com cobertura do tipo (A).

<u>Nota:</u> Para a verificação do atendimento ao nível mínimo de desempenho devem ser observados os tipos de cobertura (A ou B), as tipologias das edificações (térrea ou sobreposta), as condições de uso (padrão, sombreada, ventilada e sombreada/ventilada) e as cores do acabamento externo das paredes (clara, média ou escura).

4.3.2 Período de condensação

Foi realizada avaliação do risco de condensação de vapor d'água nas paredes internas do sistema construtivo paredes estruturais de concreto leve armado moldadas no local, por meio de simulação computacional durante período de 8h, utilizando-se o programa EnergyPlus.

Verificou-se que para as edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 05, 07 e 08 com paredes externas de cor clara (α = 0,3), as relações entre a frequência de ocorrência de condensação para todas as paredes da edificação, quando comparadas à uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140mm de espessura com revestimento de argamassa de 20mm de espessura em ambas as faces, simuladas no mesmo período (05h ás 13h), é inferior à 20%, conforme critério estabelecido na Diretriz SiNAT Nº 001 revisão 3. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Avaliação de risco de condensação – paredes de cor clara (α = 0,3).

	Tvanagao ao 11000	Tipo de parede / período para simulação					
Ambientes	Parede	Bloco cerâmico / 05h-13h ¹ Concreto leve / 05h-13h ¹					
		ZB ²	05	ZBO)7	ZBO)8
		(h)	(%)	(h)	(%)	(h)	(%)
		Cer ³	Con⁴	Cer	Con	Cer	Con
	P_01	3189	14	2882	-13	3233	7
Dormitário 01	P_02	592	-20	468	-26	2527	-39
Dormitório 01	P_03	513	-22	390	-23	2191	-40
	P_04	3367	13	3069	12	3442	8
	P_01	3096	17	2783	15	3223	7
Dormitório 02	P_02	3182	15	2906	13	3360	7
Domitorio 02	P_03	424	-22	324	-25	2137	-42
	P_04	546	-15	432	-22	2504	-40
	P_01	486	8	416	-3	1661	-28
	P_02	450	7	386	-7	1654	-26
	P_03	3216	15	2888	16	3355	10
Sala_Coz.	P_04	491	8	402	-1	1443	-20
	P_05	487	3	394	-5	1451	-22
	P_06	3267	15	2912	16	3468	10
	P_07	3338	14	3018	15	3452	11

(1) período considerado para a realização da simulação;

Adicionalmente, considerando o mesmo período de horas anteriormente utilizado (na simulação de paredes de cor clara), no caso de paredes de cor média (α = 0,5), verifica-se atendimento ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT Nº 001 revisão 3, para a zona bioclimática 07, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Avaliação de risco de condensação – paredes de cor média (α = 0,5).

19.00-0.00	Tipo de parede / período para simulação				
		Bloco cerâmico / 05h-13h ¹			
A 1: (D 1		to leve / 05h-13h ¹		
Ambientes	Parede	Colicie			
			ZB ² 07		
		(h)	(%)		
		Cer ³	Con⁴		
	P_01	2667	17		
Downsité via 04	P_02	327	-35		
Dormitório 01	P_03	307	-32		
	P_04	2885	15		
	P_01	2541	19		
Downsité via 00	P_02	2692	17		
Dormitório 02	P_03	206	-23		
	P_04	271	-25		
	P_01	343	-11		
	P_02	284	-15		
	P_03	2702	18		
Sala_Coz	P_04	300	-16		
_	P_05	278	-17		
	P_06	2805	18		
	P_07	2835	18		

⁽¹⁾ período considerado para a realização da simulação;

A avaliação demonstra que o sistema construtivo de paredes de concreto leve atende ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT Nº 001 revisão 3 para as zonas bioclimáticas 05, 07 e 08 (paredes com cor clara) e para a zona bioclimática 07 (parede com cor média), contudo, a análise do risco

⁽²) ZB= Zona Bioclimática;

⁽³⁾ Cer = parede de blocos cerâmicos;

⁽⁴⁾ Con = parede de concreto leve.

⁽²) ZB= Zona Bioclimática;

⁽³⁾ Cer = parede de blocos cerâmicos;

⁽⁴⁾ Con = parede de concreto leve.

de condensação deve ser realizada para cada empreendimento e, se houver necessidade, para as demais zonas bioclimáticas.

Portanto, face aos resultados obtidos nas simulações de desempenho térmico e de período de condensação, conclui-se que o sistema construtivo de paredes estruturais de concreto leve armado atende ao requisito da avaliação higrotérmica para as zonas bioclimáticas 7 e 8, desde que observadas as condições de ventilação, sombreamento e cor externa da fachada.

4.4 Desempenho acústico

Para avaliação do desempenho acústico foi considerada a verificação do isolamento acústico das paredes de fachada (entre o meio externo e o interno), das paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) e entre dependências da unidade habitacional e áreas comuns. Adicionalmente, também foram realizados ensaios em laboratório para determinação do índice de redução sonora ponderada (R_w).

4.4.1 Ensaios de desempenho acústico em laboratório (R_w)

Foram realizados ensaios em laboratório para verificar o índice de redução sonora ponderado de paredes cegas com espessura de 100mm, conforme síntese dos resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Síntese dos resultados obtidos em ensaio de laboratório (dB)

Tabela 7 – Sintese dos resultados obtidos em ensaio de laboratorio (db)						
Elemento	Critério mínimo de desempenho (ABNT NBR 15575-4:2013) R _w (dB)	Valor determinado em ensaio de laboratório 47dB				
Parede de fachada (ambiente de dormitório).	≥ 35	Atende				
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde não haja ambiente dormitório.	≥ 45	Atende				
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), onde haja pelo menos um ambiente dormitório.	≥ 50	Não atende				
Parede cega de dormitórios entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 45	Atende				
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria dos pavimentos.	≥ 35	Atende				
Parede cega entre uma unidade habitacional e 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.	≥ 50	Não atende				
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall.	≥ 45	Atende				

Notas: As esquadrias utilizadas em fachadas devem ter valores adequados de R_w, de modo a atender o critério normativo;

Conclui-se que, desde que sejam utilizadas esquadrias com valores adequados de R_w , o desempenho acústico das paredes estruturais de concreto leve armado avaliado, atende à DIRETRIZ SINAT Nº001 revisão 03, para fachadas e para paredes entre unidades habitacionais (paredes de geminação) onde não haja ambiente dormitório. Observa-se, também, que a cobertura deve apresentar isolação sonora compatível com a fachada.

 $\underline{\text{Nota}}$: devido à não realização de ensaios para a determinação do índice de redução sonora (R_w) para a parede de geminação com 120mm de espessura, sua utilização também fica restrita às mesmas condições anteriormente citadas e estabelecidas para a parede de 100mm.

O sistema de cobertura deve apresentar isolação sonora compatível com a fachada da edificação.

4.4.2 Ensaios de desempenho acústico em campo

Foram realizados ensaios de campo, considerando habitação localizada em ambiente com classe de ruído I, para verificação da diferença padronizada de nível ponderada das paredes de fachada $(D_{2m,nT,w})$, e para determinação da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes $(D_{nT,w})$, das paredes internas.

As medições foram realizadas em edificação térrea isolada, no empreendimento habitacional situado à Rua Lourenço Bertoglio s/n, Bairro Vorazinho, Nova Prata do Iguaçu/PR.

4.4.2.1 Isolação sonora promovida pelos elementos da envoltória (D_{2m,nT,w})

A Tabela 8 apresenta os critérios mínimos e o resultado obtido da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa (fachada) do dormitório $(D_{2m,nT,w})$.

As paredes externas são constituídas por concreto leve armado (massa específica de 1900kg/m³ a 2000kg/m³) e resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 15MPa, moldadas em fôrmas metálicas no local definitivo, com 100mm de espessura. São armadas com tela eletrosoldada (tipo Q61 em aço CA 60) galvanizada.

O ambiente de realização do ensaio para a verificação da isolação sonora da fachada engloba a cozinha e sala de estar, sendo tais ambientes providos de piso revestido com placas cerâmicas e acabamento interno das paredes em placas cerâmicas até 1,5m de altura nas paredes da cozinha e pintura em PVA para o restante. O acabamento externo é realizado em pintura acrílica texturizada.

O ambiente (cozinha e sala) apresenta duas folhas de porta em alumínio com vidro de 3mm de espessura e dimensões de 0,80m de largura por 2,10m de altura. Também é provido de duas janelas em alumínio, sendo cada uma com duas folhas móveis em vidro com espessura de 3mm, trincos acoplados e dimensões de 1,20m x 1,20m. O pé direito é de 2,6m.

O sistema de cobertura é composto por forro em réguas de PVC e telhas cerâmicas.

Tabela 8 – Síntese dos resultados obtidos da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa do dormitório (fachada) (D2m,nT,w)

Classe de ruído	Localização da habitação	Valor mínimo ABNT NBR 15575-4 (dB)	Valor determinado em ensaio de campo D _{2m,nT,w} 22dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥20	Atende
П	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	Não atende
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥30	Não atende

O ensaio demonstra que a diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa (fachada) atende ao critério de $D_{2m,nT,w} \ge 20$ considerando a Classe I de ruído, estabelecido na ABNT NBR 15575:2013.

4.4.2.2 Isolação sonora entre ambientes promovida pelas vedações verticais internas (D_{nT.w})

A Tabela 9 apresenta os critérios mínimos estabelecidos na ABNT NBR 15575-4 e os resultados obtidos da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes ($D_{nT,w}$) das vedações verticais internas.

As determinações foram realizadas em parede interna entre dormitórios, a qual é constituída por concreto leve armado (massa específica de 1900kg/m³ a 2000kg/m³) e resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 15MPa, moldada em fôrmas metálicas no local definitivo, com 100mm de espessura. É armada com tela eletrosoldada (tipo Q61 em aço CA 60) galvanizada e revestida em ambas as faces com pintura PVA.

Tabela 9 – Síntese do resultado obtido da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes (D_{nTw})

Elemento	Valor mínimo ABNT NBR 15575-4 (dB)	Valor determinado em ensaio de campo D _{nT,w} (dB)
	D _{nT,w}	45dB
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório.	≥40	Atende
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	≥45	Atende
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.	≥40	Atende
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de transito eventual, tais como corredores e escadarias dos pavimentos.	≥30	Atende
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas.	≥45	Atende
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	≥40	Não se aplica ao projeto da edificação objeto de estudo

Conclui-se que o resultado obtido de 45dB para a parede cega com espessura de 100mm atende aos critérios estabelecidos na Diretriz SINAT N°001 – Rev.3.

4.5 Durabilidade e Manutenibilidade

Para a durabilidade das paredes estruturais considerou-se os projetos, as características dos materiais, os revestimentos e os procedimentos de manutenção contemplados no Manual de Uso, Operação e Manutenção.

A durabilidade das paredes estruturais de concreto leve armado está relacionada com a proteção das armaduras, quer seja pelo cobrimento providenciado pelo concreto leve como pelos revestimentos utilizados nas paredes internas e externas.

As paredes internas das áreas molháveis (cozinha, área de serviço e banheiro) recebem impermeabilização de base cimentícia e, posteriormente, são revestidas com placas cerâmicas conformando faixa com 300mm de altura sobre as pias da cozinha e do banheiro. As paredes da área molhada (box) recebem placas cerâmicas até a altura de 1500mm. Os demais trechos recebem pintura acrílica.

As faces voltadas para o interior da edificação das áreas secas (quarto, sala, hall de distribuição) recebem camada de massa corrida e pintura látex de base PVA. As paredes externas recebem selador acrílico e textura acrílica.

A proponente deve considerar os aspectos previstos na Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03 e na normalização brasileira, considerando principalmente a classe de agressividade do ambiente onde o empreendimento será construído. Deve ser observado o tipo de espaçador e o distanciamento entre os mesmos, de modo a manter os valores de cobrimento das treliças pelo concreto leve de, no mínimo. 30mm.

Do ponto de vista da durabilidade da estrutura, particularizada para a resistência à corrosão das armaduras, verifica-se que as paredes estruturais de concreto leve atendem as exigências previstas para as regiões rurais e urbanas, ou seja, Classes I e II de agressividade ambiental. São previstas manutenções periódicas da unidade habitacional pelo usuário, particularmente quanto à pintura das paredes com respectivas especificações, uma vez que essa possui papel preponderante quanto à durabilidade do produto.

A proponente adota para as paredes estruturais de concreto armado, armaduras protegidas com revestimento galvanizado a quente com espessura mínima de revestimento de 30µm. Os estudos analíticos realizados, as análises em bibliografias nacionais e internacionais e as obras vistoriadas permitem concluir que esta alternativa é adequada, sendo o controle da espessura do revestimento galvânico controlado no processo de recebimento desses materiais.

As armaduras imersas no concreto leve são partes suscetíveis a apresentarem problemas de degradação ao longo da vida útil de projeto, aferida pelo risco de aparecimento da primeira fissura. Para reduzir esse risco, a sistemática de multibarreiras descritas abaixo, permitem maior proteção das armaduras nas paredes, quais sejam:

- beirais de no mínimo 600mm em projeção horizontal, no perímetro da cobertura das edificações;
- estucamento (tamponamento) realizado com argamassa de cimento, areia fina e aditivo polimérico ARGAMETA em até três dias após desenforma das paredes;
- revestimento impermeável acrílico cimentício IMPERMETA com 600mm de altura junto à calçada (barrado), nas bases externas das paredes externas;
- aplicação de pintura acrílica das paredes externas entre trinta e noventa dias após desenforma das paredes;
- revestimento impermeável acrílico cimentício IMPERMETA nas paredes de áreas molháveis, com placas cerâmicas com altura mínima de 1500mm para o box da área de banho e 300mm sobre pias do banheiro, cozinha e tanque de lavagem de roupas;
- pintura acrílica ou PVA nas paredes internas das demais áreas;
- barreira física e química conferida pela espessura de cobrimento mínimo de 30mm da armadura pelo concreto leve (relação água/cimento menor ou igual a 0,55, consumo mínimo de cimento de 300kg/m³) e armaduras com revestimento galvanizado a quente com espessura mínima de 30µm.

Adicionalmente, quando da execução das paredes, deve-se voltar a atenção e controle para os seguintes pontos:

- controle rígido da instalação das telas eletrosoldadas galvanizadas, contemplando espaçadores plásticos distribuídos a cada 500mm, de modo a providenciar o cobrimento mínimo de 30mm das armaduras pelo concreto leve;
- elaboração de estudo de dosagem do concreto e respectivo controle tecnológico, utilização de fibras de polipropileno e elaboração de projeto estrutural para cada empreendimento, de modo a evitar aparecimento de fissuras devido a esforços de tração;
- controle da qualidade do revestimento de zinco por imersão a quente das armaduras, bem como seu correto armazenamento e amarração com arames zincados.

Foi analisado o Manual de Uso e Operação (Manual do Proprietário) elaborado pela proponente, que apresenta informações sobre as características das paredes estruturais de concreto leve, seus cuidados de uso e manutenção, além dos aspectos que determinam a perda da garantia para os diversos componentes e elementos. Destaca-se que os cuidados de uso e de manutenção devem ser praticados para que seja atendida a vida útil de projeto – VUP de no mínimo 50 anos, conforme estabelecido na ABNT NBR 15575-1.

4.6 Segurança ao fogo

As paredes estruturais de concreto leve armado moldadas no local, por constituírem-se de materiais incombustíveis, atendem aos requisitos de propagação superficial de chamas e definem condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio. Da mesma forma apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco inerente ao sistema construtivo em questão.

Considera-se, para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto leve armado destinadas a casas térreas, sobrados e casas sobrepostas (isoladas ou geminadas), com emprego de concreto com ar e fibras de polipropileno incorporados (caracterizado com massa específica da ordem de 1900kg/m³ e $f_{ck} \ge 15$ MPa), emprego de armadura mínima e espessura mínima de 100mm, atendem ao critério da Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03, quanto a resistência ao fogo por um período de 30 minutos.

Observa-se que entre as paredes do compartimento que abriga a cozinha e os compartimentos adjacentes, devem ser previstos septos verticais compostos pela elevação da própria parede até o nível do telhado ou por elementos que possuam resistência ao fogo por um período de 30 minutos (exemplo: septos com duas chapas de gesso para *drywall*, com espessura de 12,5mm tipo *Standard* e tratamento de juntas entre placas com aplicação de fita de papel microperfurado com massa de gesso, conforme norma ABNT NBR 15758-1), com o objetivo de confinar o incêndio no ambiente de origem. Ressalta-se que o projeto de cada empreendimento deve considerar as exigências de segurança contra incêndio contempladas em normas e regulamentações, em níveis municipal, estadual e federal.

5 Controle da qualidade

O controle da qualidade das obras está de acordo com os procedimentos do Manual da Qualidade e documentos normativos complementares, considerados adequados pelo IFBQ. Tais procedimentos preveem: o controle de projetos, materiais, serviços, ferramentas, equipamentos, processos de execução e do produto final; as condições de assistência técnica; a existência de projetos e documentos técnicos do sistema construtivo, de fichas de controle de recebimento de materiais, de fichas de verificação da execução e do controle de execução das paredes, e de documentos de controle de recebimento das paredes após desenforma.

A proponente deve manter profissional qualificado para acompanhamento do controle e da execução das unidades habitacionais de cada empreendimento.

O controle da resistência à compressão do concreto é efetuado em cada caminhão betoneira recebido (100%) conforme ABNT NBR 12655 e atende à exigência da Diretriz SINAT Nº 001 – revisão 03.

Deve ser controlado rigorosamente, entre outros indicadores:

- a) Qualidade e montagem das fôrmas metálicas, posicionamento e fixação das armaduras (com o emprego de espaçadores para assegurar a posição das armaduras e o cobrimento mínimo pelo concreto leve), gabaritos para vãos de portas e esquadrias e posicionamento e fixação das instalações elétricas;
- b) Estanqueidade das instalações hidrossanitárias;
- c) Quando da utilização de concreto convencional dosado em central instalada no canteiro de obras (ABNT NBR 7212), os materiais utilizados em sua preparação devem ser controlados conforme estabelecido na ABNT NBR12655;
- d) Concreto comum com resistência a compressão característica de 25MPa, abatimento de 40mm a 60mm, massa específica de 2350kg/m³ modificado com polímero incorporador de

- ar (METAPOP) e superplastificante (FLUIBETON), em percentuais definidos nos estudos de dosagem;
- e) Concreto leve com densidade de 1850kg/m³ a 2000kg/m³, resistência característica à compressão mínima de 15MPa e espalhamento mínimo do concreto de 600mm. A resistência mínima do concreto leve para desenforma após 16 horas é de 1,0MPa. O lançamento do concreto deve ser efetuado em até 30 minutos contados a partir da adição do superplastificante;
- f) Dosagem, lançamento e cura do concreto conforme projeto estrutural.

Foram realizadas auditorias técnicas em obras em execução, finalizadas e habitadas, o que permitiu avaliar o desempenho global das unidades habitacionais e o comportamento potencialmente positivo das paredes estruturais de concreto leve quanto ao controle da qualidade, de produção e de montagem, denotando atendimento ao especificado na Diretriz SiNAT N°001 – revisão 03.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas semestrais, conforme portaria N°110 de 05/03/2015 do Regimento Geral do SiNAT, para verificação dos controles realizados pela proponente no processo de produção e no produto, incluindo inspeção de campo em obras, análise dos resultados históricos de controle da resistência à compressão do concreto, verificação quanto à durabilidade das paredes.

6 Fontes de informação

As principais fontes de informação, além dos documentos técnicos da empresa e dos estudos e ensaios realizados por entidades técnicas, compõem o Relatório Técnico de Avaliação – RTA, e Relatórios de Auditoria Técnica elaborados pelo IFBQ para a avaliação de desempenho das paredes estruturais de concreto leve armado.

6.1 Documentos da proponente

- Projeto arquitetônico típico;
- Memória de Cálculo Estrutural para uma edificação típica;
- Memorial Descritivo;
- Procedimentos e instruções para execução de serviços Manual da Qualidade;
 - o Procedimento de produção do concreto:
 - o Procedimento de produção dos painéis de parede:
 - o Procedimento de desenforma:
 - Procedimentos de instalação de esquadrias, sistema de cobertura, revestimentos e acabamentos;
 - Procedimentos para recebimento de materiais;
 - o Procedimento de reparo de vícios construtivos em painéis de parede;
 - o Procedimentos de manutenção periódica dos equipamentos de produção;
 - o Procedimento de inspeção de materiais;
 - o Procedimento de inspeção de serviços para a produção dos painéis;
 - o Planilhas de verificação de serviços.
- Projeto executivo arquitetônico e estrutural;
- Fichas de verificação de materiais e serviços;
- Manual de uso e operação do sistema construtivo (Manual do proprietário).

6.2 Relatórios técnicos

 Fundação Christiano Ottoni - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia de Estruturas Relatório Técnico - Ensaios de desempenho do sistema construtivo Tecnnometta de vedações verticais – 15/03/2010; Parecer Técnico – Avaliação do sistema construtivo Tecnnometta de vedações verticais – 06/11/2010:

- EMPERCON Engenharia e Consultoria
 Memória de Cálculo Estrutural Paredes monolítica em sistema de forma moldadas inloco:
- Universidade Federal do Pará UFPA Centro Tecnológico Certificado de Qualificação – Edificação assobradada – 14/06/2004;
- Universidade Federal de Minas Gerais UFMG Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Estruturas
 Relatório técnico - ensaio de desempenho acústico em um protótipo de casa popular de sistema construtivo constituído de concreto leve armado fluido – 24/09/2010;
- Universidade Federal de Santa Maria UFSM Laboratório de Acústica Laboratório de Materiais de Construção Civil - LMCC Certificado de ensaio Nº 61183 - ensaio de Isolação sonora em câmara reverberante;
- Anhanguera Beneficiamento de Peças Metálicas Ltda.
 Certificado de Garantia 59268/2009 Revestimento Metálico;
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
 Relatório Técnico de Avaliação RTA 464/2010 rev.01 jan/2011;
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ Relatório Inspeção de Campo - junho/2011;
- Universidade Federal de Minas Gerais UFMG Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Estruturas
 Relatório técnico - Avaliação da corrosão de armaduras do sistema construtivo Tecnnometta – dez/2010;
- PhD Engenharia Ltda –Parecer Técnico sobre a Durabilidade e Resistência das Paredes de Concreto Leve Fluido moldadas no local, armadas, destinadas à construção de Casa Térrea, Casa Geminada, Casa Sobreposta Multifamiliar e Sobrado Residencial Unifamiliar e Multifamiliar, em conformidade com os procedimentos do "Sistema Construtivo Tecnnometta – Parecer Técnico PhD 050/2011".
- Universidade de São Paulo Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos Laboratório de Construção Civil – LCC - Desempenho térmico de Edificações com Sistema Construtivo Tecnnometta em concreto leve polimerizado com forro de PVC e telhas cerâmicas – abril/2012;
- Universidade de São Paulo Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos Laboratório de Construção Civil – LCC - Desempenho térmico de Edificações com Sistema Construtivo Tecnnometta em concreto leve polimerizado com laje de forro inclinada préfabricada com 10cm de espessura total (7cm de poliestireno expandido – EPS e 3cm de concreto comum) com telhado em telhas de fibrocimento" – agosto/2012
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
 Relatório Técnico de Desempenho Térmico RT N° 11/2012 ago/2012;
- L.A. Falcão Bauer LTDA.
 Relatório de ensaio Nº CCC/286.273/01/17/A Isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura) para unidade habitacional térrea isolada fev/2018;
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A IPT
 Relatório Técnico 136 802-205 fev/2014 (Avaliação técnica de armaduras zincadas de paredes de concreto leve Tecnometta);
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
 Relatório de Avaliação do concreto leve armado nas obras de Marillia/SP e Passo Fundo/RS mar/2014;

- Roriz Engenharia bioclimática Relatório de avaliação dos níveis de desempenho higrotérmico de edificações habitacionais dez/2017.
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ Relatório de Auditoria Técnica N°06/2014 – (1ª Manutenção Periódica DATec N° 006-A) abr/2014;
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
 Relatório de Auditoria Técnica N°09/2014 (2ª Manutenção Periódica DATec N° 006-A) nov/2014;
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
 Relatório de Auditoria Técnica N°02/2015 (3ª Manutenção Periódica DATec N° 006-A) nov/2014:
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ
- Relatório de Auditoria Técnica Nº11/2016 (1ª Auditoria Técnica de Manutenção Periódica DATec Nº026);
- Relatório de Auditoria Técnica Nº12/2016 (2ª Auditoria Técnica de Manutenção Periódica DATec Nº026);
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ Relatório de Auditoria Técnica Nº02/2018 – (3ª Auditoria Técnica de Manutenção Periódica DATec Nº026);
- Instituto Falcão Bauer da Qualidade IFBQ Relatório de Auditoria Técnica Nº03/2018 – (4ª Auditoria Técnica de Manutenção Periódica DATec Nº026);
- GRC Acabamentos em metais Ltda.
 Certificados Nº 042/2014 e Nº043/2014 Análise técnica das espessuras de galvanização em Treliças TG8L e Telas metálicas tipo Q61.

7 Condições de emissão do DATec

Este Documento de Avaliação Técnica, DATec, é emitido nas condições descritas a seguir conforme Regimento geral do SiNAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores, em seu Capítulo VI – Das Condições de Concessão do DATec, que estabelece:

Art. 22 O DATec é concedido somente quando há produção seriada ou continuada do produto, nas seguintes condições:

- a) o Proponente é o único responsável pela qualidade do produto avaliado no âmbito do SiNAT;
- b) o Proponente deve produzir e manter o produto, bem como o processo de produção, nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliadas no âmbito SiNAT;
- c) o Proponente deve produzir o produto de acordo com as especificações, normas e regulamentos aplicáveis, incluindo as diretrizes SiNAT;
- d) o Proponente deve empregar e controlar o uso do produto, ou sua aplicação, de acordo com as recomendações constantes do DATec concedido e literatura técnica da empresa, e
- e) o IFBQ e as diversas instâncias do SiNAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.

A Tecnometa Indústria e Comercio LTDA. compromete-se a:

- a) manter o produto e o processo de produção nas condições gerais da qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projeto especifico para cada edifício e cada empreendimento;
- b) produzir de acordo com as especificações, normas técnicas e regulamentos aplicáveis;
- c) manter a capacitação da equipe de colaboradores envolvida no processo;
- d) manter assistência técnica, por meio de serviço de atendimento ao cliente.

O produto deve ser utilizado de acordo com as instruções do proponente e recomendações deste Documento de Avaliação Técnica.

O SINAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso o IFBQ, não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto deste produto.

Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat – PBQP-H Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT Brasília, DF, outubro de 2018.