

 <p><b>IFBQ</b> <b>FALÇÃO BAUER</b></p>	<p>Produto: <b>Sistema Construtivo</b> <b>“CASAS OLÉ - PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS EM ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS E CONCRETO ARMADO”</b></p>  	 <p><b>SINAT</b></p>
<p>Rua Aquinos, 111 Água Branca São Paulo – SP CEP 05036-010 Tel/Fax (11) 3611-1729 <a href="http://www.ifbq.com.br">www.ifbq.com.br</a> <a href="mailto:inovacons@falcaobauer.com.br">inovacons@falcaobauer.com.br</a></p>	<p>Proponente: <b>MOREFÁCIL CONSTRUTORA E INCORPORADORA LTDA.</b></p> <p>Rua República da Armênia, 93 - Cidade dos Funcionários 60821-760 - Fortaleza/CE Tel.: +55 (85) 3273-5244 <a href="http://www.olecasas.com.br">www.olecasas.com.br</a></p>	
<p><b>Emissão</b> março de 2016</p> <p><b>Validade</b> junho de 2016</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade, IFBQ, e a decisão do Comitê Técnico, de 02/03/16, a Comissão Nacional, em sua reunião de 11/03/16, resolveu conceder ao “Sistema Construtivo painéis pré-moldados de alvenaria de blocos cerâmicos e concreto armado - Casas Olé” o Documento de Avaliação Técnica Nº 021-A. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o sistema construtivo, destinado à construção de edificações habitacionais térreas unifamiliares geminadas ou isoladas, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p><b>DATec</b> <b>Nº 021-A</b></p>

Limites da avaliação técnica de desempenho do sistema construtivo “Casas Olé”, composto por painéis estruturais pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado:

- A avaliação técnica foi realizada considerando-se o emprego do sistema construtivo em unidades habitacionais térreas unifamiliares, geminadas ou isoladas;
- Para a avaliação do sistema construtivo considerou-se como elementos inovadores as paredes, com função estrutural, em painéis pré-moldados compostos por blocos cerâmicos e concreto armado, e suas interfaces como a ligação entre painéis, entre painéis e a fundação, entre painéis e as esquadrias e entre painéis e a cobertura. Os painéis têm comprimento máximo de 5000mm;
- Os componentes e elementos convencionais (por exemplo: telhado com telhas cerâmicas e forro em régua de PVC) devem atender às normas técnicas correspondentes, sendo analisadas as respectivas influências apenas nos casos de interface com sistema construtivo;
- O desempenho térmico das casas térreas foi avaliado pelo método simplificado, considerando a transmitância térmica e a capacidade térmica das paredes e da cobertura com telhas cerâmicas, forro em régua de PVC e manta de subcobertura (manta com 2mm de espessura, constituída por polietileno expandido de baixa densidade revestido em uma face por filme de alumínio) para as oito zonas bioclimáticas Z1 a Z8, constantes da ABNT NBR 15220, conforme apresentado no item 4.3 deste DATec. Verificou-se que o sistema construtivo proposto atende aos critérios mínimos estabelecidos de desempenho térmico para as zonas bioclimáticas Z3 a Z8, considerando-se cores claras e médias para as superfícies das paredes externas, com valores de absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) menor ou igual a 0,6. Não são apresentadas condições que viabilizem o uso do sistema construtivo nas zonas bioclimáticas Z1 e Z2.
- A avaliação de desempenho acústico foi realizada em campo, considerando-se a isolamento sonora promovida pela vedação externa ( $D_{2m,nT,w}$ ), e a isolamento sonora promovida pelas paredes de geminação ( $D_{nT,w}$ ) entre unidades habitacionais. Os resultados são restritos ao caso estudado, conforme descrito no item 4.4;
- A estanqueidade à água foi avaliada por meio de ensaios laboratoriais, visitas às obras e análise de projetos considerando os painéis de fachada, a interface das esquadrias com os painéis e as interfaces entre painéis e entre painéis e a fundação. A estanqueidade à água das esquadrias deve atender às normas técnicas pertinentes;
- A avaliação da durabilidade do sistema construtivo considerou a resistência à compressão do concreto classe C25 e classes de agressividade ambiental I e II, correspondentes às zonas rural e urbana, respectivamente. Ressalta-se que este DATec não considera as classes de agressividade ambiental III e IV, correspondentes a zona marinha, industrial e respingos de maré, respectivamente.

## 1. Descrição do sistema construtivo

O sistema construtivo desenvolvido e produzido pela MOREFÁCIL – Construtora e Incorporadora Ltda., denominado “CASAS OLÉ”, destina-se à produção de unidades habitacionais térreas, isoladas ou geminadas.

Os painéis são concebidos conforme projeto específico, compostos por camada de concreto armado, blocos cerâmicos e argamassa, sendo produzidos sobre pista de moldagem em concreto no canteiro de obras. As paredes internas e externas são estruturais e possuem 122mm de espessura. As instalações hidráulicas e sanitárias são externas e protegidas por meio de shafts. Os sistemas que compõem os shafts devem ter seu desempenho avaliado conforme normas pertinentes. Instalações aparentes devem atender a norma ABNT NBR 15575-6.

A Figura 1 apresenta o corte típico dos painéis e a Figura 2 o desenho de armação dos painéis.

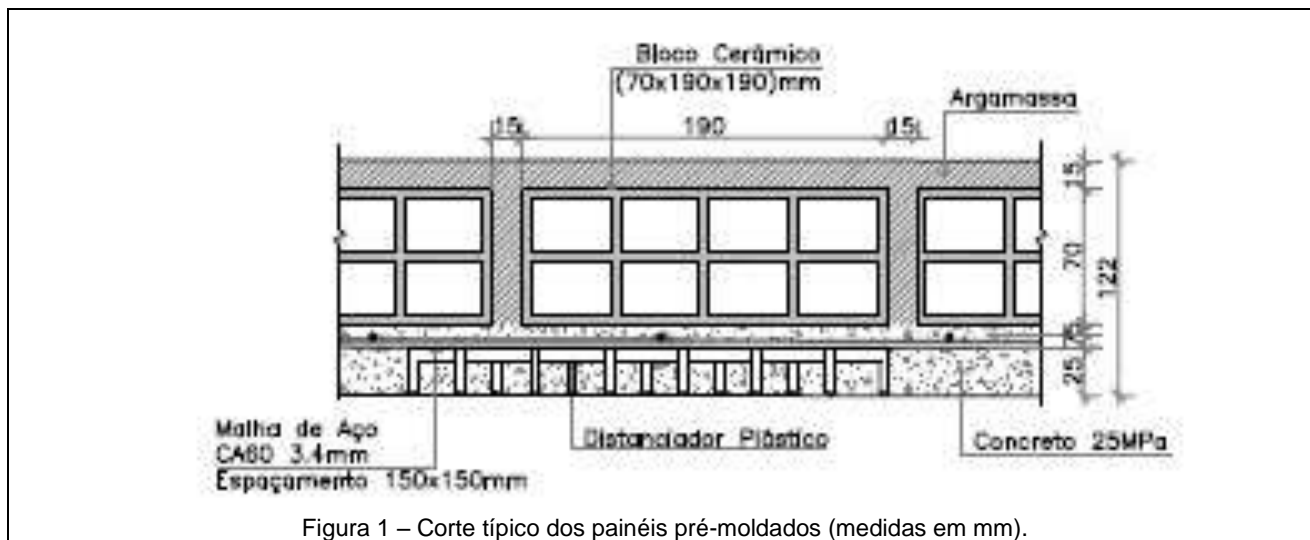


Figura 1 – Corte típico dos painéis pré-moldados (medidas em mm).

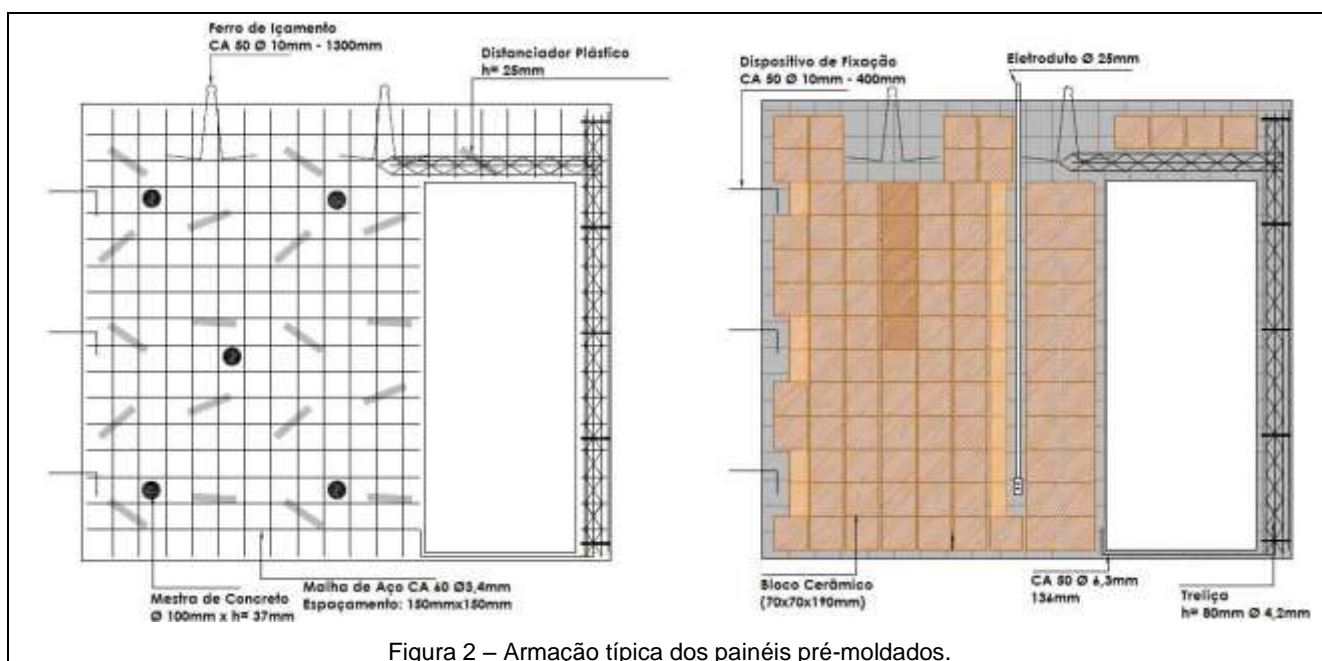


Figura 2 – Armação típica dos painéis pré-moldados.

As pistas de moldagem (Figura 3) são dimensionadas para a produção dos painéis de uma unidade habitacional e recebem desmoldante de base mineral, isento de solventes e com baixa viscosidade (Figura 4).

Perfis metálicos delimitam os painéis e os vãos destinados às esquadrias (Figura 5), conforme projeto executivo.



Figura 3 – Vista geral das pistas de fabricação dos painéis.



Figura 4 – Aplicação do desmoldante.



Figura 5: Detalhes das fôrmas metálicas nos painéis durante procedimento de moldagem.

Conforme projeto analisado, apenas as paredes de geminação contém pilares pré-moldados de concreto armado classe C25 com rebaixos nas laterais, promovendo a ligação entre painéis de parede. Ressalta-se que, os pilares são localizados no ambiente interno entre unidades habitacionais. As Figuras 6, 10 e 11 ilustram as ligações na parede de geminação.



Figura 6– Pilares das paredes geminadas.

O sistema de cobertura é composto por telhado cerâmico sobre estrutura de madeira ou metálica, subcobertura em manta de polietileno aluminizada em uma face e forro em régulas de PVC. O

projeto executivo de fundação deve ser elaborado observando-se as características do local e estudos geotécnicos específicos para cada empreendimento.

### 1.1 Condições e limitações de uso

Os painéis pré-moldados têm função estrutural e as unidades habitacionais não podem ser ampliadas verticalmente.

Ampliações horizontais podem ser realizadas sem abertura ou rasgos nas paredes. Eventuais aberturas de porta devem ocorrer unicamente em local definido pelo Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário), elaborado e fornecido pela Morefácil. Da mesma forma, consertos de instalações elétricas embutidas na parede devem obedecer à orientação do Manual do Proprietário.

O sistema construtivo proposto atende aos critérios mínimos estabelecidos de desempenho térmico para as zonas bioclimáticas Z3 a Z8, considerando-se cores claras e médias para as superfícies das paredes externas, com valores de absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) menor ou igual a 0,6. A avaliação da durabilidade do sistema construtivo “Casas Olé” considerou concreto classe C25 para os pilares e painéis pré-moldados, atendendo as Classes I e II de agressividade ambiental, correspondentes às zonas rural e urbana, respectivamente.

Os cuidados na utilização, as cargas máximas permitidas para a fixação de peças suspensas, detalhamento de shafts, periodicidade de manutenção das pinturas sobre as paredes e eventuais reparos constam do Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário).

## 2. Diretriz para avaliação técnica

---

O IFBQ realizou a avaliação técnica de acordo com a “DIRETRIZ SINAT N°002 Rev.01 – “Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais”, e a norma de desempenho ABNT NBR 15575:2013.

## 3. Informações e dados técnicos

---

### 3.1 Principais materiais, especificações e equipamentos

a) **Fôrmas:** Sobre a pista de moldagem concebida em concreto, os painéis pré-moldados são delimitados por perfis metálicos fixados entre si conforme projeto específico. Da mesma forma, os vãos de esquadrias (portas e/ou janelas), são delimitados por perfis metálicos (Figura 5);

b) **Armadura:** Tela eletrossoldada tipo Q61, com malha de 150mmx150mm e fios de aço CA60 com Ø3,4mm; treliça TR06644 em aço CA60 e reforços em barras de aço CA50 com Ø8,0mm ou Ø10,0mm, conforme ABNT NBR 7480;

c) **Concreto:** O concreto empregado na produção dos painéis é de classe C25 (resistência característica a compressão de 25MPa), densidade da ordem de 2365kg/m<sup>3</sup>, fator água cimento menor que 0,60, classe de consistência S100 (abatimento-A, 100mm≤A<160mm, conforme ABNT NBR 8953) e resistência à compressão maior que 7,0MPa para desenforma (após 24horas);

d) **Graute:** O preenchimento das ligações entre painéis e entre painéis e pilares é efetuado com graute (cimento e areia) com resistência característica a compressão de 25MPa. Após o preenchimento das interfaces com graute, realizado com auxílio de formas metálicas, o acabamento das juntas é providenciado utilizando-se tela de poliéster e argamassa;

a) **Blocos cerâmicos:** Blocos cerâmicos de vedação com oito furos, dimensões de (70mm x 190mm x 190mm), resistência a compressão na posição vertical maior ou igual a 3,0MPa e absorção de água entre 8% e 22%, conforme ABNT NBR 15270-1;

b) **Argamassa:** A argamassa empregada na produção dos painéis possui consistência plástica e é composta por cimento e areia. Apresenta resistência a compressão de 4,0MPa para desenforma (24horas) e resistência característica a compressão de 10MPa (aos 28 dias de idade);



c) **Equipamentos:** A regularização da argamassa da face superior dos painéis é executada por meio de réguas vibratórias. O içamento, manuseio e transporte dos painéis é viabilizado por meio de caminhão tipo Munck.

### 3.2 Detalhes construtivos

- a) **Estrutura:** A estrutura é composta pelos painéis pré-moldados que conformam as paredes;
- b) **Pilares pré-moldados da parede de gemação:** Os pilares são concebidos em formas metálicas com concreto classe C25, armados com barras longitudinais Ø8,0mm de aço CA50 e estribos de aço CA60, com cobrimento mínimo de concreto de 30mm;
- c) **Revestimentos do sistema de vedação vertical:** A face voltada para o interior dos ambientes dos dormitórios, corredor e sala, bem como a face externa das paredes de fachada, recebem pintura com textura acrílica. As paredes do box do banheiro, região da pia da cozinha e região do tanque da área de serviço são revestidas com placas cerâmicas aplicadas com argamassa colante tipo ACII, até a altura de 1500mm;
- d) **Interface entre painéis:** O sistema construtivo prevê três tipos de ligações entre painéis, as quais estão apresentadas na Figura 7.

d.1) **Dispositivos de ligação entre painéis:** Os painéis recebem dispositivos metálicos (Figura 8), quando da distribuição das respectivas armaduras. Esses são aplicados em suas laterais, em três pontos distintos.

d.2) **Ligação entre painéis:** Após a montagem dos painéis no local definitivo, os dispositivos metálicos são soldados e protegidos com primer epóxi rico em zinco. Os vãos entre os painéis são preenchidos com graute e as juntas são tratadas por meio da aplicação de tela de poliéster e argamassa. As Figuras 9 a 11 apresentam os detalhes de ligação entre painéis.

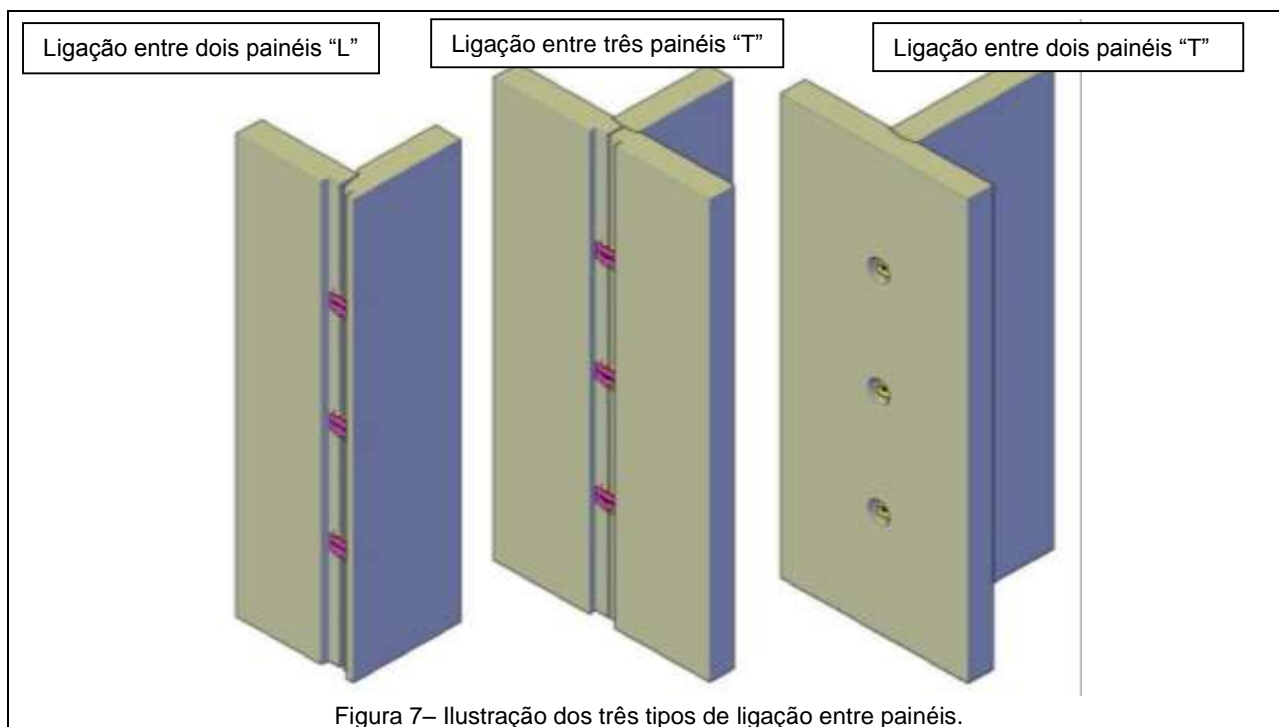


Figura 7– Ilustração dos três tipos de ligação entre painéis.

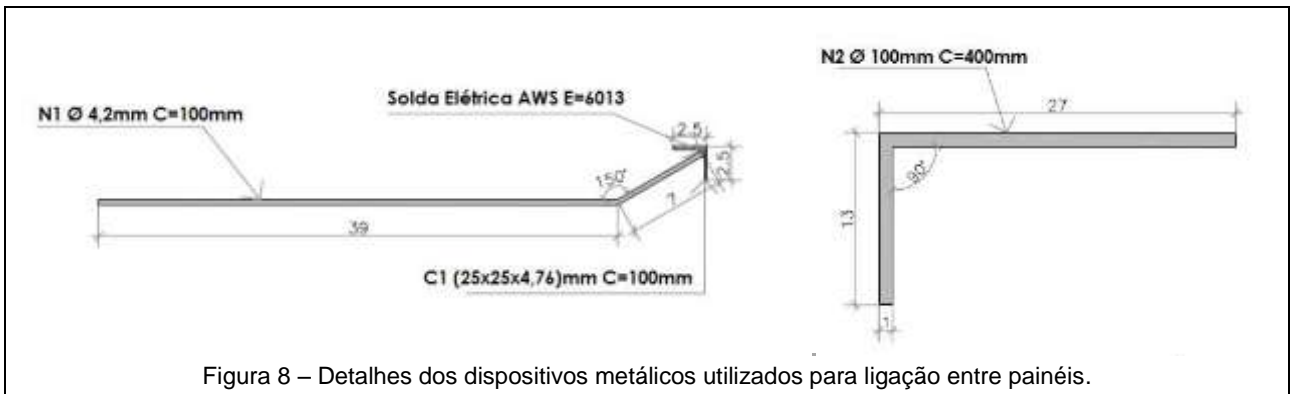


Figura 8 – Detalhes dos dispositivos metálicos utilizados para ligação entre painéis.

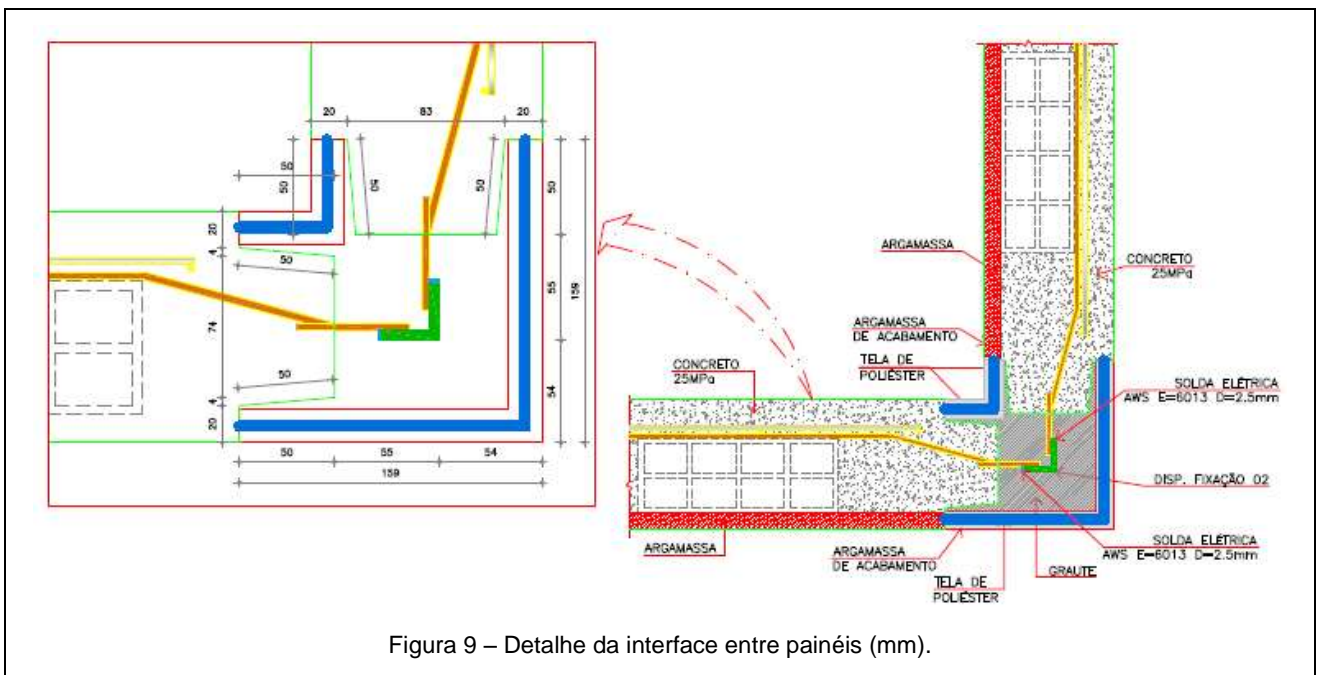


Figura 9 – Detalhe da interface entre painéis (mm).

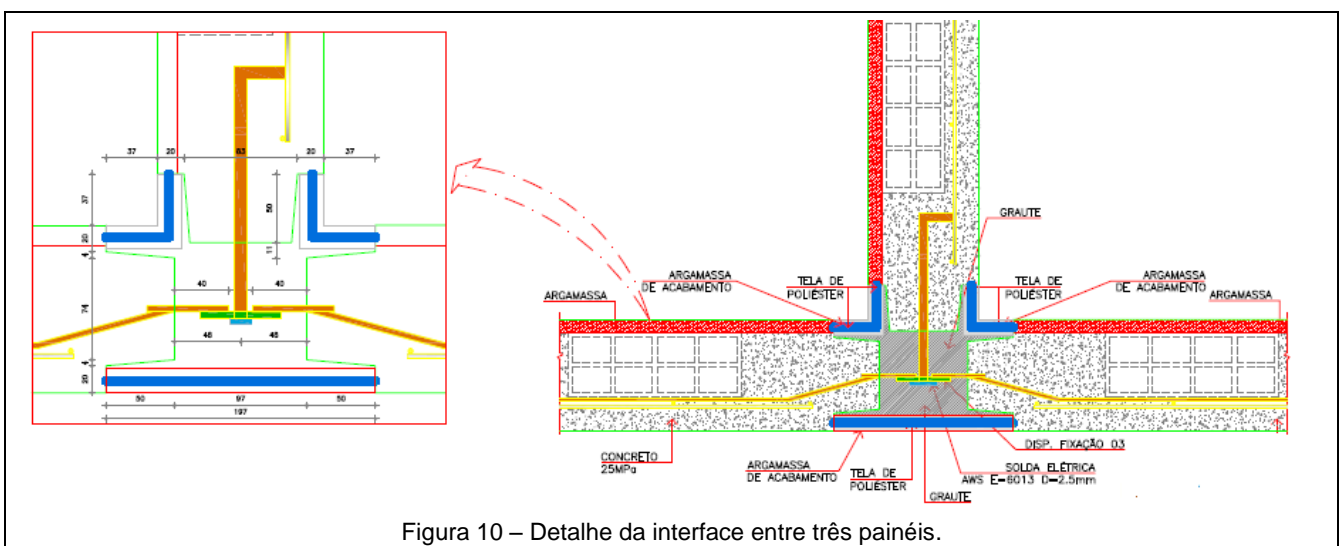


Figura 10 – Detalhe da interface entre três painéis.

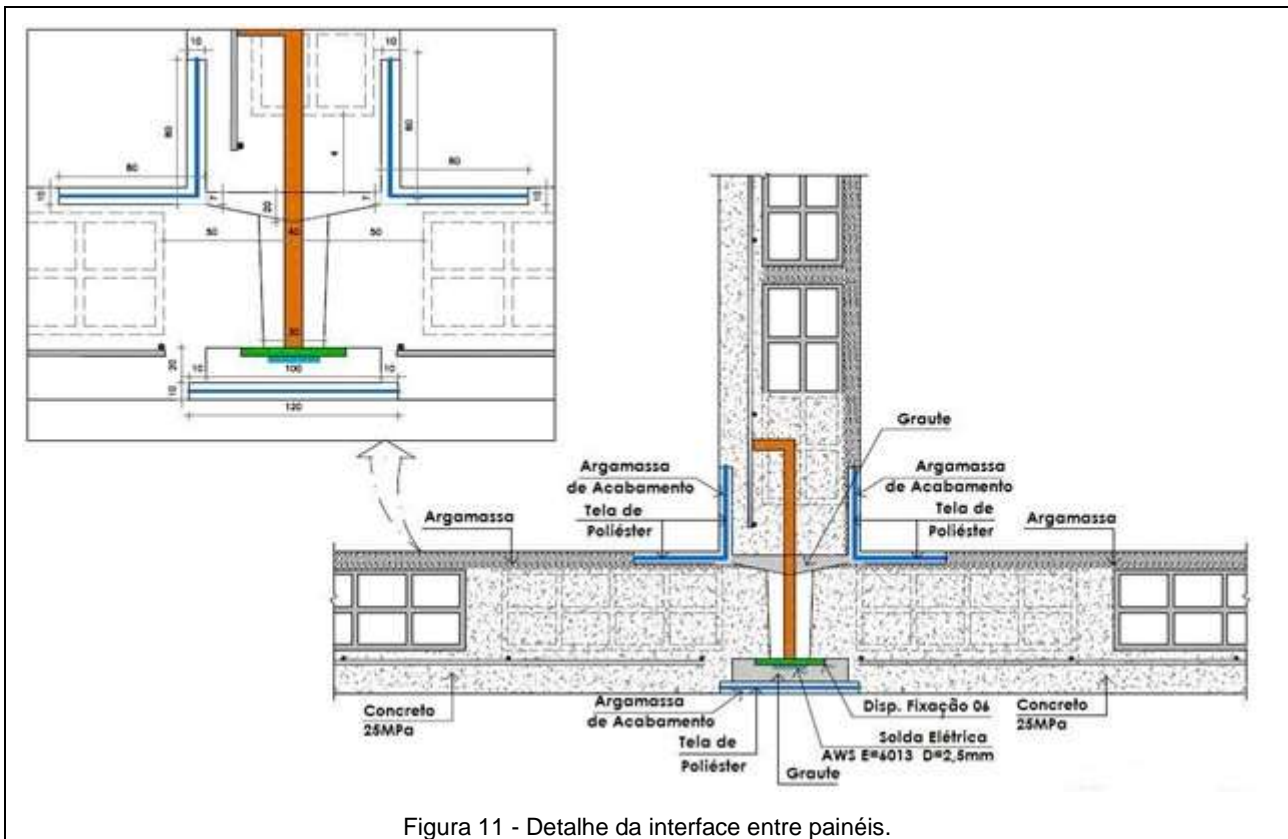


Figura 11 - Detalhe da interface entre painéis.

- e) **Interface entre painel e pilar:** O vão entre o pilar e o painel é preenchido com graute e as juntas são tratadas por meio da aplicação de tela de poliéster e argamassa. As Figuras 12 e 13 ilustram essas interfaces.

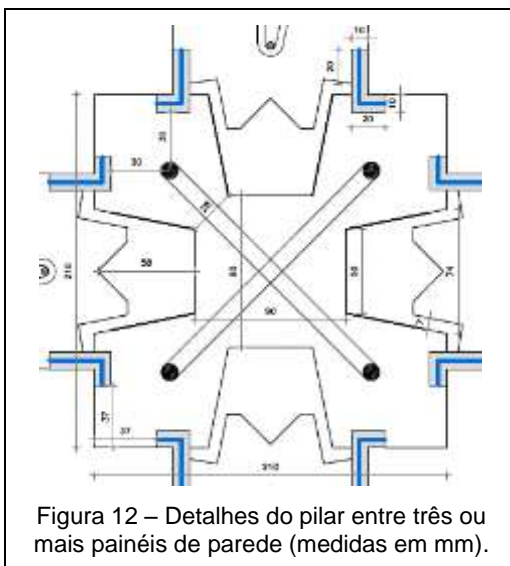


Figura 12 – Detalhes do pilar entre três ou mais painéis de parede (medidas em mm).

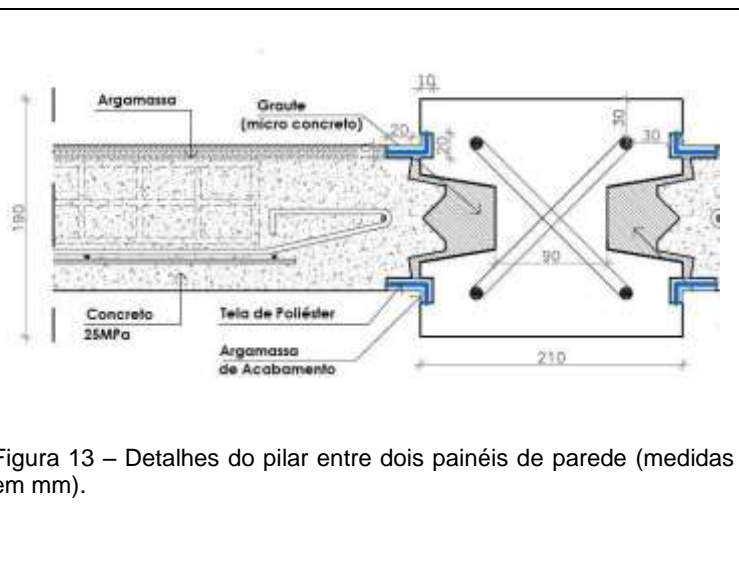


Figura 13 – Detalhes do pilar entre dois painéis de parede (medidas em mm).

- f) **Interface entre painel e esquadrias:** Antes da instalação das janelas, é assentada pingadeira de pedra (peitoril) com argamassa AC II. As esquadrias são fixadas nos vãos com auxílio de parafusos metálicos de (4,2mm x 38mm) e bucha plástica, conforme detalhe de projeto (Figura 14). A vedação das interfaces é realizada, interna e externamente, em todo o perímetro com silicone. Os batentes das portas são fixados às laterais dos vãos dos painéis com parafusos metálicos e buchas plásticas S10;

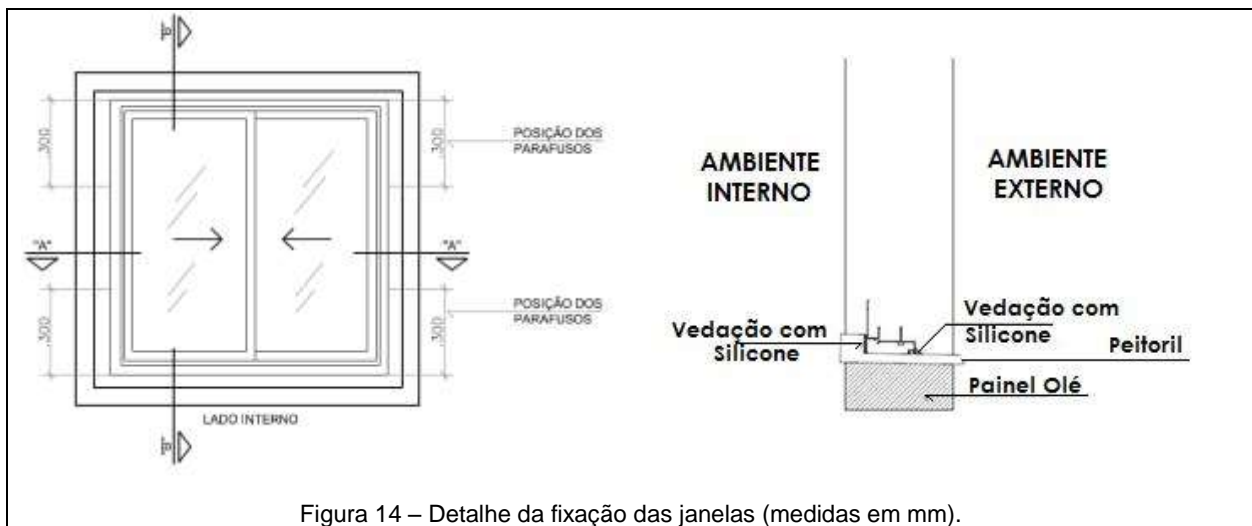


Figura 14 – Detalhe da fixação das janelas (medidas em mm).

**g) Interface entre painel e fundação:** O painel é assentado sobre argamassa com aditivo impermeabilizante de base acrílica (Figuras 15 e 16);



Figura 15 – Posicionamento do painel sobre argamassa.



Figura 16 – Alinhamento do painel.

**h) Interface entre painel e piso do banheiro, cozinha e área de serviço:** O contrapiso do banheiro, da cozinha e da área de serviço, recebe aplicação de impermeabilizante de base cimentícia, de modo a conformar um barrado junto às paredes com altura equivalente a do revestimento cerâmico (Figura 17). O revestimento cerâmico do piso e das paredes (até a altura de 1500mm) é realizado com auxílio de argamassa colante AC II;

**i) Interface entre painel e calçada:** Na interface entre o painel e a calçada é aplicado impermeabilizante de base cimentícia, de modo a conformar um barrado na parede com altura de 600mm e largura de 300mm sobre a calçada, em todo o perímetro da edificação (Figura 17). A cota do nível do piso interno (acabado) da edificação encontra-se a 50mm acima do piso da calçada.



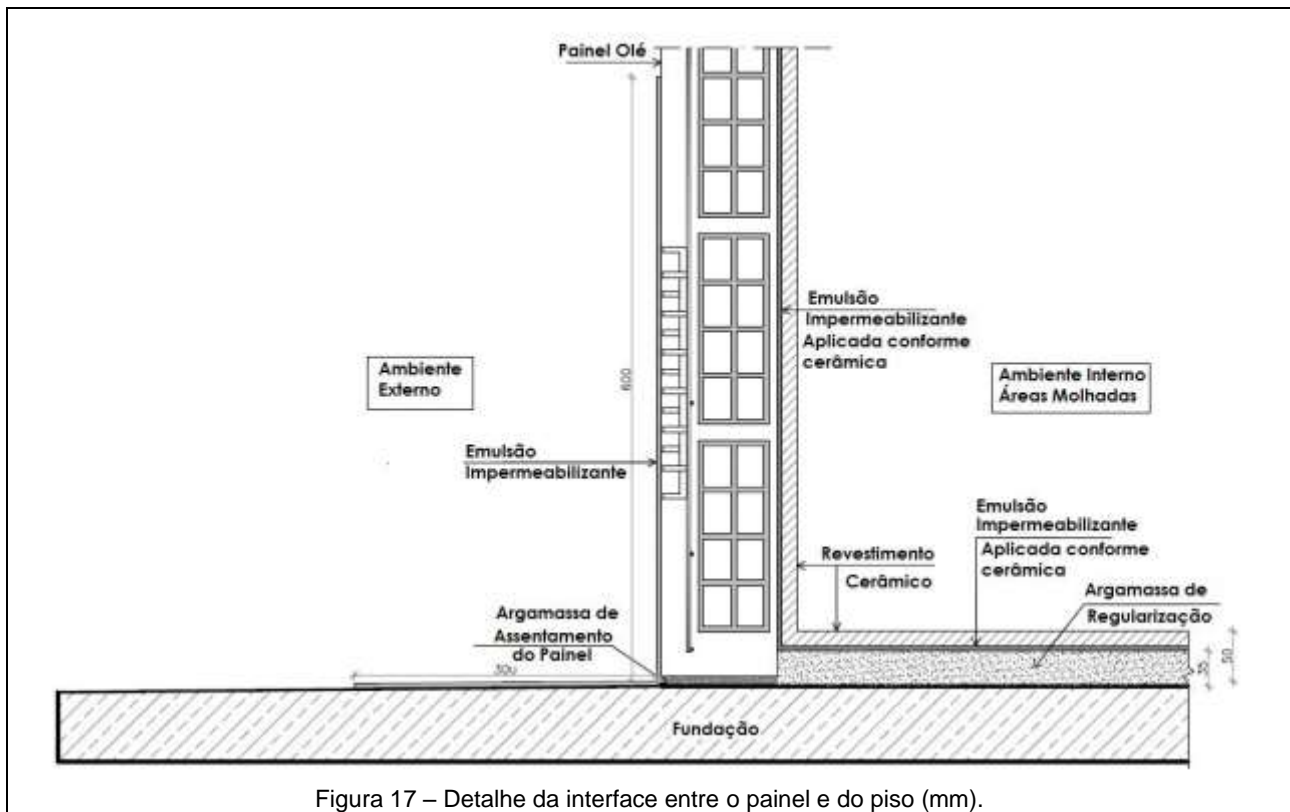


Figura 17 – Detalhe da interface entre o painel e do piso (mm).

### 3.3 Procedimento de moldagem e de montagem dos painéis

Os painéis são moldados sobre pistas de concreto e delimitados com perfis metálicos devidamente fixados entre si, conforme projeto específico (Figura 18). São dispostas as armaduras (tela eletrossoldada Q61, treliça TR06644 e armaduras de reforço) sobre espaçadores plásticos com altura de 25mm, providenciando seu cobrimento mínimo e mestras com altura de 37mm para permitir a obtenção da espessura da camada de concreto. Nesse momento também são dispostos os conduítes ou eletrodutos e caixas elétricas (Figura 19).



Figura 18 – Detalhe do painel sobre pista de concretagem.



Figura 19 – Detalhes do posicionamento da tela eletrossoldada sobre espaçadores plásticos e das mestras.

Por meio de carrinhos do tipo padiola é lançado o concreto, o qual é adensado com auxílio de régua vibratória, de modo a obter-se uma camada com 37mm de espessura (Figuras 20 e 21).



Figura 20– Lançamento do concreto.



Figura 21 – Adensamento do concreto com régua vibratória.

Após regularização da camada de concreto, são dispostos os blocos cerâmicos, previamente umedecidos, distanciados entre si em 15mm. Em seguida os blocos cerâmicos são recobertos com uma camada de 15mm de argamassa de consistência plástica. O adensamento e acabamento da argamassa são providenciados por régua vibratória (Figuras 22 a 24).



Figura 22– Distribuição dos blocos cerâmicos.



Figura 23 – Distribuição da argamassa.



Figura 24 – Vibração da argamassa.

Após adensamento e acabamento da camada de argamassa, os painéis são cobertos com lona plástica, de modo a evitar a perda de água durante o processo de cura (Figura 25).

O processo de cura dos painéis é continuado após desenforma e montagem no local definitivo, por meio de aspersão de água ao menos três vezes ao dia, por três dias consecutivos.

Decorridas 24h da moldagem, os painéis são identificados, desmoldados e transportados para o local definitivo (Figuras 26 a 28).



Figura 25– Proteção dos painéis com lona plástica.



Figura 26– Identificação e desenforma dos painéis.



Figura 27– Içamento para transporte do painel.



Figura 28– Montagem do painel no local definitivo.

O assentamento do painel ocorre sobre argamassa com aditivo impermeabilizante de base acrílica, previamente distribuída na região demarcada no radier (Figura 29). O primeiro painel é lançado, apurado e devidamente escorado. Sequencialmente, conforme plano de montagem, o próximo painel é lançado, apurado e soldado por meio dos dispositivos metálicos dispostos em três pontos distintos em suas laterais. Os locais de solda são protegidos com primer epóxi rico em zinco; (Figuras 30 a 32).





Figura 29 – Detalhe do assentamento da parede.



Figura 30 – Detalhe do escoramento do painel.



Figura 31 – Soldagem entre painéis.



Figura 32 – Detalhe de produto primer epóxi rico em zinco.

Após soldagem dos painéis, as escoras são removidas e os vãos nas interfaces são preenchidos com graute. As juntas são tratadas por meio da aplicação de tela de poliéster e argamassa (Figuras 33 a 36).



Figura 33 – Preparação da forma metálica para grauteamento.



Figura 34 – Vão preenchido com graute.





Figura 35 – Aplicação de tela de poliéster e argamassa nas juntas.



Figura 36 – Finalização das juntas.

Seguem apresentadas imagens que contemplam a vista geral de unidades habitacionais em fase de montagem (Figura 37) e vista geral de unidades acabadas (Figura 38).



Figura 37 – Unidades habitacionais em fase de montagem.



Figura 38 – Unidades habitacionais acabadas.

## 4. Avaliação técnica

A avaliação técnica de desempenho foi conduzida conforme a Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01 a partir da análise de projetos, ensaios laboratoriais e de campo, verificações analíticas do comportamento estrutural, inspeções técnicas de produção dos painéis e de montagem das edificações em campo.

### 4.1 Desempenho estrutural

A resistência característica especificada para o concreto e para o graute empregado nos painéis pré-moldados é igual ou maior a 25MPa e para a argamassa é de 10MPa.

Foram realizados ensaios de compressão excêntrica para avaliar a resistência dos painéis a cargas verticais, considerando o estado limite último e de serviço. A Tabela 1 apresenta a síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica realizados em laboratório.

**Tabela 1 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica**

Corpo de prova	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga de ruptura (kN/m)
CP 1	280,2	347,8
CP 2	164,3	340,9
CP 3	144,9	339,9
<b>Média</b>	<b>196,5</b>	<b>342,8</b>

Obs.: corpos de prova (largura de 2070mm, comprimento de 2800mm e espessura de 122mm) foram ensaiados com aplicação de carga com excentricidade do lado da argamassa e os danos verificados também ocorreram nesse mesmo lado.

Considerando a equação que dimensiona a resistência última apresentada na ABNT NBR15575-2, determina-se para a compressão excêntrica  $R_{ud}=119,0\text{kN/m}$ ; considerando-se uma carga atuante de  $13,1\text{kN/m}$ , informada pela Morefácil para o projeto estrutural das unidades térreas e aplicando-se um coeficiente de majoração de 1,4, tem-se que:  $P_{max}<R_{ud}$ . Conclui-se que os painéis de parede estruturais ensaiados atendem à solicitação de cargas verticais para o estado limite último.

Conforme apresentado na Tabela 1, a resistência de serviço para a carga de ocorrência do primeiro dano e deslocamentos horizontais máximos permitidos, também foi verificada com base na equação apresentada na ABNT NBR 15575-2. Para efeito de avaliação do estado limite de serviço, foram consideradas as cargas em que ocorreram danos nos painéis obtendo-se  $R_{sd}=43,4\text{kN/m}$ . Verificou-se que as cargas limites atuantes são inferiores aos valores de resistência de serviço e não foram observados deslocamentos horizontais maiores que os permitidos ( $h/500$ ) nos painéis durante o ensaio, concluindo-se que os painéis também atendem ao estado limite de utilização.

Os ensaios de impacto de corpo mole, impacto de corpo duro, ações transmitidas por impactos de portas foram realizados em protótipo edificado no campus da UFC – Universidade Federal do Ceará. Para estes estudos foram consideradas as ações, tanto na face do painel com concreto armado quanto na face do painel revestida com argamassa.

Foram empregadas energias de 120J, 180J, 240J, 360J, 480J, 720J e 960J. Os resultados obtidos nos ensaios, considerando-se também os deslocamentos horizontais ( $d_h \leq h/250$  e  $d_{hr} \leq h/1250$ ), atendem aos critérios estabelecidos na Diretriz SiNAT N° 002 – Rev.01.

O ensaio de impactos de corpo duro, com aplicação de energias de 2,50J, 3,75J, 10J, 20J, atende aos critérios estabelecidos na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

O ensaio de ações transmitidas por portas sob ação de impacto de corpo mole com energia de 240J, aplicado no centro geométrico da folha de porta, atende ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

Quanto a solicitação de cargas provenientes de peças suspensas, foram realizados ensaios com carga de  $0,8\text{kN}$  por 24h, aplicadas em mão-francesa padrão fixadas com parafuso e bucha plástica tipo S8. Também foi realizada avaliação referente a cargas provenientes de “rede-de-dormir” com carga de  $2,0\text{kN}$ , considerando-se coeficiente de segurança igual a 2, sem ocorrência de destacamento dos dispositivos de fixação ou falhas que prejudiquem o estado-limite de utilização para as cargas de serviço. Os resultados obtidos nos ensaios demonstram atendimento aos critérios estabelecidos na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

A análise dos resultados de ensaios e da documentação (memória de cálculo e análise estrutural) entregues pela Morefácil, demonstra que o sistema construtivo atende aos requisitos e critérios de desempenho estrutural estabelecidos na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01 para a construção de casas térreas isoladas ou geminadas. Ressalta-se que para cada empreendimento, a Morefácil deve elaborar projetos específicos dos painéis, mantendo as interfaces detalhadas neste DATec.

## 4.2 Estanqueidade à água

Foram realizadas avaliações referente a estanqueidade à água proveniente de fontes de umidades internas e externas da edificação.

A verificação da estanqueidade à água de chuva nos painéis de fachada foi realizada na junta entre três painéis, antes e após a exposição ao calor e choque térmico, com pressão estática do vento equivalente a  $50\text{Pa}$  e vazão da água de  $3,0\text{L/min/m}^2$ , por um período de 7h. A face oposta não apresentou manchas de umidade, borrifamentos, escorrimentos ou formação de gotas, atendendo aos requisitos e critérios de choque térmico e de estanqueidade estabelecidos na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

Foi também realizado ensaio de verificação da estanqueidade à água de chuva na interface do painel com a esquadria, aplicando-se uma vazão de água de  $3,0\text{L/min/m}^2$  e uma pressão de ar de  $50\text{Pa}$ , durante 7h. As esquadrias foram fixadas aos painéis com parafusos e buchas plásticas S6, sendo a interface do caixilho com o painel vedada com silicone. O resultado do ensaio evidenciou atendimento ao critério estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

O sistema de cobertura, constituído por telhas cerâmicas, manta de subcobertura (com 2mm de

espessura e composta por polietileno expandido com uma face aluminizada) e forro em régua de PVC, deve atender as normas pertinentes, não sendo objeto de avaliação.

### 4.3 Desempenho térmico

A análise de desempenho térmico das paredes do sistema construtivo e do sistema de cobertura limitou-se ao procedimento simplificado.

O cálculo da resistência térmica total ( $R_t$ ) considera a somatória da resistência térmica superficial externa ( $R_{se}$ ), da resistência térmica superficial interna ( $R_{si}$ ) e da resistência térmica superficial total ( $R_t$ ). Os valores de  $R_{se}$  e  $R_{si}$ , respectivamente 0,13 e 0,04, são estabelecidos conforme tabela A1 da ABNT NBR 15220-2:2005. O valor de  $R_t$  é calculado e considera os materiais e o formato que constituem o elemento analisado.

A Tabela 2 demonstra os valores considerados para o cálculo da transmitância térmica das paredes.

**Tabela 2 – Propriedades térmicas dos componentes das paredes**

Componente	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)
Argamassa	2000	1,15	1,00
Argamassa entre tijolos	2000	1,15	1,00
Bloco cerâmico*	1800	1,05	0,92
Concreto	2200	1,75	1,00

(\*) A resistência térmica da câmara de ar não ventilada dos furos do bloco cerâmico considerada é de 0,16m<sup>2</sup>K/W conforme ABNT NBR 15220-2.

A transmitância térmica ( $U$ ) calculada para as paredes externas é de 2,55W/m<sup>2</sup>K, portanto, inferior ao critério normativo de 3,7W/m<sup>2</sup>K (considerando-se as cores das superfícies das paredes externas com valores de absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) menor ou igual a 0,6). Este resultado atende ao critério estabelecido na ABNT NBR 15575-4, para as zonas bioclimáticas Z3 a Z8, exceto para as zonas bioclimáticas Z1 e Z2 onde a transmitância térmica ( $U$ ) deve ser menor ou igual a 2,5W/m<sup>2</sup>K.

A capacidade térmica ( $CT$ ) calculada para as paredes do sistema construtivo é de 156,2kJ/m<sup>2</sup>K; valor superior ao critério normativo ( $CT \geq 130,0$ kJ/m<sup>2</sup>K) exigido para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7. Para a zona bioclimática Z8 não há exigência normativa.

A Figura 39 ilustra o sistema de cobertura constituído por telhas cerâmicas, manta de subcobertura com uma face aluminizada (voltada para o ático) e forro em régua de PVC.

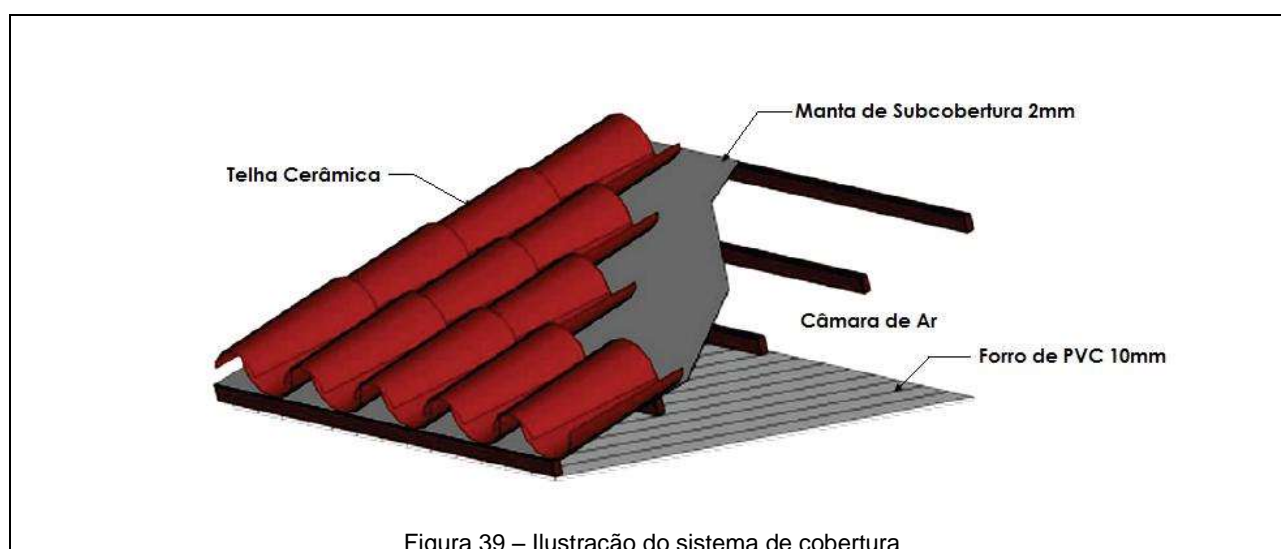


Figura 39 – Ilustração do sistema de cobertura

A Tabela 3 demonstra as propriedades térmicas consideradas para o sistema de cobertura.

**Tabela 3 – Propriedades térmicas do sistema de cobertura**

Componente	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)
Telha cerâmica	1800 - 2000	1,05	0,92
Manta de subcobertura com 2mm de espessura (polietileno expandido com uma face aluminizada)	900 - 1700	0,40	-
Forro em régua de PVC	1200 - 1400	0,20	-

Nota: A resistência térmica da câmara de ar não ventilada referente ao ático (altura maior que 50mm) é de 0,16m<sup>2</sup>K/W, conforme ABNT NBR 15220-2.

A análise térmica simplificada do sistema de cobertura constituído por telha cerâmica, manta de subcobertura (densidade de 900kg/m<sup>3</sup> a 1700kg/m<sup>3</sup>, espessura de 2mm e condutividade térmica equivalente de 0,40W/mK) e forro em régua de PVC com 10mm de espessura demonstra que a transmitância térmica (U) da cobertura é de 1,13W/m<sup>2</sup>K, valor inferior ao estabelecido na ABNT NBR 15575-5 (U<sub>s</sub> ≤ 1,50W/m<sup>2</sup>K), atendendo aos critérios exigidos nas zonas bioclimáticas Z1 a Z8. Ressalta-se que a ABNT NBR 15220-2 recomenda considerar ático ventilado para as zonas bioclimáticas Z7 e Z8.

Conclui-se que o sistema construtivo constituído por painéis pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado, em conjunto com o sistema de cobertura, atende aos critérios estabelecidos para o desempenho térmico para as zonas bioclimáticas Z3 a Z8, considerando-se cores claras e médias para as superfícies das paredes externas, ou seja, com valores de absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) menor ou igual a 0,6.

#### 4.4 Desempenho acústico

A avaliação do desempenho acústico foi realizada em campo com a determinação do isolamento sonoro global (D<sub>2m,nT,w</sub>) promovido pela vedação externa (conjunto fachada e cobertura para casas térreas) e a determinação da diferença padronizada de nível ponderado (D<sub>nT,w</sub>) entre ambientes (parede de geminação), caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema construtivo. A habitação avaliada localiza-se em área sujeita a situação de ruído enquadrada na Classe II (áreas não sujeitas a situação de ruídos intensos de qualquer natureza ou de meios de transporte e de outras naturezas, conforme a ABNT NBR 15575-4:2013). A cobertura é composta por telhado cerâmico e forro de PVC. As janelas são em caixilhos de alumínio com duas folhas de vidro de 4mm de espessura, com dimensões de 1200mmx1200mm e as portas externas são em alumínio com vidros de 4mm de espessura.

A Tabela 4 apresenta os índices mínimos estabelecidos na ABNT NBR 15575-4 e os resultados obtidos em campo.

**Tabela 4 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento a ruídos aéreos**

Critério de desempenho para ensaios de campo (ABNT NBR 15575-4)		Resultado do ensaio de campo (dB)
Elemento	Mínimo (dB)	
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório (D <sub>nT,w</sub> ).	≥45	45
Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído enquadrada na classe II (vedação externa de dormitórios (fachadas) (D <sub>2m,nT,w</sub> )).	≥25	35

Os resultados dos ensaios de campo, para a unidade habitacional avaliada, atendem aos critérios mínimos estabelecidos na ABNT NBR 15575-4.



#### **4.5 Durabilidade e Manutenibilidade**

A durabilidade do sistema construtivo foi avaliada considerando-se os detalhes de projeto, as características dos materiais, a agressividade ambiental e os procedimentos de uso e de manutenção descritos no Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário) fornecido pelo proponente.

Foi verificada a relação entre a classe de agressividade ambiental e as características do concreto utilizado, como resistência a compressão, relação água/cimento e consumo mínimo de cimento. O sistema construtivo utiliza concreto classe C25, com consumo mínimo de cimento de 359kg/m<sup>3</sup>, resistência característica à compressão maior ou igual a 25MPa e relação água/cimento menor que 0,6.

O cobrimento das armaduras pelo concreto é de 25mm. Considerando  $\Delta c=5\text{mm}$  para o cobrimento nominal e controle rigoroso de moldagem, é atendido o cobrimento mínimo estabelecido na Diretriz SiNAT N°002 – Rev.01.

A durabilidade da estrutura, referente à resistência à corrosão das armaduras, atende exclusivamente as exigências das classes de agressividade ambientais das regiões rural (Classe I) e urbana (Classe II).

Os dispositivos metálicos localizados nas laterais dos painéis, com a função de ligação entre os mesmos, são soldados com eletrodos em aço carbono Ø2,5mm. Posteriormente, os pontos de solda são protegidos com primer epóxi rico em zinco.

Foram realizados ensaios de exposição da parede à ação de calor e choque térmico e ensaios de aderência da camada de argamassa (antes e após ciclos de choque térmico), sendo os resultados considerados satisfatórios. Ensaios de estanqueidade nas juntas de ligação entre painéis foram realizados antes e após a ação de calor e choque térmico. Não foram observados vazamentos ou fissuras nessas interfaces.

A cota do nível do piso interno da edificação encontra-se a 50mm acima do piso da calçada. O piso acabado da região do box encontra-se 10mm abaixo do piso acabado do banheiro.

A manutenibilidade do sistema construtivo que compõe a edificação deve ser prevista e realizada conforme manutenções preventivas e corretivas previstas no Manual de Operação, Uso e Manutenção (Manual do Proprietário), de modo a propiciar atendimento a vida útil de projeto (VUP) requerida.

#### **4.6 Segurança ao fogo**

Foi realizado ensaio de resistência ao fogo dos painéis do sistema construtivo, conforme método estabelecido na ABNT NBR 5628. Os resultados obtidos no ensaio em parede com função estrutural, com carga de 13,4kN/m, demonstram que o sistema construtivo atende aos 30 minutos de resistência ao fogo, conforme critério estabelecido na Diretriz SiNAT N° 002 – Rev.01.

Os painéis pré-moldados com blocos cerâmicos e concreto armado são compostos por materiais incombustíveis, não se caracterizando como propagadores de incêndio. Também apresentam características adequadas em termos de desenvolvimento de fumaça, não agravando o risco de incêndio.

As paredes da cozinha, de ambiente fechado que abrigue equipamento de gás e de geminação das casas térreas, são elementos de compartimentação horizontal e devem apresentar resistência ao fogo por um período mínimo de 30 minutos. A compartimentação horizontal no projeto analisado é obtida por meio de parede de geminação cuja altura se estende até o telhado (Figura 40).

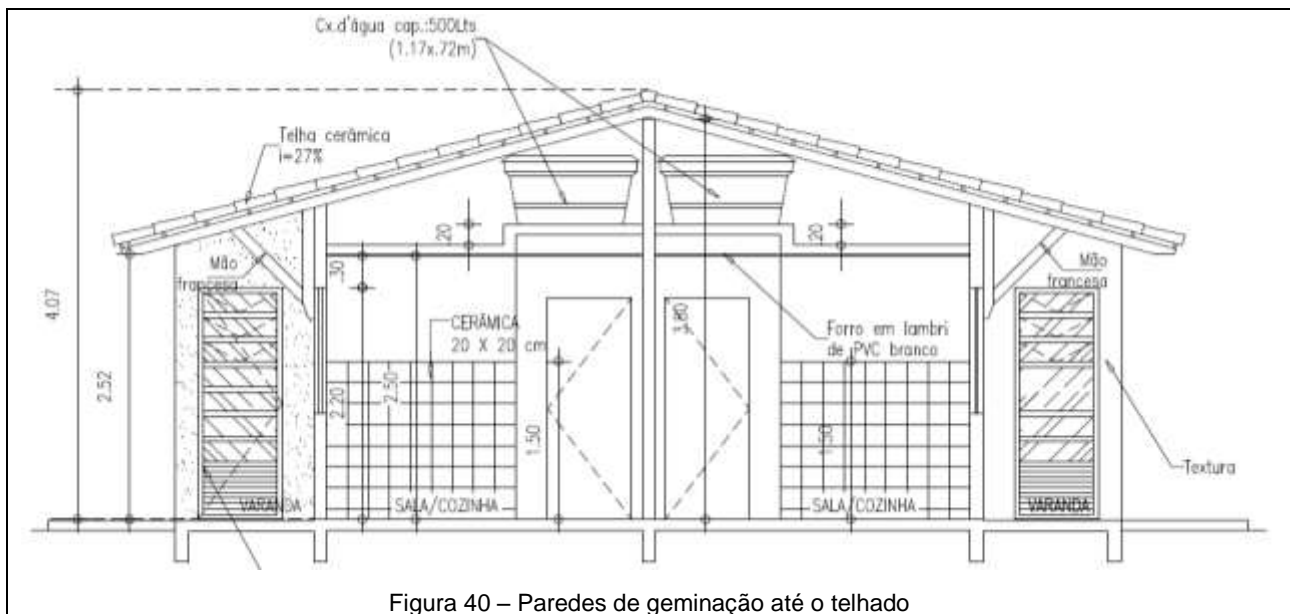


Figura 40 – Paredes de geminação até o telhado

Ressalta-se que o proponente deve elaborar projetos específicos considerando-se as exigências das legislações e regulamentações pertinentes aos locais em que a construção será edificada, bem como atender as exigências da ABNT NBR 14432 e regulamentos municipais específicos.

## 5. Controle da qualidade

A Morefácil mantém controles necessários para a qualidade do processo de produção e de montagem de seu sistema construtivo.

Nas auditorias técnicas realizadas nas unidades de produção localizadas nos canteiros de obras, foi constatado atendimento aos requisitos da DIRETRIZ SiNAT Nº 002 – Rev. 01, quanto aos controles de recebimento e aceitação do concreto e argamassas, controle da produção dos painéis, controle de montagem das paredes.

A documentação técnica de suporte aos controles, elaborada pelo proponente, estabelece orientações para especificação de implantação do canteiro de obras, com projetos do depósito de materiais, central de produção do concreto, do graute, da argamassa, ferragem e das pistas de montagem dos painéis, e procedimentos para produção dos painéis e montagem das unidades habitacionais. A documentação técnica compreende:

- Projetos executivos com detalhes do sistema construtivo contendo os principais aspectos das interfaces entre painéis e entre painéis e pilares; plantas e cortes dos painéis com detalhamento e projeto das armaduras; especificação da resistência à compressão do concreto e da argamassa para desmoldagem (24h) e resistência característica à compressão para o concreto e do graute aos 28 dias (C25); detalhes das ligações entre painéis e estrutura da cobertura; interfaces das paredes com instalações elétricas; detalhe das interfaces das esquadrias com os painéis; detalhes das interfaces dos painéis com o piso interno e com a calçada;
- Controle da qualidade dos perfis metálicos que delimitam os painéis durante o processo de moldagem, tendo como principais indicadores a retilinidade e a variação dimensional;
- Controle de álcali-agregado conforme ABNT NBR 15577-1, por fornecedor;
- Controle tecnológico da areia realizado por meio de ensaio do teor de umidade (método da frigideira) duas vezes ao dia. Ensaio de granulometria (ABNT NBR NM 248) e de massa unitária (ABNT NBR NM 45), realizados por recebimento de material;
- Controle tecnológico da brita com ensaios de granulometria (ABNT NBR NM 248) e de massa unitária (ABNT NBR NM 45), realizados por recebimento de material;
- Controle tecnológico do concreto<sup>(\*)</sup> a cada 34m<sup>3</sup> para ensaio de resistência à compressão axial (ABNT NBR 5739) nas idades de 24h (desenforma), 7 dias e 28 dias. A amostragem deve ser

realizada para, no mínimo, 6(seis) betonadas com 3(três) exemplares (cada exemplar constituído por dois corpos de prova). O ensaio de abatimento pelo tronco de cone (ABNT NBR NM 67) é realizado: na primeira massada do dia; após duas horas de interrupção dos trabalhos; quando da determinação do teor de umidade da areia; na troca de operadores e quando da moldagem dos corpos de prova para ensaio de resistência à compressão axial;

- Controle tecnológico da argamassa<sup>(\*)</sup> a cada 21m<sup>3</sup> para ensaio de resistência à compressão axial (anexo D da ABNT NBR 15921-2) nas idades de 24h (desenforma), 7 dias e 28 dias. A amostragem deve ser realizada para, no mínimo, 6 (seis) betonadas com 3(três) exemplares (cada exemplar constituído por dois corpos de prova). Ensaio de resistência de aderência (ABNT NBR 13528) são realizados quinzenalmente e sempre que modificado o substrato;
- Controle tecnológico do graute<sup>(\*)</sup> realizado diariamente com amostragem de um exemplar (constituído por dois corpos de prova) para ensaio de resistência à compressão axial (ABNT NBR 5739) na idade de 28 dias;
- Os blocos cerâmicos são controlados por recebimento de material por meio de ensaios realizados conforme a ABNT NBR 15270-1, fornecidos pelo fabricante;
- Controle de recebimento dos painéis após desenforma (identificação, aparência, eventual falha);
- Procedimentos executivos para moldagem, içamento transporte e montagem dos painéis pré-moldados.

<sup>(\*)</sup> produzidos no canteiro de obra.

O “Manual do Proprietário” possui informações relativas dos seus principais componentes e periodicidade para inspeções e manutenções preventivas, bem como para eventuais ampliações.

Durante o período de validade deste DATec, foram realizadas duas auditorias técnicas nas quais foram verificados os controles efetuados pelo proponente, no processo de produção e no produto final, incluindo análise dos resultados históricos do controle tecnológico do concreto, graute e da argamassa.

## **6. Fontes de informação**

---

As principais fontes de informação são os documentos técnicos fornecidos pela empresa, os Relatórios Técnicos emitidos pela Universidade Federal do Ceará – UFC, e relatório de auditoria e inspeção de campo.

### **6.1 Documentos da empresa**

- Projetos de implantação, arquitetônico, hidráulico, elétrico, estrutural, sistema de cobertura e de fundação das unidades habitacionais térreas geminadas;
- Projetos executivos de moldagem e de montagem dos painéis;
- Procedimentos e fichas de registros de controle e do processo de moldagem e de montagem dos painéis;
- Memorial descritivo do sistema construtivo;
- Relatórios de ensaios de controle de resistência à compressão da argamassa e do concreto, da verificação da consistência do concreto e da caracterização dos agregados (areia e brita);
- Manual de uso, operação e manutenção do sistema construtivo (Manual do Proprietário);
- Certificado de Conformidade – PBQP-H/SiAC - N° 181745-2015-AQ-BRA-INMETRO.

### **6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio**

- Relatório Técnico RT N°002/13 rev.1 – novembro/2013 emitido pela Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará – Divisão de Materiais – DIMAT referente a: Desempenho Estrutural, Estanqueidade, Desempenho Térmico, Desempenho Acústico e Durabilidade;
- Relatório de Avaliação Técnica de Desempenho – RTA N°001/2013 – julho/2013 – IFBQ;
- Relatório de ensaio de resistência ao fogo – IPT N° 1047004-203/2013 – julho/2013;

- Relatório de Auditoria Técnica e Inspeção de Campo – julho/2013 – IFBQ;
- Relatório de Auditoria Técnica e Inspeção de Campo – outubro/2013 – IFBQ.
- Relatório de Auditoria Técnica N°008/2014 (1ª Manutenção Periódica do DATec N°021 – novembro/2014
- Relatório de Auditoria Técnica N°010/2015 (2ª Manutenção Periódica do DATec N°021 – janeiro/2016

## **7. Condições de emissão do DATec**

---

Este Documento de Avaliação Técnica - DATec é emitido nas condições descritas conforme Regimento Geral do SiNAT – Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores, em seu Capítulo VI – Das Condições de Concessão do DATec, Art. 22, concedido 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) as ITA's e as diversas instâncias do SiNAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.*

A Morefácil Construtora e Incorporadora Ltda. compromete-se a:

- a) manter o sistema construtivo e o processo de produção dos painéis pré-moldados e demais elementos do sistema nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projeto específico para cada edificação e cada empreendimento;*
- b) produzir o sistema construtivo 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, 14 de março de 2016**