

 <p>Av. Prof. Almeida Prado, 532 Cidade Universitária - Butantã CEP 05508-901 São Paulo - SP Tel: (11) 3767-4164 Fax: (11) 3767-4961 ipt@ipt.br / www.ipt.br</p>	<p>Produto Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes</p> <p>Proponente Global Concrete Solutions do Brasil Construções LTDA. – GCS Av. Professor Manoel César Ribeiro, nº 2953, Pindamonhangaba/SP, CEP: 12411-010 Home page: http:// www.globalconcretesolutions.es/pt/ Telefone: 12 3645-1895 e-mail: engenharia@gcsbrasil.com.br</p>	 
<p>Emissão Março de 2016</p> <p>Validade Fevereiro de 2018</p>	<p><i>Considerando a avaliação técnica coordenada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, e a decisão do Comitê Técnico, de 02/03/16, a Comissão Nacional, em sua reunião de 21/03/16, resolveu conceder aos “Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes” o Documento de Avaliação Técnica Nº 029. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de casas térreas, isoladas e geminadas, e unidades habitacionais sobrepostas, e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATEC Nº 029</p>
<p>Limites da avaliação técnica dos “Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes”:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A avaliação contemplou o sistema de paredes. Para o atendimento da edificação como um todo à ABNT NBR 15575:2013, a avaliação deve ser complementada; • Para a avaliação dos painéis GCS, considerou-se como elementos inovadores as paredes de painéis pré-moldados de concreto armado e suas interfaces com piso, esquadrias e cobertura, as juntas entre painéis e as juntas entre painéis e lajes; • Os componentes e elementos convencionais não são objeto deste DATEC e, portanto, não foram contemplados na avaliação técnica; porém devem atender às normas técnicas correspondentes; • A avaliação foi realizada considerando o emprego dos painéis em paredes de casas térreas, isoladas e geminadas, e unidades habitacionais sobrepostas; • O desempenho térmico foi avaliado para uma zona bioclimática (Z3), constante da ABNT NBR 15220-3:2005, considerando cobertura de laje de concreto e telhado de telhas cerâmicas; • A estanqueidade à água das interfaces entre paredes e esquadrias externas e entre paredes e piso foi avaliada por meio de análise de projetos e visita técnica a obras em execução, considerando os painéis, as juntas entre painéis e as juntas entre painéis e esquadrias. A estanqueidade à água das paredes externas, sujeitas à ação da água de chuva, foi avaliada por meio de ensaio em laboratório. Entretanto, a estanqueidade à água da janela não foi avaliada, pois não é objeto deste DATEC; • A avaliação da durabilidade das paredes de concreto compreendeu a avaliação do cobrimento das armaduras, considerando-se a classe de concreto C25, para as classes I e II de agressividade ambiental, correspondentes às zonas rural e urbana, respectivamente, bem como a realização de ensaio de choque térmico; • O comportamento das juntas entre painéis, das juntas entre painéis e laje de piso e das juntas entre lajes pré-moldadas são objeto de monitoramento constante pelo Proponente da Tecnologia, em razão da limitação de se avaliar tal comportamento ao longo do tempo. 		

1. Descrição do produto

Os painéis GCS são utilizados para a construção de paredes de casas térreas isoladas e unidades habitacionais sobrepostas. As paredes são constituídas de painéis estruturais pré-moldados maciços de concreto e pelas ligações entre eles.

A produção dos painéis é feita na unidade fabril da empresa localizada na cidade de Pindamonhangaba-SP (Figura 1). A moldagem dos painéis é feita na posição horizontal, com fôrmas de aço (Figura 2).



Figura 1 – Vista geral da unidade de produção dos painéis



Figura 2 – Vista geral das fôrmas de aço

1.1. Condições e limitações de uso

As paredes formadas por painéis estruturais de 100 mm de espessura não podem ser total ou parcialmente demolidas. Qualquer modificação em paredes e lajes, como abertura de vãos de portas e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a GCS, na fase de projeto das edificações. Os painéis de vedação de 70 mm de espessura não podem ser empregados como elementos de compartimentação horizontal, tais como em ambientes que abrigam equipamentos que utilizam gás. O uso dos painéis está limitado às classes de agressividade ambiental I e II (atmosferas rurais e urbanas). Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de Uso e Manutenção (Manual de uso e operação do sistema de paredes da GCS), preparado pela GCS.

2. Diretriz para avaliação técnica

O IPT realizou a avaliação técnica de acordo com a DIRETRIZ SINAT Nº 002 – “Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais”, Revisão 01, publicada em julho de 2012 e de acordo com a ABNT NBR 15575-4:2013.

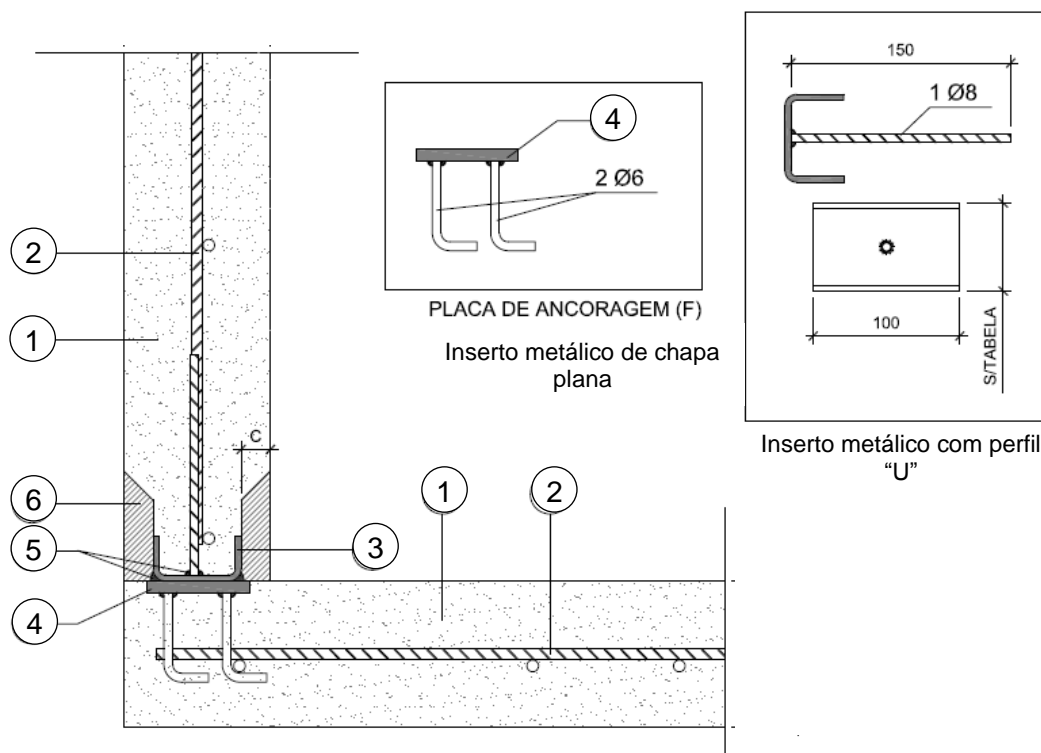
3. Informações e dados técnicos

3.1 Especificações técnicas e detalhes construtivos

- a) **Painéis de parede:** os painéis de parede são estruturais, pré-moldados, de concreto armado. Nas paredes externas, paredes da cozinha e paredes entre unidades (geminção) são utilizados painéis de 100 mm de espessura. Já nas paredes divisórias entre dormitórios e entre estes e a sala são utilizados painéis de 70 mm de espessura. Os painéis de 70 mm não possuem função estrutural, ou seja, não recebem cargas da laje e nem da cobertura;
- b) **Concreto:** o concreto utilizado na produção dos painéis possui massa específica de 2.400 kg/m^3 , resistência característica à compressão especificada (f_{ck}) de 25 MPa e classe de

consistência C100. A resistência mínima do concreto na desforma, é de 6 MPa, que é feita, em geral, após 10 horas da concretagem;

- c) **Armadura:** a armadura dos painéis de 100 mm é composta por tela de aço soldada Q 246 ($\varnothing 5,6$ mm a cada 100 mm), colocada no eixo dos painéis. Há barras de aço de $\varnothing 10$ mm em todo o perímetro do painel. Ao redor das aberturas são também utilizadas barras de $\varnothing 10$ mm que se prolongam em 350 mm além do limite de cada lado da abertura. A armadura dos painéis de 70 mm é composta por tela de aço soldada Q 138 ($\varnothing 4,2$ mm a cada 100 mm), também colocada no eixo dos painéis;
- d) **Espaçadores:** são utilizados espaçadores plásticos circulares, de 30 mm e 40 mm, respectivamente, para painéis de 70 mm e 100 mm de espessura, posicionados a cada 600 mm;
- e) **Lajes:** as lajes são pré-moldadas, maciças, de concreto armado de 100 mm de espessura. A resistência característica à compressão do concreto especificado para as lajes é de 25 MPa.
- f) **Ligações entre painéis de parede:** a ligação entre os painéis é feita por meio de solda aplicada em inserts metálicos posicionados nas laterais dos painéis. Os inserts para ligação entre painéis são constituídos de:
- Perfis “U” de chapa de aço dobrada posicionados nas bordas dos painéis, com dimensões de 100 mm de comprimento, 60 mm de largura, aba de 25 mm e 3 mm de espessura. Esses perfis são soldados a barras de aço de $\varnothing 8$ mm e 150 mm de comprimento, que são ligadas às telas das armaduras dos painéis (Figura 3); e
 - Chapa plana de 3 mm de espessura soldadas a ganchos de $\varnothing 6$ mm (Figura 3).



Legenda:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| ① Painel; | ④ Inserto lateral com chapa plana; |
| ② Tela de armadura do painel; | ⑤ Solda; |
| ③ Inserto lateral com perfil “U”; | ⑥ Argamassa. |

Figura 3 – Esquema da ligação lateral entre os painéis a 90°

- g) **Tratamento das juntas entre painéis:** o tratamento das juntas é feito com selante de poliuretano, como mostrado esquematicamente na Figura 4. Primeiramente é feito o preenchimento dos nichos de ligação dos painéis com argamassa colante ACIII, recompondo as bordas chanfradas do painel. O vão entre os chanfros, com seção triangular de aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, é preenchido com selante de poliuretano, cuja superfície externa é alisada com espátula. Previamente a esse tratamento, as chapas de ligação recebem pintura rica em zinco, após a soldagem;

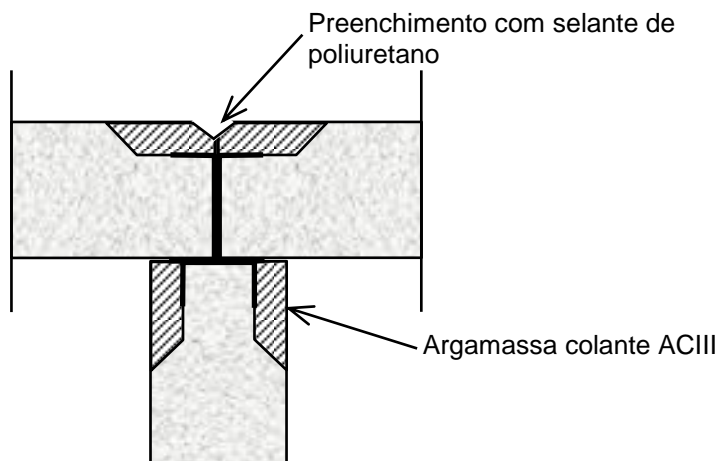


Figura 4 – Esquema do tratamento das juntas laterais entre painéis (sem escala)

- h) **Ligações entre painéis de parede e laje:** a ligação dos painéis de parede com as lajes também é feita por meio de solda entre as chapas de ligação existentes na base e topo dos painéis e os insertos das lajes, constituídos de chapas de aço de 3 mm de espessura (Figura 5);

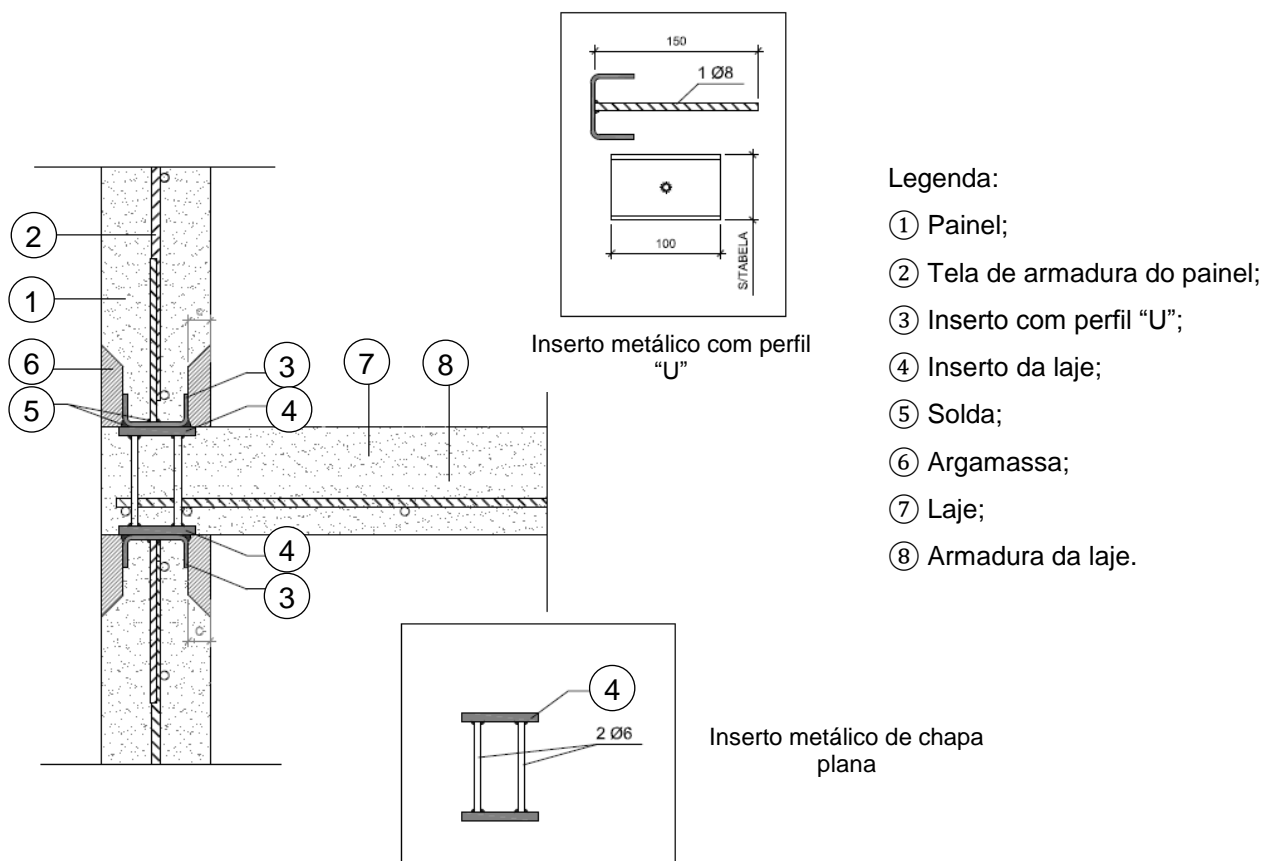


Figura 5 – Ligação entre painéis de parede e laje

- i) **Tratamento das juntas horizontais entre painéis e lajes:** o tratamento das juntas horizontais entre os painéis e a laje é feito analogamente ao tratamento das juntas entre painéis descrita anteriormente na alínea g), empregando-se selante de poliuretano. Primeiramente é feito o preenchimento dos nichos de ligação dos painéis e da laje com argamassa colante ACIII, recompondo as bordas chanfradas de ambos. O vão entre os chanfros, com seção triangular de aproximadamente 20 mm de largura e 10 mm de profundidade, é preenchido com selante de poliuretano, cuja superfície externa é alisada com espátula (Figura 4);

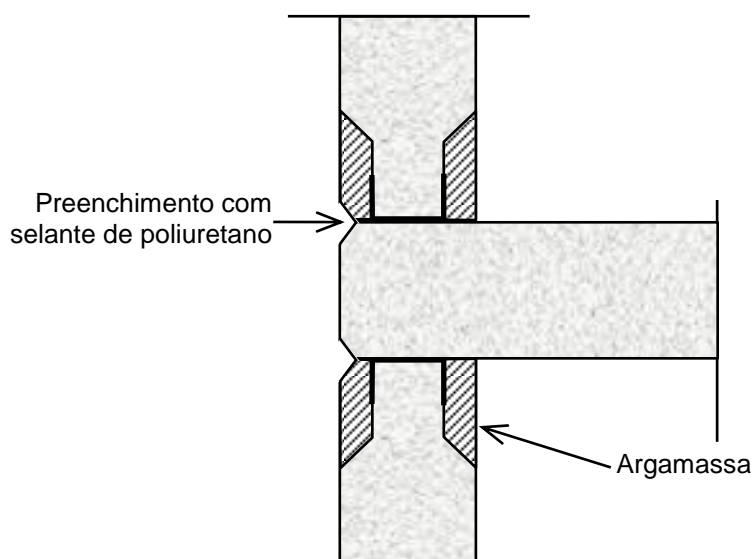


Figura 6 – Esquema do tratamento das juntas horizontais entre painéis e laje (sem escala)

- j) **Interface entre paredes e instalações:** as instalações elétricas são embutidas nos painéis de parede. Para isso os eletrodutos são fixados à armadura dos painéis antes da concretagem. Os tubos de queda de esgoto e as prumadas de água são posicionadas em *shafts*. Os subramais de água fria são externos aos painéis, posicionados em rebaixos previstos nos painéis, que, após a montagem das instalações, são preenchidos com argamassa de cimento e areia com resistência da ordem de 2 MPa. A tubulação de gás é externa às paredes, sobreposta na fachada;
- k) **Interface entre painéis e esquadrias:** as janelas são fixadas lateralmente aos painéis por meio de bucha e parafuso e a vedação da interface janela/painel é feita com espuma de poliuretano, como indicado na Figura 7;
- l) **Revestimento e acabamento do painel de parede:** as faces dos painéis podem receber pintura ou revestimento cerâmico.

3.2 Procedimento de execução

A sequência de atividades para fabricação e montagem dos painéis da GCS, apresentada a seguir, pôde ser constatada nas visitas técnicas e na auditoria realizada na unidade fabril e em obras na cidade de Pindamonhangaba-SP.

- a) Inicialmente é feita a limpeza e aplicação de desmoldante à base de óleo mineral nas fôrmas; Montagem da armadura com a colocação dos espaçadores plásticos para garantir cobertura das armaduras, os eletrodutos e caixas de elétrica (Figura 8 e Figura 9).

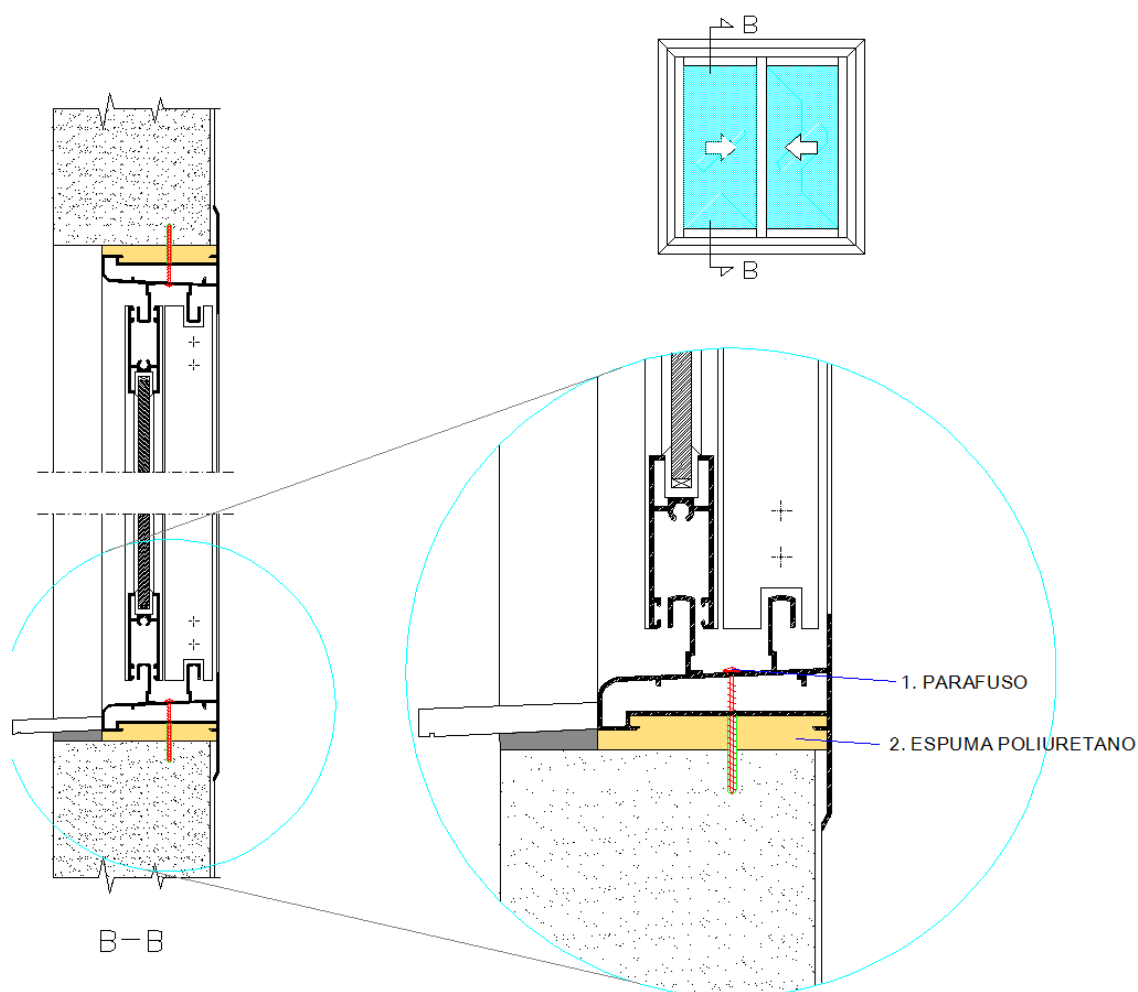


Figura 7 – Detalhe da interface entre o painel e a janela na fachada (sem escala)



Figura 8 – Montagem da armadura

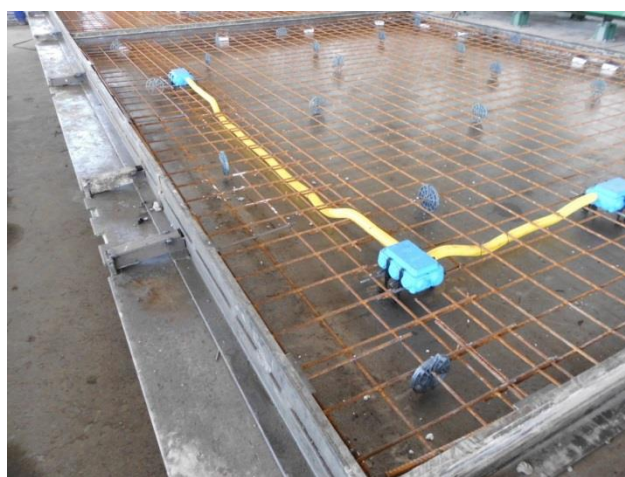


Figura 9 – Armadura montada juntamente com eletrodutos e caixas de elétrica

b) Em seguida é feito o lançamento (Figura 10), espalhamento (Figura 11), adensamento com vibrador de imersão (Figura 12) e sarrafeamento do concreto com régua metálica (Figura 13). Para que os operários não pisem na armadura durante as operações de espalhamento e adensamento do concreto utiliza-se uma plataforma, apoiada nas laterais das fôrmas (Figura 11);



Figura 10 – Lançamento do concreto



Figura 11 – Espalhamento do concreto



Figura 12 – Adensamento do concreto



Figura 13 – Sarrafeamento do concreto

c) Em seguida procede-se a um alisamento da superfície do concreto com régua vibratória (Figura 14). Após o início de pega do concreto é feito o acabamento final da superfície com desempenadeira metálica (Figura 15);



Figura 14 – Alisamento da superfície do concreto



Figura 15 – Desempenadeira metálica usada no acabamento da face do painel

- d) Após o içamento, que é feito após 10 horas da concretagem, com resistência mínima do concreto, de 6 MPa, os painéis são identificados (Figura 16) e levados à área de estocagem onde são agrupados em “cavaletes” metálicos para serem transportados para a obra (Figura 17);

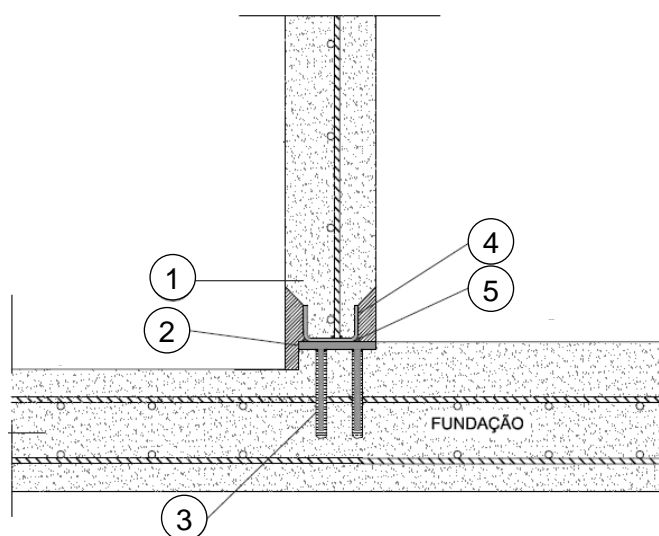


Figura 16 – Identificação do painel



Figura 17 – Estocagem dos painéis

- e) Os “cavaletes”, carregado com os painéis, são transportados para a obra;
- f) Previamente à montagem dos painéis na obra faz-se o posicionamento das placas de ancoragem no radier ou baldrame. Essas placas de ancoragem são alinhadas, niveladas e fixadas com adesivo epóxi. São previstas pelo menos duas placas para cada painel e uma distância máxima entre elas de 500 mm. Para a fixação das placas são feitos furos no radier ou baldrame, que recebem adesivo epóxi e nos quais são introduzidas as barras de aço indicadas na Figura 18;



Legenda:

- | | |
|---------------------------------|------------------------------|
| ① Painel | ④ Chapa de ligação do painel |
| ② Placa de ancoragem | ⑤ Soldagem |
| ③ Ancoragem da chapa de ligação | |

Figura 18 – Placa de ancoragem fixada ao radier ou baldrame

- g) Na montagem, os painéis são apoiados sobre as placas de ancoragem (Figura 19). O nivelamento é feito colocando-se chapas de aço entre a placa de ancoragem e o painel até se atingir o nivelamento desejado. Para isso, utiliza-se um nível ótico (Figura 20);



Figura 19 – Posicionamento do painel



Figura 20 – Verificação do nivelamento do painel

- h) Em seguida ajusta-se a posição e verifica-se o prumo do painel e é feita a fixação provisória ao painel perpendicular por meio de um gabarito e faz-se a soldagem lateral entre os painéis adjacentes (Figura 21) e entre as placas de ancoragem da fundação e as chapas da base dos painéis (Figura 22);



Figura 21 – Soldagem lateral do painel



Figura 22 – Soldagem da base do painel

- i) A situação desejável é que o elemento de fundação que apoia o painel esteja perfeitamente nivelado. Caso haja desnivelamento do elemento de fundação é feita uma regularização da base com graute após a fixação das placas de ancoragem (Figura 23);



Figura 23 – Regularização do radier nas bases das paredes

- j) Posteriormente, a interface entre a base do painel e a fundação é preenchida com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, com aditivo impermeabilizante;
- k) As lajes são apoiadas diretamente sobre os painéis de parede e a ligação também é feita por meio de solda entre as chapas de ligação dos painéis e as chapas de ancoragem das lajes, como mostrado anteriormente na Figura 5.

4. Avaliação técnica

A avaliação técnica de desempenho foi conduzida conforme a DIRETRIZ SINAT Nº 002 e a ABNT NBR 15.575-4 (2013), a partir da análise de projetos, ensaios laboratoriais, verificações analíticas do comportamento estrutural, vistorias em obras e demais avaliações que constam dos Relatórios Técnicos e de ensaios citados no item 6.2.

4.1 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural do sistema de paredes foi avaliado a partir da análise de projeto e dos resultados de ensaio que determinaram a estabilidade global da edificação, a resistência das paredes às cargas verticais, a impactos de corpo mole, corpo duro, peças suspensas e solicitações de portas.

A estabilidade global da edificação é proporcionada pelas paredes estruturais, que funcionam como contraventamento nas duas direções principais, e pelas lajes, que funcionam como diafragmas rígidos transferindo os esforços horizontais às paredes. Por se tratar de unidades habitacionais sobrepostas e, portanto, de pequena altura, providas de paredes estruturais nas duas direções que são soldadas às lajes, formando cum conjunto monolítico, é possível afirmar que a rigidez desse conjunto (paredes + lajes) transfere as ações horizontais às fundações, mantendo a estabilidade da edificação.

Foram feitos ensaios de compressão excêntrica para avaliar a resistência às cargas verticais para o estado limite último e para o estado limite de serviço. Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese dos resultados desses ensaios, cujos painéis foram feitos com concreto com resistência igual, ou maior a 25 MPa, conforme comprovado no ensaio de caracterização feito em laboratório do IPT.

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

Tomando-se a maior carga prevista no projeto exemplo analisado ($S_k = 35,0$ kN/m) foram calculadas a solicitação de projeto para o estado Limite Último ($S_{d,u}$) – com $\gamma_f = 1,4$. 1,3 – e para o estado limite de serviço ($S_{d,s}$) – com $\gamma_f = 1,3$, obtendo-se os resultados da Tabela 2. A partir desses resultados verificam-se comprovadas as condições de que $S_{d,u} \leq R_{ud}$, para o Estado Limite Último, e $S_{d,s} \leq R_{sd}$, para o Estado Limite de Serviço.

Tabela 1 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

Corpo-de-prova ensaiado	Carga da primeira fissura (kN/m)	Carga máxima aplicada (kN/m) ⁽¹⁾	Relatório de ensaio
CP 1	197,0	424,2	IPT nº 140 108-203
CP 2	166,7	424,2	
CP 3	181,8	424,2	

1) Os corpos de prova não sofreram ruptura para a carga máxima aplicada, de 424,2 kN/m.

Tabela 2 – Síntese da análise dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

R_{ud}	$S_{d,u}$	R_{sd}	$S_{d,s}$
148,5 kN/m	63,7 kN/m	116,7 kN/m	45,5 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 (R_{ud}) e a resistência de serviço (R_{sd}).

Foram feitos ensaios de impactos de corpo mole, impactos de corpo duro e solicitações de portas, para os painéis de 70 mm de espessura, constantes do Relatório de Ensaio IPT nº 1 059 661-203, tendo alcançado resultados que atendem aos critérios mínimos estabelecidos na Diretriz SiNAT Nº 002 e na ABNT NBR 15.575-4:2013.

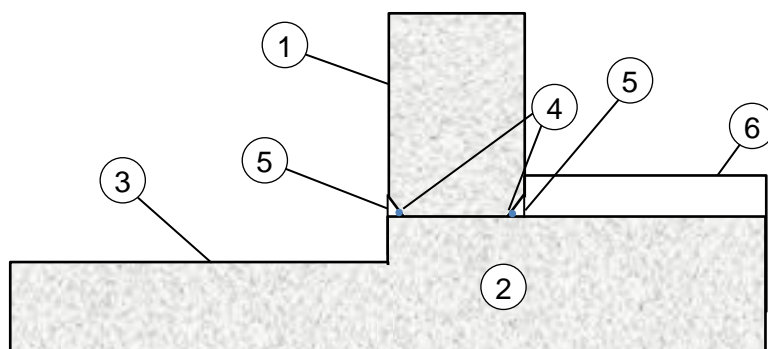
Também foi feito ensaio de solicitação de peças suspensas, conforme descrito no Relatório de Ensaio IPT nº 1 061 601-203, e os resultados atendem aos critérios mínimos estabelecidos na Diretriz SINAT Nº 002 e na ABNT NBR 15.575-4:2013.

4.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água foi verificada para paredes internas em áreas molhadas e molháveis e sujeitas à ação da água de uso e lavagem dos ambientes, por meio de análise de projeto, e para paredes externas, sujeitas à ação da água de chuva, por meio de ensaio em laboratório.

As bases das paredes internas de áreas molhadas e molháveis, como banheiro, cozinha e lavanderia recebem uma membrana impermeável flexível de base cimentícia até a altura de 300 mm acima do nível do piso e revestimento cerâmico até a altura de 1,5 m, aplicado com argamassa colante AC-II. Assim, considera-se como satisfatório o comportamento dos painéis com relação à estanqueidade à água de uso e lavagem.

As paredes externas são apoiadas no radier, elevado 30 mm em relação ao nível da calçada externa. A base dos painéis recebe um cordão de selante PU e, posteriormente, é finalizada com uma camada de argamassa, preenchendo-se o chanfro. Caso haja desnivelamento do radier é feito um contrapiso com espessura aproximada de 20 mm (Figura 24). Além disso, prevê-se a aplicação de impermeabilização na base das paredes externas (interface parede e calçada) até altura de 300 mm.



Legenda:

- | | |
|-------------------|---|
| ① Painel | ④ Cordão de PU aplicado na base do painel |
| ② Radier | ⑤ Argamassa colante ACIII |
| ③ Calçada externa | ⑥ Contrapiso |

Figura 24 – Esquema do tratamento das juntas horizontais entre painéis e laje (sem escala)

Para a avaliação do comportamento dos painéis das paredes externas foi feito ensaio em laboratório, conforme Relatório de Ensaio IPT nº 1 061 283-203. Constatou-se, na região de junta entre os painéis, o aparecimento de vazamento com escoamento após 7 horas de ensaio, com pressão de 50 Pa, sendo que a somatória da área de mancha de umidade era de aproximadamente 2% em relação à área total do ensaio, percentual inferior àquele estabelecido como limite máximo. Portanto, o sistema de painéis atende ao critério da DIRETRIZ SINAT Nº 002 e da norma ABNT NBR 15.575:2013.

A fixação de esquadrias nas paredes é feita com parafusos ou espuma de poliuretano e as juntas entre as esquadrias e as paredes são vedadas com selante à base de poliuretano.

4.3 Desempenho térmico

Foi feita simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de casas térreas, isoladas e geminadas, e de unidades habitacionais sobrepostas que empregam os painéis objeto deste DATec. As simulações foram feitas para a zona bioclimática 3, constante da ABNT NBR 15220.

Para as casas térreas, isoladas e geminadas, foi prevista a utilização de cobertura constituída de laje de concreto de 100 mm de espessura e telhado de telhas cerâmicas sobre estrutura de madeira. Para as unidades habitacionais sobrepostas foi prevista cobertura de laje de concreto de 100 mm de espessura e telhado de telhas de fibrocimento de 6 mm de espessura sobre estrutura de madeira.

Na Tabela 3 e Tabela 4 apresenta-se um resumo das cores possíveis de serem utilizadas nas fachadas para a zona bioclimática analisada, respectivamente, para casas térreas, isoladas ou geminadas e para unidades habitacionais sobrepostas.

Conclui-se que as edificações executadas com os painéis GCS para paredes têm potencial para apresentarem desempenho térmico mínimo no período de verão, desde que consideradas as condições da Tabela 3 e Tabela 4. Entretanto, para as unidades habitacionais sobrepostas o desempenho térmico mínimo não é atendido na condição padrão. No período do inverno, é atendido o desempenho térmico mínimo para a zona bioclimática avaliada em todas as condições para ambas as edificações.

Para a avaliação do desempenho térmico considerou-se os seguintes parâmetros: absorvância à radiação solar da superfície externa das paredes igual a: 0,3 (cores claras), 0,5 (cores médias) e 0,7 (cores escuras).

Tabela 3 – Condições necessárias para que as casas térreas isoladas ou geminadas atendam às exigências da DIRETRIZ SINAT N° 002 e da ABNT NBR 15575:2013

Zona Bioclimática	Cor do acabamento externo das paredes de fachada			
	Condição padrão ^(a)	Com sombreamento ^(b)	Com ventilação ^(c)	Com sombreamento e ventilação
3	Claras ou médias	Qualquer cor ^(d)	Qualquer cor ^(d)	Qualquer cor ^(d)

Notas:

- (a) Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- (b) Condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;
- (c) Condição de ventilação: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h);
- (d) Recomenda-se não utilizar cores excessivamente escuras.

Tabela 4 – Condições necessárias para que as unidades habitacionais sobrepostas atendam às exigências da DIRETRIZ SINAT N° 002 e da ABNT NBR 15575:2013

Zona Bioclimática	Cor do acabamento externo das paredes de fachada			
	Condição padrão ^(a)	Com sombreamento ^(b)	Com ventilação ^(c)	Com sombreamento e ventilação
3	Não atende	Claras	Claras	Claras ou médias

Notas:

- (a) Condição padrão: ambientes com ventilação somente por infiltração através de frestas em janelas e portas, a uma taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 Ren/h) e janelas sem sombreamento;
- (b) Condição de sombreamento: proteção solar externa ou interna que impeça a entrada de radiação solar direta ou reduza em 50% a incidência da radiação solar global no ambiente;
- (c) Condição de ventilação: ambiente ventilado a uma taxa de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 Ren/h).

4.4 Desempenho acústico

Foi feito ensaio em laboratório em parede de 100 mm para determinação do índice de redução sonora ponderado da parede, cujos resultados detalhados encontram-se no Relatório de Ensaio IPT n° 1 059 238-203, obtendo-se o resultado de $R_w = 47$ dB.

Estimou-se a isolamento sonora resultante da fachada a partir do índice de redução sonora do painel ensaiado e de uma janela referência. Dessa forma, considerando a parede de 3000 mm x 2700 mm, com $R_w = 47$ dB e janela de 1200 mm x 1200 mm com $R_w = 22$ dB, determinou-se que a isolamento sonora do elemento de fachada é igual a 30 dB. Esse resultado, comparado aos critérios da ABNT NBR 15.575-4:2013, é apresentado na Tabela 5.

Conclui-se que, respeitando-se os valores mínimos de R_w para as esquadrias, no caso das paredes de fachada, o desempenho acústico das paredes atende à ABNT NBR 15575-4:2013, para Classe de ruído I e II.

Comparando-se o resultado obtido no ensaio em laboratório, R_w de 47 dB, diretamente com os valores de referência para isolamento sonora entre ambientes, observa-se que só não é satisfatório para paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório e para paredes cegas entre unidade habitacional e áreas de permanência de pessoas, atividades de lazer, etc., conforme a ABNT NBR 15575-4:2013, para os quais R_w deve ser maior ou igual a 50 dB. Para essas situações a GCS especifica a utilização de paredes duplas, constituídas de dois painéis de 100 mm de espessura. Neste caso, o modelo

matemático clássico da “lei da massa” indica que a duplicação da massa da parede resultará em um aumento da isolamento sonora da ordem de, aproximadamente, 6 dB desconsiderando-se efeitos de ressonância, coincidência etc... Prevê-se, portanto, que o incremento de 6 dB no índice de redução sonora, gerado pela adoção de parede dupla, resultará em R_w aproximado de 53 dB, apresentando potencial de atender ao critério de isolamento sonora entre unidades autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.

Tabela 5 – Síntese dos critérios de desempenho e do resultado do ensaio de isolamento sonora

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo (R_w em dB), exposto na ABNT NBR 15575-4:2013	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades	Parede de geminação nas situações onde não haja ambiente dormitório – 45 dB Parede de geminação no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório – 50 dB	47
Fachadas	Classe I – 25 dB Classe II – 30 dB Classe III – 35 dB (valores expressos em função da classe de ruído)	30

4.5 Durabilidade e Manutenibilidade

A análise da durabilidade compreendeu a avaliação do cobrimento da armadura dos painéis e a realização de ensaio para verificação da resistência da parede à ação do calor e choque térmico.

Verificou-se a relação entre a classe de agressividade ambiental, a resistência à compressão do concreto e a relação água/cimento para garantir a qualidade mínima do concreto. Os painéis da GCS enquadram-se na classe de concreto C25, e considerou-se a sua utilização em locais correspondentes às classes I e II de agressividade ambiental.

Segundo a DIRETRIZ SINAT N°002 e normas técnicas pertinentes, quando se supõe a existência de limites rígidos de tolerância das dimensões durante a execução, como no caso da fabricação de elementos pré-moldados, pode-se considerar $\Delta c = 5$ mm (Δc = tolerância de execução para o cobrimento), obtendo-se os seguintes cobrimentos nominais (c_{nom}) para $f_{ck} = 25$ MPa e relação água/cimento $\leq 0,60$:

- Para Classe I de agressividade ambiental: $c_{nom} = 20$ mm;
- Para Classe II de agressividade ambiental: $c_{nom} = 25$ mm.

Assim, analisando-se a espessura dos painéis, os diâmetros dos fios das telas metálicas, o diâmetro das armaduras de reforço posicionadas sobre as telas e os espaçadores plásticos utilizados, conclui-se que o cobrimento das armaduras atende às exigências, tanto para a Classe I quanto para a Classe II de agressividade ambiental.

As chapas de ligação entre painéis são pintadas com pintura protetiva à base de zinco e recobertas com argamassa.

Foi feito ensaio para determinação da resistência de parede com os painéis da GCS à ação de calor e choque térmico, conforme o Relatório de Ensaio IPT nº 1 061 283-203. Foi ensaiado um trecho de parede com 2400 mm de largura e 2700 mm de altura com uma junta central (junta entre dois painéis adjacentes de 1200 mm de largura cada um). Após a execução de dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e choque térmico a parede não apresentou ocorrência de falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos e outros danos na face de incidência do calor, correspondente à fachada, nem deslocamento horizontal instantâneo superior a $h/300$, o que atende às exigências da DIRETRIZ SINAT N° 002 quanto ao requisito de resistência à ação de

calor e choque térmico. O tratamento da junta aplicado na união dos painéis também não apresentou falhas após os ciclos de aquecimento e choque térmico.

A atuação da GCS envolverá somente a montagem dos painéis. Dessa maneira, dará orientações à construtora para a elaboração do manual de uso, nos itens relacionados ao sistema de paredes formado por painéis. Para isso, ela enviou ao IPT um documento intitulado “Manual de orientação às construtoras do sistema de painéis de concreto GCS e orientação para elaboração do Manual do Usuário”. Nesse manual há orientações quanto à periodicidade da inspeção e da manutenção das paredes e das juntas externas, e os procedimentos para a substituição do selante. Assim, considera-se que o conteúdo deste manual satisfaz às condições de manutenibilidade especificadas na DIRETRIZ SINAT Nº 002. Para cada empreendimento será elaborado Manual de Uso, Operação e Manutenção específico.

4.6 Segurança ao fogo

As paredes externas, internas e de geminação são constituídas de por painéis pré-moldados de concreto, que é um material incombustível, não se caracterizando como propagador de incêndio e, portanto, propiciando condições adequadas para evitar o rápido crescimento do incêndio, atendendo ao requisito de dificultar a inflamação generalizada no ambiente e não gerar fumaça.

Verifica-se que a Diretriz SINAT 002 considera que, *“para efeito de avaliação técnica, que as paredes de concreto armado, com seção maciça, destinadas a casas térreas geminadas, sobrados geminados e edifícios de até cinco pavimentos, com emprego de concreto comum (caracterizado com massa específica não inferior a 2150 kg/m^3 e $25 \text{ MPa} \geq f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$), e espessura mínima de 10 cm, atendem ao critério de minimização de colapso estrutural desta diretriz”*. Portanto, a parede de geminação atende ao critério de resistência ao fogo.

As lajes especificadas no projeto (lajes maciças de concreto de 100 mm de espessura) têm potencial para atender ao critério de 30 minutos de resistência ao fogo, de acordo com o método de dimensionamento tabular proposto na ABNT NBR 15200:2004 e exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 002.

Conclui-se, portanto, que as paredes com painéis estruturais pré-moldados de concreto armado atendem às exigências da DIRETRIZ SINAT Nº 002 quanto à segurança ao fogo.

5. Controle da qualidade

Foi feita auditoria técnica na unidade de produção e em obra executada com os painéis GCS para paredes, para verificar se o controle da qualidade do processo de produção estava sendo aplicado conforme a DIRETRIZ SINAT Nº 002. Na auditoria inicial realizada pelo IPT foram verificados os aspectos de controle descritos a seguir. Tais aspectos devem ser continuamente controlados pelo proponente da tecnologia.

- Controle de recebimento de materiais (concreto – ensaios de verificação da consistência e da resistência à compressão do concreto na idade de desenforma e aos 28 dias);
- Controle da qualidade das etapas de produção (limpeza e controle geométrico das fôrmas; posicionamento e cobrimento das armaduras; lançamento do concreto; desenforma; cura; transporte e armazenamento);
- Controle de recebimento dos painéis após desenforma (identificação, tolerâncias dimensionais, aparência, e eventual presença de falhas);
- Controle de recebimento dos painéis no canteiro de obras (identificação e eventual presença de falhas decorrentes da movimentação);
- Controle da qualidade da montagem dos painéis em canteiro de obras (por exemplo, ligação com fundação, travamento e alinhamento dos painéis, soldas, tratamento das juntas, acabamentos e interfaces com esquadrias e demais componentes).

Os controles são baseados em documentos técnicos que preveem controle da qualidade dos projetos, do recebimento de materiais, da fabricação e recebimento dos painéis pós fabricação e da montagem dos painéis. A proponente da tecnologia é responsável pelo desenvolvimento desses documentos técnicos de controle e pela sua aplicação durante a execução das obras, o que foi constatado na obra auditada.

Foram analisados também os documentos que comprovam o controle tecnológico do concreto e a rastreabilidade das informações. Cem por cento dos lotes de concreto entregues na obra são verificados quanto à consistência e resistência à compressão, nas idades: de içamento, entre 6 horas e 24 horas, 7 dias e 28 dias. Esse controle é feito por laboratório instalado na unidade fabril.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada 6 (seis) meses para verificação dos controles realizados pela GCS no processo de produção e no produto final, incluindo análise dos resultados históricos do controle tecnológico do concreto.

6. Fontes de informação

As principais fontes de informação são os documentos técnicos da empresa e os Relatórios Técnicos emitidos pelo IPT.

6.1 Documentos da empresa

- Projetos e memoriais dos empreendimentos Conjunto Residencial Laguna e Residencial Jardim Eloyna, em Pindamonhangaba-SP;
- Fichas do sistema de controle do processo produtivo do sistema de painéis;
- Relatórios de ensaios de controle da resistência do concreto das paredes e lajes;
- Procedimentos de execução do sistema;
- Procedimentos para recebimento, inspeção e armazenamento de materiais e ensaios de materiais;
- Manual de uso e manutenção do sistema (Manual do proprietário), elaborado pela Proponente da tecnologia para cada empreendimento.

6.2 Relatórios Técnicos e Relatórios de Ensaio

- Relatório Técnico IPT nº 139 668-205 – Avaliação técnica de sistema de paredes constituídas por painéis pré-moldados maciços de concreto armado, para emprego em casas térreas, isoladas ou geminadas (Setembro, 2014);
- Relatório Técnico IPT nº 139 978-205 – Avaliação do desempenho térmico de casa térrea geminada com paredes de concreto na Zona Bioclimática 3 (Agosto, 2014);
- Relatório Técnico IPT nº 142 609-205 – Avaliação técnica complementar do sistema de paredes GCS constituído por painéis pré-moldados maciços de concreto armado, para emprego em casas térreas, isoladas ou geminadas (Janeiro, 2015);
- Relatório Técnico IPT nº 143 974-205 – Auditoria técnica na produção do sistema de painéis da GCS, constituído de paredes de painéis maciços pré-fabricados de concreto armado, para emprego em casas térreas, isoladas e geminadas, e casas sobrepostas (Maio, 2015);
- Relatório Técnico IPT nº 144 893-205 – Avaliação do desempenho térmico de casa sobreposta com paredes de concreto na Zona Bioclimática 3 (Agosto, 2015);
- Relatório de Ensaio IPT nº 140 108-203 – Ensaio de compressão excêntrica em painéis pré-moldados maciços de concreto convencional (Agosto, 2014);

- Relatório de Ensaio IPT nº 1 059 238-203 – Determinação da isolamento sonora de parede (Agosto, 2014);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 059 391-203 – Ensaio físicos e mecânicos em argamassa (Junho, 2014);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 059 661-203 – Verificação do comportamento de sistemas de vedações verticais sob efeito de ações transmitidas por porta e da resistência a impactos de corpo duro e corpo mole (Junho, 2014);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 061 283-203 – Verificação de sistema de vedação vertical externa quanto à resistência a ação do calor e choque térmico e à estanqueidade à água (Agosto, 2014);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 061 601-203 – Determinação da resistência de sistemas de vedações verticais às solicitações de peças suspensas (Agosto, 2014).

6.3 Referências normativas

- ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento;
- ABNT NBR 15200:2004 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;
- ABNT NBR 15575-1:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-4:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;
- DIRETRIZ SINAT Nº 002 – “Sistemas construtivos integrados por painéis pré-moldados para emprego como paredes de edifícios habitacionais”, Revisão 01, publicada em julho de 2012.

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, Capítulo VI, Art. 22:

- a) O Proponente, Global Concrete Solutions do Brasil Construções LTDA., 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, no mínimo nas condições de qualidade e desempenho que foram avaliados no âmbito do 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) O IPT e as diversas instâncias do SiNAT não assumem qualquer responsabilidade sobre perda ou dano advindos do resultado direto ou indireto do produto avaliado.

O Proponente, Global Concrete Solutions do Brasil Construções LTDA., compromete-se a:

- a) Manter o produto “*Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes*”, seus materiais, componentes e o processo de produção alvo deste DATec no mínimo nas condições gerais de qualidade em que foram avaliados neste DATec, elaborando projetos específicos para cada empreendimento;

- b) Produzir o produto 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/construtora e ao usuário final.

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

O SiNAT e a Instituição Técnica Avaliadora, no caso o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT, 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, 21 de março de 2016