

Tecnologia

Como construir - Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes

Conheça o processo de produção e montagem de sistema que adota painéis pré-moldados de concreto

Edição 232 - Julho/2016

Anderson Lopes de Oliveira

Engenheiro civil, técnico em mecânica, diretor da Global Concrete Solutions do Brasil Construções

engenharia@gcsbrasil.com.br

Os painéis pré-moldados maciços de concreto armado são utilizados na construção de casas térreas isoladas e de unidades habitacionais sobrepostas. As paredes são constituídas de painéis estruturais e pelas ligações entre eles. A produção ocorre em unidade fabril (figura 1) e a moldagem 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

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 acordada com o fabricante durante a 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). E os cuidados na utilização do sistema constam de manual técnico de uso e manutenção, preparado pela indústria fornecedora.

Especificações técnicas e detalhes construtivos

- **Painéis de parede:** os painéis de parede são estruturais, pré-moldados, produzidos em 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 dormitórios e a sala são utilizados painéis de 70 mm de espessura, sem função estrutural, ou seja, não recebem cargas da laje e nem da cobertura.

- **Concreto:** o concreto utilizado na produção dos painéis possui massa específica de 2.400 kg/m³, resistência característica à compressão especificada (fck) de 25 MPa e classe de consistência C100. A resistência mínima do concreto na desenforma é de 6 MPa, que é feita, em geral, após dez horas da concretagem.

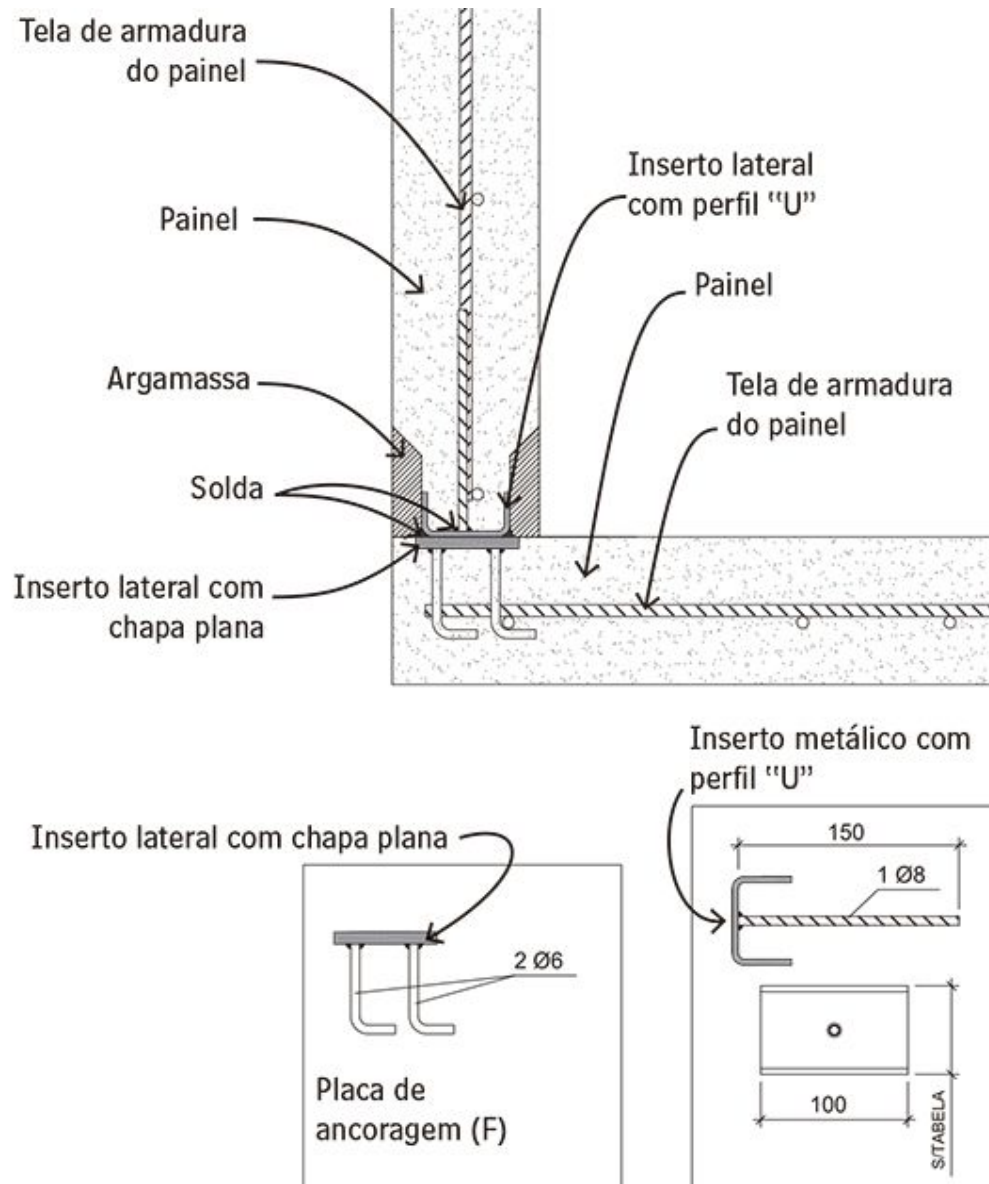


Figura 3 - Esquema da ligação lateral entre os painéis a 90°

- **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.

- **Espaçadores:** são utilizados espaçadores plásticos circulares, de 30 mm e 40 mm, para painéis de 70 mm e 100 mm de espessura, respectivamente, posicionados a cada 600 mm.

- **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.

- **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:

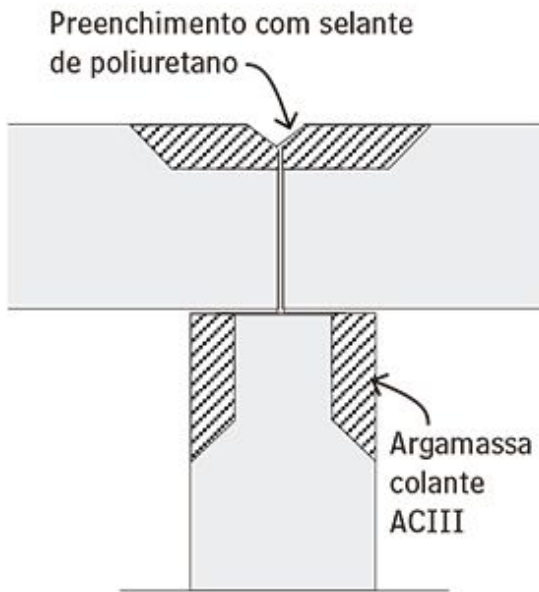


Figura 4 - Esquema do tratamento das juntas laterais entre painéis

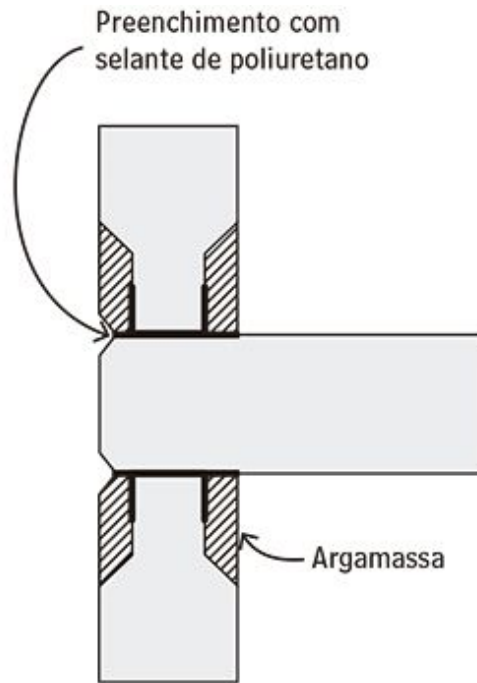


Figura 5 - Esquema do tratamento das juntas horizontais entre painéis e laje

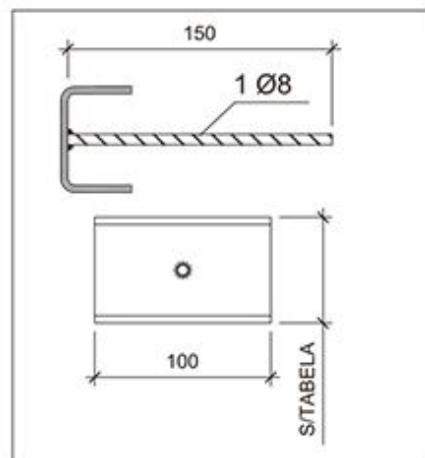
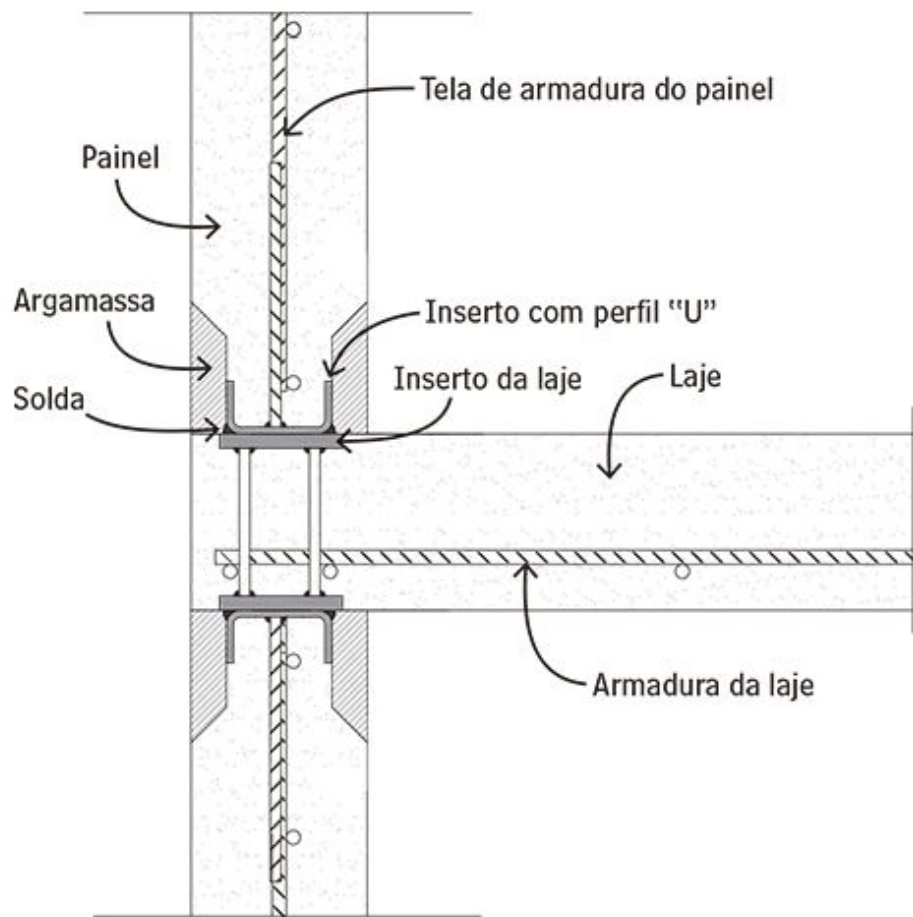
- Perfis "U" de chapa de aço dobrada posicionados nas bordas dos painéis, com dimensões de 100 mm de comprimento, 60 mm de largura, aba de 25 mm e 3 mm de espessura. Esses perfis são soldados a barras de aço de \varnothing 8 mm e 150 mm de comprimento, que são ligadas às telas das armaduras dos painéis (figura 3); e
- Chapas planas de 3 mm de espessura soldadas a ganchos de \varnothing 6 mm (figura 3).

- **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.

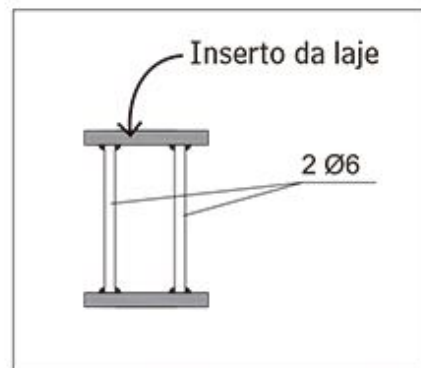
- **Ligações entre painéis de parede e laje:** a ligação dos painéis de parede com as lajes também é feita por meio de solda entre as chapas de ligação existentes na base e topo dos painéis e os insertos das lajes, constituídos de chapas de aço de 3 mm de espessura (figura 6).

- **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 "tratamento das juntas entre painéis", 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).

- **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 posicionados em shafts. Os sub-ramais de água fria são externos aos painéis, posicionados em



Inserto metálico com perfil "U"



Inserto metálico de chapa plana

Figura 6 - Ligação entre painéis de parede e laje

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.

- **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.

- **Revestimento e acabamento do painel de parede:** as faces dos painéis podem receber pintura ou revestimento cerâmico.

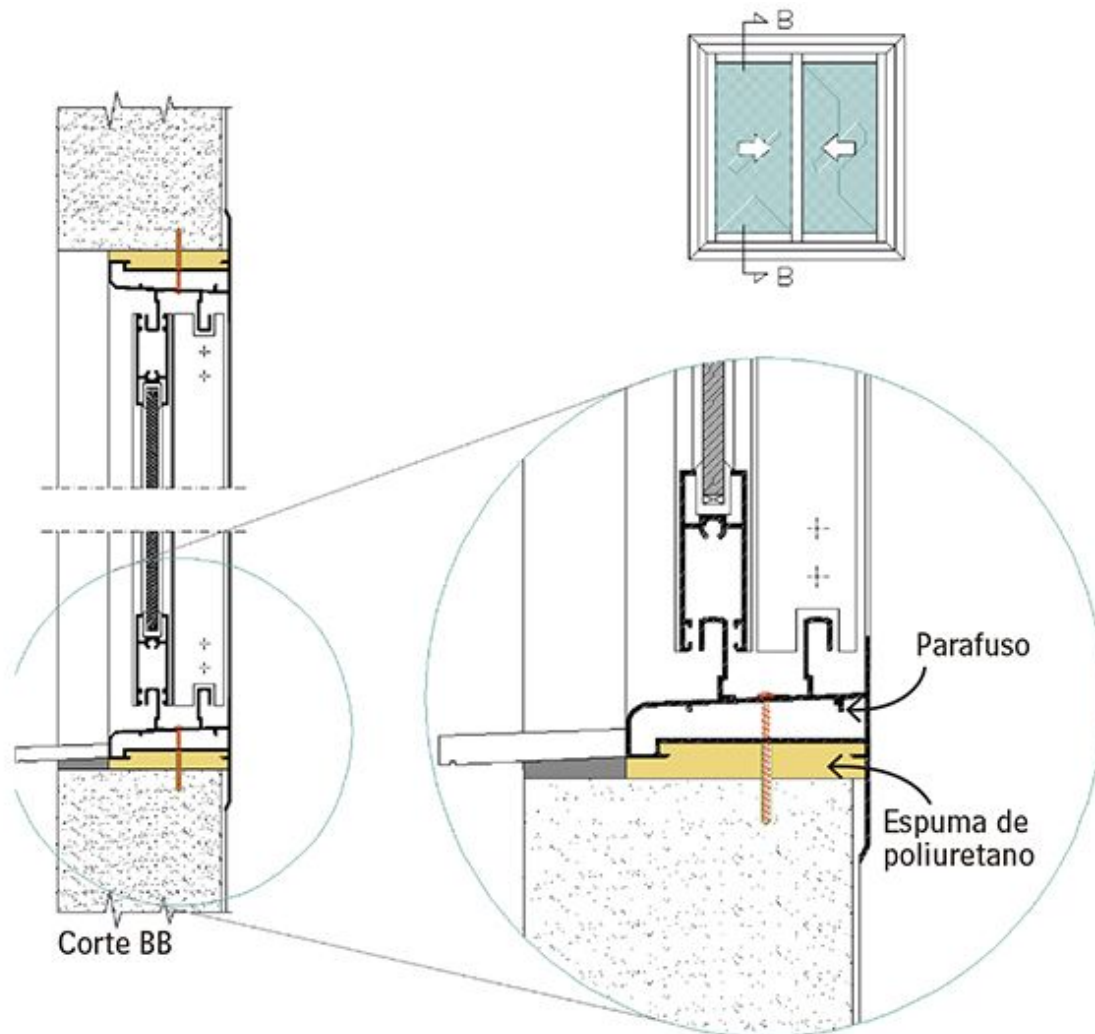


Figura 7 - Detalhe da interface entre o painel e a janela na fachada

Procedimento de execução

A sequência de atividades para fabricação e montagem dos painéis obedece aos seguintes passos:

- Inicialmente é feita a limpeza e aplicação de desmoldante à base de óleo mineral nas fôrmas. Depois, é feita montagem das armaduras com a colocação dos espaçadores plásticos para garantir o cobrimento das armaduras, os eletrodutos e caixas de elétrica (figura 8 e figura 9).
- 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).
- Em seguida procede-se 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).
- Após o içamento, que é feito após dez 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).
- Os "cavaletes", carregados com os painéis, são transportados para a obra.



Figura 8 - Montagem da armadura

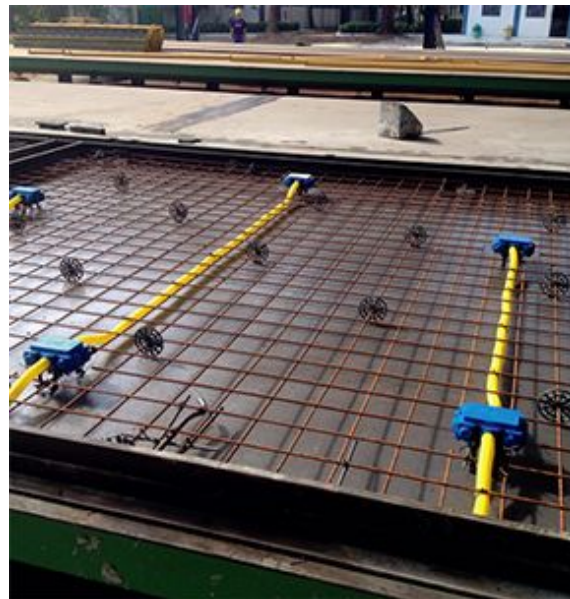


Figura 9 - Armadura montada juntamente com eletrodutos e caixas de elétrica



Figura 10 - Lançamento do concreto



Figura 11 - Espalhamento do concreto

- 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.

- 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).

- Em seguida ajusta-se a posição do painel, verifica-se o prumo e procede-se a uma fixação provisória ao painel perpendicular por meio de um gabarito; faz-se então 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 12 - Adensamento do concreto



Figura 13 - Sarrafeamento do concreto

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

- 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.

- 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 6.



Figura 14 - Alisamento da superfície do concreto



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

Desempenho estrutural

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 um conjunto monolítico, é possível afirmar que a rigidez desse conjunto (paredes + lajes) transfere as ações horizontais às fundações, mantendo a estabilidade da edificação.

O desempenho estrutural do sistema de paredes foi avaliado pelo IPT 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.

O sistema passou por 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.



Figura 16 - Identificação do painel



Figura 17 - Estocagem dos painéis

Com os resultados dos ensaios da tabela 1, utilizaram-se as equações para a determinação da resistência última de projeto (R_{ud}) e da resistência de serviço (R_{sd}) da NBR 15.575-2 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 $\gamma_f = 1,4 \cdot 1,3$ - 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 de $S_{d,s} \leq R_{sd}$ para o Estado Limite de Serviço.

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}).

Os 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, alcançaram resultados que atendem aos critérios mínimos estabelecidos na Diretriz Sinat no 002 e na 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 NBR 15.575-4:2013.

Estanqueidade à água

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.

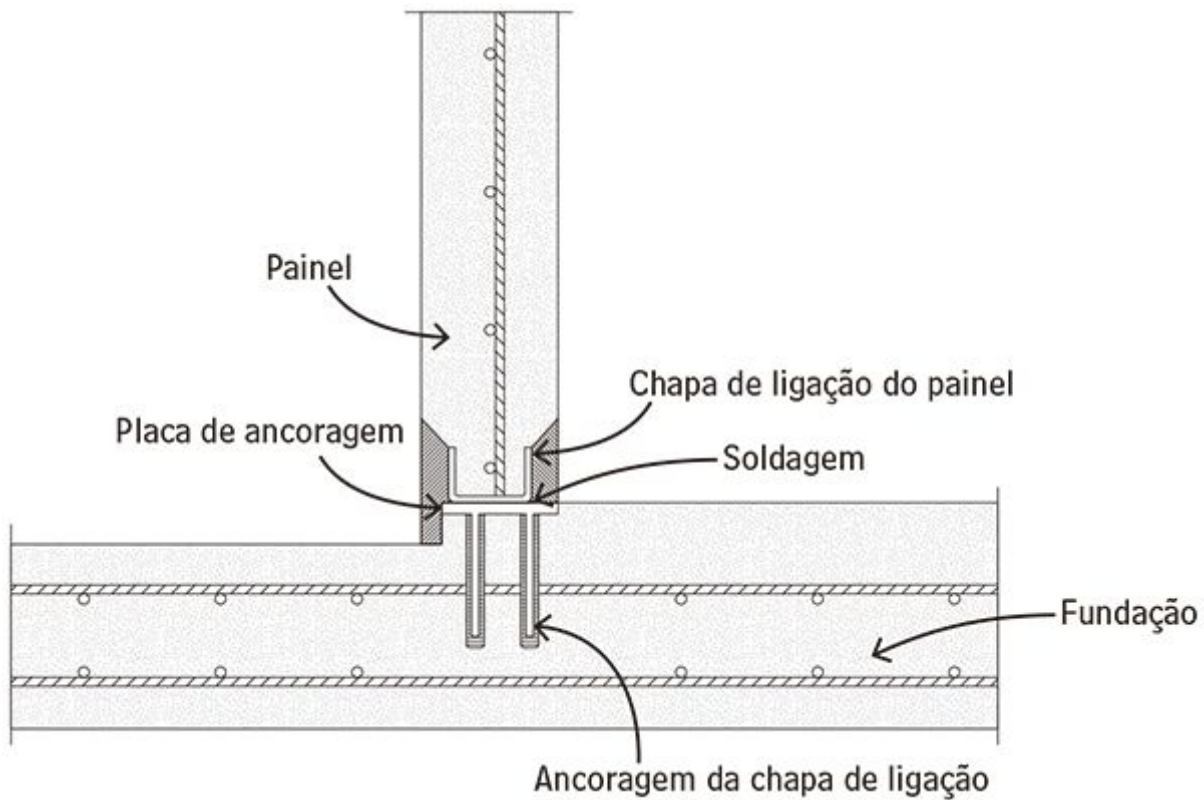


Figura 18 - Placa de ancoragem fixada ao radier ou baldrame



Figura 19 - Posicionamento do painel



Figura 20 - Verificação do nivelamento do painel

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 de poliuretano 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.

O comportamento dos painéis das paredes externas foi avaliado por meio de ensaio em laboratório, conforme Relatório de Ensaio IPT no 1.061.283-203. Constatou-se, na região da junta entre os painéis, o aparecimento de vazamento com escorrimento após sete horas de ensaio, com pressão de 50 Pa, sendo que a somatória das áreas de manchas de umidade era de aproximadamente 2% em relação à área total do corpo de prova, percentual inferior àquele estabelecido como limite máximo. Portanto, o sistema de painéis atendeu ao critério da Diretriz Sinat no 002 e da NBR 15.575:2013.

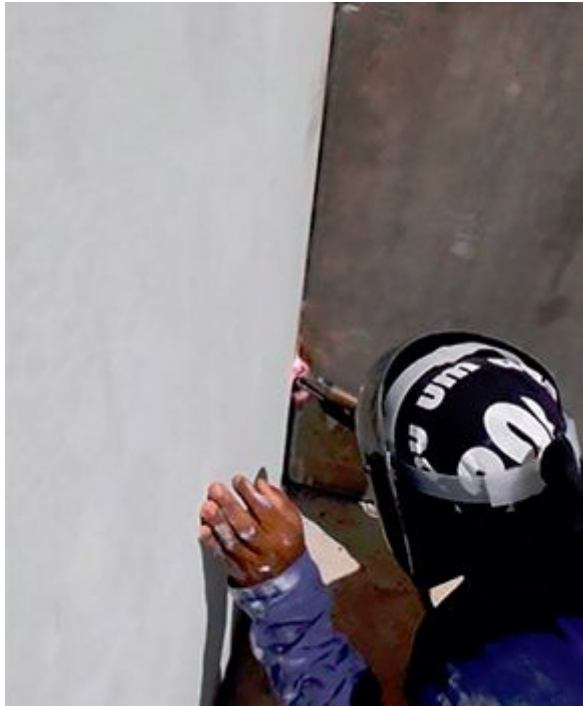


Figura 21 - Soldagem lateral do painel



Figura 22 - Soldagem da base do painel

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.

Desempenho térmico

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.

Foi feita simulação computacional para avaliar o desempenho térmico de casas térreas, isoladas e geminadas, e de unidades habitacionais sobrepostas que empregam os painéis pré-moldados maciços de concreto para paredes. As simulações foram feitas para a Zona Bioclimática 3, constante da NBR 15.220:2005.

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

Conclui-se que as edificações executadas com os painéis pré-moldados maciços de concreto para paredes têm potencial para apresentarem desempenho térmico mínimo no período de verão, desde que consideradas as



Figura 23 - Regularização do radier nas bases das paredes

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 analisada 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).

Desempenho acústico

O índice de redução sonora ponderado da parede é $R_w = 47$ dB. O valor foi obtido após ensaio em laboratório em parede de 100 mm, cujos resultados detalhados encontram-se no Relatório de Ensaio IPT no 1.059.238-203.

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)
CP 1	197,0	424,2
CP 2	166,7	424,2
CP 3	181,8	424,2

Tabela 2 – SÍNTESE DA ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO EXCÊNTRICA

Rud	Sd,u	Rsd	Sd,s
148,5 kN/m	63,7 kN/m	116,7 kN/m	45,5 kN/m

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 3.000 mm x 2.700 mm, com $R_w = 47$ dB e janela de 1.200 mm x 1.200 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 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 NBR 15.575-4:2013, 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 NBR 15.575-4:2013, para os quais o R_w deve ser maior ou igual a 50 dB. Para essas situações recomenda-se a especificação 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.

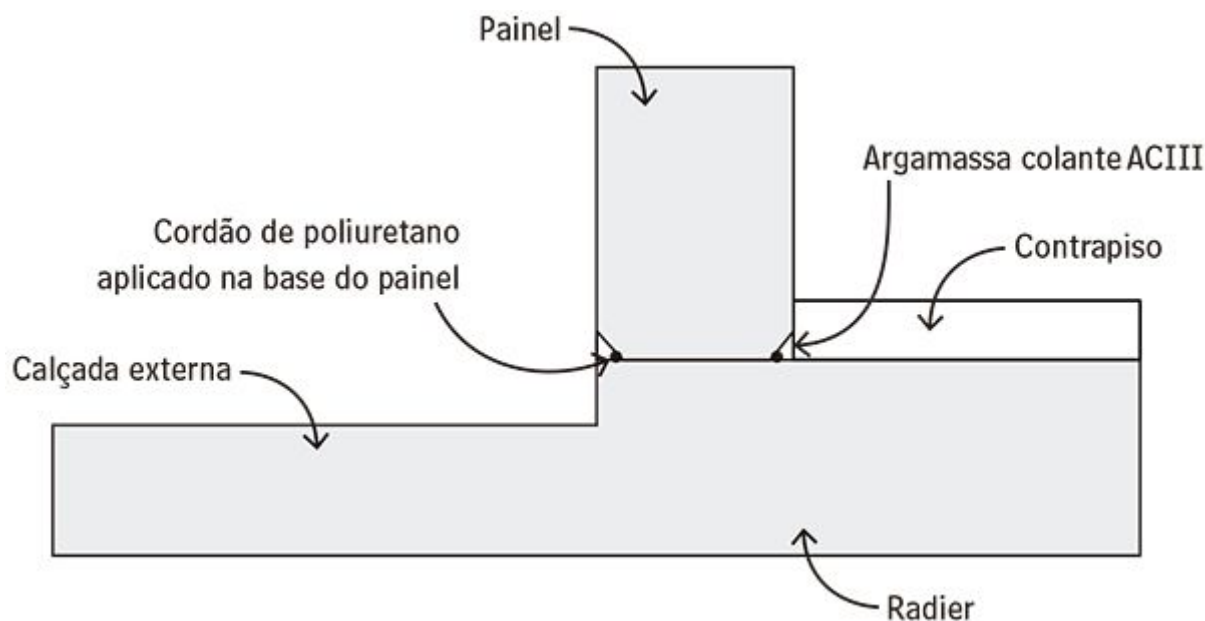


Figura 24 - Esquema do tratamento das juntas horizontais entre painéis e laje

Durabilidade e manutenibilidade

A análise da durabilidade compreende 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 pré-moldados maciços de concreto armado aqui descritos 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 no 002 e as 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 $\Delta c = 5 \text{ mm}$ ($\Delta c =$ tolerância de execução para o cobrimento), obtendo-se os seguintes cobrimentos nominais (c_{nom}) para $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ e relação água/cimento $\leq 0,60$:

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

Tabela 3 – CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA QUE AS CASAS TÉRREAS ISOLADAS OU GEMINADAS ATENDAM ÀS EXIGÊNCIAS DA DIRETRIZ SINAT N° 002 E DA ABNT NBR 15.575:2013

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 por meio 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.

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.

A parede com painéis pré-moldados maciços de concreto armado também foi submetida a ensaio para a determinação de sua resistência 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 2.400 mm de largura e 2.700 mm de altura com uma junta central (junta entre dois painéis adjacentes de 1.200 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 no 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.

Tabela 4 – CONDIÇÕES NECESSÁRIAS PARA QUE AS UNIDADES HABITACIONAIS SOBREPOSTAS ATENDAM ÀS EXIGÊNCIAS DA DIRETRIZ SINAT N° 002 E DA ABNT NBR 15.575:2013

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 por meio 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).

A atuação do fabricante dos painéis envolve somente a montagem das peças. Dessa maneira, cumpre a ela orientar a construtora para a elaboração do manual de uso, nos itens relacionados ao sistema de paredes formado por painéis. O referido manual deve dar 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.

Segurança ao fogo

As paredes externas, internas e de geminação são constituídas 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 no 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 2.150 kg/m³ e 25 MPa \geq fck \geq 20 MPa), e espessura mínima de 10 cm, atendem ao critério de minimização do risco de colapso estrutural desta diretriz". Portanto, a parede de geminação atende ao critério de resistência ao fogo.

Tabela 5 – SÍNTESE DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO E DO RESULTADO DO ENSAIO DE ISOLAÇÃO SONORA

Elemento	Critério de desempenho: valor mínimo (R_w em dB), exposto na ABNT NBR 15.575-4:2013	Valor de R_w determinado em laboratório (dB)
Parede entre unidades	Parede de geminação nas situações onde não haja ambiente dormitório – 45 dB	47
	Parede de geminação no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório – 50 dB	
Fachadas	Classe I – 25 dB	30
	Classe II – 30 dB	
	Classe III – 35 dB	
(valores expressos em função da classe de ruído)		

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 NBR 15.200:2004 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.

BIBLIOGRAFIA

Documentos da empresa GCS*

- 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.

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).

Normas de referência

- ABNT NBR 6.118:2014 Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento;
- ABNT NBR 15.200:2004 Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio;
- ABNT NBR 15.575-1:2013 Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais;
- ABNT NBR 15.575-4:2013 Edificações Habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos Para os Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas;
- 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.

***Créditos**

Este artigo baseia-se na avaliação técnica de desempenho do sistema "Painéis pré-moldados maciços de concreto armado para paredes", proposta pela empresa Global Concrete Solutions do Brasil Construções Ltda - GCS e conduzida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) conforme a Diretriz Sinat no 002 e 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 neste artigo.