

 <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 Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV</p> <p>Proponente MRV Engenharia e Participações S.A. Av. Francisco Matarazzo, nº 1500, Água Branca, São Paulo/SP, CEP 05001-100 Home page: www.mrv.com.br Telefone: (11) 3512-4500 e-mail: fabiano.boccardo@mrv.com.br</p>	 
<p>Emissão Fevereiro de 2018</p> <p>Validade Janeiro de 2020</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 14/12/17, a Comissão Nacional, em sua reunião de 24/01/18, resolveu conceder às “Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV” o Documento de Avaliação Técnica Nº 035. Esta decisão é restrita às condições de uso definidas para o produto, destinado à construção de edifícios de até 5 pavimentos e às condições expressas nesse Documento de Avaliação Técnica.</i></p>	<p>DATec Nº 035</p>

Limites da avaliação técnica das “Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV”:

- Para a avaliação do sistema construtivo, considerou-se como elementos inovadores as paredes de concreto com macrofibras de vidro – CRFV, moldadas no local. Entende-se como **CRFV**: material compósito, caracterizado por uma matriz cimentícia entremeada por macrofibras de vidro álcali resistentes, descontínuas e homoganeamente dispersas, com massa específica seca compreendida entre 2.000 kg/m³ e 2.800 kg/m³, de acordo com a ABNT NBR 8953;
- Os componentes e elementos convencionais devem atender às normas técnicas correspondentes, tendo sido analisados apenas no caso em que se observou interface com as paredes e influência no desempenho do sistema construtivo;
- A avaliação foi realizada considerando o emprego das paredes em edifícios multifamiliares de até cinco pavimentos;
- O desempenho térmico, em razão das características do sistema de paredes e de cobertura, atende ao critério mínimo estabelecido na Diretriz SINAT nº 001, revisão 03. No caso do desempenho higratérmico, uma análise do risco de condensação deve ser realizada para cada empreendimento, por meio de simulação computacional, conforme a referida Diretriz SINAT;
- As paredes entre unidades habitacionais atendem ao critério de desempenho acústico entre unidades somente nos casos em que não exista ambiente dormitório;
- As paredes entre unidades habitacionais e áreas comuns atendem ao critério de desempenho acústico somente nos casos em que não existam áreas de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas;
- A estanqueidade à água das interfaces entre paredes e esquadrias externas e entre paredes e pisos foi avaliada por meio de análise de projetos e visitas técnicas a obras em execução, considerando as paredes e suas interfaces com pisos e esquadrias;
- A avaliação da durabilidade das paredes de concreto compreendeu a avaliação da resistência das fibras de vidro ao ataque alcalino proporcionado pelos álcalis do cimento.

1. Descrição do produto

As paredes MRV de Concreto Reforçado com Fibras de Vidro – CRFV – são utilizadas para a construção de paredes estruturais, moldadas no local, de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. O sistema é composto por paredes estruturais maciças de concreto autoadensável, com macrofibra de vidro, com massa específica, aproximada, de 2.400 kg/m^3 e resistência característica à compressão $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, moldadas no local, com espessura de 100 mm. Além das macrofibras estruturais são adicionadas microfibras de polipropileno no concreto.

As macrofibras de vidro e as microfibras de polipropileno são lançadas na betoneira, após adição do aditivo superplastificante.

As fôrmas utilizadas na produção das paredes são de alumínio. As lajes de piso são maciças, em concreto armado com 100 mm de espessura, moldadas no local, concomitantemente à concretagem das paredes e são dimensionadas segundo a ABNT NBR 6118.

O ciclo de produção inicia-se com a montagem das fôrmas das paredes (Figura 1), prosseguindo com o posicionamento das armaduras construtivas convencionais das paredes ao redor dos vãos de portas e janelas (barras de aço), concomitante à montagem das fôrmas e das armaduras das lajes (Figura 2), finalizando com a concretagem das paredes e lajes. O concreto é lançado com bomba lança.

No dia seguinte à concretagem das paredes é feita a desenforma após a comprovação do resultado dos ensaios de resistência à compressão e tração na flexão e inicia-se um novo ciclo de produção.



Figura 1 – Montagem das fôrmas das paredes



Figura 2 – Montagem das fôrmas e armadura das lajes

1.1. Condições e limitações de uso

As paredes estruturais de 100 mm de espessura não podem ser total ou parcialmente demolidas. Qualquer modificação em paredes e lajes a ser executada pelo usuário, por exemplo, abertura de vãos de portas e rasgos para instalações hidráulicas e elétricas, deve ser previamente acordada com a MRV. O uso do sistema de paredes de CRFV tal qual descrito neste DATec está limitado às classes de agressividade ambiental I, II e III. Os cuidados na utilização constam do Manual Técnico de Uso e Manutenção (Manual de uso e operação do sistema de paredes), preparado pela MRV.

2. Diretriz para avaliação técnica

O IPT realizou a avaliação técnica de acordo com a Diretriz SiNAT N° 001 – “Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local (Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibra de Vidro)”, revisão 03, publicada em junho de 2017, e de acordo com a ABNT NBR 15575-4:2013.

3. Informações e dados técnicos

3.1 Especificações técnicas e detalhes construtivos

- a) **Paredes:** as paredes são estruturais, moldadas no local com CRFV, com espessura de 100 mm;
- b) **CRFV:** o Concreto Reforçado com macrofibra de Vidro, utilizado na produção das paredes, é autoadensável e tem as seguintes especificações:
 - Parâmetros de dosagem:
 - Relação a/c: $\leq 0,50$;
 - $D_{\text{máx}}$ agregado graúdo: 12,5 mm;
 - Dosagem de macrofibra de vidro estrutural: 6,0 kg/m³;
 - Dosagem de microfibra de polipropileno: 0,6 kg/m³;
 - No estado fresco:
 - Consistência por espalhamento: 600 \pm 50 mm, correspondente à Classe de espalhamento SF1 da ABNT NBR 15823;
 - No estado endurecido:
 - Resistência característica à compressão: $f_{ck} = 20$ MPa (para Classe de agressividade I), $f_{ck} = 25$ MPa (para Classe de agressividade II) e $f_{ck} = 30$ MPa (para Classe de agressividade III);
 - Resistência característica à tração na flexão: $f_{ctmk} = 4,2$ MPa;
 - Resistência à compressão na desforma: $f_{cm} \geq 3$ MPa;
 - Resistência à tração na flexão na desforma: $f_{ctm} \geq 1$ MPa;
 - Resistência residual à tração, para CMOD¹ = 0,5 mm: $f_{r1m} \geq 1,15$ MPa;
 - Resistência residual à tração, para CMOD = 2,5 mm: $f_{r3m} \geq 0,45$ MPa;
 - Massa específica: ≥ 2.200 kg/m³;
 - Absorção de água: $\leq 6,0$ %;
 - Índice de vazios: $\leq 13,0$ %.
- c) **Macrofibra de vidro estrutural:** conjunto de filamentos cortados apropriados para mistura em concretos de cimento Portland, e álcali resistente. As principais características são:
 - Comprimento nominal: 35 mm;
 - Largura: 0,39 \pm 0,07 mm;
 - Espessura: 0,29 \pm 0,03 mm;
 - Densidade linear (Título): 5241 \pm 686 dtex.
- d) **Microfibra sintética não estrutural:** a microfibra não estrutural empregada no CRFV é de polipropileno com comprimento nominal de 12 mm;
- e) **Aditivo superplastificante:** à base de policarboxilato, com consumo de 2 litros/m³;
- f) **Armaduras na parede:** são empregadas armaduras convencionais nas paredes apenas nas ligações destas com a fundação (barras de Ø8 mm x 750 mm a cada 400 mm, Ø10 mm x 1600 mm nas extremidades dos encontros entre paredes e Ø10 mm x 750 mm nas

¹ CMOD – *Crack Mouth Opening Displacement* – abertura da fissura no entalhe central da peça.

extremidades de algumas paredes especificadas em projeto) e nos contornos dos vãos de portas e janelas (duas barras de Ø8 mm);

- g) **Espaçadores:** nas barras de armadura empregadas nos arranques das fundações e nos vãos de portas e janelas são utilizados espaçadores plásticos circulares de 100 mm;
- h) **Lajes:** as lajes são maciças, convencionais de concreto armado, com espessura mínima de 100 mm, sendo que as armaduras devem ser dimensionadas conforme ABNT NBR 6118;
- i) **Ligação entre paredes e fundação:** as ligações das paredes com a fundação é feita por meio de barras de Ø8 mm x 750 mm a cada 400 mm. Há também barras de Ø10 mm x 1600 mm nas extremidades dos encontros entre paredes e Ø10 mm x 750 mm nas extremidades de algumas paredes especificadas em projeto;
- j) **Ligações entre paredes externas e lajes:** as ligações das paredes com as lajes, nas paredes externas, são feitas por meio de armaduras na forma de tela Q92, com malha de 150 mm x 150 mm e fios de 4,2 mm de diâmetro, dobradas em “L” com 300 mm x 310 mm (Figura 3);

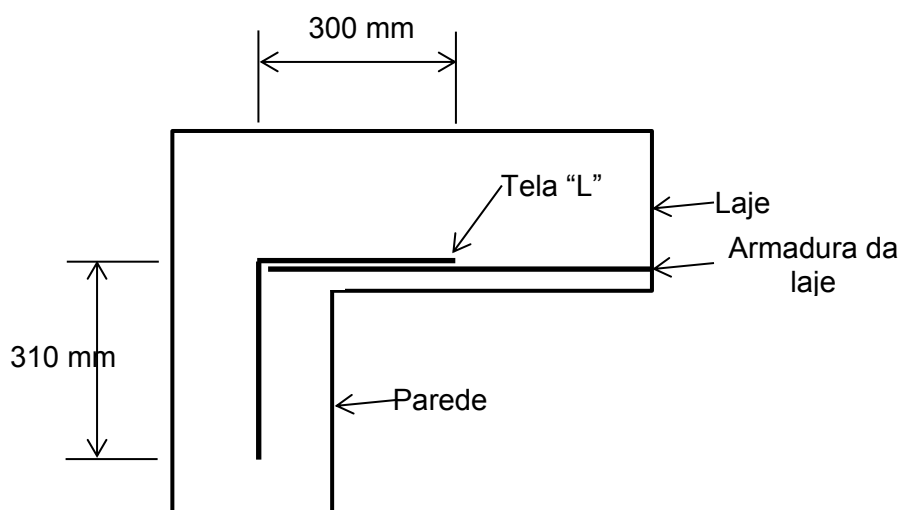


Figura 3 – Ligação entre paredes e laje (sem escala)

- k) **Juntas horizontais entre paredes e lajes:** as juntas horizontais entre as bases das paredes externas e as lajes recebem uma moldura de EPS revestida com material cimentício, fixada à parede com argamassa colante ACIII. Antes da aplicação da textura de acabamento, os encontros das molduras com as paredes de fachada recebem tratamento com tela de poliéster aplicada com resina acrílica, como ilustrado na Figura 4. Tal moldura apresenta na parte superior caimento no sentido externo da fachada, e pingadeira na parte inferior;

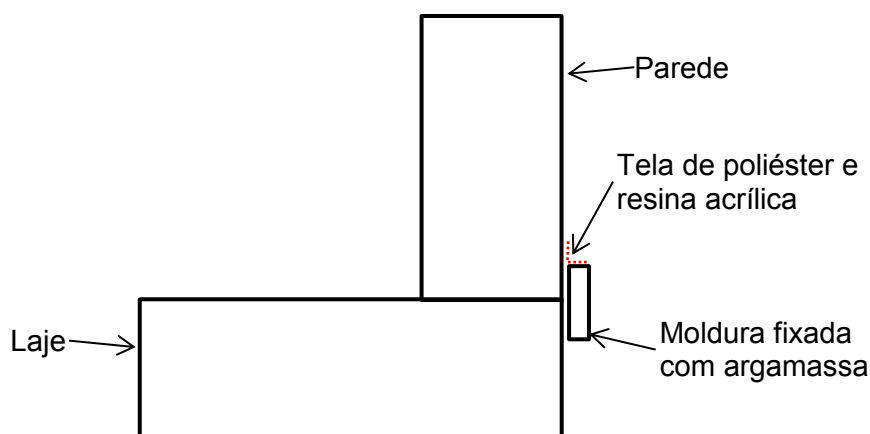


Figura 4 – Juntas horizontais entre paredes e laje (sem escala)

- l) **Interface entre paredes e instalações:** as instalações elétricas são embutidas nas paredes. Para tanto as caixas elétricas são fixadas às fôrmas por meio de parafusos antes da concretagem e os eletrodutos são fixados às caixas elétricas. Utilizam-se espaçadores plásticos para garantir o cobrimento dos eletrodutos. Os tubos de queda de esgoto e as prumadas de água são dispostas em *shafts*. Os sub-ramais de água fria são constituídos por tubos de PVC posicionados em forros falsos sob as lajes, ou por tubos PEX que passam em bainhas embutidas nas lajes. Em ambos os casos a alimentação dos pontos de utilização é feita a partir da laje de piso ou do espaço presente entre a face inferior da laje e o forro falso;
- m) **Interface entre paredes e esquadrias:** as janelas são fixadas lateralmente às paredes com buchas e parafusos. É feito preenchimento com argamassa colante ACIII e aplicação de silicone;
- n) **Revestimento e acabamento do painel da parede:** as paredes internas recebem pintura PVA nas áreas secas e placas cerâmicas nas áreas molháveis e molhadas, e as paredes de fachada são finalizadas com a aplicação de textura acrílica.

3.2 Procedimento de execução

A sequência de atividades para execução das paredes de CRFV da empresa MRV, apresentada a seguir, foi constatada nas visitas técnicas e na auditoria realizada na obra do empreendimento Condomínio Santa Júlia em Guarulhos–SP:

- a) Inicialmente é feita a limpeza e aplicação de desmoldante à base de óleo mineral nas fôrmas. Em seguida são montadas as fôrmas, com a colocação de “gravatas” envolvidas em capas plásticas, atuando como espaçadores que regulam a espessura das paredes (Figura 5);
- b) Utilizam-se espaçadores plásticos na base das paredes para manter o distanciamento entre as faces das fôrmas. As armaduras ao redor dos vãos de portas e janelas recebem espaçadores plásticos para garantir o cobrimento (Figura 6);



Figura 5 – Montagem das fôrmas e colocação das gravatas

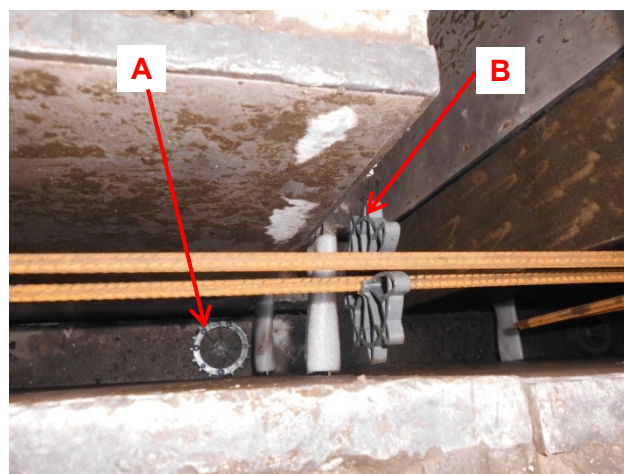


Figura 6 – Espaçador plástico na base da parede (A) e na armadura dos vãos (B)

- c) Concomitantemente à montagem das fôrmas é feita a colocação das caixas elétricas e eletrodutos. As caixas elétricas são fixadas às fôrmas com parafusos (Figura 7) e utilizam-se espaçadores plásticos para garantir o cobrimento dos eletrodutos (Figura 8);
- d) Após montagem das fôrmas das paredes, são montadas as fôrmas das lajes, seguindo-se colocação das armaduras e posicionamento dos eletrodutos e demais embutidos (Figura 9).

Depois das devidas conferências é feita a concretagem das paredes (Figura 10) e da laje do respectivo pavimento;

- e) No recebimento do concreto na obra é determinada sua consistência pelo ensaio de abatimento do tronco de cone. Caso esteja dentro da especificação é feita a adição do aditivo superplastificante e das fibras (lançadas manualmente na betoneira, em etapas de forma a não constituir grumos). O concreto é misturado por pelo menos 5 minutos na betoneira, procurando-se a máxima dispersão/homogeneização das fibras na massa, executando-se a seguir ensaio de espalhamento;



Figura 7 – Caixa elétrica fixada à fôrma com parafuso

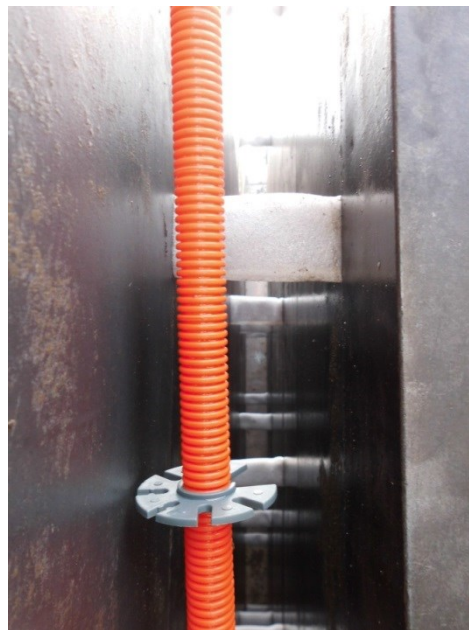


Figura 8 – Espaçador plástico fixado ao eletroduto



Figura 9 – Montagem da armadura da laje



Figura 10 – Concretagem das paredes

- f) No dia seguinte à concretagem é feita a desenforma, no mínimo, 12 horas depois do lançamento do concreto, e após ter sido comprovada, por meio de ensaios feitos no laboratório da obra, a resistência à compressão (f_{cm}) mínima de 3 MPa e a resistência à tração na flexão (f_{ctm}) mínima de 1 MPa;
- g) Após a desenforma das paredes o ciclo se reinicia.

4. Avaliação técnica

A avaliação técnica de desempenho foi conduzida considerando análise de projetos, ensaios laboratoriais, visitas técnicas em obra e demais avaliações que constam dos Relatórios Técnicos e de ensaios citados no item 6.2, à luz da Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03, da ABNT NBR 15.575-4:2013 e da Prática Recomendada: Projeto de Estruturas de Concreto Reforçado com Fibras, da ABECE/IBRACON.

4.1 Desempenho estrutural

O desempenho estrutural do sistema de paredes de CRFV foi avaliado a partir da análise de projeto e dos resultados de ensaio de resistência das paredes às cargas verticais.

4.1.1 Concepção de projeto das paredes de CRFV

Foi feita a análise do projeto enviado pelo proponente. Foram determinadas as tensões atuantes nas paredes, verificando-se que, para o projeto exemplo avaliado não há tensões de tração atuantes nas paredes em suas seções mais desfavoráveis, atendendo-se ao disposto na Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03.

As tensões resistentes à tração do CRFV especificadas foram as seguintes:

- a) Resistência característica a tração ($f_{ctM,k}$): 4,2 MPa;
- b) f_{R1m} (Resistência residual média para CMOD = 0,5 mm): $\geq 1,15$ MPa;
- c) f_{R3m} (Resistência residual média para CMOD = 2,5 mm): $\geq 0,45$ MPa.

O edifício exemplo utilizado na análise estrutural apresenta dimensões em planta de 25,42 m de comprimento, 18,35 m de largura e altura de 13 m até a laje de cobertura, dimensões estas que atendem à exigência da Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03 quanto à limitação da esbeltez global (λ_{global}) do edifício, com vistas a se evitar tensões de tração significativas nas paredes, de acordo com a equação (1).

$\lambda_{global} = 3,46 \cdot H_{tot}/L_x \leq 6$ $\lambda_{global} = 3,46 \cdot 13/18,35 \leq 6$ $\lambda_{global} = 2,45 \leq 6$	Equação (1)
---	--------------------

O projeto prevê ainda a utilização de armadura convencional de barras de aço nas seguintes situações:

- Ligação das paredes com a fundação: barras de Ø8 mm x 750 mm a cada 400 mm;
- Ligação das paredes externas com lajes de piso ou de cobertura: armaduras na forma de tela Q92, com malha de 150 mm x 150 mm e fios de 4,2 mm de diâmetro, dobradas em “L” com 300 mm x 310 mm;
- No contorno das aberturas: duas barras de Ø8 mm nos umbrais de portas e janelas e nas regiões de verga e contraverga;
- No encontro entre paredes na extremidade de paredes: barras de Ø10 mm x 1600 mm e Ø10 mm x 750 mm.

4.1.2 Resistência a cargas verticais

Foram feitos ensaios de compressão excêntrica para avaliar a resistência das paredes às cargas verticais, para o Estado Limite Último – ELU e para o Estado Limite de Serviço – ELS em função do eventual desenvolvimento de fissuras ou outras avarias. Na Tabela 1 apresenta-se uma síntese dos resultados desses ensaios, cujas paredes foram produzidas com concreto com resistência igual ou maior a 20 MPa, conforme comprovado por ensaio de caracterização feito em

laboratório do IPT. A resistência última de projeto (R_{ud}) e a resistência de serviço (R_{sd}) das paredes de CRFV foram obtidas com os resultados dos ensaios registrados na Tabela 1, aplicando-se as equações previstas na norma ABNT NBR 15575-2 com $\gamma_m = 2,0$ e $\xi = 1,5$.

Tomando-se a maior carga prevista no projeto exemplo analisado ($S_k = 70,0$ kN/m) foram calculadas a solicitação de projeto para o ELU ($S_{d,u}$, com $\gamma_f = 1,4 \cdot 1,3$) e para o ELS ($S_{d,s}$, com $\gamma_f = 1,3$), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 2. A partir desses resultados verificam-se comprovadas as condições de que $S_{d,u} \leq R_{ud}$ para o ELU, e $S_{d,s} \leq R_{sd}$ para o ELS.

Tabela 1 – Síntese dos resultados dos ensaios de compressão excêntrica

Corpo-de-prova ensaiado	Carga do primeiro dano (kN/m)	Carga máxima aplicada (kN/m) ⁽¹⁾	Relatório de ensaio
CP 1	500,0 ⁽²⁾	2.000,0	IPT nº 140 491-203
CP 2	1.750,0	2.000,0	
CP 3	750,0	2.000,0	

1) Os corpos de prova não sofreram ruptura para a carga máxima aplicada, de 2.000 kN/m;

2) Para efeito da obtenção da resistência de serviço foi considerado somente o menor valor da solicitação, de 500 kN/m.

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

R_{ud}	$S_{d,u}$	R_{sd}	$S_{d,s}$
700 kN/m	127,4 kN/m	350,0 kN/m	91,0 kN/m

Para cada empreendimento deve ser desenvolvido um projeto estrutural específico, demonstrando-se na respectiva memória de cálculo que as solicitações devidamente majoradas sejam inferiores à resistência última de projeto (R_{ud}) e à resistência de serviço (R_{sd}). Nos projetos, nas combinações de ELU deve-se evitar tensões de tração. Caso ocorram, essas tensões de tração devem ser combatidas com armaduras convencionais (de aço) convenientemente dispostas.

4.2 Estanqueidade à água

A estanqueidade à água foi verificada, por meio de análise de projeto, considerando-se as paredes internas em áreas molhadas e molháveis (sujeitas à ação da água de uso e lavagem dos ambientes) e as paredes externas, sujeitas à ação da água de chuva.

No caso do sistema construtivo em questão, o piso e as bases das paredes internas de áreas molhadas e molháveis, como banheiro, cozinha e lavanderia recebem uma membrana impermeável flexível de base acrílica reforçada com tela de poliéster até a altura de 200 mm acima do nível do piso.

Nas paredes do box de chuveiro aplica-se revestimento cerâmico até o teto, assentado com argamassa colante AC-II. Nas paredes da pia da cozinha, do lavatório do banheiro e do tanque aplica-se revestimento cerâmico até 1,20 m de altura, também assentado com argamassa colante AC-II. Assim, considera-se como satisfatório o comportamento das paredes com relação à estanqueidade à água de uso e lavagem.

A base das paredes externas recebe impermeabilização de base acrílica reforçada com tela de poliéster até a altura de 200 mm.

A fixação das janelas nas paredes é feita com parafusos e a fresta entre o marco e o vão é preenchida com argamassa ACII. Posteriormente, as juntas entre o marco e o vão são vedadas com selante à base de silicone.

A correta adoção dos detalhes construtivos acima indicados, a pintura das paredes de fachada com tinta acrílica em duas demãos, a correta execução das calçadas laterais à edificação, com caimento no sentido externo da fachada, e a correta execução do telhado que integra o projeto analisado conferem condições adequadas de estanqueidade à água da envoltória da edificação (cobertura e fachadas).

4.3 Desempenho higrotérmico

4.3.1 Desempenho térmico

Os edifícios habitacionais de até 05 pavimentos, com pé direito mínimo de 2,5 m, de piso a teto; com paredes de concreto de espessura mínima de 100 mm; espessura mínima das lajes de 100 mm (de forro ou de piso); telhado de telhas de fibrocimento (espessura mínima de 6 mm), ou telhas de concreto (espessura mínima de 11 mm) ou telhas cerâmicas; presença de ático entre a laje horizontal e o telhado (altura mínima de 500 mm); faces externas das paredes externas em cores de tonalidades médias ou claras, atendem ao critério de desempenho térmico mínimo para as zonas bioclimáticas Z1 a Z7; conforme consta na Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03.

A diretriz também contempla atendimento para a zona 8, no caso de uso de emprego de produto isolante térmico na cobertura, com resistência térmica mínima de $0,67 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Isso poderá ser uma opção.

4.3.2 Período de condensação

Foi feita uma avaliação do risco de condensação de vapor d'água nas paredes internas por meio de simulação, utilizando-se o programa *EnergyPlus* e verificou-se que, para os dormitórios, o número de horas em que há risco de condensação em um período de um ano, para a zona bioclimática 3 atende ao critério da Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03, ou seja, para as paredes dos dormitórios, o número de horas em que há risco de condensação em um período de um ano não é 20% maior que aquele de referência de uma parede de alvenaria de blocos cerâmicos de 140 mm de espessura com revestimento de argamassa de 20 mm de espessura em ambas as faces no mesmo período.

Para o caso da sala o número de horas em que há risco de condensação em um período de um ano, para a zona bioclimática 3 é maior do que o estabelecido no critério da Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03, sendo necessário um aumento do período de ventilação de oito para doze horas.

Entretanto, é necessário fazer uma análise do risco de condensação para cada empreendimento.

4.4 Desempenho acústico

O índice de redução sonora ponderado da parede, estimado, considerando ensaio em laboratório, para uma parede de 100 mm de concreto, com massa específica $\geq 2.200 \text{ kg/m}^3$, é da ordem de $R_w = 47 \text{ dB}$.

Adicionalmente, como forma de demonstrar o potencial de atendimento à ABNT NBR 15575-4, foram feitas medições de campo da isolação a ruídos aéreos de fachada, obtendo-se $D_{2m,nT,w} = 27 \text{ dB}$. Esse resultado é válido para paredes de concreto moldado in loco, com as seguintes características:

- Espessura de 100 mm, com 1,5 mm de textura acrílica na face externa e 2 mm de massa corrida na face interna;

- Janela de alumínio, tipo de correr, de 1200 mm x 1200 mm, com 3 folhas: uma veneziana cega, uma veneziana ventilada e uma folha de vidro liso de 3 mm de espessura;
- Interface janela e parede preenchida com argamassa colante ACIII e aplicação de silicone.

O produto, portanto, oferece condições potenciais para que sejam atendidos os critérios da ABNT NBR 15575-4 pela edificação, exceto no caso de duas situações específicas: paredes entre unidades habitacionais, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório e parede cega entre unidades habitacionais e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas.

4.5 Durabilidade e manutenibilidade

A análise da durabilidade das paredes de CRFV compreendeu:

- a) A avaliação da resistência da fibra de vidro ao ataque alcalino provocado pelos álcalis do cimento;
- b) A análise do cobrimento das armaduras, da classe do concreto, consumo mínimo de cimento e relação a/c.

Para essa avaliação foram feitos ensaios das propriedades, tanto da fibra isoladamente quanto do concreto produzido com as fibras.

Foram feitos ensaios de resistência à tração da fibra de vidro e de resistência à flexão de placas de CRFV produzidas com as fibras, antes e após o ataque alcalino, que foi acelerado submetendo-se os corpos de prova a uma solução alcalina.

4.5.1 Avaliação da resistência da fibra de vidro ao ataque alcalino

Uma amostra da fibra de vidro foi submetida à exposição em solução alcalina (Ca(OH)_2 , NaOH e KOH) por um período de 24 horas à temperatura de 60° C, de acordo com a norma DIN EN 13496 – “*Thermal insulation products for building applications – Determination of the mechanical properties of glass fibre meshes as reinforcement for ETICS*”.

Uma segunda amostra da fibra de vidro foi submetida à exposição em solução de 3 íons (Na^+ , K^+ e Ca^{2+}) por um período de 28 dias, de acordo com as diretrizes do CSTB 3208 – “*Treillis textiles pour enduits de façade*”.

As reduções da resistência à tração das fibras após o ataque alcalino, tanto para a exposição por 24 horas quanto para a exposição aos 28 dias, atenderam ao critério especificado na Diretriz SINAT nº 001, revisão 03.

Foram moldadas 20 placas de CRFV com 700 mm de comprimento, 150 mm de largura e 40 mm de espessura. Todas as placas foram submetidas a um período de cura inicial de 28 dias em câmara úmida. Após esse período 10 placas foram expostas a uma solução alcalina de hidróxido de cálcio, com pH entre 13 e 14, a uma temperatura entre 60°C e 65°C, por um período de 28 dias, segundo o procedimento da norma ASTM C 1560-03 “*Standard test method for hot water accelerated aging of glass-fiber reinforced cement-based composites*”, enquanto as outras 10 placas foram mantidas em ambiente de laboratório.

Após o período de exposição de 28 dias em solução alcalina as placas foram submetidas à ruptura por flexão seguindo-se as prescrições da norma ASTM C 947-03 “*Standard test method for flexural properties of thin-section glass-fiber-reinforced concrete*”.

A partir das cargas de ruptura e das dimensões das placas calculou-se a resistência última à flexão (F_u) conforme a equação (2) a seguir, indicada pela norma ASTM C 947-03.

$$F_u = \frac{P_u L}{bd^2} \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo: F_u = resistência última à flexão, em MPa;

P_u = carga de ruptura, em N;

L = vão entre os apoios, em mm;

b = largura da placa, em mm;

d = espessura da placa, em mm.

A partir dos resultados obtidos foi feita análise de variância e verificou-se não haver diferenças significativas entre as resistências à flexão das placas antes e após a exposição aos álcalis, atendendo ao critério especificado na Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03.

4.5.2 Análise do cobrimento das armaduras e da classe de concreto

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 concretos empregados nas paredes de CRFV enquadram-se nas classes de concreto C20, C25 e C30, e considerou-se a sua utilização em locais correspondentes às classes I, II e III de agressividade ambiental respectivamente.

Segundo a ABNT NBR 6118, considerando-se $\Delta c = 10$ mm (Δc = tolerância de execução para o cobrimento), obtêm-se os seguintes cobrimentos nominais (c_{nom}) para concreto C20 e C25 e relação água/cimento $\leq 0,50$:

- Para Classe I de agressividade ambiental: $c_{nom} = 25$ mm;
- Para Classe II de agressividade ambiental: $c_{nom} = 30$ mm;
- Para Classe III de agressividade ambiental: $c_{nom} = 40$ mm.

Assim, analisando-se a espessura das paredes, os diâmetros das barras de ligação das paredes com os elementos de fundação, os espaçadores plásticos utilizados e o consumo mínimo de cimento (260 kg/m^3 para C20, 280 kg/m^3 para C25 e 320 kg/m^3 para C30), conclui-se que o cobrimento das armaduras de ligação das paredes com a fundação e com as lajes atendem às exigências, para as Classe I, Classe II e Classe III de agressividade ambiental, uma vez que os espaçadores plásticos utilizados (DPC100) permitem a centralização das barras da armadura e proporcionam cobrimento de 43 mm.

4.6 Segurança ao fogo

As paredes externas, internas e de geminação são 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.

Foi feito ensaio de resistência ao fogo da parede de CRFV submetida a uma carga axial de 70 kN/m (carga de serviço sem majoração) e apresentou resistência ao fogo, no grau corta-fogo, de 30 minutos.

Conclui-se, portanto, que as paredes de CRFV atendem às exigências da Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03 quanto à segurança ao fogo.

5. Controle da qualidade

Foi feita auditoria técnica em obra executada com as paredes de CRFV para verificar se o controle da qualidade do processo de produção estava sendo aplicado conforme a Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03. 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 e/ou pelas empresas licenciadas para sua utilização.

- Controle do CRFV: são feitos ensaios de verificação da consistência e da resistência à compressão e à tração na flexão do concreto na idade de desforma e aos 28 dias. Para cada caminhão betoneira são moldados 6 corpos de prova cilíndricos ($\varnothing 100 \times 200$ mm) para determinação da resistência à compressão e 4 corpos de prova prismáticos ($100 \times 100 \times 400$ mm) para determinação da resistência à tração na flexão, conforme a Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03, sendo:

- Resistência à compressão: 2 CPs a 12 horas, 2 CPs aos 14 dias e 2 CPs aos 28 dias;
- Resistência à tração na flexão: 2 CPs a 12 horas, e 2 CPs aos 28 dias.
- Controle da resistência mecânica e da resistência aos álcalis das fibras de vidro, mediante controle da qualidade de cada lote de produção, a ser exercida pelo fornecedor das fibras;
- Controle da qualidade das etapas de execução (ligação das paredes com a fundação, limpeza, alinhamento, travamento e controle geométrico das fôrmas; posicionamento e cobrimento das armaduras localizadas em vãos e extremidades de paredes; lançamento do concreto e desenforma; acabamentos e interfaces com esquadrias e demais componentes);
- Controle de recebimento das paredes após desenforma (tolerâncias dimensionais, aparência, e eventual correção de falhas superficiais por meio de estucamento ou outro processo aplicável).

Os controles são baseados em documentos técnicos que preveem controle da qualidade dos projetos, do recebimento de materiais, da execução e recebimento das paredes. 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 do material aplicado na obra auditada. Cem por cento dos lotes de concreto entregues na obra são verificados quanto à consistência, resistência à compressão e resistência à tração na flexão, nas idades: de desenforma com 12 horas e 28 dias. Esse controle é feito por laboratório instalado na própria obra.

Durante o período de validade deste DATec serão realizadas auditorias técnicas a cada 6 (seis) meses para verificação dos controles realizados pela MRV no processo de produção e no produto final, incluindo a 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 do empreendimento Conjunto Residencial Santa Julia, em Guarulhos-SP;
- Fichas do sistema de controle do processo produtivo das paredes;
- 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 151 322-205 – Verificação do risco de ocorrência de condensação de vapor d'água em paredes internas de concreto em apartamento na cidade de São Paulo (Outubro, 2017);

- Relatório Técnico IPT nº 150 261-205 – Auditoria técnica inicial na produção do sistema da MRV, constituído de paredes maciças de Concreto Reforçado com Fibras de Vidro (CRFV), moldadas no local, para edifícios de até cinco pavimentos (Maio, 2017);
- Relatório Técnico IPT nº 148 379-205 – Avaliação da resistência da fibra de vidro (“macro fibra álcali-resistente”) ao ataque alcalino (Outubro, 2016);
- Relatório Técnico IPT nº 137 233-205 – Análise dos resultados de ensaios de desempenho estrutural e resistência ao fogo de painéis maciços, pré-moldados, de concreto com fibra de vidro (Setembro, 2014);
- Relatório Técnico IPT nº 140 491-205 – Ensaios de compressão excêntrica de painéis de parede maciços pré-fabricados de concreto com fibra de vidro (Setembro, 2014);
- Relatório Técnico de Avaliação IFBQ Nº 004/2012 – Sistema construtivo paredes de concreto moldadas no local (Outubro, 2012);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 062 493-203 – Verificação da resistência ao fogo em parede com função estrutural (Setembro, 2014);
- Relatório de Ensaio IPT nº 1 062 500-203 – Ensaios físicos e mecânicos em concreto (Agosto, 2014);
- Relatório Técnico Harmonia Acústica 15-372 D- EFA – Avaliação normalizada para ensaio de campo do isolamento de ruído aéreo em fachadas. Empreendimento “Santa Teresa – Guarulhos/SP”.

6.3 Referências normativas

- ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento;
- ABNT NBR 15200 – Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio;
- ABNT NBR 15575-1 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 15575-4 – Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;
- ABNT NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e procedimentos;
- DIRETRIZ SINAT Nº 001 – “Diretriz para Avaliação Técnica de paredes estruturais de concreto moldadas no local (Concreto Leve ou Concreto Reforçado com Fibras de Vidro)”, Revisão 03, publicada em junho de 2017.

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, **MRV Engenharia e Participações S.A.**, 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 a Diretriz SiNAT nº 001, revisão 03;
- 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;

O Proponente, **MRV Engenharia e Participações S.A.**, compromete-se a:

- a) Manter o produto “*Paredes moldadas no local de Concreto Reforçado com Fibra de Vidro – CRFV*”, 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, 24 de janeiro de 2018