

Sistemas Construtivos Inovadores no Contexto do SiNAT: Normativas, Produção e Aplicações de Painéis de Vedação

7

**Mena Cristina Marcolino Mendes
Márcio Minto Fabricio
César Imai**

1. Introdução

Este capítulo apresenta os produtos e processos avaliados pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Sistemas Inovadores e Convencionais (SiNAT), que no contexto nacional suprema as lacunas de normalização técnica. O SiNAT oferece suporte à operacionalização dos processos construtivos empregados na construção civil brasileira que não possuem normas técnicas, estimulando o desenvolvimento tecnológico e reduzindo os riscos envolvidos na inovação (BRASIL, 2017).

No contexto do SiNAT, tecnologia inovadora é aquela que não dispõe de uma norma técnica nacional em vigor. Assim, além de sistemas e produtos originais, sistemas utilizados internacionalmente, ou mesmo nacionalmente, sem suporte normativo, são classificados como inovadores.

Idealmente, as novas tecnologias empregadas na produção de habitação visam reduzir custos, aumentar a produtividade e controlar a qualidade do processo e do produto, caracterizando sistemas construtivos com maior grau de industrialização. A maior quantidade de sistemas construtivos pré-fabricados homologados no SiNAT pode representar uma maior variedade de opções que viabilizam diferentes práticas construtivas no país.

No Brasil, as inovações ainda são consideradas incipientes, focadas principalmente na obtenção do lucro, em detrimento da qualidade. A falta de normas e a necessidade de comprovação da adequabilidade dificulta o processo de aprovação e obtenção de recursos (FERREIRA et al., 2012). Para Slaughter (2010), os benefícios trazidos pelas inovações devem ser mais amplos, contemplando o desempenho e a viabilidade técnica de soluções mais produtivas.

A especificidade da construção civil e a necessidade de cumprimento de regras e normas exigem certos procedimentos para a implementação de inovações, o que favorece a adoção de inovações incrementais, além de ciclos de implementação e difusão de inovações, geralmente longos. A dependência de fornecedores, a diversidade dos agentes envolvidos e o afastamento relativo das universidades e centros de pesquisas tornam ainda mais complexa a gestão, implementação e difusão de inovações, principalmente radicais (FLORIANE; BEUREN; HEIN, 2010, p. 698).

As premissas do SiNAT buscam a redução dos riscos inerentes às inovações e a garantia de desempenho e de vida útil dos produtos. Além disso, recentemente, passou-se a considerar os requisitos presentes na NBR 15575 (ABNT, 2013). Neste contexto, o SiNAT ganha importância nacional e avalia previamente os produtos antes da sua entrada no mercado por meio de ensaios laboratoriais, garantindo assim o desempenho mínimo e a segurança dos usuários. A NBR 15575 (ABNT, 2013) é uma das principais referências empregadas e fornece parâmetros para as avaliações que podem ser realizadas pelas Instituições Técnicas Avaliadoras (ITA's), a fim de analisar desde a segurança estrutural até a operação, o uso e a manutenção de edificações, entre outros requisitos de desempenho.

Define-se desempenho como o comportamento em uso do produto que deve cumprir sua função durante a vida útil de projeto, quando exposto às ações ou influências do meio (GONÇALVES et al., 2003).

Este capítulo sistematiza as Diretrizes de Avaliação Técnica publicadas pelo SiNAT e os respectivos Documentos de Avaliação Técnica (DATec) homologados para diferentes processos ou produtos empregados em habitações, tais como as paredes e painéis de vedação de concreto armado moldadas in loco, os painéis pré-fabricados de concreto e mistos, os sistemas

leves de perfis de madeira maciça ou aço dobrados a frio e os painéis de concreto com fôrmas incorporadas (PVC).

Os produtos homologados pelo SiNAT têm sido aplicados na execução de paredes e painéis de vedação em escala significativa e derivada de processo industrializado, sobretudo em empreendimentos de interesse social financiados pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) do Governo Federal, a partir do ano de 2010, quando o primeiro DATec foi homologado.

Para Sabattini (1989 *apud* ABDI, 2015), o processo industrializado depende de ações organizacionais, inovações tecnológicas, planejamento e controle, tendo como finalidade o incremento da produtividade, do nível de produção e o aprimoramento do desempenho da construção.

A industrialização representa o mais elevado estágio de racionalização dos processos construtivos e, independente da origem de seu material, está associada à produção dos componentes em ambiente industrial e, posteriormente, montados em canteiro de obras, assemelhando-se às montadoras de veículos, possibilitando melhores condições de controle e adoção de novas tecnologias (ABDI, 2015, p. 33).

Os sistemas industrializados ou pré-fabricados podem ser de dois tipos: o primeiro são denominados de sistemas leves para vedações (peso não superior a 60 kgf/m²) com aplicações em compartimentações internas, tendo surgido no Brasil a partir de 1970, em decorrência da tecnologia *drywall*; o segundo tipo são os sistemas destinados às estruturas e aos fechamentos com função estrutural ou de vedação, em sua maioria, de concreto armado e de concreto protendido, com função estrutural e/ou vedação, surgidos no Brasil a partir da instalação da indústria de cimento e da criação de normas de concreto (ABDI, 2015, p. 26).

O presente capítulo apresenta duas partes. A primeira trata da caracterização dos painéis e paredes de vedação empregados em habitações térreas ou assobradadas, isoladas ou geminadas e, em casos específicos, os que possuem homologação para edifícios multifamiliares. Nessa parte, conceitua-se o tipo de sistema não convencional de acordo com a sua função estrutural, os seus materiais, componentes e sua interface com os sistemas convencionais que são objeto da avaliação técnica do SiNAT. São apresentadas as indicações e restrições de uso conforme as Diretrizes de cada tipologia, as sugestões para

consulta a outros documentos e as premissas de projeto necessárias para o correto emprego do sistema.

Busca-se neste estudo caracterizar os sistemas construtivos inovadores homologados pelo SiNAT, de forma a contextualizar os capítulos seguintes que discutem incrementos nos métodos de avaliação para o sistema SiNAT.

A caracterização dos sistemas construtivos tomará como base as Diretrizes do SiNAT (BRASIL, 2017) e as normas brasileiras (NBR 16055 (ABNT, 2012) e a NBR 16475 (ABNT, 2017) em dois casos existentes.

Na segunda parte deste capítulo, são apresentadas três aplicações de tecnologias, em forma de estudos de caso, desenvolvidos por meio de visitas técnicas às fábricas de produção de componentes e da verificação do nível de industrialização destas unidades, além de visitas à empreendimentos construídos com a tecnologia e da análise de documentos e projetos dos sistemas.

O primeiro caso descreve os sistemas pré-fabricados mistos, o segundo caso apresenta paredes estruturais formadas por painéis de PVC e concreto e o último apresenta painéis estruturais de vedação em peças leves de madeira maciça e fechamento em chapa. As tecnologias apresentadas são a parede pré-fabricada mista com nervura de concreto e preenchimento de blocos cerâmicos, a parede maciça em concreto com formas incorporadas de PVC e os perfis leves (madeira).

Apresentam-se, nos três casos, as empresas ou unidade de produção, uma obra em execução e um empreendimento habitacional em uso:

- as visitas às empresas foram realizadas para caracterização do processo de produção e do nível de industrialização empregado fora do canteiro;
- as visitas às obras em execução, para caracterização dos procedimentos e detalhes construtivos e do nível de racionalização empregado em canteiro;
- as vistorias aos empreendimentos habitacionais foram realizadas para a avaliação de desempenho em uso. A fase de uso proporciona oportunidades de verificar os benefícios esperados pelas inovações e, por meio das avaliações, pode proporcionar possíveis mudanças na própria inovação (SLAUGHTER, 2010).

2. Diretrizes de Avaliação Técnica dos Sistemas Construtivos para Paredes e Painéis de Vedação

Um sistema construtivo inovador (não convencional), para ser homologado pelo SiNAT, deve passar pelas seguintes etapas: pertencer

a um dos tipos de Diretrizes de Avaliação Técnica do SiNAT, ser avaliado por uma Instituição Técnica Avaliadora – ITA, e atender aos requisitos de desempenho nas avaliações e ensaios prescritos. Após cumprir as principais etapas de avaliação, será emitido o DATec para o sistema, contendo o prazo de validade, as descrições dos componentes, dos procedimentos do processo de fabricação/execução/montagem e das condições de uso, todos avaliados para garantir o desempenho da edificação. O processo de tramitação da homologação está descrito em detalhes no capítulo 2 do volume um da coletânea *Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras: manutenção e percepção dos usuários*, disponível no link: <http://dx.doi.org/10.4322/978-85-89478-42-7-02>.

Atualmente há no Brasil doze Diretrizes de Avaliação Técnica e vinte DATec's disponíveis para consulta no link: <http://app.cidades.gov.br/catalogo/src/paginas/catalogoInovador.php>. A Diretriz com o maior número de DATec's é a que trata de painéis pré-moldados de concreto ou misto, treze, seguida por aquelas que se referem aos sistemas de paredes de concreto moldadas *in loco*, oito, os sistemas em perfis leves de aço quatro e os perfis leves em madeira, um.

2.1. Sistemas de Vedação de Painéis Maciço de Concreto (Moldados *in loco*)

Os sistemas construtivos para paredes de concreto moldadas no local tiveram uma Diretriz de Avaliação e duas revisões (**Diretriz n. 001 rev. 02**) no ano de 2011 e atualmente possuem oito DATec's, todas vencidas (BRASIL, 2017). Esses sistemas se diferenciam pelo tipo de fôrma e de concreto empregados. A principal característica de tal sistema é o emprego em paredes ou lajes de concreto armado, cuja técnica é a moldagem no local com fôrmas removíveis. Essa tecnologia tem sido aplicada em casas térreas, sobrados unifamiliares e edifícios multifamiliares. De acordo com essa Diretriz, a moldagem das paredes deve prever os vãos de portas, janelas e tubulações ou eletrodutos de pequeno porte, quando consideradas no projeto. Em relação ao sistema de dutos elétricos, a Diretriz recomenda que, para a decisão de embutir as instalações, deve-se considerar as exigências de manutenção. O documento possui, entretanto, algumas lacunas quanto às restrições de uso e exclui das avaliações os sistemas convencionais (exceto suas interfaces com a fundação, instalações elétricas, hidráulicas e cobertura),

os sistemas de paredes pré-fabricados, as construções em concreto armado com formas incorporadas, paredes curvas, muros de arrimo e reservatórios, deixando a cargo das empresas proponentes as formulações das restrições de uso e do desempenho térmico das coberturas. Por outro lado, tal Diretriz contempla os requisitos de desempenho que as paredes e painéis devem atender de acordo com a norma de desempenho brasileira NBR 15575 (ABNT, 2013).

Atualmente, a Diretriz n. 001, para avaliação de paredes moldadas in loco, encontra-se em revisão e a tecnologia possui, desde o ano de 2012, uma norma brasileira, a NBR 16055 – Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Essa norma apresenta os requisitos de qualidade da estrutura, de qualidade do projeto, os requisitos para a execução de paredes, as premissas básicas para o dimensionamento das paredes de concreto, os princípios gerais de dimensionamento e os requisitos gerais para a execução (ABNT, 2012).

Entre as limitações de uso, a NBR 16055 (ABNT, 2012) apresenta a restrição da abertura de vãos nas paredes, porém não menciona sobre o desempenho das interfaces com outros subsistemas convencionais, como é requerido pela Diretriz n. 01 do SiNAT. A NBR 16055 (ABNT, 2012) supre lacunas sobre os aspectos de projeto e da execução, mas não trata dos requisitos de desempenho.

Os sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas por painéis de PVC preenchidos com concreto (**Diretriz n. 004**), datada do ano de 2010, possui apenas um DATec (atualmente vencido). Essa Diretriz define o sistema, como paredes internas e externas estruturais, em que as fôrmas de PVC (espessura mínima de 1,7 mm) são acopladas entre si por meio de encaixe nas laterais e ficam incorporadas à parede, tendo a função de revestimento e acabamento. As paredes possuem armaduras verticais e horizontais. As paredes são ancoradas na fundação. O concreto empregado é o autoadensável e não necessita de vibração. Os revestimentos aplicados sobre os perfis de PVC não possuem critérios para avaliação. A Diretriz não menciona as restrições no uso e, quando houver, devem ser especificadas no DATec. O referido sistema está destinado a unidades térreas, assobradadas, isoladas e geminadas unifamiliares. A espessura das paredes deve ser definida de acordo com o desempenho estrutural e as instalações projetadas. Para a aplicação em paredes os perfis de PVC devem ter as cores claras. As interfaces

dos subsistemas convencionais com os inovadores (paredes e pisos internos e externos, paredes e esquadrias e paredes e instalações) devem ser consideradas nas avaliações.

2.2. Sistemas de Vedação de Painéis Misto (Pré-Fabricados)

Os sistemas de painéis pré-moldados de concreto ou mistos para o emprego em edifícios habitacionais seguem a **Diretriz n. 002 Rev. 02**, datada do ano de 2012. Tais sistemas possuem o maior número de DATec's (treze), válidas atualmente. Também se diferenciam pelo tipo de material de enchimento, se maciços ou preenchidos com blocos cerâmicos. Essa Diretriz define o sistema como painéis estruturais e/ou não estruturais com seções maciças, alveolares ou misto (nervuras de concreto e materiais de preenchimento), em paredes estruturais ou somente vedação (sem função estrutural) de casas térreas, unidades isoladas ou geminadas e em edifícios habitacionais. A norma, no entanto, possui lacunas quanto às restrições de uso e menciona que os DATec's devem determinar as restrições de uso e demais questões, como a concepção estrutural, os materiais, os tipos de fôrmas, as instalações da pré-moldagem, o tipo de cura e os equipamentos empregados. Ademais, não trata das interfaces com os sistemas convencionais, que são remetidas aos detalhamentos dos projetos, aos procedimentos de execução, entre outros. Cabe a empresa proponente apresentar as soluções técnicas concernentes aos aspectos das interfaces quando homologados os DATec's. Salienta-se que o papel da mencionada Diretriz é oferecer as informações de desempenho das paredes e painéis de vedação, tipos de avaliações para cada situação e os ensaios.

Os sistemas de vedação de painéis pré-fabricados possuem uma norma brasileira, a NBR 16475: Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e procedimentos que passou a vigorar no ano de 2017 (ABNT, 2017), que estabelece os requisitos e procedimentos de projeto, produção e montagem. Essa norma não se aplica a painel com dimensão maior que 12 m, painéis sem armaduras, painéis curvos, muros de arrimo, reservatórios e elementos de fundação (ABNT, 2017). A norma NBR 15575 (ABNT, 2013), por sua vez, é uma das referências normativas para atendimento dos requisitos de durabilidade e vida útil de projeto citadas pela NBR 16475 (ABNT, 2017). Os tipos de painéis contemplados pela norma se diferenciam

pela seção transversal, pela utilização (uso), pela função de acabamento e pela função estrutural. A NBR 16475 (ABNT, 2017) trata dos requisitos de qualidade da estrutura, qualidade do projeto estrutural, durabilidade, propriedades dos materiais, segurança estrutural e estado limite, instalações embutidas, dimensionamento dos painéis, métodos de produção, transporte, controle da execução e inspeção e documentação técnica (projeto estrutural, produção, montagem, uso e ocupação). Essa norma supre lacunas de normalização do projeto estrutural, da execução e da montagem. Para atendimento da durabilidade das paredes, a norma recomenda respeitar os requisitos de estanqueidade dos painéis, das juntas entre painéis, das juntas entre painéis e esquadrias (no controle da montagem), sendo a última uma questão de interface. As interfaces com outros subsistemas convencionais não são consideradas pela supracitada norma. A documentação técnica de uso e a operação requerida na norma compõem o conteúdo do manual do proprietário, que deve conter especificações técnicas da estrutura, materiais empregados, carregamentos admissíveis, prazos para manutenção da estrutura e das juntas, orientações para inspeção da estrutura e proibição de remoção total ou parcial das paredes. Por meio do manual do proprietário, são estabelecidas as condições e restrições de uso do referido sistema construtivo.

2.3. Sistemas de Vedação e Painéis Estruturados em Perfis Leves em Aço ou Madeira (Montagem a Seco)

Os sistemas construtivos em painéis estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas) seguem a **Diretriz n. N. 003 Rev. 02**, datada do ano de 2012, e possuem o total de 04 DATec's, sendo apenas uma referente às vedações verticais (em validade), denominada *Light Steel Frame*. Os demais DATec's dessa Diretriz são de componentes para o sistema de revestimento como o *siding* vinílico ou as chapas de OSB revestidas com placas cimentícias. Tal documento estabelece como objeto de avaliação técnica a estrutura, as paredes (externa e interna), os entrepisos, a cobertura, as escadas e os guarda-corpos, formadas pelos componentes: quadros estruturais, componentes de fechamento e de contraventamento, isolantes térmicos, materiais absorventes acústicos, barreiras impermeáveis, produtos para impermeabilização, sistemas de fixação (parafusos e chumbadores), juntas entre as chapas de vedação, revestimento ou acabamento e as subcoberturas. A avaliação técnica para o sistema em questão pode considerar até três subsistemas (parede, entrepiso e cobertura) ou apenas

dois ou mesmo um, dependendo do DATec. Esse sistema não é recomendado para áreas de agressividade ambiental elevada (marinha e industrial). Outras restrições de uso não são apresentadas nessa Diretriz, e portanto devem ser especificadas no DATec pela empresa proponente. A empresa proponente é responsável pelas soluções técnicas e detalhamentos específicos, visando evitar o contato dos perfis metálicos e dos fechamentos com a umidade.

Os sistemas construtivos em peças leves de madeira maciça serrada e com fechamentos em chapa, denominado Sistema leve *Light Wood Framing*, seguem a **Diretriz N. 005 Rev. 02**, datada do ano de 2011, possuem apenas um DATec válido, denominado sistema de vedação vertical leve em madeira. A referida Diretriz se aplica à construção de unidades habitacionais familiares térreas, sobrados, isolados ou geminados, e também edifícios multifamiliares de até 04 pavimentos (térreo + 3 pavimentos). Refere-se às paredes estruturais ou paredes de vedação (externas e internas), lajes de piso (entrepisos) e sistema de cobertura (lajes e cobertura), exceto o telhamento que é considerado um sistema convencional. As paredes são compostas por quadro estrutural, componente de fechamento interno, componente de fechamento externo, componente de contraventamento, isolante térmico, barreira impermeável a água e ao vapor, barreira impermeável à água e permeável ao vapor, produto impermeável, elemento de fixação, juntas, revestimento e acabamento. Os pisos são constituídos por peças de madeira estrutural, componente da face superior do entrepiso com função estrutural, elementos de fixação, forro, isolante térmico, contrapiso (argamassa), revestimento ou acabamento. O sistema de cobertura é formado por peças leves de madeira serrada da estrutura do telhado, elemento de fixação e forro (não inclui telhamento). Essa Diretriz não se aplica isoladamente aos subsistemas convencionais (fundações, esquadrias, telhamento, instalações hidráulicas, elétricas e outros), mas requer a previsão das interfaces com os subsistemas convencionais (fundação, esquadria, instalações hidráulicas e elétricas) com paredes, entre paredes ou entre piso e paredes e as instalações devem ser objetos de avaliação técnica. Outras restrições de uso são remetidas ao DATec da empresa proponente. As peças de madeira estruturais e as chapas de compensados devem passar por tratamentos químicos específicos autorizados e certificados. A citada Diretriz também remete aos projetos a necessidade de detalhes específicos, visando impedir o contato das peças de madeira com a umidade da água da chuva, de percolação do solo, uso e lavagem de ambientes e condensação de vapor de água nos ambientes. Os detalhes de

projetos que devem ser previstos e enumerados pelo documento são: adoção de telhado com beiral em todo o perímetro (projeção mínima de 60 cm), sendo necessária, para edifícios multifamiliares, a adoção de cobertura com beirais e calhas com condutores verticais; a utilização de pingadeiras nos peitoris das janelas; a execução de calçadas de no mínimo 1,0 m a mais que a projeção da cobertura (prever inclinação mínima de 1%); a adoção de cota inferior a calçadas de 150 mm em relação às cotas das paredes de fachada; o emprego de piso acabado do box com cota inferior a 15 mm em relação à cota do banheiro; o uso de manta ou membrana de impermeabilização com altura mínima de 200 mm de cada lado do quadro estrutural; a adoção de barreiras impermeáveis à água e ao vapor na face interna dos banheiros com chuveiro; a utilização de sistema de ventilação eficiente; a adoção de barreiras impermeáveis à água e permeável ao vapor, posicionadas na face externa de fachada; o uso de mantas de impermeabilização em ralos e em paredes das instalações, como lavatório acima de 200 mm do equipamento (a partir do piso); a aplicação de chapas de gesso em áreas molhadas e molháveis resistentes à umidade com uso de sistemas de impermeabilização. Para o caso de edifícios multifamiliares, essa Diretriz estabelece restrições específicas.

Para o caso dos sistemas de perfis leves (madeira e aço), ainda não há normas brasileira específica para projeto, execução e montagem, sendo, portanto, sistemas considerados não convencionais.

2.4. Diretrizes de Avaliação Técnica para Sistemas sem Função Estrutural

Há quatro Diretrizes para sistemas sem função estrutural, que são: alvenaria não estrutural em bloco de gesso (Diretriz n. 08 Rev. 01); vedação externa sem função estrutural; multicamadas, formado por perfis de aço zincado e fechamento em chapas delgadas com revestimento de argamassa (fachada leve em *Steel Frame* sem função estrutural) (Diretriz n. 09 Rev. 01). Existe apenas um DATec para as vedações internas não-estruturais de bloco de gesso (vencido).

Alguns componentes não convencionais possuem Diretriz de Avaliação com apenas um DATec, como é o caso da argamassa decorativa e das telhas de PVC.

O levantamento das Diretrizes de avaliação técnica e seus DATEc's mostrou um número significativo de documentos atualmente vencidos, cuja

validade foi de aproximadamente dois anos. Esses sistemas foram avaliados e tiveram suas aplicações principalmente em empreendimentos habitacionais.

3. Produção e Aplicação dos Sistemas Construtivos não Convencionais

Neste item, apresenta-se a aplicação das três tipologias de sistemas em três fases diferentes: a unidade de pré-fabricação ou indústria, uma obra em execução e um conjunto habitacional na fase de uso.

3.1. Parede Integrada por Painéis Pré-Moldado Misto (Diretriz N. 002 – Revisão 02 / DATec 08A)

Os painéis pré-moldados misto de concreto e blocos cerâmicos permitem a construção horizontal de paredes portantes com estrutura de concreto e fechamento de blocos e posterior montagem vertical em canteiro. Depois de pronto, o sistema se assemelha ao método tradicional de construção residencial brasileira. Esse sistema também guarda semelhança com as propostas do Arquiteto Joan Villà para Residência estudantil da Unicamp, desenvolvidas pelo laboratório de Habitação da Unicamp, Campinas, no período 1986 até 1999 (MONTANER; MUXÍ, 2013), embora apresente projetos e estrutura produtiva bastantes diversos.

A unidade de fabricação dos painéis pré-moldados mistos foi instalada em um município do interior do Estado de São Paulo, para atender a construção de um empreendimento habitacional do PMCMV. A visita à fábrica foi realizada no mês de janeiro do ano de 2016 e apresenta os seguintes setores: produção dos painéis com montagem dos gabaritos metálicos para os painéis de paredes e lajes; setor de montagem das armaduras; setor de concretagem; setor de acabamento; setor de cura dos painéis e armazenamento/expedição. A pista para produção e armação dos gabaritos possui piso de concreto nivelado (Figura 1b). Os gabaritos metálicos para os painéis de vedação com ou sem vãos são produzidos conforme o projeto. Na etapa posterior à montagem dos gabaritos, são inseridos os blocos cerâmicos, elementos de vedação, sendo posicionados conforme a modulação demarcada nos gabaritos. Após essa etapa, as armaduras das nervuras são posicionadas e concretadas e as juntas dos blocos preenchidas. Também há gabarito metálico para execução da laje maciça de concreto pré-moldada e o posicionamento

das armaduras com os espaçadores e a previsão de passagem para as instalações elétricas embutidas na laje. O concreto é fabricado no próprio local e as baias para armazenamento dos insumos estão em área coberta. A unidade de pré-fabricação dos painéis não possui cobertura, e a produção dos painéis, bem como as armaduras, estão expostas às intempéries. Os painéis são transportados até a obra de destino com o acabamento das faces/ revestimento argamassado (reboco) finalizado, com as instalações elétricas e hidrossanitárias embutidas e também com as esquadrias. A unidade de pré-fabricação permite a produção de vários tipos de painéis, como paredes e lajes.

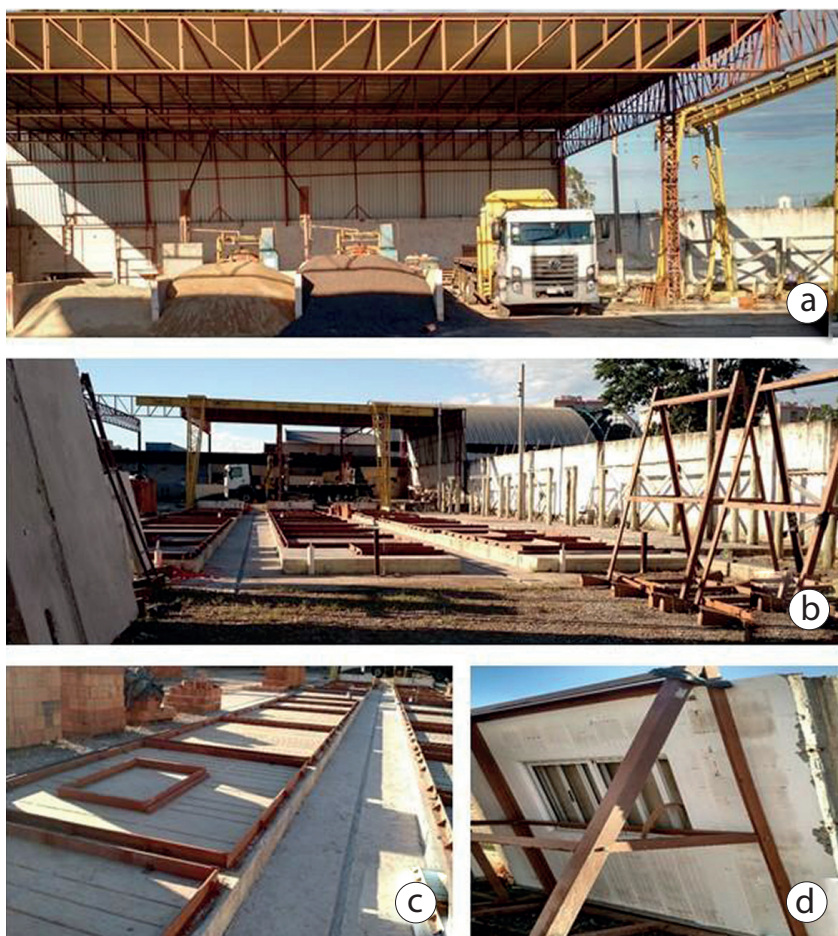


Figura 1. Unidade de fabricação de painéis pré-moldados mistos: (a) central de dosagem de concreto; (b) vista geral da pista de pré-fabricação; (c) gabarito metálico para painel com vão; (d) painel acabado com esquadria. Fonte: Autores (2016).

Ao concentrar a produção dos painéis em uma central, é possível ampliar a escala e implementar uma estrutura fabril, viabilizando a utilização de equipamentos, como ponte rolantes, pista de pré-fabricação, fôrmas metálicas, central de dosagem de concreto, etc. Com isso, busca-se ampliar a produtividade e especializar o trabalho necessário para produção dos painéis, além de ampliar o controle tecnológico sobre o processo produtivo.

Os painéis industrializados são de pequeno porte e podem facilmente ser transportados para obra por um caminhão com guincho, que pode auxiliar o posicionamento dos painéis, para serem solidarizados em obra, configurando a residência. Na fábrica, a ponte rolante é um equipamento de grande porte que auxilia a movimentação dos painéis ao longo da pista. Os painéis deste sistema são transportados e posicionados na obra com o auxílio de caminhão guindauto (tipo “munk”).

A obra em execução, visitada no mês de janeiro do ano de 2016, foi financiada pela Caixa Econômica Federal para o PMCMV do Governo Federal (Figura 2) e localiza-se no interior do Estado de São Paulo. O prazo de execução previsto para a obra compreendeu o período de dezembro de 2014 a outubro de 2015. As unidades habitacionais são térreas isoladas (Figura 2b) e possuem 54,00 m² de área construída com sala/cozinha, dois quartos, banheiro social e lavanderia. As fases da obra que estavam sendo executadas durante a visita eram de acabamento e de execução da infraestrutura do conjunto habitacional (Figura 2a). O conjunto habitacional é cercado por muros. As divisas dos lotes possuem muros baixos e os frontais não pertencem ao projeto. O painel de vedação chega pronto à obra para a montagem do sistema. E verificou-se que o canteiro de obra é limpo e sem entulhos.



Figura 2. Conjunto habitacional em execução com painéis pré-moldados mistos. (a) Vista frontal das fachadas; (b) Tipologia da unidade padrão. Fonte: Autores (2016).

O conjunto habitacional na fase de uso, visitado no mês de junho do ano de 2015 e janeiro do ano de 2016, localiza-se no interior do Estado de São Paulo. Esse empreendimento possui 336 casas financiadas pelo PMCMV (Figura 3a). Conforme a Diretriz desse sistema, as questões das interfaces foram detalhadas no DATec e foram objeto de avaliação técnica. A tipologia da habitação é isolada térrea, com cobertura de telhas cerâmicas e beirais sem calha.



Figura 3. Conjunto habitacional em uso. (a) Vista do conjunto; (b) Vista da unidade habitacional. Fonte: Autores (2016).

O referido conjunto habitacional é objeto da aplicação dos instrumentos avaliativos do desempenho em uso para o caso da tecnologia, que são apresentados nos capítulos oito a dez deste livro.

3.2. Parede Estrutural Constituída de Painéis de PVC Preenchida com Concreto (Diretriz N. 004 – Revisão 02 / DATec 17)

O sistema constituído por painéis estruturais de PVC para vedações portantes tem origem no Canadá em um processo de industrialização da construção. O sistema caracteriza-se por ser modular, composto por painéis verticais que se encaixam e é adaptável a qualquer tipo de layout. A leveza dos perfis permite o transporte manual dentro da fábrica e do canteiro, dispensando equipamentos específicos para o transporte e a montagem do sistema. O maior capital investido é na fábrica em tecnologia dos equipamentos para a produção/extrusão do PVC e a manufatura dos perfis modulares. No canteiro, as técnicas são convencionais, desde a montagem manual das fôrmas até o lançamento do concreto autoadensável com bomba estacionária.

A visita à unidade de fabricação dos painéis de PVC foi realizada em junho de 2016. A fábrica está instalada em um galpão industrial no Estado de Santa Catarina. Os setores são delimitados em área de produção, montagem dos painéis, reaproveitamento de resíduos, montagem dos kits hidráulicos e expedição. No setor de reciclagem, são reaproveitados os recortes de PVC para a produção de peças sem função estrutural (diferenciadas pela cor do PVC). Os equipamentos que produzem os perfis de PVC são importados e há equipamentos próprios para os cortes dos furos dos perfis, para a passagem das instalações, armaduras e encaixes (Figura 4a). Os perfis produzidos são modulados em dimensões de 20 cm e, após montados, os painéis possuem dimensão de 80 cm (Figura 4b). Essa modulação está de acordo com o projeto da unidade a ser produzida. A indústria possui um laboratório para ensaios e verificação da resistência dos perfis produzidos (Figura 4c). Na fábrica, monta-se os kits hidráulicos e realiza-se o embutimento das instalações que são acopladas aos painéis na obra (Figura 4d). Os perfis de PVC ou os painéis montados chegam prontos na obra para a montagem e concretagem in loco.

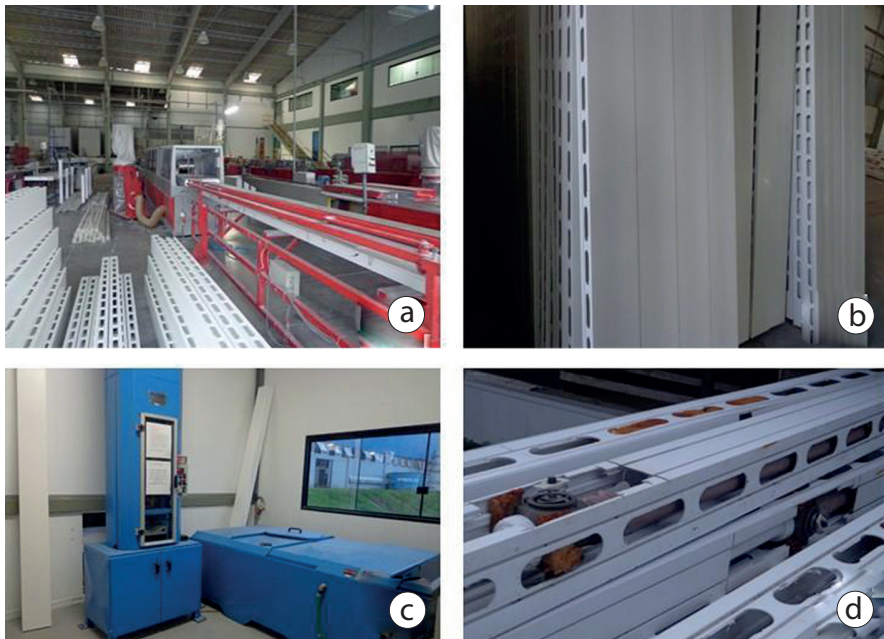


Figura 4. Industrialização dos painéis de PVC. (a) Máquinas para produção e corte dos perfis de PVC; (b) Painéis montados e modulados de PVC; (c) Sala de ensaios; (d) Kit hidráulico embutido no perfil de PVC. Fonte: Autores (2016).

A indústria de perfis de PVC possui um rigoroso controle tecnológico referente à manufatura do produto, que é o principal componente da fábrica, e ainda todo o resíduo do processo é reaproveitado/reciclado e transformado em componentes sem função estrutural, o que garante menor impacto ambiental pela redução dos resíduos gerados.

Os equipamentos e as máquinas envolvidas na produção do PVC são de grande porte e fabricam os diferentes perfis com os detalhes conforme a modulação detalhada para os encaixes e formação do painel. Posteriormente, os furos das faces do perfil são realizados para o encaixe e a passagem das tubulações. Pelo porte dos equipamentos e a rapidez na confecção dos perfis, é possível que a empresa produza conforme a demanda e em série. Toda a produção do PVC e dos perfis são controlados por meio de amostras coletadas para os ensaios. Esse ensaio é realizado pela empresa e sua importância está em garantir a resistência das peças que formarão as vedações autoportantes. O processo produtivo requer pouca mão de obra em fábrica e no canteiro.

A Figura 5 mostra o protótipo da casa construída com o sistema de painéis em PVC e concreto, no local onde ocorreram os ensaios e as avaliações pelo Instituto Tecnológico responsável pela emissão do DATec. Uma das principais vantagens desse sistema é que a fôrma fica incorporada à parede, reduzindo os custos com fôrmas e resíduos, e em habitação dispensa os revestimentos argamassados, cerâmicos e pintura, reduzindo os custos com acabamento.



Figura 5 – Protótipo – Casa em concreto-PVC. Fonte: Autores (2016).

A obra foi visitada em junho de 2016 e estava na fase de execução dos painéis em PVC. A obra foi financiada pela Caixa Econômica Federal por intermédio do Programa Pró-Moradia/PAC (Programa Aceleração do Crescimento) do Governo Federal e da Companhia de Habitação Popular (COHAB) no Estado do Paraná (Figura 6). O prazo de execução dessa obra compreendeu o período de outubro de 2015 a julho de 2016. O projeto do empreendimento possui 66 unidades habitacionais assobradadas geminadas (Figura 6d). O programa da casa contempla sala/cozinha, banheiro, dois quartos e lavanderia externa. A obra encontrava-se em três fases distintas: execução da fundação/radier, montagem dos painéis do primeiro pavimento e montagem dos painéis do segundo pavimento. Nas fases de montagem e concretagem dos painéis do primeiro e segundo pavimento, observou-se a presença dos escoramentos e andaimes (Figura 6a,d). As lajes são pré-fabricadas, preenchidas com blocos cerâmicos e concretadas no local e apoiadas diretamente sobre as paredes portantes (Figura 6b). No interior dos perfis de PVC, observou-se a passagem das armaduras para a execução de vergas e contravergas dos vãos das janelas. Após a cura da laje piso, a terceira fase contempla a montagem do segundo pavimento com os painéis de PVC. Para a obra em questão, o concreto não foi preparado in loco. O canteiro de obras foi considerado limpo e livre de entulhos e resíduos de construção, embora a infraestrutura ainda estivesse em execução.

O conjunto habitacional em uso foi visitado em junho de 2016 e verificou-se in loco o sistema de paredes estruturais formadas por perfis de PVC com preenchimento em concreto. O conjunto habitacional localiza-se no Estado de Santa Catarina. As moradias desse conjunto atenderam aos desabrigados das enchentes no Estado no ano de 2008, a partir de uma parceria público e privada. Essa tecnologia foi aplicada em 24 casas. As moradias são casas térreas isoladas no lote e possuem sala/cozinha, banheiro, dois quartos e lavanderia externa com área total de 36,00 m². O sistema construtivo possui interfaces com os sistemas complementares, como a fundação, instalações embutidas, esquadrias e cobertura (Figura 6a). A cobertura em telhas cerâmicas possui beiral sem calha. Nesse caso, não foi executada calçada no entorno da casa. Conforme a Diretriz desse sistema, as questões das interfaces foram detalhadas no DATec e são objeto de avaliação técnica.

Na Figura 6b, verificou-se um princípio de incêndio sem propagação do fogo, assim como prescrito na Diretriz de Avaliação e DATec do sistema.



Figura 6. Conjunto habitacional em execução de painéis de PVC e concreto. (a) Montagem do primeiro pavimento; (b) laje pré-fabricada; (c) detalhe do interior dos perfis e passagem de armaduras; (d) Montagem do segundo pavimento. Fonte: Autores (2016).



Figura 7. Conjunto habitacional em uso. (a) Vista da unidade habitacional; (b) Painel de PVC e princípio de incêndio sem propagação do fogo. Fonte: Autores (2016).

3.3. Painéis em Peças Leves de Madeira Maciça Serrada com Fechamento em Chapa (Diretriz N. 005 – Revisão 02 / DATec 20)

Os sistemas construtivos *wood frame* com montantes de madeira e fechamentos em madeira ou placas de gesso acartonado são largamente empregados no mundo e constitui a principal alternativa construtiva de residências na América do Norte (Canadá e Estados Unidos). O sistema construtivo abordado neste item guarda semelhança com a montagem de estruturas de residências em *wood frame* empregada nesses países.

No caso analisado, os painéis em peças leves de madeira serrada estruturais e fechamento externo em chapa de madeira estrutural são produzidos em uma unidade de fabricação no Estado do Paraná. Os setores da fábrica foram visitados em agosto de 2016 e estão delimitados conforme as etapas do processo: armazenamento das peças serradas e chapas estruturais e de revestimento, corte das peças maciças e chapas (Figura 8a,b), tombamento mecânico do painel para o chapeamento (Figura 8c), instalações, revestimento e acabamento/impermeabilização. A indústria possui um setor de controle de qualidade das peças maciças em madeira e dos componentes pré-fabricados, como compensados e placas de revestimentos. Os equipamentos de montagem são próprios para os cortes dos furos nas peças maciças (para passagem de instalações) e para a movimentação dos painéis pré-montados. Os painéis produzidos são estruturais e modulados conforme o projeto. O sistema permite o embutimento das instalações e o fechamento das faces do painel na fábrica. Os painéis de vedação chegam estruturados na obra para montagem final do sistema. A Figura 8d demonstra as camadas constituintes do sistema construtivo, da estrutura ao acabamento.

A setorização da fábrica dos painéis estruturados em peças de madeira está organizada de forma a atender o processo altamente mecanizado com equipamentos próprios para a produção, transporte e montagem, rigidamente locados no layout da fábrica. A empresa destaca-se pela automatização da linha de produção industrial: corte das peças de madeira, montagem dos quadros estruturais, chapeamento das faces com emprego de pouca mão de obra na fábrica. Embora os perfis de madeira maciças sejam leves após a montagem os painéis estruturados, necessitam de equipamentos para transporte dentro da fábrica e também no canteiro para a montagem, como caminhão guindauto, ponte rolantes ou guias.

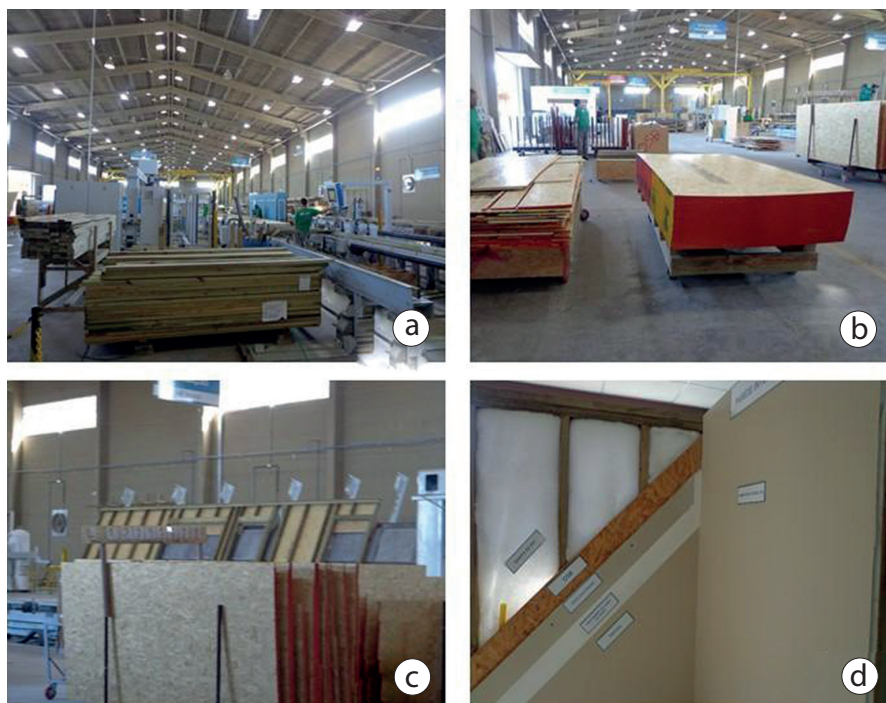


Figura 8. Fabricação dos painéis estruturados em peças leves de madeira (a) Perfis de madeira maciça serrada e tratada; (b) Chapas estrutural para fechamentos; (c) Corte das chapas e fechamento dos painéis; (d) Camadas dos painéis e isolamentos. Fonte: Autores (2016).

O sistema *wood frame* representa um avanço para a construção brasileira, tendo atingido dezenas de milhares de metros quadrados de área construída no Brasil. Deste valor, foram contratados pelo PMCMV e entregues mais de 500 unidades de habitação de interesse social (ABDI, 2015, p. 184). Atualmente a empresa atingiu 100 mil m² de área construída.

A obra em *wood frame* foi visitada em agosto do ano de 2016 e trata-se de uma edificação de múltiplos pavimentos. As fases encontradas na obra foram: acabamento externo com placas cimentícias (Figura 9a), chapeamento interno e instalações (Figura 9b), cobertura, instalações e forro (Figura 9c). A estrutura da cobertura é em perfis de madeira maciça serrada e fechamento em chapas de OSB com telhas cerâmicas. A Figura 9d representa parte dos tratamentos das áreas molhadas: um banheiro com fechamento interno em placa de gesso acartonado resistente à umidade, com impermeabilização para posterior revestimentos cerâmicos.

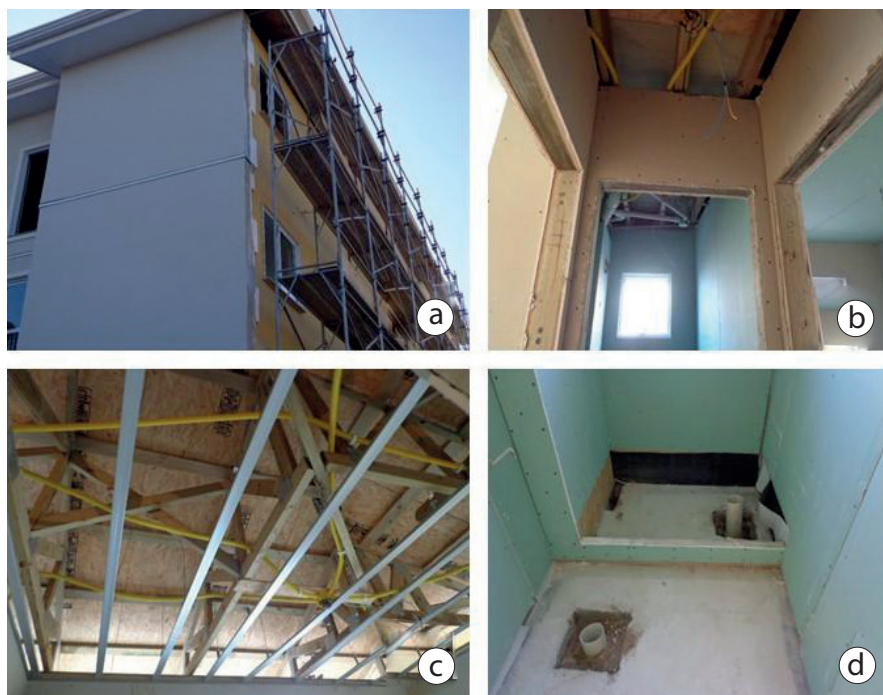


Figura 9. Edifício habitacional em execução em painéis estruturados em peças leves de madeira maciça serrada (a) Acabamento da fachada; (b) Vão das portas e chapeamento interno; (c) Estrutura da cobertura, forro e instalações; (d) Tratamento das áreas molhadas. Fonte: Autores (2016).

O conjunto habitacional em uso em sistema de painéis leves em madeira foi visitado em agosto e setembro do ano de 2016 e localiza-se em Curitiba-PR no Estado do Paraná. O conjunto foi financiado pelo PMCMV do Governo Federal em parceria com a Companhia de Habitação de Curitiba (COHAB-CT).

O conjunto possui 66 casas térreas geminadas com área total de 54,00 m². (Figura 10a). O programa da casa contempla sala/cozinha, banheiro, dois quartos e lavanderia externa. O sistema possui interfaces com sistemas convencionais, fundação, instalações embutidas, esquadrias e cobertura (Figura 10b). A cobertura com telhas cerâmicas possui beiral sem calha.

Assim como nos demais casos anteriores, as questões das interfaces dos sistemas foram detalhadas no DATec e foram objeto de avaliação técnica.



Figura 10. Conjunto habitacional em uso. (a) Vista das unidades habitacionais geminadas; (b) detalhe da fachada, cobertura/beiral e painel/esquadrias. Fonte: Autores (2016).

4. Considerações

A execução dos painéis e paredes de vedação ocorrem em unidades de pré-moldagem ou galpão industrial com equipamentos nacionais ou importados de grande porte ou com o emprego de técnicas construtivas convencionais, adaptadas ao ambiente fabril. Os sistemas disponíveis no sistema SiNAT e no mercado se diferenciam pelo grau de industrialização na fabricação, execução e na montagem. Em geral, as indústrias que produzem os sistemas construtivos não convencionais homologados pelo SiNAT possuem um controle tecnológico, e a gestão da qualidade subordina as construtoras, mediante o monitoramento das fases construtivas e da produção em canteiro, por meio de procedimentos detalhados no DATec para a correta aplicação do sistema em campo.

As unidades fabris podem garantir uma produção em série, rapidez na execução, menores custos, redução do desperdício de materiais e outras vantagens associadas à industrialização ou à pré-fabricação dos componentes da construção. O controle tecnológico rigoroso da manufatura dos componentes associado ao detalhamento dos procedimentos executivos detalhados no DATec garantem o desempenho do produto, a segurança aos usuários e confiabilidade à cadeia produtiva. Os impactos ambientais, podem ser minimizados pela redução ou eliminação de água na fabricação e/ou montagem e na redução de resíduos no canteiro. A redução da quantidade

de mão de obra na fábrica foi verificada pela mecanização do processo de fabricação e no canteiro pela montagem com uso de equipamentos.

Os painéis do sistema pré-moldado misto e os de peças de madeira são transportado e posicionado com o auxílio de caminhão guindauto (tipo “munk”) ou outro equipamentos de movimentação de cargas, enquanto os painéis de PVC, caracterizados pela leveza do material, podem ser movimentados e posicionados manualmente, sem o auxílio de equipamentos, o que facilita a execução do trabalho diante das dificuldades de acesso e transporte ao local da montagem. Como o caso do sistema de painéis em PVC, a produção na fábrica ocorre com maior grau de industrialização e controle de qualidade dos perfis e, no canteiro, apresenta técnicas convencionais como a moldagem in loco dos painéis e lajes. O sistema de painéis estruturais com peças leves em madeira maciça serrada apresenta alto grau de industrialização na fábrica, maior controle de qualidade das peças e componentes utilizados e, no canteiro, a montagem é a seco.

O aprimoramento das tecnologias construtivas, a pré-fabricação e a industrialização de componentes é de fato vantajosa à construção dos conjuntos habitacionais que requerem rapidez para atender a demanda e redução de custos, em aplicações habitacionais diversas.

Dentro os sistemas, os de perfis leves em madeira são os que mais possuem restrições e detalhes de projeto sugeridos na Diretriz de Avaliação a serem especificadas no DATec. Portanto, esse sistema exige maior aprimoramento nos detalhes do projeto e cuidados relativos à fabricação e montagem.

Todas a diretrizes apresentadas trazem a necessidade de avaliação das interfaces dos sistemas inovadores com os convencionais, deixando a empresa proponente, ao DATec a responsabilidade sobre os detalhamentos e especificações. As Diretrizes excluem os sistemas convencionais das avaliações (fundações, instalações embutidas, esquadrias e telhamento). As coberturas são consideradas sistemas inovadores apenas para os sistemas em perfis leves em madeira e aço (sistemas de parede, entrepiso e cobertura). As esquadrias são classificadas pelas diretrizes como sistemas convencionais, cuja interface com o sistema inovador deve ser objeto de avaliação técnica para a homologação do DATec. Para este caso, as condições de estanqueidade é uma situação que pode ser verificada na avaliação de desempenho na fase de uso.

As questões relativas ao desempenho dos sistemas não foram abordadas, pois parte-se do pressuposto que os ensaios técnicos atendem ao prescrito nos documentos técnicos. Recomenda-se que as restrições de uso e as interfaces entre sistemas, quando determinadas pelas Diretrizes ou propostas pelos DATec's, sejam verificadas na fase de uso do empreendimento.

Embora o SiNAT possa ser aprimorado, os DATec's emitidos para os sistemas construtivos não convencionais garantem que o produto inovador atenda aos requisitos mínimos de desempenho, e que por introduzir aspectos normativos específicos contribuirá para a normatização futura do produto e difusão de novos sistemas construtivos no mercado, sendo comum os DATec's servirem de base para o desenvolvimento de normas específicas para o produto que passam a ser considerado um sistema construtivo normalizado.

Neste contexto, a construção civil brasileira pode receber com maior segurança os incrementos e as melhorias do processo industrializado, que potencialmente têm como vantagens a redução do tempo de fabricação e da montagem em série, o detalhamento do projeto e das suas interfaces, melhor controle sobre o planejamento e a execução da obra, resultando na durabilidade do sistema construtivo e no atendimento dos requisitos de desempenho, principalmente no tocante aos aspectos de avaliação laboratorial.

Como veremos nos próximos capítulos, é possível pensar um aprimoramento ao SiNAT de forma a observar, também, o desempenho em uso e a consideração da percepção dos usuários para a melhoria dos sistemas construtivos e da produção habitacional brasileira.

Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da construção industrializada.** Conceitos e Etapas. Volume 1: Estrutura e vedação. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16055:** Parede de concreto moldadas no local para a construção de edificações – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575:** Edificações habitacionais. Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16475:** Painéis de parede de concreto pré-moldado – Requisitos e Procedimentos. Rio de Janeiro. 2017.

BRASIL. **Ministério das cidades**. Sistema Nacional de Avaliação Técnica. Disponível em: http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php. Acesso em: abr. 2017.

FERREIRA, J.S.W. et al. **Produzir casas ou construir cidades?** Desafios para um novo Brasil urbano. Parâmetros de projeto para a implementação de projetos habitacionais e urbanos. LABHAB; FUPAM, 2012.

FLORIANE, R.; BEUREN, I.M.; HEIN, N. Análise comparativa da evidenciação de aspectos de inovações em empresas construtoras e multisetoriais. **JISTEM Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**, v. 7, n. 3, 2010, p. 693-712.

GONÇALVES, O.M. et al. Normas técnicas para a avaliação de sistemas construtivos inovadores para a habitação. **Coletânea Habitare ANTAC**, v. 3. Normalização e Certificação na Construção Habitacional. Porto Alegre, 2003.

MONTANER, J.M.; MUXÍ, Z. **Residência estudantil da Unicamp**. Joan Villà, construções para a sociedade. Projetos, São Paulo, ano 13, n. 154.02, Vitruvius, out. 2013. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos/13.154/4895>>.

SLAUGHTER, E.S. **Implementation of construction innovations**, Building research & Information. 2010.

