DESEMPENHO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES PARA HABITAÇÕES NO BRASIL

CAMPOS, Stefanie Almeida[1]; BERTINI, Alexandre Araújo[2]

(1) Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, stefaniealmeidac@gmail.com;

(2) Professor, Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, bertini@ufc.br

Resumo: *O conforto do usuário na habitação é relacionado diretamente ao desempenho dos sistemas construtivos utilizados na construção, sendo necessário o estudo de novos sistemas construtivos visando uma melhoria do desempenho das edificações, com foco no incentivo à inovação no setor da construção civil e a utilização de novas tecnologias. Devido a isso, este trabalho tem como objetivo expor uma revisão da literatura acerca dos principais sistemas inovadores para habitações que podem ser encontrados no Brasil. O estudo traz características técnicas e econômicas, relacionadas ao desempenho e produtividade dos sistemas de painéis pré-fabricados de concreto e alvenaria, paredes de concreto moldadas no local, steel frame e wood frame para a comparação da utilização de sistemas inovadores com os sistemas tradicionais de alvenaria e alvenaria estrutural. Como resultados, observa-se o atendimento de todos os sistemas expostos às normas de desempenho, concluindo-se que podem ser utilizados na execução de edificações habitacionais, a depender da viabilidade econômico-financeira para cada região do país.*

Palavras-chave: *Sistema construtivo. Pré-fabricado. Desempenho. Habitações.*

Área do Conhecimento: *Engenharia Civil, Construção Civil, Processos construtivos, Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos.*

1 INTRODUÇÃO

O desempenho de uma edificação é definido como o seu comportamento em uso ao longo de sua vida útil (ABNT, 2013), porém pesquisas demonstram que existe uma diferença notável entre o desempenho da edificação previsto na fase de projeto e o desempenho medido durante o seu funcionamento. Essa defasagem do desempenho pode ser notada na eficiência energética, na qualidade do ar interno, no desempenho térmico, desempenho acústico, lumínico, entre outros (WILDE, 2014). Quanto à eficiência energética, a energia utilizada em edificações é da ordem de 2,5 vezes o uso de energia previsto (MENEZES et al., 2012).

Para a redução do consumo de energia, deve-se haver uma melhoria nos projetos arquitetônicos, bem como uma melhor definição dos sistemas construtivos utilizados, pois os usuários representam um papel crítico no consumo de energia das edificações, mas os principais responsáveis são engenheiros e arquitetos responsáveis pela definição do projeto (JANDA, 2011). No Brasil, junto com o lançamento das normas técnicas de desempenho, o poder público atuou para o desenvolvimento e melhoria dos sistemas construtivos brasileiros. Em parceria com entidades privadas, foi criado o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) para gerar maior incentivo à inovação. Agentes do setor privado mobilizaram-se para a inclusão de sistemas inovadores dentro dos seus processos construtivos e a comunidade acadêmica e órgãos públicos participaram ativamente do processo de aprovação dos sistemas, possibilitando o uso de novos sistemas construtivos tendo como base o seu desempenho técnico (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Devido a isso, este trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura acerca do desempenho dos principais sistemas construtivos que podem substituir os sistemas tradicionais utilizados em habitações no Brasil. No decorrer da pesquisa, serão apresentados aspectos técnicos e econômicos de painéis pré-fabricados de alvenaria e de concreto, paredes de concreto moldadas no local, steel frame e wood frame. O procedimento

metodológico utilizado para a elaboração deste estudo foi uma revisão da literatura.

Para a definição dos sistemas construtivos apresentados, foram analisados os Documentos de Avaliação Técnica (DATec) emitidos por instituições técnicas avaliadoras dentro do PBQP-H. O DATec é um documento de prazo de validade definido que atesta o atendimento de um produto ou sistema à norma de desempenho ABNT NBT 15575. Dentre os sistemas construtivos para vedação que possuíam DATec, foram encontradas paredes de bloco de gesso, paredes de concreto moldadas no local e diferentes painéis pré-fabricados. Foram selecionados os aplicáveis a edifícios habitacionais para serem comparados aos sistemas tradicionalmente utilizados, formando o conjunto de alternativas apresentado a seguir. A coleta de dados foi feita por pesquisa bibliográfica em periódicos de relevância internacional e pesquisa documental nos DATECs disponíveis no Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT).

2 REVISÃO DA LITERATURA DO DESEMPENHO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS INOVADORES

A utilização do tijolo cerâmico como vedação de construções data desde o início da revolução industrial no séc. XIX, por isso é chamada de alvenaria tradicional. Esse material é um dos mais típicos nos locais de clima mediterrâneo e tropical, tendo virtudes para o conforto da habitação que propiciaram uma expansão notável da alvenaria de tijolo cerâmico (SOUSA; DA SILVA, 2000).

A alvenaria estrutural também é outro sistema de vedação bastante utilizado, principalmente pelo fato de as paredes da edificação serem estruturais, permitindo a redução das cargas nos outros elementos estruturais. Esse sistema é formado por blocos de concreto vazados conectados com argamassa de assentamento. Comparada à alvenaria tradicional, a alvenaria estrutural tem menor tempo de execução, menor custo final e bom desempenho térmico e acústico (DOS SANTOS; DE CARVALHO; ROMAN, 2009).

As novas tecnologias sugerem o uso de pré-moldados na Construção Civil devido a melhor performance e produtividade. Estudos comprovam que o uso de pré-moldados na indústria da construção aumenta a produtividade, independente do elemento estrutural ou não-estrutural substituído (CHO; SHIN; KIM, 2017; YU et al., 2008; EASTMAN; SACKS, 2008).

2.1 Painéis pré-fabricados de alvenaria e concreto

Os painéis pré-fabricados de alvenaria são fabricados com núcleo de blocos cerâmicos vazados, armação e cobertos com argamassa ou concreto. Cesar (2007) assegura que os painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos de vedação têm comportamento estrutural adequado para uso em habitações e que o uso desses blocos com os furos na vertical proporciona resultados similares a blocos estruturais com resistências parecidas na área líquida, com resultado de 1,22 MPa de resistência à compressão aos 28 dias para os painéis de blocos de vedação e 1,27 MPa para os painéis de blocos estruturais. A diferença na resistência à compressão é de apenas 4%.

Os painéis pré-fabricados de concreto são painéis maciços de concreto com armadura de aço no seu interior. Tais painéis apresentam bom desempenho estrutural e resistência ao fogo, características derivadas do uso do concreto. No caso da sua utilização, também há vantagens na utilização devido a maior produtividade dos funcionários da obra propiciada pelo uso de pré-moldados. (CRUZ; SANTOS; MENDES, 2018).

2.2 Paredes de concreto moldadas no local

A utilização de paredes de concreto moldadas in loco é uma opção para otimizar o tempo de construção, devido a maior produtividade dos funcionários da obra propiciada pelo know-how em estruturas de concreto. Paredes de concreto armado têm comprovada resistência ao fogo e bom desempenho estrutural, com resistência à compressão média de 30 MPa e podendo apresentar resistência ao fogo de até 120 minutos (NGO et al., 2013). O comportamento térmico em situações de incêndio depende da espessura da parede. Paredes mais finas demoram mais tempo para atingir temperaturas altas na face exposta ao fogo, devido a maior facilidade em dissipar o calor (KANG et al., 2016).

Porém, esse sistema construtivo tem uma desvantagem quanto ao seu desempenho térmico em regiões de clima tropical e quentes, como o estado do Ceará. Oliveira et al. (2015) demonstra que uma parede de 10 cm de concreto armado tem transmitância térmica maior que o limite para todas as regiões do país. O ideal seria o uso de uma parede de concreto que inclui uma folha de poliestireno expandido (EPS) de no mínimo 2 cm para a

obtenção de um desempenho térmico mínimo adequado às normas técnicas vigentes do país.

2.3 Steel frame e wood frame

Quadros estruturais de perfis e guias podem ser utilizados para a constituição de sistemas construtivos com placas leves e delgadas da Construção Civil como soluções de sistemas inovadores. O steel frame é constituído por aço galvanizado e o wood frame é constituído de estrutura de madeira. Esses sistemas servem de apoio a utilização de fechamentos estruturais e não estruturais variados, que podem ser placas de gesso, cimento ou madeira. A escolha do método construtivo depende do projeto e da viabilidade técnica, econômica e ambiental da utilização de cada material (RIBAS; SOUZA, 2017; ASDRUBALI et al., 2017).

Um dos sistemas construtivos para vedação é o constituído por chapas de gesso acartonado fixadas numa estrutura metálica de perfis guias. Entre as chapas de gesso, geralmente é feito o preenchimento com material isolante térmico ou acústico, como a lã de vidro, de rocha ou mineral. As vantagens do uso desse sistema são o baixo peso próprio do material e a possibilidade de deslocamento das paredes (HAVEL, 2008).

Na análise da resistência ao fogo de um sistema de steel frame com chapas de gesso de 12,5 mm, função estrutural e isolamento acústico e térmico feito com lã de vidro, as chapas apresentaram a resistência ao fogo mínima requerida de 30 minutos. Com relação a integridade, os pontos frágeis das chapas são as juntas com outros painéis. (BOLINA et al., 2017).

Quanto ao desempenho acústico, Matsumoto et al. (2006) demonstram que o uso de duas placas previne o defeito no isolamento acústico causado pelo efeito de coincidência a altas frequências, propiciando melhor performance no desempenho acústico, sendo indicado para uso em paredes divisórias de unidades residenciais. O desempenho acústico do sistema de vedação depende da sua espessura total e da presença ou não de isolamento térmico e acústico. A Associação Brasileira de Drywall (2015) indica que o tipo de parede mais econômico que atende a todos os itens da norma de desempenho, independentemente da posição da parede dentro da unidade residencial, é o sistema com chapas padrão duplas de 12,5 mm nas duas faces, com espaçamento de 48 mm entre as chapas preenchido com lã mineral. A placa de gesso tem a desvantagem de não ser indicada para fachadas de edificações, pois o gesso é sensível a umidade e logo se deteriora na presença de água. Visando suprir essa demanda, são utilizadas placas cimentícias em fachadas.

Como observado em outros elementos construtivos que se utilizam cimento, há uma busca constante para a substituição do cimento por resíduos ou outros materiais menos poluentes (KHORAMI et al., 2017; CAVDAR et al., 2017), porém as placas cimentícias têm comprovada resistência à compressão e flexão exigida pelas normas internacionais (CARDINALE ET AL., 2017). Também destaca-se o uso da lã de carneiro na melhoria das características térmicas da placa, reduzindo a condutividade térmica e mantendo o desempenho estrutural.

Quanto ao desempenho acústico, observa-se que as placas cimentícias são mais influentes como revestimento externo na redução de transmissão sonora do que placas de OSB, poliestireno extrudido (XPS) e policloreto de vinila (PVC), sendo portanto mais eficientes na manutenção do conforto acústico do ambiente (PAUL; RADAVELLI; DA SILVA, 2015).

Outro tipo de placa a ser utilizado é a placa de OSB, formada por compósitos de tiras de madeira finas, coladas com resina e prensadas a alta pressão e temperatura. O OSB foi desenhado para substituir os painéis de madeira compensada, sendo principalmente usado como placa estrutural. Desde a invenção, o uso do produto cresceu rapidamente devido ao uso de madeira de reflorestamento, reduzindo a necessidade de recursos naturais (NISHIMURA, 2015).

Com relação as propriedades mecânicas, Henriques et al. (2017) observaram que quando age juntamente com uma estrutura de aço, essa placa contribui para maior rigidez da estrutura (YU; FAN, 2017). Esse tipo de painel também pode ser utilizado em ambientes externos. A instalação na fachada aumenta o conforto térmico da edificação, melhorando os indicadores de desempenho, como a transmitância térmica e a capacidade térmica (MARTINEZ; AYUCAR; GOIKOLEA, 2017).

O desempenho acústico da madeira não é bom pois ela é um material leve. Porém, pode-se conseguir um bom nível de isolamento acústico com o uso de multicamadas. A presença de uma placa de material poroso junto a placa de madeira, ar entre as placas de OSB ou um material isolante, cria uma placa ressonante, que ao vibrar,

amortece os sons baixos que são problemas para estruturas leves, aumentando o conforto térmico do ambiente (ASDRUBALI et al., 2017).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As habitações impactam diretamente a vida de várias pessoas, têm valor relativamente alto e são bens de longo prazo, sendo muitas vezes adquiridas apenas uma vez por uma família. Logo, é necessário que a habitação gere conforto ao usuário durante o seu uso. O estudo mostra sistemas construtivos que podem ser utilizados como substitutos à alvenaria tradicional e à alvenaria estrutural no processo construtivo de edificações. A análise mostra a tendência da utilização de pré-fabricados na Construção Civil como alternativa de inovação aos processos tradicionais, oferecendo materiais com melhor controle de qualidade.

Pode-se observar o ganho de produtividade e de diferentes tipos de desempenho com a utilização dos sistemas de painéis pré-fabricados de alvenaria e concreto, paredes de concreto moldadas no local, steel frame e wood frame. A literatura mostra que todos os sistemas atendem às normas de desempenho vigentes e podem ser utilizados na execução de edificações habitacionais. É necessário que seja feito um estudo de viabilidade econômico-financeira para identificar a alternativa com melhor custo-benefício para cada região do país, permitindo o uso de sistemas construtivos mais sustentáveis e inovadores na cadeia da Construção Civil.

4 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

5 REFERÊNCIAS

ASDRUBALI, F. et al. A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications. **Building and Environment**, v. 114, p. 307–332, 2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DRYWALL. **Desempenho acústico em sistemas drywall**. 2 ed. São Paulo, 2015.

BOLINA, F. et al. Comparison of the Fire Resistance of two Structural Wall Systems in Light Steel Framing. **DYNA**, v. 84, n. 201, p. 123-128, 2017.

CARDINALE, T. et al. Thermal and mechanical characterization of panels made by cement mortar and sheep's wool fibres. **Energy Procedia**, v. 140, p. 159–169, 2017.

CAVDAR, A. D. et al. Cement type composite panels manufactured using paper mill sludge as filler. **Construction and Building Materials**, v. 142, p. 410–416, 2017.

CESAR, C. G. **Desempenho estrutural de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos**. 219 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CHO, K.; SHIN, Y.-S.; KIM, T. Effects of half-precast concrete slab system on construction productivity. **Sustainability**, v. 9, n.7, p. 1268, 2017.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. de G.; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 49–65, 2018.

EASTMAN, C. M.; SACKS, R. Relative Productivity in the AEC Industries in the United States for On-Site and Off-Site Activities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 7, p. 517–526, 2008.

HAVEL, G. Building Construction: Lightweight Steel Framing. **Fire Engineering**, v. 161, n. 1, p. 83–92, 2008.

HENRIQUES, J. et al. Structural performance of light steel framing panels using screw connections subjected to lateral loading. **Thin-Walled Structures**, v. 121, p. 67–88, 2017.

JANDA, K. B. Buildings don't use energy: people do. **Architectural Science Review**, v. 54, n. 1, p. 15-22, 2011.

KANG, J. et al. Effect of Wall Thickness on Thermal Behaviors of RC Walls Under Fire Conditions. International **Journal of Concrete Structures and Materials**, v. 10, p. 19–31, 2016.

KHORAMI, M. et al. Utilisation of waste cardboard and Nano silica fume in the production of fibre cement board reinforced by glass fibres. **Construction and Building Materials**, v. 152, p. 746–755, 2017.

MARTINEZ, R. G.; AYUCAR, J. B.; GOIKOLEA, B. A. Full scale experimental performance assessment of a prefabricated timber panel for the energy retrofitting of multi-rise buildings. **Energy Procedia**, v. 122, p. 3–8, 2017.

MATSUMOTO, T. et al. Development of multiple drywall with high sound insulation performance. **Applied Acoustics**, v. 67, n. 6, p. 595–608, 2006.

MENEZES, A. C. et al. Predicted vs. actual energy performance of non-domestic buildings: Using post-occupancy evaluation data to reduce the performance gap. **Applied Energy**, v. 97, p. 355–364, 2012.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional da Habitação. Portaria nº 345, de 3 de agosto de 2007, alterada pela Portaria nº 550, de 11 de novembro de 2016. Brasília, 2016.

NISHIMURA, T. Chipboard, oriented strand board (OSB) and structural composite lumber. **Wood Composites**. [s.l.] Elsevier, p. 103–121, 2015.

NGO, T. et al. Testing of normal-and high-strength concrete walls subjected to both standard and hydrocarbon fires. **ACI Structural Journal**. v. 110, n. 3, p. 503–510, 2013.

OLIVEIRA, R. D. et al. Concrete Walls Thermal Performance Analysis by Brazilian Standards. **Energy Procedia**, v. 78, p. 213–218, 2015.

PAUL, S.; RADAVELLI, G. F.; SILVA, A. R. da. Experimental evaluation of sound insulation of light steel frame facades that use horizontal inter-stud stiffeners and different lining materials. **Building and Environment**, v. 94, p. 829–839, 2015.

RIBAS, R. A. de J.; SOUZA, H. A. Acoustical and thermal performance of multilayer closing panels used in steel-structured buildings. **REM - International Engineering Journal**, v. 70, n. 2, p. 149–156, 2017.

SANTOS, F. A. dos; CARVALHO, M. C. R. de; ROMAN, H. R. Architectural conception and design in structural masonry: some practices to improve constructability. **International Journal for Housing Science**, v. 33, n. 1, p. 57–67, 2009.

SOUSA, A. V. S. e; SILVA; J. A. R. M. da. (Coord.). **Manual de alvenaria de tijolo**. Coimbra: Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica, 2000.

WILDE, P de. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. **Automation in Construction**, v. 41, p. 40–49, 2014.

YU, H. et al. Sustainable precast concrete foundation system for residential construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 35, n. 2, p. 190-199, 2008.

YU, Z.; FAN, M. Short- and long-term performance of wood based panel products subjected to various stress modes. **Construction and Building Materials**, v. 156, p. 652–660, 2017.