DESAFIOS ENVOLVIDOS NA CONSTRUÇÃO OFFSITE DE CASAS

Challenges in offsite house construction

Bruna Liliane Brenner
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | brunaabrenner@gmail.com

Daniela Dietz Viana
Universidade Federal do Rio Grande do Sul | Porto Alegre, RS | danidietz@gmail.com

RESUMO

A construção *offsite* tem sido apontada como uma estratégia promissora para superar as ineficiências da construção convencional. No entanto, sua aplicação prática ainda é limitada e enfrenta desafios. Esta pesquisa, por meio de um estudo de caso único com unidades de análise incorporadas, analisou os principais obstáculos enfrentados por uma construtora brasileira nos processos de comercialização, desenvolvimento, produção e montagem de habitações *offsite*. O estudo foi conduzido com análise qualitativa em uma empresa construtora de casas em *wood frame* que utiliza o sistema de produção *offsite*. Foram utilizadas como fontes de evidência entrevistas, visitas, documentos e observação direta. No estudo foi evidenciada a distinção dos desafios associados a cada tipo de oferta para a produção *offsite* considerando os dois mercados atendidos pela empresa e analisados no estudo: *Business-to-business* (B2B) e *Business-to-client* (B2C). A discussão destaca que a etapa de desenvolvimento de projeto pela equipe de engenharia, embora não percebida como crítica, atua como gargalo na oferta para o mercado B2C. Os resultados também contribuem para o aprimoramento da compreensão prática a respeito dos desafios relacionados à adoção deste tipo de produção, reforçando a importância de adequações organizacionais e tecnológicas para sua implementação.

Palavras-chave: Construção *offsite* de casas. Produção *offsite*. Desafios da construção *offsite*

ABSTRACT

Offsite construction has been identified as a promising strategy to overcome the inefficiencies of conventional construction. However, its practical application is still limited and faces barriers and challenges. This study investigated, through a single case study with embedded units of analysis, the obstacles faced by a Brazilian construction company in the marketing, development, production and assembly of offsite housing. The study was conducted with qualitative analysis in a wood frame house construction company that uses the offsite production system. Interviews, visits, internal documents and observations were used as sources of evidence. The study highlighted the distinction of the challenges associated with each type of supply for offsite production considering the two markets served by the company and analyzed in the study (B2B and B2C). The discussion highlights that the project development stage by the engineering team, although not perceived as critical, acts as a bottleneck in the supply to the B2C market. The results also contribute to improving the practical understanding of the challenges related to the adoption of this type of production, reinforcing the importance of organizational and technological adaptations for its implementation.

Keywords: *offsite house construction. Offsite production. Challenges in offsite construction*

1 INTRODUÇÃO

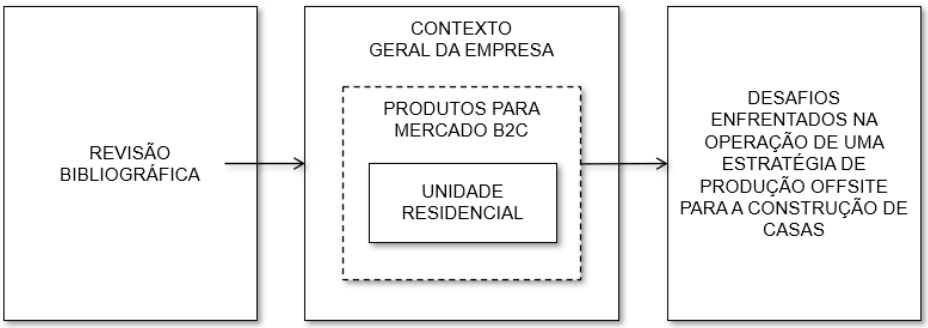
A produção *offsite* tem se destacado como uma abordagem promissora para melhorar a produtividade na construção (LESSING, BREGE, 2015; STEHN *et al*., 2021) e transformar o caráter artesanal do setor, frequentemente associado a ineficiências dos métodos tradicionais e da produção no canteiro (BARBOSA *et al*., 2017). Embora traga diversos benefícios potenciais (PAN; GIBB; DAINTY, 2008, ISMAIL *et al*., 2018, JIANG *et al*., 2018), seu uso ainda é limitado e sua implementação enfrenta desafios. Para alguns autores a limitação do seu uso pode se dever a dificuldades para o real alcance dos benefícios (PAN; GIBB; DAINTY, 2008) e da dificuldade de mensuração dos resultados obtidos a partir da estratégia que podem variar conforme as condições de cada projeto (BLISMAS; PASQUIRE; GIBB, 2006).

Pesquisas anteriores buscaram identificar as principais barreiras e desafios no uso da construção *offsite* em diferentes contextos. Entre as barreiras identificadas estão: Dificuldade de congelar as definições do projeto nos estágios iniciais (SUN *et al*., 2020; AGAPIOU, 2022; ATTOURI *et al*., 2022), Exigência de amplo trabalho de coordenação de projetos (HWANG *et al*., 2018; AGAPIOU, 2022; ATTOURI *et al*., 2022), Falta de capacitação da cadeia de suprimentos (SAHIN, MILLER E MOHAMED, 2016; AGAPIOU, 2022; ATTOURI *et al*., 2022). Nestas pesquisas, a maior parte dos levantamentos foram conduzidos por meio de entrevistas com *stakeholders*, concentrando-se, portanto, em uma abordagem baseada na percepção destes. Estudos que ofereçam uma visão mais aprofundada, fundamentada em análises internas de empresas atuantes no setor, ainda são escassos na literatura. O objetivo deste artigo é contribuir para esse campo de investigação, por meio da análise aprofundada dos desafios enfrentados por uma empresa construtora brasileira nos processos de comercialização, desenvolvimento, produção e montagem de habitações produzidas *offsite*. Para isso, foram analisadas a oferta e a operação de produtos dessa empresa voltados a dois mercados distintos — *business-to-business* (B2B) e *business-to-client* (B2C). Para cada um desses contextos, foram examinadas a flexibilidade da oferta, o trabalho de desenvolvimento de engenharia, a produção em fábrica e a programação da montagem das unidades no canteiro. A partir dessas análises, foi possível identificar os principais desafios operacionais envolvidos na oferta de produtos para cada mercado. Os desafios identificados a partir deste formato de análise puderam ser então comparados com os resultados de pesquisas focadas na percepção dos envolvidos. Compreender tais desafios é um passo fundamental para superá-los e, assim, ampliar o potencial de aplicação da produção *offsite* no setor da construção.

2 MÉTODO

Esta pesquisa adotou como método um estudo de caso único com unidades de análise incorporadas, conforme proposto por Yin (2009). O estudo foi conduzido em uma empresa de construção *offsite* que utiliza o sistema construtivo *wood-frame* para a construção de empreendimentos multi e unifamiliares. A empresa atende a clientes B2B (incorporadoras) e B2C (cliente final). O caso principal analisado foi o contexto geral da empresa. Dentro da unidade principal, foram incorporadas duas unidades de análise: (i) um segmento específico de mercado atendido pela empresa (produtos para mercado B2C) e (ii) um produto desenvolvido para esse segmento (unidade residencial) (Figura 1).

Figura 1: Representação esquemática da pesquisa



Fonte: O autor

A coleta de dados foi realizada por meio de múltiplas fontes de evidência, incluindo entrevistas semiestruturadas com colaboradores, análise de documentos e observações diretas. O cruzamento dessas fontes permitiu a triangulação dos dados, aumentando a confiabilidade do estudo. A análise foi conduzida de forma interpretativa.

Em virtude de a sede da empresa e a fábrica estarem localizadas em um estado diferente daquele em que a pesquisa foi desenvolvida, o estudo contou com diversas reuniões e entrevistas online, além de duas visitas presenciais. As visitas e entrevistas online ocorreram dentro de um período de seis meses (março a outubro de 2022).

3 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir do estudo de caso com unidades incorporadas. Na seção 3.1., o contexto geral, caracterizado como a unidade principal, é apresentado. Na seção 3.2. é apresentada a primeira unidade incorporada, a análise dos produtos para o mercado B2C. Por fim, nas seções 3.3 a 3.5, são apresentados os resultados da análise da segunda unidade incorporada: a casa.

3.1 CONTEXTO GERAL

A partir da primeira visita à empresa e das primeiras entrevistas realizadas com colaboradores foi possível compreender o contexto geral, os mercados atendidos e os produtos ofertados. Para o mercado B2B, um grande volume de casas idênticas era produzido para um único cliente. Pelo volume, era viável ofertar um produto totalmente personalizado. O cliente podia enviar seu projeto e a empresa adaptava-o às necessidades do sistema construtivo ou as equipes internas desenvolviam um produto exclusivo. Os custos e o tempo do desenvolvimento eram diluídos nas diversas unidades repetidas.

Na fábrica, um único conjunto de projetos ocupava a produção por vários dias. No início da produção de cada empreendimento ocorria a chamada Produção Assistida, na qual a produção da primeira unidade era avaliada. Nesta, eram identificados os gargalos e oportunidades de melhoria para aquela unidade. Esta produção era, em palavras dos colaboradores, "*caótica*". A partir desta, eram levantados *feedbacks* dos setores envolvidos, a partir dos quais os processos e detalhamentos de engenharia eram aprimorados. Segundo os colaboradores, na produção das casas seguintes, os processos caminhavam para a estabilização. Enquanto a fábrica produz as casas repetidas para um cliente, o conjunto de projetos para o próximo cliente é desenvolvido pelas equipes de engenharia.

A fábrica depende da engenharia para produzir, por isto o equilíbrio entre capacidades dos setores é importante para evitar o estoque de materiais de desenvolvimento, a ociosidade da fábrica, sobrecargas ou atrasos. Para que o equilíbrio aconteça, no produto para o mercado B2B, a empresa só atende a clientes que adquirem no mínimo 50 casas repetidas ou 2000m² de área construída distribuídos em um mesmo modelo de casa.

3.2 PRODUTOS PARA O MERCADO B2C

Após a primeira visita à empresa e o entendimento do contexto geral, a primeira unidade incorporada foi analisada: a oferta de produtos para o mercado B2C. Esta análise se deu principalmente a partir de dados já coletados anteriormente, da análise de documentos como catálogos, projetos, detalhamentos e relatórios e de entrevistas *online* realizadas com colaboradores.

Para o mercado B2C as casas eram vendidas individualmente, diretamente para o cliente final, sendo assim, não poderiam ser personalizadas, como ocorria no produto B2B. A oferta era operada por meio de um catálogo com modelos padronizados de casas, proposto para que, mesmo que de forma espaçada, a repetição que ocorria na produção nas vendas do produto B2B, seguisse ocorrendo. A expectativa era de que as casas do catálogo tivessem sua arquitetura e engenharia desenvolvidas uma única vez e pudessem ser vendidos várias vezes. Para que uma casa pudesse ser incluída no catálogo, deveria haver expectativa de venda de no mínimo 50 unidades ou 2000m² de área construída, mantendo a estratégia do produto B2B.

O catálogo era composto por dez modelos de casas com diferentes opcionais de customização, resultando em trinta e sete combinações. Não havia um levantamento sistemático de requisitos dos clientes ou de dados de mercado. Para os gestores quanto maior o número de modelos e combinações, maior seria o volume de demandas atendidas e maior a qualidade da oferta. Por esse motivo, era comum a inclusão de novos modelos e opcionais ao catálogo. Apesar do crescente número de opções disponíveis, os gestores não estavam convencidos de que uma ampla gama de requisitos estiva efetivamente sendo atendida, uma vez que não havia clareza sobre as preferências de mercado. Essa incerteza resultava em um processo apressado de desenvolvimento e liberação de novas casas para o catálogo.

O processo de desenvolvimento e produção no produto B2C ocorria da seguinte forma: As demandas do mercado eram coletadas de forma empírica pelas equipes de venda, o projeto de arquitetura era desenvolvido a partir destas, a casa era inserida no catálogo. Após a primeira venda, o modelo de casa era enviado às

equipes de desenvolvimento de engenharia. Após a finalização da etapa de desenvolvimento, a casa poderia seguir para a primeira produção na fábrica.

Ambos os produtos, B2B e B2C, passam pelo mesmo processo que é iniciado no projeto, segue para o desenvolvimento de engenharia, produção em fábrica, transporte e montagem. A etapa de engenharia, para ambos os mercados, pode ser acrescida de uma etapa de desenvolvimento tecnológico, de acordo com as necessidades específicas do projeto. O planejamento para ambos os produtos também é feito da mesma forma: A data estabelecida para a montagem no canteiro define retroativamente os demais cronogramas. A principal diferença entre os produtos B2B e B2C é que, para no B2B, o projeto é desenvolvido exclusivamente para o cliente e no B2C é baseado em demandas gerais do nicho e ofertada por meio de modelos padronizados.

3.3 UNIDADE RESIDENCIAL: PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE ENGENHARIA

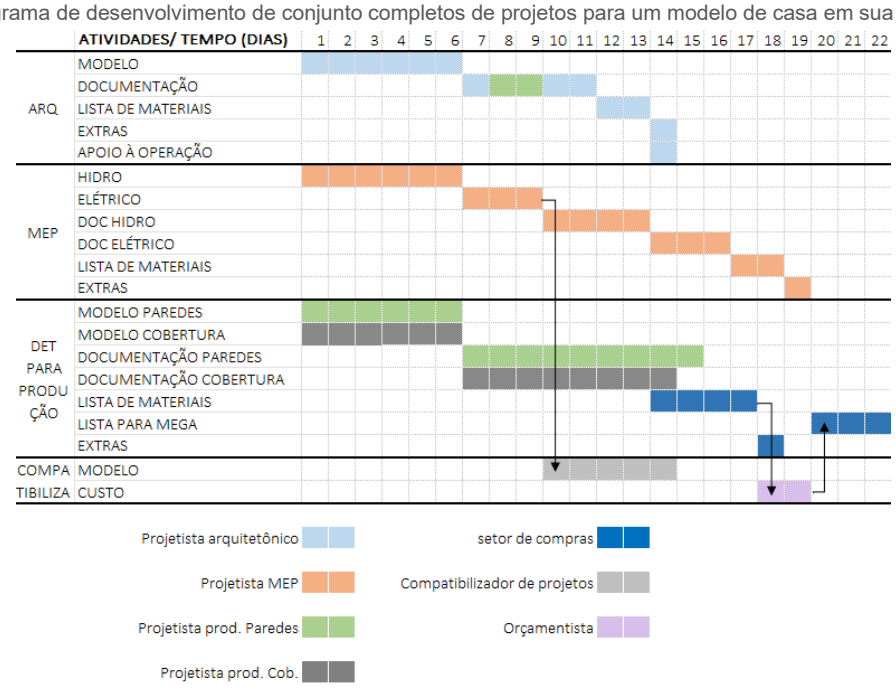
Para compreender de forma mais aprofundada os desafios envolvidos na produção *offsite*, uma segunda unidade incorporada foi analisada: o projeto de uma casa. A partir desta unidade foi possível compreender o processo de desenvolvimento de engenharia, de produção em fábrica e de montagem no canteiro. A partir de análises de documentos, entrevistas *on line* e presenciais e uma segunda visita à fábrica, foram feitas análises relacionadas a esta unidade.

A partir destas análises constatou-se que o conjunto de projetos para a pré-fabricação exige grande volume de detalhamentos com alto nível de precisão e uma equipe especializada multidisciplinar. Os projetos para os kits hidrossanitários são os que exigem maior precisão, tendo suas dimensões especificadas em milímetros. Os projetos executivos dos painéis de parede e pisos, também exigem esforços significativos. Para cada painel de parede, por exemplo, são necessários, sem considerar as instalações hidráulicas e elétricas: paginação de montantes, paginação das 2 camadas externas (OSB+cimentícia), paginação das duas camadas internas (OSB + gesso), além de planos de corte de chapas, que garantem melhor aproveitamento do material.

O tempo e as equipes envolvidas na etapa de desenvolvimento básico de engenharia de uma unidade residencial foram levantados na empresa a partir de dados secundários. Um modelo de casa de 80m² foi selecionado por possuir dados disponíveis para a pesquisa. O detalhamento das atividades a realizar, seu tempo de desenvolvimento, equipes e pessoas envolvidas no processo podem ser observados na Figura 2. O tempo total de projeto para este modelo foi de 22 dias úteis considerando a soma dos dias trabalhados por cada equipe envolvida.

Cada cor no cronograma da Figura 2 representa um colaborador responsável pelo conjunto de atividades. A qualificação do colaborador responsável por cada atividade também está descrita e identificada em legenda por meio de cores. O planejamento da produção, de cargas e de montagem, embora sejam tarefas a serem cumpridas pelas equipes de engenharia, não fazem parte deste cronograma, pois não são realizados por projeto, mas sim de forma global.

Figura 2: Cronograma de desenvolvimento de conjunto completos de projetos para um modelo de casa em sua primeira execução



Para o desenvolvimento sequencial de novos modelos de casa é preciso considerar as sobreposições, interdependências e eventual ociosidade das equipes devido ao desbalanceamento entre as equipes e atividades envolvidas, que aqui também não estão descritos. É válido destacar que o setor de projeto e engenharia da empresa possui baixo nível de automação, sendo a maioria dos desenhos, cálculos e análises realizados pelos colaboradores de forma manual.

3.4 UNIDADE RESIDENCIAL: PRODUÇÃO EM FÁBRICA

A produção em fábrica é composta por três etapas principais: preparação, montagem preliminar e finalização nas linhas principais. A etapa de preparação consiste na realização de cortes de chapas, barrotes, canos, fios e eletrodutos. A montagem preliminar consiste na montagem manual de partes que não podem ser montadas na linha principal por exigirem trabalho mais manual. O prazo para a conclusão das etapas 1 e 2 na empresa é de dois dias, contudo, não foram mensurados os tempos de efetiva agregação de valor durante esse período. As partes preparadas e montadas nas etapas 1 e 2 ficam paradas por parte deste tempo a espera dos próximos passos. A etapa de finalização nas linhas, no caso de uma unidade habitacional de 80 m², é realizada em aproximadamente quatro horas. Nessa fase, os painéis de parede, piso e cobertura são inseridos de forma sequencial até que a unidade da casa esteja totalmente concluída. Considerando estas etapas, a empresa estima o prazo de 3 dias para a fabricação de uma casa.

3.5 UNIDADE RESIDENCIAL: A MONTAGEM NO CANTEIRO E A IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS

A etapa de montagem da casa no canteiro define os cronogramas gerais. No planejamento, as equipes de montagem são distribuídas nas obras por região e conforme os cronogramas de venda. A partir da data prevista para a montagem, programa-se o transporte, e, a partir deste, a produção. As etapas de preparação e montagem preliminar são programadas para três dias antes do carregamento do caminhão.

A operação no canteiro não foi acompanhada diretamente pela pesquisadora. Utilizaram-se relatos das equipes por meio de entrevistas e participação em reuniões para compreender os cronogramas e os processos.

A montagem é considerada pelas equipes a etapa mais crítica e onerosa. Por isso, os esforços estavam voltados à redução dos prazos e do número de pessoas envolvidas. A meta era concluir uma casa por dia, porém, conforme reuniões e relatos, a montagem levava mais tempo que o previsto. Buscando entender as causas do atraso, novas entrevistas foram realizadas. Nelas, relatou-se que os painéis chegavam ao canteiro com menor grau de pré-fabricação, ampliando o escopo e os prazos da montagem. Assim, surgiu o seguinte questionamento: por que os painéis chegavam com menor grau de pré-fabricação?

Visitas posteriores à fábrica permitiram compreender que parte da produção *offsite* não ocorria por falta de detalhamentos de engenharia. Sem o conjunto completo de documentos, não era possível fabricar os painéis, sendo necessário cortá-los e montá-los no canteiro. Nesse caso, a produção passa a ser artesanal, semelhante à construção convencional, com projetos básicos orientando cortes manuais e o posicionamento de componentes. Com os painéis feitos no local, o escopo e o prazo da montagem aumentam. Além disso, nas entrevistas foram citados problemas como menor precisão, queda na qualidade e aumento de retrabalho devido à transferência de escopo.

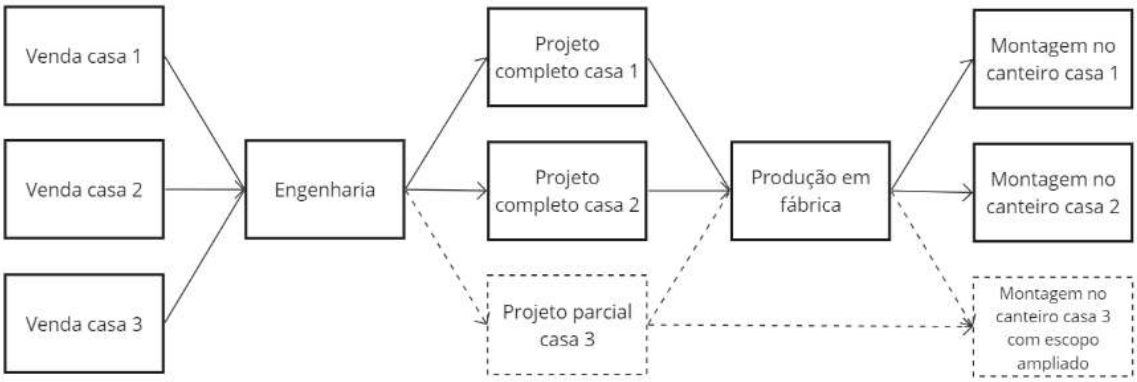
O motivo da falta de detalhamentos logo ficou claro: o tempo necessário para desenvolver os projetos era de 22 dias, enquanto o processamento e produção em fábrica levavam 3 dias, e a montagem, 1 dia. O desenvolvimento vinha sendo realizado conforme a demanda emergente de vendas, sem considerar a diferença no tempo necessário entre setores. Esse descompasso entre capacidades foi determinante para os problemas identificados.

No produto voltado ao mercado B2B, a engenharia leva tempo semelhante ao necessário no B2C. Contudo, neste caso, a produção permanece ocupada por longos períodos para fabricar as unidades repetidas. Já no B2C, como o desenvolvimento ocorre conforme as vendas e não há repetição essencialmente sequencial, os desafios de gestão de capacidade são maiores. Sem repetição suficiente na produção ou um cronograma de liberação das casas para venda, a engenharia, conforme o dimensionamento atual, não consegue atender à demanda da fábrica.

Para cumprir os cronogramas estabelecidos pelas vendas e pela disponibilidade das equipes de montagem e produção, a engenharia não dispunha de tempo para realizar um trabalho completo (Figura 3). As necessidades e os prazos exigidos pela etapa de engenharia haviam sido negligenciados. A fábrica, por sua

vez, enfrentava dificuldades de programação, estabilidade e melhoria contínua, conforme feedbacks das equipes de produção.

Figura 3: Esquema sobrecarga engenharia e envio de projetos incompletos para produção em fábrica e montagem com escopo ampliado



Na empresa, os colaboradores acreditavam que sistemas construtivos com maior potencial de pré-fabricação poderiam sanar as dificuldades enfrentadas pela companhia, já que os problemas estavam no canteiro. O foco dos desenvolvedores estava bastante voltado para aspectos tecnológicos no momento da pesquisa, visando a resolução da problemática. A pesquisa levantou questionamentos a respeito da priorização pelo desenvolvimento tecnológico e a negligência de aspectos gerenciais.

4 DISCUSSÃO

No caso analisado, o desenvolvimento de engenharia se apresentou como um componente crítico para o funcionamento do sistema. No produto ofertado ao mercado B2B, havia equilíbrio entre capacidades da engenharia e dos requisitos da fábrica. Já no produto B2C, a etapa de engenharia teve sua programação negligenciada por não ser compreendida como crítica no processo. Os cronogramas estavam apenas atrelados às necessidades das equipes de montagem e vendas, desconsiderando as necessidades das equipes de engenharia. Negligenciar este ponto compromete o equilíbrio do sistema, resultando em atrasos, envio de documentação incompleta e perda dos benefícios esperados da pré-fabricação. Enquanto os estudos anteriores citam a necessidade de maior coordenação e planejamento antecipado, os achados aqui apresentados demonstram, de forma prática, como o descompasso entre o tempo necessário para o desenvolvimento de projetos e os prazos da produção e montagem pode reintroduzir os problemas da construção convencional, como improvisos, baixa produtividade e perda de qualidade. A pesquisa também avança ao identificar que, mesmo com uma estratégia de padronização (via catálogo), a ausência de uma gestão estruturada de lançamentos e o baixo grau de automação dos processos de engenharia comprometem a escalabilidade do sistema, sobretudo em contextos com baixa repetição, como o mercado B2C. Assim, este estudo contribui ao demonstrar que não apenas a estrutura da cadeia e os custos iniciais, mas sobretudo a maturidade interna dos processos de engenharia e gestão do portfólio de produtos, são determinantes para o sucesso da estratégia *offsite*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As contribuições deste estudo residem na análise aprofundada de um caso real de implementação da produção *offsite*, evidenciando como a maturidade dos processos internos, especialmente no desenvolvimento de engenharia, é determinante para o desempenho do sistema como um todo. Ao destacar o descompasso entre as áreas de engenharia, produção e montagem, a pesquisa oferece um olhar mais detalhado sobre os entraves operacionais que comprometem os benefícios esperados da pré-fabricação, mesmo em contextos com estratégias de padronização. Além disso, o estudo propõe a necessidade de uma gestão estruturada do portfólio de produtos como condição para viabilizar escalabilidade em mercados com menor repetição.

REFERÊNCIAS

AGAPIOU, A. Barriers to offsite construction adoption: A quantitative study among housing associations, *Buildings*, v. 12, n. 3, p. 283, 2022.

ALWISY, A.; HAMDAN, S. B.; BARKOKEBAS, B.; BOUFERGUENE, A.; HUSSEIN, M. A BIM-based automation of design and drafting for manufacturing of wood panels for modular residential buildings, *International Journal of Construction Management*, 2018.

ATTOURI, E.; LAFHAJ, Z.; DUCOULOMBIER, L.; LINÉATTE, B. The current use of industrialized construction techniques in France: Benefits, limits and future expectations. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 7, p. 100436, 2022.

BARBOSA, F.; WOETZEL, J. MISCHKE, J. RIBEIRINHO, M.J. SRIDHAR, M. PARSONS, M. BERTRAN, N. et al., "*Reinventing construction through a productivity revolution*". available at: www.mckinsey.com/ throughaproductivityrevolution/mgi-reinventing-construction-executive-summary.ashx$/media/mckinsey/industries/capitalprojectsandinfrastructure/ourinsights/reinventingcon, 2017.

BLISMAS, N., ARIF, M. AND WAKEFIELD, R., Drivers, constraints and the future of offsite manufacture in Australia, *Construction Innovation*, Vol. 9 No. 1, pp. 72-83, 2009.

BONEV, M.; WÖRÖSCH, M.; HVAM, L. Utilizing platforms in industrialized construction: A case study of a precast manufacturer. *Construcion Innovation*, 15, 84–106, 2015.

BREGE, S.; STEHN, L.; NORD, T. Business models in industrialized building of multi-storey houses. *Construction management and economics*, v. 32, n. 1-2, p. 208-226, 2013.

GINIGADDARA, Buddhini et al. An evaluation of offsite construction skill profiles. *Journal of financial management of property and construction*, v. 27, n. 1, p. 16-28, 2022.

HWANG, B.G., SHAN, M., LOOI, K.Y. Knowledge-based decision support system for prefabricated prefinished volumetric construction. *Automation in Construction*. 94, 168–178, 2018.

ISMAIL, H., AKASAH, Z.A., NAGAPAN, S., KHAMIS, A. An investigation on benefits and future expectation of industrialised building system (IBS) implementation in construction practices. *Journal of Techn. Vocat. Educ*. 2, 12–18., 2018.

JANSSON, G., JOHNSSON, H. ENGSTRÖM, D. "Platform use in systems building." *Construction Management and Economics*, 32, 70-82. 2014.

JENSEN, P., OLOFSSON, T., & JOHNSSON, H. Configuration through the parameterization of building components. *Automation in Construction*, v. 23, p. 1-8, 2012.

JIANG, R.; MAO, C.; HOU, L.; WU, C.; TAN, J. A SWOT analysis for promoting off-site construction under the backdrop of China's new urbanisation. *Journal of Cleaner Production*, v. 173, p. 225–234, 2018.

KOSKELA, L. *An exploration towards a production theory and its application to construction*. VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.

LENNARTSSON, M.; ANDRÉ, S.; ELGH, F. PLM support for design platforms in industrialized house-building. *Construction Innovation*, v. 23, n. 2, p. 265-286, 2021.

LESSING, J.; BREGE, S. Business models for product-oriented house-building companies–experience from two Swedish case studies. *Construction innovation*, 2015.

PAN, W., GIBB, A.G. AND DAINTY, A.R. "Leading UK housebuilders' utilization of offsite construction methods", *Building Research & Information*, Vol. 36 No. 1, pp. 56-67, 2008.

SAHIN, O., MILLER, D., MOHAMED, S. Value-based modelling: an Australian case of off-site manufactured buildings. *International Journal of Construction Management*, *18*(1), 34–52, 2016.

STEHN, L.; ENGSTRÖM, S; UUSITALO, P. Understanding industrialised house building as a company's dynamic capabilities. *Construction innovation*, 2021.

THAJUDEEN, S. *A product platform approach to support the design phase of industrialised house building: A framework conceptualisation when using mixed production strategies*. Tese de Doutorado. School of Engineering, Jönköping University, 2023.

VOKES, C. BRENNAN, J. BAYLISS, M., BECK, H. Technology and skills in the construction industry, available at: https://dera.ioe.ac.uk/18470/7/evidence-report-74-technology-skillsconstruction_Redacted.pdf (accesso em março de 2025), 2013.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The four roles of supply chain management in construction. *European journal of purchasing & supply management*, v. 6, n. 3-4, p. 169-178, 2000.

WIKBERG, F.; OLOFSSON, T.; EKHOLM, A. Design configuration with architectural objects: Linking customer requirements with system capabilities in industrialized house-building platforms. *Construction management and economics*, v. 32, n. 1-2, p. 196-207, 2014.

YIN, R. K. *Case study research: Design and methods*. Sage, 2009.