Arquitetura residencial configurável: uma proposta conceitual a partir da integração entre modularização, customização em massa e processo de projeto

Configurable Residential Architecture: A Conceptual Proposal Based on the Integration of Modularity, Mass Customization, and the Design Process

Juliana Pinheiro Marinho
Universidade de Fortaleza | Fortaleza | Brasil | julianamarinho@unifor.br
José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | Brasil | jpbarros@ufc.br

Resumo

A crescente demanda por soluções habitacionais personalizadas tem imposto novos desafios aos processos de projeto e produção na construção civil. Na arquitetura residencial, essa demanda resulta em elevada variabilidade de soluções, podendo comprometer a eficiência produtiva. Este artigo tem como objetivo analisar as relações entre modularização, customização em massa e processo de projeto e, a partir dessa articulação, propor o conceito de arquitetura residencial configurável. A pesquisa possui natureza teórico-conceitual e baseia-se na revisão e integração da literatura. Os resultados indicam que a combinação desses conceitos permite estruturar sistemas projetuais baseados em componentes modulares e regras de configuração capazes de gerar diferentes soluções arquitetônicas. Como contribuição, propõe-se a arquitetura residencial configurável como uma abordagem para conciliar diversidade arquitetônica e eficiência produtiva, viabilizando a personalização em escala na produção habitacional.

Palavras-chave: Arquitetura residencial configurável. Modularização. Customização em massa. Processo de projeto. Personalização em escala.

Abstract

The growing demand for personalized housing solutions has imposed new challenges on design and production processes in the construction industry. In residential architecture, this demand leads to a high variability of design solutions, which may compromise production efficiency. This article aims to analyze the relationships between modularization, mass customization, and the design process and, based on this integration, propose the concept of configurable residential architecture. The research adopts a theoretical-conceptual approach based on literature review and integration. The results indicate that the combination of these concepts enables the development of design systems based on modular components and configuration rules capable of generating different architectural solutions. As a contribution, configurable residential architecture is proposed as an approach to reconcile architectural diversity and production efficiency, enabling mass personalization in housing production.

Como citar:
MARINHO, J. P.; BARROS NETO, J. P. Arquitetura residencial configurável: uma proposta conceitual a partir da integração entre modularização, customização em massa e processo de projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

Keywords: Configurable residential architecture. Modularization. Mass customization. Design process. Mass personalization.

INTRODUÇÃO

A construção civil é frequentemente apontada como um dos setores com menor crescimento de produtividade quando comparado a outras indústrias. Diversos estudos atribuem esse cenário à fragmentação dos processos produtivos, à baixa integração entre as etapas de projeto e execução e à limitada adoção de métodos sistematizados de gestão da produção [1][2]. No contexto da produção de edificações, tais desafios tornam-se particularmente evidentes no desenvolvimento de projetos residenciais, caracterizados por elevado grau de variabilidade e pela necessidade de adaptação às demandas específicas dos usuários.

Paralelamente, observa-se um aumento da demanda por soluções habitacionais que conciliem qualidade arquitetônica e personalização. Diferentemente de sistemas construtivos padronizados, projetos residenciais frequentemente requerem adaptações espaciais, funcionais e estéticas, o que resulta em grande diversidade de soluções arquitetônicas. Embora essa diversidade seja desejável do ponto de vista do usuário e da qualidade do ambiente construído, ela pode gerar impactos significativos na previsibilidade dos processos de projeto e construção, aumentando a complexidade da gestão do empreendimento.

Nesse contexto, estratégias voltadas à racionalização produtiva têm sido investigadas como alternativas para aumentar a eficiência da construção civil. Entre essas estratégias, a industrialização da produção, a modularização e a construção fora do canteiro (off-site construction) têm sido amplamente discutidas como forma de estruturar sistemas construtivos baseados em componentes padronizados que podem ser combinados de diferentes maneiras, possibilitando ganhos de produtividade e controle de qualidade [3][4][5][6]. A decomposição dos sistemas construtivos em módulos ou componentes permite organizar a produção de forma mais sistemática, reduzindo desperdícios e aumentando a previsibilidade dos processos produtivos.

De forma complementar, o conceito de customização em massa (*mass customization*) propõe a possibilidade de produzir bens e serviços personalizados com eficiência semelhante à produção em massa [7]. Essa abordagem baseia-se na utilização de componentes padronizados e sistemas configuráveis capazes de gerar uma ampla variedade de soluções finais a partir de uma base comum de elementos produtivos [8][9]. Embora amplamente explorada em setores industriais, a aplicação desses princípios no contexto da arquitetura e da construção civil ainda apresenta desafios significativos, especialmente devido à complexidade dos processos de projeto e às particularidades do ambiente construído.

No campo da arquitetura, o processo de projeto envolve atividades interativas de análise, síntese e avaliação, nas quais decisões projetuais são continuamente revisadas e ajustadas ao longo do desenvolvimento do projeto [10]. Essas decisões são influenciadas por múltiplos fatores, incluindo aspectos funcionais, construtivos, econômicos e ambientais, o que contribui para aumentar a complexidade do processo projetual [11]. Nesse sentido, compreender a organização do processo de projeto torna-se fundamental para identificar oportunidades de racionalização e integração com estratégias produtivas baseadas em modularização.

A articulação entre modularização, customização em massa e gestão do processo de projeto constitui, portanto, um campo promissor de investigação no contexto da arquitetura residencial. A partir da integração desses conceitos, torna-se possível discutir o desenvolvimento de sistemas projetuais capazes de conciliar diversidade arquitetônica e eficiência produtiva, viabilizando processos de personalização em escala. Nesse contexto, emerge, neste estudo, o conceito de arquitetura residencial configurável, entendido como um modelo de projeto baseado na combinação de componentes ou módulos que permitem gerar diferentes soluções arquitetônicas a partir de uma estrutura sistematizada de elementos.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo analisar as relações e, a partir dessa articulação, propor o conceito de arquitetura residencial configurável entre modularização, customização em massa e processo de projeto em arquitetura (Quadro 1), discutindo seu potencial para viabilizar processos de personalização em escala na arquitetura residencial.

Quadro 1: Principais abordagens teóricas relacionadas à personalização em arquitetura residencial

Tema	Principais autores	Contribuição para a pesquisa
Modularização	Ulrich (1995); Fixson (2007); Gibb (1999); Smith (2010)	Estrutura sistemas construtivos baseados em componentes padronizados.
Customização em massa	Pine (1993); Salvador, Holan e Piller (2009); Larsen et al. (2019)	Permite gerar diversidade de soluções a partir de plataformas de produto.
Processo de projeto	Lawson (2006); Kowaltowski et al. (2011); Tzortzopoulos (1999)	Organiza a tomada de decisões no desenvolvimento do projeto arquitetônico.
Arquitetura configurável	Integração conceitual deste estudo	Articula modularização e customização para viabilizar personalização em escala.

Fonte: Elaborado pelos autores.

MÉTODO

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo teórico-conceitual, desenvolvido por meio de revisão narrativa da literatura e integração de referenciais teóricos relacionados à modularização, à customização em massa e ao processo de projeto em arquitetura. O estudo tem natureza exploratória e busca compreender as relações entre esses campos de conhecimento, identificando convergências conceituais

capazes de fundamentar novas abordagens para o desenvolvimento de projetos residenciais.

A revisão bibliográfica foi conduzida a partir de obras clássicas e estudos contemporâneos amplamente reconhecidos na literatura nacional e internacional. Foram analisados trabalhos relacionados à modularização e industrialização da construção, customização em massa, arquitetura de produto e gestão do processo de projeto. A partir da análise dos referenciais selecionados, realizou-se uma síntese conceitual visando identificar elementos comuns e relações de complementaridade entre os conceitos estudados.

Com base nessa articulação teórica, foi desenvolvida uma proposição conceitual denominada arquitetura residencial configurável, entendida como uma abordagem capaz de integrar princípios de modularização, customização em massa e processo de projeto para viabilizar a personalização em escala na arquitetura residencial.

MODULARIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A modularização tem sido amplamente discutida na literatura como uma estratégia para aumentar a eficiência produtiva na construção civil. De modo geral, o conceito refere-se à decomposição de sistemas construtivos em componentes ou módulos padronizados que podem ser produzidos, transportados e montados de forma sistemática, permitindo maior controle sobre os processos produtivos [3][12]. Essa abordagem está associada a estratégias de industrialização da construção, nas quais parte significativa das atividades produtivas é transferida do canteiro de obras para ambientes de produção mais controlados.

Nesse contexto, a modularização está frequentemente relacionada a práticas de *off-site construction*, nas quais elementos construtivos são produzidos fora do canteiro e posteriormente transportados para montagem no local da obra. Segundo Smith [11], a utilização de componentes modulares permite reduzir a variabilidade dos processos construtivos, aumentar a qualidade dos produtos e diminuir desperdícios associados às atividades realizadas em campo. Além disso, a padronização de componentes pode contribuir para melhorar a previsibilidade de custos e prazos, aspectos frequentemente apontados como desafios na gestão de empreendimentos na construção civil.

Estudos mais recentes indicam que a adoção de sistemas modulares pode contribuir para reorganizar não apenas os processos construtivos, mas também o próprio processo de projeto. Ao estruturar a edificação a partir de componentes ou plataformas modulares, torna-se possível estabelecer relações mais claras entre os diferentes sistemas construtivos e facilitar a integração entre disciplinas de projeto [13]. A definição de sistemas modulares pode contribuir para reduzir a complexidade das interfaces entre elementos construtivos e facilitar a compatibilização entre diferentes disciplinas de projeto.

Apesar das vantagens associadas à modularização, sua aplicação na arquitetura residencial ainda enfrenta desafios relacionados à diversidade das demandas projetuais e às expectativas de personalização dos usuários. Projetos residenciais frequentemente exigem adaptações espaciais, funcionais e estéticas que dificultam a adoção de soluções altamente padronizadas. Nesse contexto, surge a necessidade de

investigar estratégias que permitam combinar modularização e flexibilidade projetual, possibilitando a geração de soluções arquitetônicas diversificadas a partir de sistemas estruturados de componentes.

CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

O conceito de customização em massa (*mass customization*) foi introduzido por Pine [7] para descrever a capacidade de produzir bens e serviços personalizados com eficiência próxima à da produção em massa. Diferentemente dos modelos tradicionais de produção padronizada, nos quais a eficiência produtiva está associada à repetição de soluções idênticas, a customização em massa busca combinar padronização de processos produtivos com diversidade de produtos finais. Essa abordagem baseia-se na utilização de componentes ou plataformas comuns que podem ser configuradas de diferentes maneiras, permitindo gerar soluções personalizadas a partir de uma base produtiva estruturada.

Segundo Salvador, de Holan e Piller [8], sistemas de customização em massa são geralmente estruturados a partir de três elementos principais: uma arquitetura de produto modular, um conjunto de componentes padronizados e mecanismos de configuração que permitem combinar esses elementos de diferentes formas. Essa lógica permite ampliar significativamente a variedade de produtos ofertados sem comprometer a eficiência produtiva. Em setores industriais, tais estratégias têm sido amplamente aplicadas para atender à crescente demanda por produtos personalizados, mantendo níveis elevados de produtividade.

No contexto da construção civil, a aplicação de princípios de customização em massa ainda apresenta desafios relacionados à complexidade dos projetos e à variabilidade das condições de produção. Diferentemente da manufatura tradicional, os empreendimentos de construção envolvem processos produtivos menos controlados e maior diversidade de agentes e interfaces.No entanto, estudos indicam que estratégias baseadas em modularização e plataformas de projeto podem contribuir para viabilizar processos de personalização em escala, especialmente no contexto da produção habitacional [9].

Nesse sentido, a integração entre modularização e customização em massa tem sido apontada como uma abordagem promissora para conciliar diversidade arquitetônica e eficiência produtiva. A utilização de sistemas baseados em componentes modulares permite estruturar projetos capazes de gerar diferentes configurações espaciais e construtivas a partir de um conjunto limitado de elementos. Essa lógica abre caminho para o desenvolvimento de modelos projetuais capazes de atender demandas específicas dos usuários sem comprometer a racionalização dos processos de projeto e produção.

PROCESSO DE PROJETO EM ARQUITETURA

O processo de projeto em arquitetura caracteriza-se por uma atividade complexa que envolve a articulação de múltiplos fatores técnicos, funcionais, estéticos e construtivos. Diferentemente de processos produtivos lineares, o desenvolvimento de projetos arquitetônicos ocorre por meio de ciclos iterativos de análise, síntese e avaliação, nos quais diferentes alternativas de solução são exploradas e refinadas ao

longo do tempo [10]. Esse caráter iterativo contribui para ampliar a capacidade criativa do processo projetual, mas também pode aumentar a complexidade da gestão das decisões envolvidas no desenvolvimento do projeto.

Além da dimensão criativa, o processo de projeto também envolve a coordenação entre diferentes disciplinas técnicas e agentes envolvidos na produção da edificação. Estudos sobre gestão do processo de projeto destacam que decisões tomadas nas fases iniciais têm impacto significativo sobre o desempenho final da edificação, influenciando aspectos como custo, prazo, construtibilidade e desempenho do edifício [14]. Nesse sentido, a organização do processo de projeto torna-se um elemento central para a melhoria da eficiência e da qualidade na produção de edificações.

Kowaltowski et al. [11] destacam que o processo de projeto em arquitetura envolve múltiplas etapas de definição e refinamento de soluções, nas quais aspectos espaciais, funcionais e construtivos são progressivamente articulados. A complexidade dessas decisões aumenta à medida que diferentes requisitos são incorporados ao projeto, exigindo mecanismos de coordenação capazes de integrar informações provenientes de diversas áreas do conhecimento.

Nesse contexto, a introdução de estratégias produtivas baseadas em modularização pode contribuir para reorganizar parte das decisões projetuais, estruturando o desenvolvimento do projeto a partir de sistemas de componentes previamente definidos. A adoção de princípios modulares no processo de projeto pode facilitar a compatibilização entre disciplinas e reduzir a variabilidade das soluções construtivas, contribuindo para maior previsibilidade e eficiência no desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: ARQUITETURA RESIDENCIAL CONFIGURÁVEL

Os resultados desta pesquisa decorrem da integração conceitual dos referenciais teóricos discutidos nas seções anteriores. A análise das relações entre modularização, customização em massa e processo de projeto permitiu identificar elementos complementares capazes de fundamentar uma nova abordagem para o desenvolvimento de projetos residenciais. A partir dessa síntese teórica, propõe-se o conceito de arquitetura residencial configurável, apresentado e discutido a seguir.

A articulação entre modularização, customização em massa e processo de projeto aponta para novas possibilidades de organização da produção arquitetônica. Enquanto a modularização contribui para estruturar sistemas construtivos baseados em componentes padronizados, a customização em massa introduz mecanismos que permitem combinar esses componentes de diferentes maneiras, possibilitando gerar soluções personalizadas a partir de uma base produtiva comum. Quando associadas ao processo de projeto arquitetônico, essas estratégias podem contribuir para reorganizar a forma como as decisões projetuais são estruturadas ao longo do desenvolvimento do projeto.

Nesse contexto, emerge o conceito de arquitetura residencial configurável, entendido como um modelo de projeto baseado na combinação de componentes ou módulos capazes de gerar diferentes configurações espaciais e construtivas. Diferentemente de

abordagens baseadas em repetição de soluções idênticas, a arquitetura configurável permite estruturar sistemas projetuais que conciliam padronização de elementos construtivos e diversidade arquitetônica. Essa abordagem possibilita ampliar o repertório de soluções disponíveis, mantendo ao mesmo tempo maior controle sobre os processos produtivos.

A adoção de sistemas configuráveis no desenvolvimento de projetos residenciais pode contribuir para reduzir a complexidade do processo de projeto, uma vez que parte das decisões projetuais passa a ocorrer dentro de um conjunto previamente estruturado de alternativas. Nesse sentido, a modularização atua como elemento organizador do sistema projetual, permitindo estabelecer relações claras entre componentes, sistemas construtivos e configurações espaciais possíveis.

Além disso, a incorporação desses princípios no processo de projeto amplia as possibilidades de sistematização das decisões projetuais, permitindo estruturar relações mais claras entre as etapas de concepção arquitetônica e os sistemas construtivos adotados. Ao trabalhar com conjuntos de componentes previamente definidos e regras de combinação entre eles, o processo projetual passa a operar dentro de um campo estruturado de possibilidades, no qual diferentes soluções podem ser geradas de forma controlada.

Essa lógica contribui para aproximar o processo de projeto arquitetônico das estratégias produtivas associadas à customização em massa, uma vez que possibilita articular variabilidade projetual e padronização construtiva. Dessa forma, a arquitetura configurável pode ser compreendida como um modelo capaz de integrar decisões de projeto, organização de componentes e estratégias produtivas em um mesmo sistema conceitual.

A Figura 1 apresenta uma síntese conceitual da relação entre os principais elementos discutidos neste estudo. A partir da integração entre modularização, customização em massa e processo de projeto, torna-se possível estruturar modelos de arquitetura residencial configurável capazes de viabilizar processos de personalização em escala.

Figura 1: Fluxo de integração da modularização à personalização em escala na arquitetura residencial



Fonte: Elaborado pelos autores. Nota: Este fluxo representa o framework conceitual para o desenvolvimento de habitações modernas. Ele conecta a eficiência da produção industrial (modularização) com a satisfação das necessidades específicas do usuário final, utilizando o processo de projeto como elo integrador para viabilizar a arquitetura configurável.

CONCLUSÃO

A crescente demanda por soluções habitacionais que conciliem qualidade arquitetônica e personalização tem colocado novos desafios para os processos de projeto e produção na construção civil. No contexto da arquitetura residencial, a necessidade de atender às demandas específicas dos usuários frequentemente resulta em elevada variabilidade de soluções projetuais, o que pode impactar negativamente a previsibilidade e a eficiência dos processos produtivos.

Neste cenário, este artigo analisou as relações entre modularização, customização em massa e processo de projeto em arquitetura, discutindo seu potencial para viabilizar processos de personalização em escala na produção residencial. A revisão conceitual realizada indicou que a modularização pode contribuir para estruturar sistemas construtivos baseados em componentes padronizados, enquanto a customização em

massa oferece mecanismos capazes de gerar diversidade de soluções a partir de uma base produtiva comum. Quando articulados ao processo de projeto arquitetônico, esses conceitos permitem reorganizar as decisões projetuais e ampliar as possibilidades de sistematização do desenvolvimento do projeto.

A partir da integração desses campos teóricos, o estudo contribui ao propor o conceito de arquitetura residencial configurável, entendido como um modelo de projeto baseado na combinação de componentes ou módulos capazes de gerar diferentes configurações espaciais e construtivas a partir de uma estrutura sistematizada de elementos. Essa abordagem permite conciliar padronização construtiva e diversidade arquitetônica, possibilitando a geração de soluções personalizadas sem comprometer a eficiência dos processos produtivos.

Dessa forma, a arquitetura residencial configurável é apresentada como uma contribuição teórica que integra princípios de modularização, customização em massa e processo de projeto, oferecendo uma nova perspectiva para o desenvolvimento de modelos projetuais voltados à personalização em escala. Como continuidade desta investigação, estudos futuros podem aprofundar a análise das implicações desse conceito no processo de projeto arquitetônico, bem como explorar sua aplicação empírica em contextos reais de desenvolvimento de projetos residenciais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de Fortaleza (Unifor), Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento da Construção Civil (GERCON).

Declaração

Durante a preparação deste artigo, os autores utilizaram ChatGPT e Notebook LM para a tradução, melhoria de coesão textual e geração de imagens. Após a utilização das ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. Stanford: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering, 1992.

[2] BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. Lean project management. Building Research & Information, v. 31, n. 2, p. 119–133, 2003. DOI: https://doi.org/10.1080/09613210301997

[3] GIBB, Alistair G. F. Off-site fabrication: prefabrication, pre-assembly and modularisation. Caithness: Whittles Publishing, 1999.

[4] SMITH, Ryan E. Prefab architecture: a guide to modular design and construction. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

[5] GREZNFURTNER, Wolfgang; RUDBERG, Martin; LOIKE, Kristina; MAYRHOFER, Richard; GRONALT, Manfred. Industrialized housebuilding business strategies and the design of performance management systems. Production Planning & Control, v. 34, n. 12, p. 1178–1191, 2023. DOI: https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1992030

[6] PAN, Wei; SIDWELL, Robert. Demystifying the cost barriers to offsite construction in the UK. Construction Management and Economics, v. 29, n. 11, p. 1081–1099, 2011. DOI: https://doi.org/10.1080/01446193.2011.637938

[7] PINE II, B. Joseph. Mass customization: the new frontier in business competition. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

[8] SALVADOR, Fabrizio; DE HOLAN, Pablo M.; PILLER, Frank. Cracking the code of mass customization. MIT Sloan Management Review, v. 50, n. 3, p. 71–78, 2009.

[9] LARSEN, Maria Stoettrup Schioenning; LINDHARD, Søren Munch; BRUNOE, Thomas Ditlev; NIELSEN, Kjeld; LARSEN, Jesper Kranker. Mass customization in the house building industry: literature review and research directions. Frontiers in Built Environment, Lausanne, v. 5, 2019. DOI: https://doi.org/10.3389/fbuil.2019.00115

[10] LAWSON, Bryan. How designers think: the design process demystified. 4. ed. Oxford: Architectural Press, 2006.

[11] KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al. O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

[12] FIXSON, Sebastian K. Modularity and commonality research: past developments and future opportunities. Concurrent Engineering: Research and Applications, v. 15, n. 2, p. 85–111, 2007. DOI: https://doi.org/10.1177/1063293X07078935

[13] VOORDIJK, Johannes; MEIJBOOM, Bert; DE HAAN, Jelle. Modularity in supply chains: a multiple case study in the construction industry. International Journal of Operations & Production Management, v. 26, n. 6, p. 600-618, 2006. DOI: https://doi.org/10.1108/01443570610666966

[14] TZORTZOPOULOS, Patrícia. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.