

RAQUEL MAGALHÃES LEITE E GABRIELA CELANI

Personalizado ou flexível? Abordagens para personalização adaptativa em arquitetura

Custom or flexible? Approaches to adaptive customization in architecture

Raquel Magalhães Leite

Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal do Ceará, com graduação-sanduíche na University of the Arts London: Central Saint Martins, Reino Unido. Mestra em Arquitetura, Tecnologia e Cidade pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (PPGATC FEC/Unicamp). Trabalhou como professora substituta do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Ceará.

Architect and urban designer with a degree from the Federal University of Ceará, and an exchange period at University of the Arts London: Central Saint Martins, United Kingdom. She holds a master's degree in Architecture, Technology and Cities from the School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design at the University of Campinas (PPGATC FEC/Unicamp). She worked as a temporary professor at the School of Architecture and Urban Design at the Federal University of Ceará.

raquelmleite@gmail.com

Gabriela Celani

Gabriela Celani possui graduação (1989) e mestrado (1997) em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (USP), e doutorado (2002) em Design and Computation pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT). Atualmente é professora titular na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Campinas (FEC/Unicamp), Brasil, e foi professora visitante na Universidad Nacional del Litoral, Argentina, e na Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, além de pesquisadora visitante no MIT. É fundadora do LAPAC, Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção. Seu trabalho tem como foco projeto generativo, prototipagem rápida, fabricação digital e automação do processo de projeto de arquitetura. Foi vice-presidente de relações institucionais da SIGraDi de 2013–2015, e é atualmente vice-presidente do CAAD Futures. Foi organizadora do CAAD Futures 2015, em São Paulo, e do BRAGFOST 2016, em Campinas.

Gabriela Celani holds a BA (1989) and MSc (1997) in Architecture and Urban Design from the University of São Paulo (USP), and a PhD (2002) in Design and Computation from the Massachusetts Institute of Technology (MIT). She is presently Full Professor at the School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design at the University of Campinas (Unicamp), Brazil, and has been a visiting professor at Universidad Nacional del Litoral, Argentina, and Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, and visiting scholar at MIT. She is the founder of LAPAC, Unicamp's Laboratory of Automation and Prototyping for Ar-

chitecture and Construction. Her work focuses on generative design, rapid prototyping, digital fabrication and automation of the architectural design process. She was vice-president of institutional relations of SIGraDi from 2013–2015, and is presently vice-president of CAAD Futures. She was the chair of CAAD Futures 2015, held in Sao Paulo, and of BRAGFOST 2016, held in Campinas.

celani@unicamp.br

Resumo

O ato de personalizar o ambiente construído tem sido exercido ao longo de muitos anos como maneira de atender a diferentes demandas e criar relações de identidade. Espaços dotados de flexibilidade, seja ela relacionada às características construtivas, aos equipamentos internos ou à combinação entre ambos, são capazes de acomodar essa personalização ao longo do tempo, permitindo que as pessoas adaptem os espaços segundo novas necessidades. Contudo, muitas vezes, os edifícios produzidos em massa, principalmente os habitacionais, têm uma configuração muito rígida que dificulta essa adaptação. Assim, diante da grande variedade de ocupantes e de atividades, das mudanças de demandas das pessoas ao longo do tempo e da dificuldade de uma grande parcela da população em contratar arquitetos e empreiteiros, surgem conflitos de uso e de ocupação dos espaços. Mais recentemente, após a Terceira Revolução Industrial, a personalização em série de produtos de consumo tornou possível gerar soluções individualizadas com uma eficiência muito semelhante à da produção em massa. Em arquitetura, esse paradigma tem possibilitado ampliar a variedade de alternativas de projeto. No entanto, essa diversidade inicial geralmente não se prolonga para a reconfiguração do ambiente construído, repercutindo em uma personalização que não é flexível. Diante dessas questões, o presente artigo, que faz parte de uma pesquisa de mestrado, tem como objetivo investigar abordagens de projeto que possibilitem a convergência entre a flexibilidade e a personalização em série em arquitetura. Essa correlação é desenvolvida por meio da análise de princípios e estratégias dos dois conceitos, ilustrados com exemplos práticos, com a distinção da camada dos edifícios que passa por mudanças com maior frequência: a da organização dos espaços internos. Identificamos a recorrência da modularidade como uma abordagem essencial tanto para a personalização em série como para a flexibilidade do ambiente construído. Por fim, o estudo contribui com uma sistematização entre diferentes tipos de modularidade e suas possibilidades de aplicação para a personalização adaptativa em espaços internos, oferecendo apontamentos para a personalização em série em arquitetura com possibilidade de variação dimensional e agenciamento pelos usuários ao longo do tempo.

Palavras-chave: personalização em série. flexibilidade. adaptabilidade. modularidade.

Abstract

The tradition to customize the built environment has been exercised over several years, as a way of meeting different demands and fostering a sense of identity. Flexible spaces are those which accommodate this customization over time, allowing people to adapt them according to changes in their needs. This flexibility can be related to constructive features, to furnishings or to a combination of both. However, mass-produced buildings, specially housing, frequently have a very strict configuration, making any kind of adaptation difficult. It leads to use and occupation conflicts, given the wide variety of occupants and activities, people's changing demands over time, and the difficulty of a large portion of the population in hiring architects and contractors. More recently, after the Third Industrial Revolution, mass customization has made it possible to generate individualized solutions with almost mass production efficiency. In architecture, this paradigm creates a wide variety of design alternatives. However, this initial diversity does not always enable to reconfigure the built environment, resulting in an inflexible customization. Given these issues, this article is part of a master's research and it aims to investigate converging approaches between mass customization and flexibility in architecture. Both concepts are analyzed regarding their principles and strategies and illustrated

with practical examples, with a focus on the building layer that undergoes changes most frequently: that of the organization of internal spaces. We have identified modularity as a recurrent approach both to mass customization and flexibility of the built environment. Finally, this study systematizes different types of modularity and their possible applications for adaptive customization in indoor spaces, contributing with notes on dimensional mass customization in architecture with user agency over time.

Keywords: mass customization. flexibility. adaptability. modularity.

Resumen

El acto de personalizar el ambiente construido se ha ejercido durante muchos años como una forma de satisfacer diferentes demandas y crear relaciones de identidad. Los espacios dotados de flexibilidad, ya sea relacionada con las características constructivas, el mobiliario interno o la combinación de ambos, son capaces de acomodar esta personalización en el tiempo, permitiendo a las personas adaptar los espacios según nuevas necesidades. Sin embargo, muchas veces los edificios producidos en masa, especialmente las viviendas, tienen una configuración muy rígida que dificulta esta adaptación. Así, dada la gran variedad de ocupantes y actividades, las demandas cambiantes de las personas a lo largo del tiempo y la dificultad de una gran parte de la población para contratar arquitectos y contratistas, surgen conflictos de uso y ocupación de los espacios. Más recientemente, después de la Tercera Revolución Industrial, la personalización en serie de productos de consumo permitió generar soluciones individualizadas con una eficiencia muy similar a la de la producción en masa. En arquitectura, este paradigma ha permitido ampliar la variedad de alternativas de diseño. Sin embargo, esta diversidad inicial generalmente no se extiende a la reconfiguración del ambiente construido, lo que resulta en una personalización que no es flexible. Ante estas cuestiones, el presente artículo, que forma parte de una investigación de máster, tiene como objetivo estudiar enfoques de diseño que permitan la convergencia entre la flexibilidad y la personalización en serie en la arquitectura. Esta correlación se desarrolla a través del análisis de principios y estrategias de los dos conceptos, ilustrados con ejemplos prácticos, con la distinción de la capa de los edificios que sufre cambios con mayor frecuencia: la de la organización de los espacios internos. Identificamos la recurrencia de la modularidad como un enfoque esencial tanto para la personalización en serie como para la flexibilidad del ambiente construido. Finalmente, el estudio contribuye con una sistematización entre diferentes tipos de modularidad y sus posibilidades de aplicación para la personalización adaptativa en espacios interiores, ofreciendo apuntes para la personalización en serie en arquitectura con posibilidad de variación dimensional y agencia por parte de los usuarios a lo largo del tiempo.

Palabras-clave: personalización en serie. flexibilidad. adaptabilidad. modularidad.

Introdução*

* Este artigo faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Personalização em série para o projeto e a produção de espaços flexíveis", defendida no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas (PPGATC FEC/Unicamp).

O ato de personalizar os espaços físicos tem se modificado ao longo do tempo, com as transformações sociais e a evolução das tecnologias construtivas. Especialmente nos últimos três séculos, os ciclos de industrialização influenciaram significativamente na maneira como as pessoas interferem no ambiente construído. A produção passou a acontecer com custos reduzidos e velocidade crescente, principalmente após sua massificação. Com isso, a valorização de soluções padronizadas e o consequente aumento do custo de projetos personalizados repercutiram em um distanciamento das pessoas dos processos decisórios em seus espaços.

No campo da arquitetura, essas questões motivaram um movimento contrário, voltado à valorização da arquitetura vernacular. Ratti e Claudel (2015) resgatam a importância da exposição *Architecture Without Architects*, de Bernard Rudofsky, realizada em 1965 no Museum of Modern Arts (MoMA), em Nova York, como um forte manifesto por uma "arquitetura sem autores". Como parte do mesmo movimento, diversos arquitetos e designers desenvolveram teorias, estratégias e artefatos voltados à reinserção dos usuários nos processos de transformação espacial, considerando a flexibilidade de processos e produtos, como a Teoria dos Suportes (HABRAKEN, 1999) e os manuais *How to build your own living structures* (ISAACS, 1974) e *Autoprogettazione?* (MARI, 2002). Esse período também coincidiu com a ascensão da ciência da computação e de suas interseções com a indústria criativa.

Hoje, vivencia-se novamente um movimento de resgate de estratégias de projeto bottom-up, agora relacionadas a um contexto digital e conectado. Os laboratórios de fabricação digital surgem como a ramificação física de um espaço híbrido e compartilhado que se conecta pela internet, onde ideias criadas em um ambiente open source podem ser materializadas (RATTI; CLAUDEL, 2015). Ao mesmo tempo, as tecnologias de fabricação digital possibilitam que geometrias com alta complexidade e variedade sejam desenvolvidas e manufaturadas sem prejuízos significativos de tempo e recursos (KOLAREVIC, 2005). Em paralelo, essas novas capacidades industriais impactam a produção de larga escala, pois a padronização da manufatura é, gradativamente, substituída pela personalização em série.

Essas tendências se relacionam também aos modos de viver contemporâneos. Espaços com dimensões cada vez menores em centros urbanos densos, sobreposição de usos em um mesmo local e conectividade em rede estimulam a criação de ambientes compartilhados, como *cohousings* e *coworkings*, além de trazer novas demandas de configuração a espaços existentes. Em contrapartida, observa-se a persistência na produção industrial estandardizada de equipamentos internos, que muitas vezes não se adequam a espaços cada vez mais reduzidos (FOLZ, 2002, 2008). Mais recentemente, a brusca alteração no cotidiano das pessoas em virtude da pandemia de Covid-19 (*Coronavirus disease 2019*) pôs em destaque a importância da polivalência nos ambientes residenciais, a fim de acomodar atividades distintas durante o período de isolamento social. A flexibilidade torna-se, assim, um atributo ainda mais relevante, ao considerar a possibilidade de ajuste do espaço segundo mudanças de necessidades e de padrões dos indivíduos, a partir da articulação cuidadosa de uso e tecnologia (SCHNEIDER; TILL, 2007).

Apesar das possibilidades formais e relacionais propiciadas pelas novas tecnologias digitais de projeto e fabricação, constata-se que ainda há um descompasso entre a geração de soluções personalizadas e a extensão dessa personalização ao longo do ciclo de vida dos produtos. De um lado, o uso da tecnologia para a obtenção de flexibilidade tende a seguir abordagens mais rígidas e determinísticas, pautadas no pensamento moderno, o que pode resultar em uma pré-definição excessiva que prejudica a

flexibilidade a longo prazo (SCHNEIDER; TILL, 2007). Do outro, a personalização em série, quando oportuniza ao usuário escolher entre uma grande quantidade de opções, acaba por também se voltar apenas à flexibilidade inicial (SCHNEIDER; TILL, 2007). Como constatado em um estudo recente, a maioria dos trabalhos nos últimos dez anos que tratam da personalização na escala do layout trazem abordagens voltadas apenas à pré-configuração dos espaços (LEITE; CELANI, 2019).

Em contrapartida, o ecossistema contemporâneo de compartilhamento digital sugere também uma dissolução da dicotomia entre o personalizado e o flexível, na medida em que o valor do objeto como processo pode superar seu valor de troca como produto acabado. Dessa forma, um objeto personalizado não se relaciona mais, necessariamente, a uma especificação excessiva, mas sim à possibilidade de adaptação a um contexto em constante transformação (GU; HASHEMIAN; NEE, 2004).

Este artigo se direciona, portanto, a investigar possíveis afinidades entre estratégias de personalização em série e de flexibilidade, que possibilitem a convergência dessas duas abordagens. Primeiramente, são apresentados princípios e variações da personalização em série pela visão de diferentes autores, discutindo-se oportunidades e desafios para sua consolidação em arquitetura. Em seguida, diferentes formas de flexibilidade são debatidas, considerando-se as distintas temporalidades das camadas de um edifício. Por fim, realiza-se uma sistematização das abordagens que integram esses dois conceitos, destacando-se a modalidade da personalização adaptativa e o uso da modularidade, com um aprofundamento na camada arquitetônica suscetível a mudanças mais frequentes: a da organização dos espaços internos.

Da padronização à personalização

Ao longo das revoluções industriais, oscilou, na sociedade e nos meios produtivos, a percepção da personalização como uma característica positiva. A Segunda Revolução Industrial se amparou na padronização como um princípio necessário para otimizar a produção e, ao mesmo tempo, amplificar a aquisição de bens de consumo. Já a Terceira trouxe um resgate de respostas personalizadas com eficiência semelhante.

A noção de personalização em série, ou *mass customization*¹, foi cunhada, pela primeira vez, por Davis (1987), para definir a possibilidade de fabricar um produto único a partir de uma capacidade de larga escala. Esse autor considera a personalização em série não só de produtos, mas também de serviços, mercados e organizações.

A definição de personalização em série não é unânime entre autores. De maneira semelhante a Davis (1987), Pine II (1993) a descreve como a produção de uma variedade de bens ou serviços com o baixo custo característico da produção em massa. Para ele, a personalização pode acontecer em vários pontos da cadeia produtiva, que perpassa o desenvolvimento, a fabricação, a venda e a distribuição desses bens ou serviços (PINE II, 1993). Já para Lampel e Mintzberg (1996), a personalização em série não se opõe completamente à standardização. Em vez disso, há uma gradação entre a padronização pura e a personalização pura, variando segundo o nível de interferência do usuário no processo. Historicamente, após a Segunda Revolução Industrial, quando a personalização passou a ser vista como uma atividade ultrapassada diante da

¹ Neste trabalho, *mass customization* foi traduzido como *personalização em série*, como proposto por Duarte (2007) no livro *Personalizar a habitação em série: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza*, em virtude do seu pioneirismo no uso desse conceito em língua portuguesa e da ausência do termo *customização* no Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa (ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS, [s.d.]). A versão online do VOLP está disponível em: <<http://www.academia.org.br/nossa-lingua/busca-no-vocabulario>>. Acesso em: 09/12/2020.

eficiente produção de objetos padronizados, a individualização foi deixada de lado. Com a personalização em série, as lógicas do individual e do agregado passam a conviver no mesmo processo com intensidades variáveis (LAMPEL; MINTZBERG, 1996).

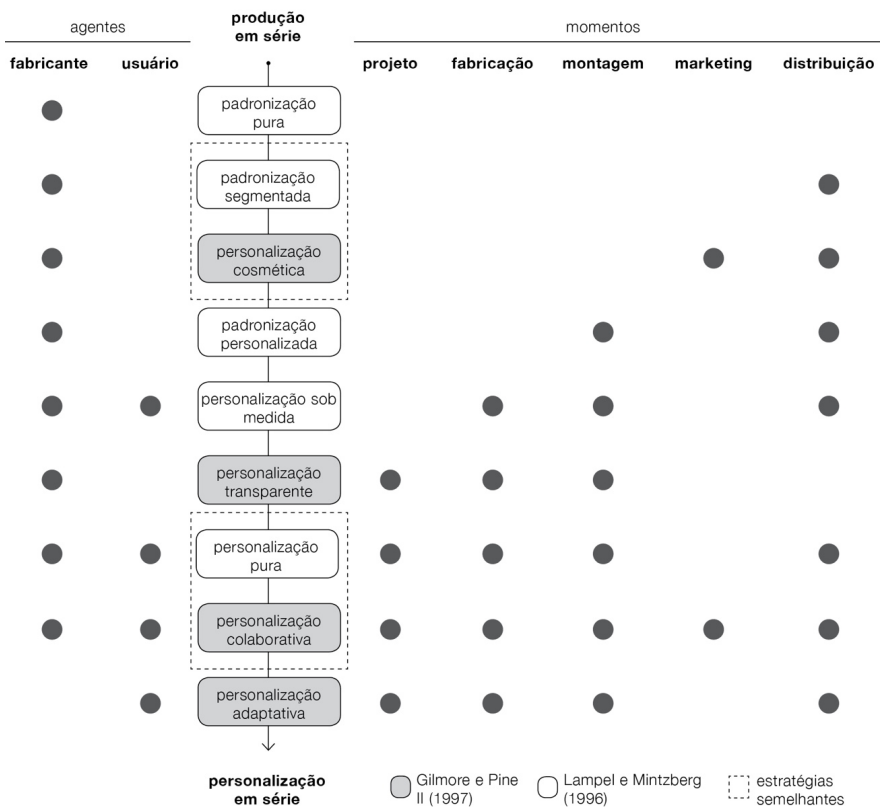


FIGURA 1 - Síntese de agentes e etapas no espectro entre a padronização e a personalização em série.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base nos conceitos de Gilmore e Pine II (1997) e de Lampel e Mintzberg (1996)

Gilmore e Pine II (1997), por sua vez, distinguem quatro formatos de personalização em série: colaborativa, adaptativa, transparente e cosmética². Na colaborativa, fabricantes e usuários dialogam nos momentos de projeto, fabricação, marketing e distribuição para articular respostas a um problema específico. A personalização adaptativa, por sua vez, distingue-se da colaborativa por não ser o fabricante o agente das modificações: em vez disso, o produto que chega ao usuário é aberto, passível de personalização após a entrega. Já na personalização transparente, o produto fornecido é único, mas o usuário não interage nesse processo de personalização, o qual ocorre a partir da observação de padrões comportamentais pelos fabricantes. A cosmética, por fim, oferece um produto padrão com marketing e distribuição personalizados, com uma embalagem sob medida ou a escrita do nome do consumidor no produto, por exemplo (GILMORE; PINE II, 1997). Uma síntese do espectro da personalização em série segundo diferentes autores é ilustrada em [1].

Duray et al. (2000), por sua vez, apontam que, além de incluir as especificações individuais dos clientes em cada produto, a personalização em série deve tomar partido da modularidade para combinar componentes e, assim, conseguir chegar à eficiência da manufatura estandardizada. Os autores apontam que a modularidade é também o que distingue a personalização em série da personalização pura, pois esta última, ao trabalhar com elementos sempre diferentes entre si, permitiria

² Tradução nossa de collaborative customization, adaptive customization, transparent customization e cosmetic customization (GILMORE; PINE II, 1997).

um número infinito de permutações, enquanto a personalização em série, ao lidar com uma quantidade limitada de componentes, possibilita não só o baixo custo da produção, mas também o controle de sua qualidade (DURAY et al., 2000). Nesse sentido, Ulrich e Tung (1991 apud DURAY et al., 2000) distinguem seis tipos diferentes de modularidade: component-sharing modularity, component-swapping modularity, cut-to-fit modularity, mix modularity, bus modularity e sectional modularity.

A respeito da modularidade como estratégia para atingir variabilidade e melhor compatibilização de projetos, é relevante mencionar o princípio da coordenação modular. Regulamentada no Brasil pela norma ABNT NBR 15.873/2010, a coordenação modular tem como base a produção padronizada de elementos construtivos por fabricantes diversos. A medida de coordenação de um componente segue múltiplos de 100mm, incorporando plano de referência, medidas modulares, margens de tolerância de produção e consideração do espaço de ajuste para a união entre componentes (ABNT, 2010). Busca-se, com isso, promover o aumento da compatibilidade entre os elementos de projeto e os de construção, o que contribui também para uma maior integração entre as diferentes disciplinas envolvidas (ROMCY et al., 2014)

O estudo desenvolvido por Ferreira, Bregatto e D'Ávila (2008) sobre a coordenação modular apresenta uma definição de três tipos de módulo no âmbito da arquitetura. O módulo-forma, relacionado aos invólucros, e o módulo-função, que tem a ver com as medidas de uso de um espaço, podem ser articulados de modo a proporcionar uma unificação dimensional da escala do componente à escala do espaço. Já o terceiro tipo, chamado de módulo-objeto, é o que de fato consolida essa compatibilização, segundo os autores, pois pressupõe uma produção em escala industrial (FERREIRA; BREGATTO; D'ÁVILA, 2008).

Assim, nota-se que o princípio da coordenação modular, apesar de tomar como ponto de partida a fabricação padronizada dos componentes construtivos – o que não necessariamente garante a industrialização da construção de maneira geral nem a personalização em série das soluções de projeto – dialoga com fundamentos gerais da personalização em série, ao incorporar possibilidades de permutação de componentes sob uma perspectiva de otimização da produção.

No âmbito da arquitetura, a personalização em série tem sido particularmente associada a duas bases tecnológicas principais: (1) o projeto paramétrico ou associativo e (2) a fabricação digital (KOLAREVIC, 2005). A organização estruturada das informações por meio do projeto paramétrico permite embutir dados e requisitos para otimizar a performance das soluções e a geração dos arquivos para fabricação digital. Isso também contribui para a criação de plataformas para interação com o usuário, já que o projeto passa a ser um sistema, e não um produto finalizado.

Já para Kieran e Timberlake (2004), a eficiência da personalização em série e o controle do processo produtivo pelo arquiteto associam-se à partição do problema em situações menores. Assim, de maneira semelhante às indústrias automobilística e naval, eles propõem uma arquitetura modular como aquela produzida fora do terreno (off-site) e transportada em conjuntos completos. A modularidade, nesse caso, prevê não somente a combinação entre componentes distintos, mas também seu agrupamento em conjuntos (sub-assemblies) pelo fabricante. No entanto, a perspectiva de Kieran e Timberlake (2004) volta-se mais à relação entre arquiteto e indústria que à inserção do usuário no processo de personalização.

Salingeros e Tejada (2001), em contrapartida, criticam o uso predominante de uma modularidade "vazia", a qual se basearia na repetição monótona de componentes iguais, principalmente na produção de edifícios. Como contraponto, argumentam em favor de uma modularidade por subdivisão, ou complexa, na qual a segmentação do módulo em estruturas menores proporciona uma maior riqueza de combinações.

Os autores fazem referência a edifícios que se utilizam das tecnologias de projeto paramétrico e fabricação digital, como é o caso do Museu Guggenheim de Bilbao, de Frank Gehry, como exemplos que desafiam a modularidade vazia. De maneira complementar, Stralen (2018) provoca que a atividade de menu picking, ou seja, o ato de escolher componentes a partir de um catálogo com opções pré-definidas, não consiste na efetiva inserção dos usuários no processo de personalização, pois os mantém na posição de consumidores.

Uma reflexão crítica a respeito do determinismo das interfaces de personalização em série é desenvolvida por Stralen (2017), em sua pesquisa de doutorado. Segundo ele, o diálogo entre os diferentes envolvidos no processo criativo, seja designer, usuário ou máquina, potencializa a obtenção de variedade nas soluções. Para que isso ocorra, é necessário que essas conversas ocorram desde o momento da definição das restrições de projeto (ou constraints). Dessa forma, evita-se que a interface direcione o processo criativo de maneira determinística, já que nem sempre a utilização de sistemas paramétricos abertos é uma garantia de abertura do processo por completo (STRALEN, 2017).

Por outro lado, a possibilidade de variar dimensões na personalização em série, denominada por Kolarevic (2015) de personalização dimensional (dimensional customization), é ainda um dos grandes desafios para a consolidação desse paradigma em arquitetura, em virtude dos diversos requisitos de legislação, segurança, ergonomia e outros condicionantes de projeto que fazem parte do escopo de trabalho dos profissionais de arquitetura. Para garantir a exequibilidade e a performance das soluções realizadas com personalização dimensional, torna-se necessário embutir esses limitantes no sistema de projeto.

Kolarevic (2018) chama atenção também para a importância de um "minimalismo paramétrico", ou seja, para a definição clara de quais elementos são passíveis de alteração, de acordo com uma hierarquia determinada. Stralen (2017) também aponta que a influência do projetista sobre a variedade proporcionada por um sistema pode estimular a criatividade ou, no outro extremo, controlar o ruído resultante de um número excessivo de alternativas – evitando um possível desconforto no processo de personalização que Piller et al. (2005) chamam de mass confusion. Portanto, quando há a partilha da autoria e, conseqüentemente, da responsabilidade, faz-se necessário discernir os formatos de diálogo mais adequados aos níveis de modularidade do objeto arquitetônico e da cadeia produtiva, bem como aos diferentes agentes envolvidos. O julgamento estético do projeto adiciona mais uma camada de complexidade: a decisão autônoma do usuário pode gerar resultados de qualidade questionável, ao passo que a predefinição pelo projetista pode enrijecer a interação, diminuindo significativamente a quantidade de soluções potenciais (KOLAREVIC, 2018).

A consolidação da personalização em série em arquitetura ainda apresenta, portanto, muitos desafios, principalmente quando se considera a interferência dos usuários na modificação de aspectos dimensionais, relacionados à multiplicidade de escalas, às questões culturais e à necessidade de atender a uma série de requisitos técnicos (KOLAREVIC, 2015). Considerando-se a referência à modularidade feita por diferentes autores como uma ferramenta para a consolidação desse paradigma, a exploração de diferentes abordagens modulares pode direcionar o desenvolvimento da personalização em série a novos níveis de interação com os usuários.

A quarta dimensão na arquitetura

A realização de um projeto de arquitetura, do planejamento à construção, se dá no espaço tridimensional conformado por três variáveis: x, y e z, ou largura, profundidade e altura. São elas que expressam as intenções criativas por meio de representações ortogonais, que possibilitam a tradução de um modelo conceitual e informacional em um edifício, segundo a interferência de múltiplos agentes. O projeto, materializado em construção, reforça sua existência ao modificar o espaço circundante pela sua volumetria e tectônica.

Há, no entanto, uma quarta dimensão, a qual permeia toda a cadeia de projeto e, ainda mais longamente, toda a subsistência da arquitetura no espaço: o tempo. Se os arquitetos estão acostumados a lidar com o espaço, a incorporação do tempo como premissa de projeto perpassa uma complexidade bem maior. Como discute Hertzberger (1999), há uma dicotomia entre a estrutura de um espaço e sua ocupação, ou seja, entre sua competência coletiva e as interpretações individuais. Uma arquitetura que abriga interpretações está, portanto, sujeita a mudanças, muitas vezes, imprevisíveis.

Após a construção, os agentes também mudam. Os edifícios passam a receber continuamente a interferência de seus usuários, os quais partilham a responsabilidade pela gestão e pela transformação do espaço (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016). Identificamos, com essa questão, dois momentos chave para a consideração do tempo na existência arquitetônica: a pré-configuração e a reconfiguração (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016), também chamados de pré-ocupação e pós-ocupação (SCHNEIDER; TILL, 2007). A personalização em série pode proporcionar variedade para a pré-configuração de plantas habitacionais, como propõe Duarte (2007) e diversos outros autores. Por outro lado, Schneider e Till (2007) argumentam que nem sempre uma ampla gama de soluções iniciais repercute no prolongamento dessas modificações ao ciclo de vida do edifício.

Podemos compreender melhor a quarta dimensão em um edifício se o percebermos como um conjunto de camadas interdependentes. Essa sistematização foi elaborada por Brand (1994), que disseca o objeto arquitetônico em seis camadas, todas iniciadas pela letra S, de fora para dentro: site, structure, skin, services, space plan e stuff. Esse ordenamento tem a ver com o quanto cada uma é suscetível ao tempo – site (ou terreno) perdura por gerações, ao passo que elementos na camada de stuff (ou objetos) podem ser modificados diariamente. Além disso, em cada camada, há agentes distintos responsáveis pelas mudanças (BRAND, 1994).

A compreensão de que partes diferentes de um edifício possuem graus distintos de modificação é essencial para a proposição de estratégias de flexibilidade. De acordo com Schneider e Till (2007), a flexibilidade envolve a possibilidade de "ajustar-se à mudança de necessidades e padrões, tanto sociais quanto tecnológicos" (SCHNEIDER; TILL, 2007, p. 4, tradução nossa)³. Conforme o grau de controle exercido pelos projetistas, o uso e a tecnologia podem ser administrados de uma maneira hard (determinada) ou soft (indeterminada). Esses autores trazem o exemplo das terraced houses inglesas e das plantas livres de escritórios como locais em que as características construtivas favorecem apropriações flexíveis. Já Schmidt III e Austin (2016) correlacionam a adaptabilidade a atitudes mais indeterminadas, em que as relações sociais entre os usuários e os projetistas repercutem em abordagens que acomodam as mudanças do contexto e, conseqüentemente, incorporam valor através do tempo. Esses pesquisadores destacam também que os seres humanos também se adaptam a novas circunstâncias.

³ "Our broad definition of flexible housing is housing that can adjust to changing needs and patterns, both social and technological" (SCHNEIDER; TILL, 2007, p. 4).

Contudo, Hertzberger (1999) argumenta que o excesso de preocupação com a flexibilidade pode ser arriscado. Por um lado, um projeto em que o arranjo espacial é excessivamente específico, voltado a determinar como aquele espaço deve ser utilizado, "conduz não só à disfuncionalidade como também a uma grave falta de eficiência" (HERTZBERGER, 1999, p. 146). Essa situação é enfrentada, algumas vezes, na personalização em série pré-ocupação. Por outro, adotar flexibilidade sob o viés da neutralidade pode levar a soluções que não atingem o máximo de otimização para cada caso (HERTZBERGER, 1999).



FIGURA 2 - Edifício de escritórios Centraal Beheer, projetado por Herman Hertzberger (1969-1972).

Fonte: Wikimedia Commons. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hertzberger_Centraal_Beheer1.jpg> sob a licença CC-BY-SA-3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.en>>. Acesso em: 21/09/2020.

Hertzberger (1999) propõe, como contraponto, uma capacidade denominada polivalência. Projetos polivalentes são aqueles que incorporam incentivos e abrem margens para a interpretação dos indivíduos, o que os dota de uma "adaptabilidade permanente" (HERTZBERGER, 1999, p. 133). Um exemplo é o edifício de escritórios Centraal Beheer, na Holanda [2]. A maneira como as camadas structure e space plan são organizadas, a partir de uma composição de blocos de 9m por 9m, gera vazios centrais e reentrâncias, possibilitando diferentes conexões entre os núcleos de trabalho. Essas estratégias encorajam a apropriação pelos usuários, os quais complementam a composição espacial com maneiras diversas de dispor o mobiliário, na transição do coletivo para o individual. Essa potencialização das formas de ocupar um espaço decorrente da correlação entre módulos e submódulos é chamada por Hertzberger (1999) de articulação. Nesse exemplo, o edifício se torna adaptável tanto por características de sua envoltória quanto pela multiplicidade de arranjos e usos dos equipamentos. Vale ressaltar que esse edifício passa por um processo de readequação para tornar-se um empreendimento habitacional, o que reforça a efetividade da polivalência impressa no projeto, como também a capacidade de adaptação dos espaços de escritório, discutida por Schneider e Till (2007).

Projetar para a polivalência encontra interseções com a necessidade de definir um espaço de soluções, como ocorre na personalização em série. Ou seja: se, na criação de uma interface para personalização pelos usuários, arquitetos e designers precisam definir com clareza os aspectos limitantes e os modificáveis do projeto, o mesmo ocorre quando se entende que o espaço materializado também define uma interface dialógica. De acordo com Hertzberger (1999):

Assim como a posição do arquiteto diante da estrutura coletiva é interpretativa – i.e., a de usuário –, sua posição diante dos usuários de sua arquitetura é a de tornar seu projeto interpretável por eles. Deve ficar claro para o arquiteto até onde ele pode ir e onde ele não deve fazer imposições: ele deve criar espaço e deixar espaço, nas proporções adequadas e com o equilíbrio adequado. (HERTZBERGER, 1999, p. 169)

Um estudo desenvolvido por Schmidt III e Austin (2016), a partir da análise de 290 obras de referência, conduziu a uma sistematização que combina tipos e estratégias de adaptabilidade ao entendimento do edifício em camadas. Os tipos de adaptabilidade sintetizados pelos autores são: ajustabilidade (mudança de atividade), versatilidade (mudança de espaço), reabilitação (mudança de performance), conversão (mudança de função), escalabilidade (mudança de tamanho) e movimentação (mudança de localização). A relação entre tipos de adaptabilidade e as camadas de interferência dizem respeito também aos agentes envolvidos nesse processo, bem como à frequência de modificações. Assim, todas elas são perpassadas pela noção de polivalência, ou seja, pela sugestão implícita a novas interpretações.

Personalização e flexibilidade nos espaços internos

Como visto, as camadas mais internas de um edifício são as que apresentam uma maior frequência de modificações. Por exemplo, na tipologia habitacional, a desconformidade entre plantas rígidas e mobiliário padronizado gera conflitos de uso e ocupação (FOLZ, 2008). Já nos locais de trabalho, onde a mudança de atividades e de pessoas é frequente, há uma tendência em transferir do edifício para o mobiliário a resolução de questões espaciais (DUFFY; CAVE; WORTHINGTON, 1976).

Contudo, enfrenta-se um descompasso entre a visão de curto prazo da indústria e a longevidade da experiência dos usuários, o que estabelece uma barreira para a adaptabilidade espacial (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016). Além da tendência em focar na pré-configuração, a apropriação da tecnologia para a geração de soluções adaptáveis, em geral, baseia-se mais em uma flexibilidade estética que na efetiva possibilidade de mudança (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016). Sob a perspectiva da personalização em série, pode-se analisar que há predominância da personalização cosmética em sobreposição às demais. Contudo, é possível explorar outras possibilidades, como a personalização adaptativa (GILMORE; PINE II, 1997).

O projeto Future Adaptive Building (FAB), de Brown (2018), é um exemplo que se ampara nesse tipo de personalização. A proposta consiste em uma sistematização de módulos de mobiliário e equipamentos médicos, cujo agenciamento ocorre em uma plataforma digital, com o objetivo de proporcionar a qualidade habitacional a pessoas idosas por meio da personalização ao longo do tempo (BROWN, 2018). Foi criado segundo a modularidade do tipo bus, em que há uma armadura básica na qual componentes podem ser substituídos de acordo com a necessidade. Os módulos são escolhidos em uma interface digital, a qual também auxilia no monitoramento

dos cuidados médicos e na composição do layout. O FAB engloba, portanto, pré-configuração e reconfiguração dos espaços a partir do reordenamento e da substituição dos equipamentos modulares (BROWN, 2018).

Desde a década de 1970, no contexto da retomada de processos participativos, já havia iniciativas que expressavam esse tipo de preocupação e empregavam modularidade para facilitar a personalização de espaços com processos do tipo faça-você-mesmo. O manual *How to build your own living structures* (ISAACS, 1974) é um desses exemplos. Nele, o autor descreve com textos, fotografias e desenhos a fabricação de estruturas em diversas escalas, iniciando pela montagem de um módulo de 24 polegadas que fornece a base para a articulação das demais estruturas. A ideia principal é incentivar a autonomia das pessoas na criação de peças de mobiliário que condicionam o ambiente, e não o contrário, com as chamadas "estruturas vivas", as quais focam na multiplicidade de usos e não em obedecer a funções pré-determinadas (ISAACS, 1974).

Dentre as estratégias de adaptabilidade sistematizadas por Schmidt III e Austin (2016), duas se aplicam ao nível dos objetos e, por consequência, do layout. A primeira, chamada de ajustabilidade, consiste na mudança de atividade proporcionada por pequenas variações em equipamentos e móveis. A outra é a versatilidade, definida como mudança de espaço, e corresponde à possibilidade de modificar o ambiente pelo rearranjo da mobília. Enquanto a ajustabilidade possui um caráter ativo e determinado, relacionado a características físicas dos objetos, a versatilidade é mais passiva e genérica (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016).

Sob o ponto de vista do design de produto, Gu, Hashemian e Nee (2004) definem design adaptativo como aquele capaz de estender a utilidade de um determinado produto ou projeto caso as circunstâncias iniciais mudem. Segundo eles, essa adaptação pode acontecer em uma gradação de processos: aprimoramento, personalização, variedade e versatilidade. Nesse caso, a versatilidade é compreendida pelos autores como o grau máximo de adaptabilidade de um produto ou projeto e consiste na possibilidade de atender a novos usos sem necessitar de mudanças físicas significativas (GU; HASHEMIAN; NEE, 2004). Diferencia-se, portanto, da versatilidade de Schmidt III e Austin (2016), a qual prevê alterações espaciais. Além disso, os autores apontam a modularidade como principal estratégia para a obtenção de projetos adaptativos, os quais devem possuir uma estrutura hierárquica clara entre módulos e submódulos, de maneira semelhante ao que Kieran e Timberlake (2004) sugerem para edifícios.

Já o conceito de *affordance*, proposto por Gibson (1979), consiste no que um elemento pode prover ou proporcionar, capacidade percebida pelo agente com o qual ele se relaciona. Os elementos providos de *affordances* podem ser ambientes, objetos, superfícies, pessoas e lugares. Gibson (1979) argumenta que, como as *affordances* emergem da percepção de cada um, perde-se a necessidade de nomear e classificar os elementos. Por tratar da multiplicidade de usos de um determinado elemento sem que seja necessário modificá-lo, o conceito de *affordance* assemelha-se à polivalência (HERTZBERGER, 1999) e à versatilidade (GU; HASHEMIAN; NEE, 2004).

Percebe-se a recorrência da modularidade como um importante mecanismo tanto para a flexibilidade quanto para a personalização em série. Assim, entre as definições de modularidade apresentadas até então, propomos a sua organização em dois grupos: (1) subdivisão de dimensões e (2) agrupamento de componentes. Essas duas modalidades não são mutuamente exclusivas – a subdivisão de um determinado objeto em partes menores e inter-relacionadas pode ser combinada ao reagrupamento desses componentes de uma maneira diferente, como sugerem Ferreira, Bregatto e D'Ávila (2008) para o módulo-objeto da coordenação modular, que une forma e função ao processo produtivo industrial.

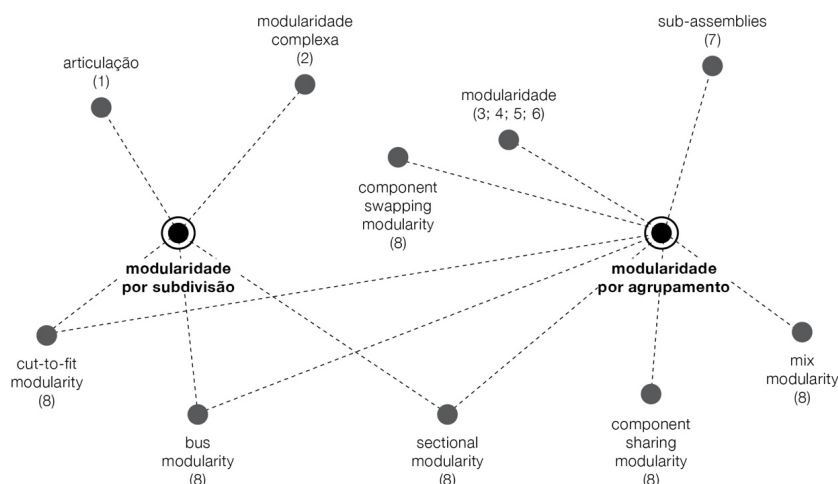
Como exemplos de modularidade por subdivisão de dimensões, pode-se mencionar a

articulação (HERTZBERGER, 1999), resultante da composição rítmica entre elementos arquitetônicos, que transparece a existência de módulos como dimensões menores de um todo. No mesmo sentido estrutura-se a modularidade complexa de Salingaros e Tejada (2001), em que a geração de formas ocorre pela diferenciação de unidades em suas subestruturas.

A modularidade por agrupamento de componentes, por sua vez, é discutida sob o viés da flexibilidade por Schmidt III e Austin (2016), por Schneider e Till (2007) e por Gu, Hashemian e Nee (2004). A coordenação modular também parte desse princípio e, como comentado por Romcy et al. (2014), a possibilidade de intercâmbio entre diferentes componentes construtivos proporcionada pelo uso de medidas de coordenação contribui para a flexibilidade nos edifícios ao longo prazo. Essa estratégia do agrupamento de componentes coincide com a modularidade da personalização em série, já apresentada pela perspectiva de Duray et al. (2000) e Kieran e Timberlake (2004). Em algumas situações, como as modularidades cut-to-fit, bus e sectional (ULRICH; TUNG, 1991 apud DURAY et al., 2000), bem como na coordenação modular, o agrupamento de componentes combina-se à segmentação de dimensões. A correlação entre esses conceitos é ilustrada em [3].

FIGURA 3 - Sistematização de dois tipos principais de modularidade presentes na flexibilidade e na personalização em série, com a correlação entre conceitos mapeados na literatura: (1) Hertzberger (1999), (2) Salingaros e Tejada (2001), (3) Schmidt III e Austin (2016), (4) Schneider e Till (2007), (5) Gu, Hashemian e Nee (2004), (6) Duray et al. (2000), (7) Kieran e Timberlake (2004) e (8) Ulrich; Tung (1991) apud Duray et al. (2000).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

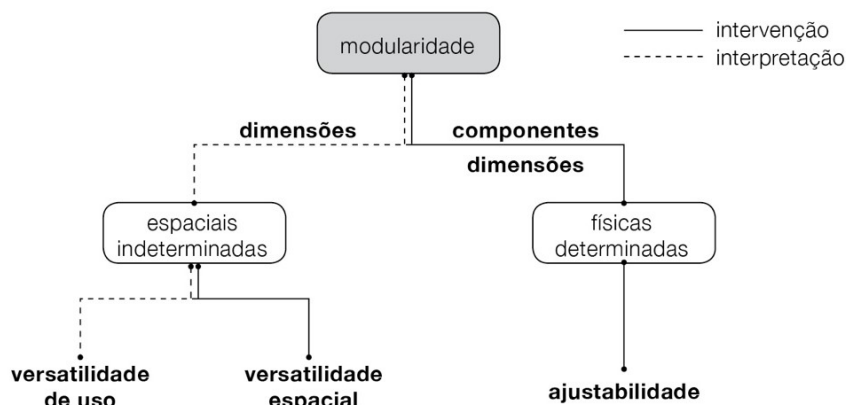


No âmbito dos espaços internos, que compreende as camadas space plan e stuff de Brand (1994), aqui sintetizadas como layout, os dois conjuntos de modularidade identificados podem propiciar diferentes tipos de adaptabilidade, seguindo abordagens e estratégias mais indeterminadas (soft) ou determinadas (hard). Do ponto de vista dos usuários, isso significa também posturas mais ativas, que resultam em intervenções, e interpretativas, onde as mudanças remetem à percepção de affordances.

Em [4], apresentamos uma síntese desse processo para a camada do layout. A versatilidade de uso relaciona-se ao objeto ou ao espaço e resulta da possibilidade de interpretações diferentes pelos sujeitos, sem a necessidade de mudanças físicas – remete ao conceito de versatilidade de Gu, Hashemian e Nee (2004). A modularidade por subdivisão de dimensões pode auxiliar nesse processo por meio da atribuição de medidas que permitam uma variedade de apropriações. A versatilidade espacial, por sua vez, tem a ver com a articulação entre dimensões de objetos e espaços e, mesmo significando rearranjos do mobiliário no ambiente, não prevê a modificação dos móveis isoladamente – é a versatilidade proposta por Schmidt e Austin (2016). Já a ajustabilidade (SCHMIDT III; AUSTIN, 2016) pode tomar partido de aspectos dimensionais e da combinação entre componentes para promover mudanças físicas no mobiliário, resultando em intervenções e em novas atividades.

FIGURA 4 - Síntese de abordagens para a flexibilidade e a personalização em série de layouts.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base nos conceitos de Gu, Hashemian e Nee (2004) e de Schmidt e Austin (2016).



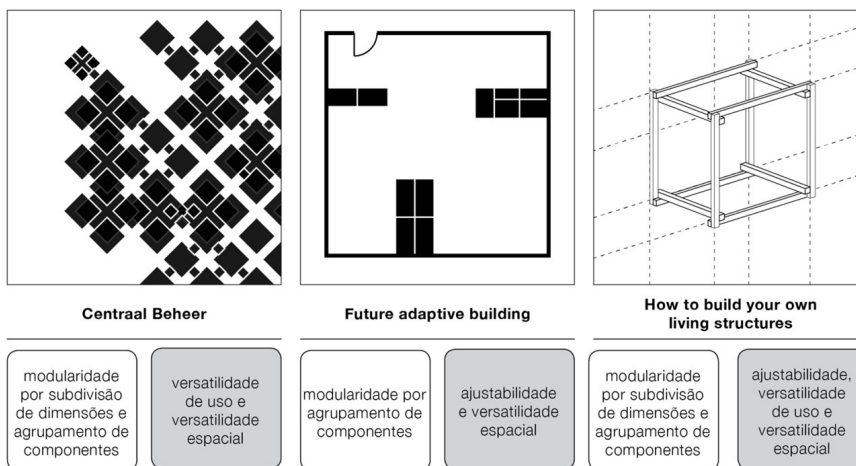
Os exemplos mencionados neste artigo se valem de diferentes abordagens e, para concretizá-las, utilizam algum tipo de modularidade, como sintetizado em [5]. No edifício de escritórios Centraal Beheer, encontramos a modularidade por subdivisão de dimensões na organização espacial do edifício e a modularidade por agrupamento de componentes na coordenação entre os diferentes elementos da construção. Isso possibilita uma grande multiplicidade no arranjo dos equipamentos internos – o que se associa à sectional modularity – e proporciona versatilidade de uso e de espaço. Adicionalmente, a coordenação modular do projeto conferiu racionalidade à construção, bem como clareza estrutural na percepção do edifício.

Já no sistema FAB, o agrupamento de componentes é feito através de bus modularity, o que proporciona tanto ajustabilidade na escolha das diferentes combinações de elementos quanto versatilidade espacial em sua distribuição na residência, independentemente da envoltória em que os equipamentos são inseridos.

As "estruturas vivas" de Isaacs (1974), por fim, possuem uma coerência entre si, ao poderem ser construídas basicamente pela associação entre peças compridas de madeira com furos igualmente espaçados e tábuas para fechamento – configuram um sistema que permite reaproveitamento de peças e variação dimensional. Combinam modularidade por segmentação de dimensões e por agrupamento de componentes, utilizando cut-to-fit, sectional e bus modularity, o que gera sistemas extremamente flexíveis por meio de ajustabilidade, versatilidade de uso e espacial. Essas estruturas podem ser utilizadas tanto no interior de um edifício, atuando como mobiliário, como podem também configurar envoltórias de pequenos edifícios.

FIGURA 5 - Relação entre as referências de projeto apresentadas e os conceitos de modularidade, versatilidade e ajustabilidade.

Fonte: Elaborado pelas autoras para os projetos de (1) Hertzberger (1999), (2) Brown (2018) e (3) Isaacs (1974).



Considerações Finais

Após o distanciamento das pessoas dos processos de transformação do espaço, como resultado de um rebatimento das práticas da indústria de massa para o ambiente construído, o paradigma da personalização em série tem trazido novas estratégias que oportunizam a inserção dos usuários na cadeia de projeto e produção de arquitetura. Entretanto, a complexidade de escalas e de requisitos projetuais traz desafios à consolidação desse movimento, o que dificulta a personalização dimensional conduzida pelos usuários e a flexibilidade das soluções geradas.

Por outro lado, na modalidade da personalização adaptativa, o produto final é visto também como um processo em constante transformação por meio da interferência das pessoas. Para atingir esse tipo de personalização em arquitetura, faz-se necessário identificar escalas de atuação e estratégias para embutir no sistema de projeto requisitos que garantam a qualidade das respostas desenvolvidas. Por outro lado, isso implica também na partilha da autoria e da responsabilidade entre os diversos agentes envolvidos. Desse modo, além de aspectos técnicos, cabe também aos arquitetos a abertura do projeto à interpretação e à imprevisibilidade, especialmente nas camadas mais internas dos edifícios, que passam por mudanças de demanda com maior frequência.

O aprofundamento em princípios e exemplos concretos de personalização em série e de flexibilidade revelou que a modularidade desponta como um princípio chave entre ambas. Assim, as abordagens de modularidade identificadas na literatura foram organizadas entre modularidade por subdivisão de dimensões e modularidade por agrupamento de componentes. Elas ocorrem a partir de intervenções práticas ou de interpretação das pessoas e têm o potencial de favorecer ajustabilidade, versatilidade de uso e versatilidade espacial, características que propiciam a flexibilidade na escala do layout.

Portanto, a personalização adaptativa no ambiente construído pode tomar partido da modularidade como uma estratégia para embutir questões técnicas da disciplina arquitetônica como também incentivos de caráter abstrato em abordagens mais indeterminadas. No contexto atual de produção arquitetônica por meio de projeto paramétrico e fabricação digital, o uso da modularidade pode contribuir para a definição mais precisa dos espaços de solução, aprimorando a interação dos usuários com sistemas de projeto e superando a perspectiva de otimização apenas do ponto de vista da produção, em que o papel dos usuários limita-se ao de consumidores. Nesse sentido, é necessário que o projeto leve em consideração um maior controle do espaço pelos usuários por meio da personalização em série da camada interna, mesmo em edifícios produzidos em massa, o que pode ser potencializado pela articulação de diferentes abordagens modulares, favorecendo a integração entre agentes e disciplinas relacionados à produção de edifícios.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ACADEMIA BRASILEIRA DE LETRAS. **Vocabulário Online da Língua Portuguesa**. Disponível em: <<http://www.academia.org.br/nossa-lingua/busca-no-vocabulario>>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- BRAND, Stewart. **How Buildings Learn**: What happens after they're built. New York: Penguin Books, 1994.
- BROWN, John L. Future Adaptive Building: Mass-Customized Housing for an Aging Population. In: KOLAREVIC, Branko; DUARTE, José Pinto (Org.). **Mass Customization and Design Democratization**. 1st. ed. New York: Routledge, 2018. p. 185–196.
- DAVIS, Stanley M. Future Perfect. 1st. ed. Reading: Addison Wesley, 1987.
- DUARTE, José Pinto. **Personalizar a habitação em série**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.
- DUFFY, Francis; CAVE, Colin; WORTHINGTON, John (Org.). **Planning Office Space**. London: Architectural Press, 1976.
- DURAY, Rebecca et al. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of Operations Management, Configuration in Operations management: Taxonomies and Typologies**. v. 18, n. 6, p. 605–625, 1 nov. 2000.
- FERREIRA, Mario dos Santos; BREGATTO, Paulo Ricardo; D'ÁVILA, Márcio Rosa. Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade. In: NUTAU 2008 - 7º SEMINÁRIO INTERNACIONAL - ESPAÇO SUSTENTÁVEL: INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES, 2008, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: NUTAU - USP, 2008.
- FOLZ, Rosana Rita. Mobiliário na habitação popular. 2002. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- _____. **Projeto tecnológico para produção de habitação mínima e seu mobiliário**. 2008. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-06082008-100756/>>. Acesso em: 22 jan. 2019.
- GIBSON, James J. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin, 1979.
- GILMORE, James H.; PINE II, B. Joseph. The Four Faces of Mass Customization. **Harvard Business Review**, n. January–February 1997, 1 jan. 1997. Disponível em: <<https://hbr.org/1997/01/the-four-faces-of-mass-customization>>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- GU, P.; HASHEMIAN, M.; NEE, A. Y. C. Adaptable Design. **CIRP Annals**, v. 53, n. 2, p. 539–557, 1 jan. 2004.
- HABRAKEN, N. J. **Supports**: An alternative to mass housing. 2nd. ed. Newcastle: Urban International Press, 1999.
- HERTZBERGER, Herman. **Lições de Arquitetura**. 2a ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- ISAACS, Ken. How to Build Your Own Living Structures. New York: Harmony Books, 1974.
- KIERAN, Stephen; TIMBERLAKE, James. **Refabricating Architecture**: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction. 1st. ed.

New York: McGraw-Hill, 2004.

KOLAREVIC, Branko (Org.). **Architecture in the Digital Age**. 1st. ed. New York: Taylor & Francis, 2005.

_____. From Mass Customisation to Design 'Democratisation'. **Architectural Design**, v. 85, n. 6, p. 48–53, 2015.

_____. Metadesigning Customizable Houses. In: KOLAREVIC, Branko; DUARTE, José Pinto (Org.). **Mass Customization and Design Democratization**. 1st. ed. New York: Routledge, 2018. p. 117–127.

LAMPEL, Joseph; MINTZBERG, Henry. Customizing Customization. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 1, p. 21–30, 1996.

LEITE, Raquel Magalhães; CELANI, Gabriela. Projeto computacional e personalização de layouts: um mapeamento da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2019, Uberlândia. **Anais [...] Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU**, 2019. p. 760–770.

MARI, Enzo. **Autoprogettazione**. 2nd. ed. Mantova: Corraini, 2002.

PILLER, Frank et al. Overcoming Mass Confusion: Collaborative Customer Co-Design in Online Communities. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 10, n. 4, 1 jul. 2005. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jcmc/article/10/4/JCMC1042/4614534>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

PINE II, B. Joseph. Mass customizing products and services. **Planning Review**, v. 21, n. 4, p. 6–55, 1 abr. 1993.

RATTI, Carlo; CLAUDEL, Matthew. **Open Source Architecture**. 1st. ed. New York: Thames & Hudson, 2015.

ROMCY, Neliza Maria e Silva et al. Desenvolvimento de aplicativo em ambiente BIM, segundo princípios da Coordenação Modular. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 2, p. 23–39, jun. 2014.

SALINGAROS, Nikos A.; TEJADA, Débora M. Modularity and the Number of Design Choices. **Nexus Network Journal**, v. 3, n. 1, p. 99–109, 1 abr. 2001.

SCHMIDT III, Robert; AUSTIN, Simon. **Adaptable Architecture: Theory and practice**. 1st. ed. New York: Routledge, 2016.

SCHNEIDER, Tatjana; TILL, Jeremy. **Flexible Housing**. 1st. ed. Oxford: Architectural Press, 2007.

STRALEN, Mateus de Sousa van. **Dynamic Architectural Systems: Parametric Design and Digital Fabrication towards Conversational Customization**. 2017. 312 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

_____. Mass Customization: a critical perspective on parametric design, digital fabrication and design democratization. In: XXII CONGRESSO INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, nov. 2018, São Carlos, Brasil. **Anais...** São Carlos, Brasil: Editora Edgard Blücher, nov. 2018. p. 142–149. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/mass-customization-a-critical-perspective-on-parametric-design-digital-fabrication-and-design-democratization-29697>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O **CADERNOS PROARQ (issn 2675-0392)** é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma online a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

Submetido em 10/01/2020

Aprovado em 07/11/2020